

# Energia Elétrica e Sustentabilidade

Jaqueline Oliveira Rezende  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE**

(Organizadora)

# **Energia Elétrica e Sustentabilidade**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E56	Energia elétrica e sustentabilidade [recurso eletrônico] / Organizadora Jaqueline Oliveira Rezende. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-45-1 DOI 10.22533/at.ed.451180110  1. Desenvolvimento energético – Aspectos ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia elétrica. I. Rezende, Jaqueline Oliveira.  CDD 338.4
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade de o ser humano utilizar os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades sem comprometer esses recursos para atender as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade está inter-relacionadas em diversos setores, sendo os principais o social, o ambiental e o econômico. Dessa forma, constitui um dos desafios da sociedade moderna o desenvolvimento sustentável que objetiva preservar o meio ambiente durante a realização de outras atividades.

A energia elétrica representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e, conseqüentemente, para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade. Portanto, esse setor também tem se preocupado com a geração, a transmissão, a distribuição de energia elétrica e a construção de novos empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, de maneira a preservar o meio ambiente. Logo, a Engenharia Elétrica tem apresentado significativas pesquisas e resultados de ações pautadas na sustentabilidade.

Neste ebook é possível notar que a relação da Engenharia Elétrica e a Sustentabilidade é de preocupação de diversos profissionais envolvidos nesse setor, sendo esses advindos da academia, das concessionárias de energia elétrica e do governo. Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação da preservação do meio ambiente na engenharia elétrica.

Inicialmente são apresentados artigos que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental, custos ambientais em empreendimentos de geração de energia elétrica, recuperação ambiental, conservação da fauna, políticas administrativas e direcionamento de resíduos eletrônicos.

Em seguida, são descritos estudos sobre formas de geração de energia elétrica renováveis não convencionais, sendo apresentadas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Essas formas de geração contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que geram energia elétrica utilizando recursos naturais não finitos, o vento na geração eólica e o sol na geração fotovoltaica.

Além disso, neste exemplar são expostos artigos que contemplam diversas áreas da engenharia elétrica, como redes smart grids, sistema de proteção, operação remota de usinas hidrelétricas, inteligência computacional aplicada a usina termelétrica, transformadores de potência, linhas de transmissão, tarifa horária, lâmpadas led, prevenção de acidentes em redes de média tensão e eficiência energética.

**Jaqueline Oliveira Rezende**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PARADIGMA INTERDISCIPLINAR DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL	
<i>Tiago Borga</i>	
<i>Rodrigo Regert</i>	
<i>Ludimar Pegoraro</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
SUSTENTABILIDADE, RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE: A RELEVÂNCIA DA LOGÍSTICA	
<i>Welleson Feitosa Gazel</i>	
<i>Wesley Gomes Feitosa</i>	
<i>Antônio Adriano Alves de Souza</i>	
<i>Jeremias Monteiro Vaillant Junior</i>	
<i>Maria de Nazaré Souza Nascimento</i>	
<i>Márcio Costa</i>	
<i>Marcos José Alves Pinto Junior</i>	
<i>Carlos Renato Montel</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
A CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTAS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS PARA ESTIMAR OS CUSTOS AMBIENTAIS NOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<i>Adriana Maria Dassie</i>	
<i>José Eustáquio Diniz Alves</i>	
<i>David Montero Dias</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
LEVANTAMENTO DOS IMPACTOS INERENTES À IMPLANTAÇÃO DE PCHS E IDENTIFICAÇÃO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE NO RIO COXIM, MS, BRASIL	
<i>Thiago Oliveira Barbosa</i>	
<i>Poliana Ferreira da Costa</i>	
<i>Bruna Souza dos Santos</i>	
<i>Adriana Maria Güntzel</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>57</b>
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A AMPLIAÇÃO DAS SÉRIES DE DADOS DISPONÍVEIS, E AS POSSÍVEIS ALTERAÇÕES NO DIMENSIONAMENTO DE VERTEDORES	
<i>Marcos Vinicius Andriolo</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
RECUPERAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UM ESTUDO NA UHE CORUMBÁ IV	
<i>Jorge Santos Ribas Jr.</i>	
<i>José Roberto Ribas</i>	
<i>Tatiana Maria Soeltl</i>	
<i>André Nicolau Brylynskyi</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>81</b>
LT 500 KV ARA-TAU: COMO O LICENCIAMENTO AMBIENTAL PODE PROPICIAR A CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE AMEAÇADA <i>CALLITHRIX AURITA</i> (SAGUI-DA-SERRA-ESCURO)	
<i>Jéssica Motta Luiz Bom</i>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>95</b>
NOVAS DIMENSÕES DA GOVERNANÇA DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO	
<i>Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.</i>	
<i>Ana Lúcia Rodrigues da Silva</i>	

<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>107</b>
A GOVERNANÇA COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA PÚBLICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	
<i>Denise Pereira Barros</i>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>120</b>
O ACORDO DE PARIS E OS NOVOS CAMINHOS PARA A GESTÃO SOCIOAMBIENTAL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA AS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO	
<i>Gustavo André Santana de Sá</i> <i>Pedro Magalhães Sobrinho</i>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>133</b>
OS CRITÉRIOS ENERGÉTICO-ECONÔMICOS UTILIZADOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: REFLEXÕES SOBRE ALGUNS MITOS E A NECESSIDADE DE UMA NOVA AGENDA	
<i>Luiz Claudio Gutierrez Duarte</i>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>151</b>
MITIGAÇÃO DO RISCO HIDROLÓGICO- LEILÃO DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA NA MODALIDADE SWAP DA ELETRONORTE	
<i>Ivan Rezende</i> <i>Virginia Fernandes Feitosa</i> <i>João David Resende</i> <i>Dante de Castro Simplicio</i> <i>Rafael Capistrano dos Santos Stanzani</i> <i>Gervásio Nery De Albuquerque</i>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>159</b>
A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO RESULTADO DO APROVEITAMENTO DO CAPITAL INTELECTUAL PROTEGIDO PELO DIREITO DA PROPIEDADE INTELECTUAL – UM VETOR DE AUMENTO DE RECEITA EM POTENCIAL	
<i>Fernando da Silva Jansen</i>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>174</b>
O CUSTO E A ESTRUTURA DE CAPITAL PARA A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA: ASPECTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES	
<i>Luiz Claudio Gutierrez Duarte</i> <i>Washington Blanco</i>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>188</b>
GESTÃO DE CUSTOS EMPRESARIAIS NO NEGÓCIO TRANSMISSÃO	
<i>Ana Rita Xavier Haj Mussi</i> <i>Marcos Paulo Boaventura Severino Rezende</i>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>202</b>
GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM GARANHUNS-PE	
<i>Rosalva Raimundo da Silva</i> <i>José Romenik de Almeida</i> <i>Marcela Caroline S F Azevedo</i> <i>Maria Claudjane J. L. Alves</i>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>213</b>
METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO CONSIDERANDO A INSERÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA EM LARGA ESCALA NA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL	
<i>Sérgio Pinheiro dos Santos</i> <i>Fernando Rodrigues Alves</i>	

*Antônio Roseval Ferreira Freire  
Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino  
Otoni Nóbrega Neto  
Pedro Alves de Melo*

**CAPÍTULO 18 ..... 225**

GRUPO GPT, GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS  
COMPARAÇÃO DE CÁLCULO DE PRODUÇÃO EÓLICA UTILIZANDO WSP, OPENWIND E WINDSIM EM  
TERRENO COMPLEXO NA BAHIA, BRASIL

*Daniel Agnese Ramos  
Vanessa Gonçalves Guedes  
Angelo Alberto Mustto Cabrera  
Sérgio Roberto Ferreira Cordeiro de Melo  
Wady Abrahamo Cury Netto  
Tulio Anselmo dos Santos Valentim*

**CAPÍTULO 19 ..... 235**

A INFLUÊNCIA, SOB O ASPECTO DE CURTO-CIRCUITO, DE GERADORES EÓLICOS NO SISTEMA  
ELÉTRICO DE POTÊNCIA.

*Eloi Rufato Junior  
Lucas Marino Bianchessi Sganzeta  
William Da Veiga*

**CAPÍTULO 20 ..... 247**

PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E CONTROLE IOT INTEGRADO A SISTEMA DE GERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA

*Caio Castro Rodrigues  
Joice Machado Martins  
Layse Pereira do Nascimento  
João Vitor Natal Silva Quincó Maciel  
Otavio Andre Chase  
José Felipe Souza de Almeida*

**CAPÍTULO 21 ..... 258**

DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS PARA LEVANTAMENTO PRÁTICO DAS CURVAS  
CARACTERÍSTICAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

*Jaqueline Oliveira Rezende  
Sebastião Camargo Guimarães Júnior*

**CAPÍTULO 22 ..... 272**

ANÁLISE DO PAYBACK DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR  
NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

*Samara Iasmim Schardong  
Andréia Balz  
Fábio Augusto Henkes Huppés  
Mauro Fonseca Rodrigues*

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 283**

## O PARADIGMA INTERDISCIPLINAR DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL

### **Tiago Borga**

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe  
Caçador – SC

### **Rodrigo Regert**

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe  
Fraiburgo - SC

### **Ludimar Pegoraro**

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe  
Caçador – SC

**RESUMO:** Este texto aborda a ideia do desenvolvimento sustentável, entendido como sendo determinante de todas as outras dimensões que envolvem a questão ambiental. Apresenta dificuldades sobre a compreensão dos aspectos pertinentes à temática. Neste sentido, o objetivo do trabalho é apresentar conceitos sobre o desenvolvimento sustentável, relacionando com as questões ambientais a partir de um paradigma interdisciplinar. É possível observar que a atuação do homem no mundo tem interferido no curso natural do meio ambiente e, nesse sentido, o debate sobre a temática assume relevância e importância social. O trabalho demonstra que esta é uma questão de âmbito global sem esquecer das particularidades regionais, sendo que, as soluções propostas não respondem pela necessidade de melhorias. O trabalho é resultante de pesquisa bibliográfica. Conclui-

se que a temática abordada só poderá ser compreendida dentro de um contexto mais amplo, onde a interdisciplinaridade ocupa um espaço central, pois sem ela, tão pouco será possível conhecer o homem e o seu habitat.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento Sustentável. Meio Ambiente. Paradigma Interdisciplinar.

**ABSTRACT:** This paper addresses the idea of sustainable development, which is understood as determinant of all other dimensions involving environmental issues. It presents the difficulties about the understanding of the relevant aspects of the theme. In this meaning, the objective of this study is to present concepts of sustainable development, relating to environmental issues from an interdisciplinary paradigm. It is possible to notice that the natural course of the environment is jeopardized due to man's actions, thus, the debate on the subject is relevant and important to society. The study shows that this matter reflects on global level, despite regional peculiarities, and the proposed solutions do not account for improvements. The study is the result of bibliographic research. In conclusion, the subject can only be understood within a larger context, where interdisciplinarity is a central point, because without it, the man and his habitat will be unknown.

**KEYWORDS:** Sustainable development.



## 1 | INTRODUÇÃO

Alguns fenômenos têm se transformado em questões essenciais para a vida em sociedade nos últimos tempos. Eles são decorrentes do curso, mas também fortemente influenciados pela ação humana. Olhando nesta perspectiva, identificamos a questão do meio ambiente como um destes aspectos que se encaixa neste paradigma<sup>1</sup>, isto é, a natureza, que por muito tempo era problema para a existência humana, hoje o processo se inverteu, a existência humana se transformou numa problemática para a natureza.

Dessa forma, essa relação homem/natureza se transformou numa problemática do nosso tempo e que desafia o conhecimento no sentido de encontrar caminhos que possibilitem a continuidade da vida sem interferir demasiadamente no curso da natureza. Esse é um problema que transcende a visão disciplinar da ciência, pois não objeto de um campo de conhecimento, mas exige olhares dos diferentes saberes para que soluções mais congruentes sejam encontradas.

Ao longo da história da vida humana as questões ambientais despertam a curiosidade de estudiosos e pesquisadores na tentativa de explicar os fenômenos naturais e antrópicos<sup>2</sup> que afetam diretamente todos os seres vivos do planeta terra. Com o crescimento das cidades, nos últimos tempos, outro aspecto passa a fazer parte dessa questão, o desenvolvimento sustentável. Não é possível falar de desenvolvimento sustentável sem elencar a questão do meio ambiente. Estes dois aspectos se constituíram em questões indissociáveis, isto é, fazem parte do que se tem convencionado, na maioria dos casos, chamar de sustentabilidade.

A sustentabilidade agrega aspectos que, para serem melhores interpretados e colocados na condição da existência humana, não podem ser analisados a partir de uma visão disciplinar, mas num conjunto de conhecimentos e aspectos interdisciplinares. É uma problemática transversal, isto é, envolve todos os saberes e comportamentos humanos.

Para dar sentido a este trabalho, constituído a partir de pesquisa bibliográfica, iniciaremos as análises conceituando desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade para na sequência discorrer sobre a interdisciplinaridade. Para dar sentido às análises trataremos destes aspectos de forma conjunta, procurando evidenciar a constante busca das resoluções dos problemas ambientais da sociedade

---

1 Conforme Thomas Kuhn, paradigmas são modelos, representações e interpretações de mundo universalmente reconhecidas que fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade científica. Disponível em: <<https://filosofonet.wordpress.com/2012/07/02/o-que-e-paradigma-segundo-thomas-kuhn/>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

2 Antrópico é um termo usado em Ecologia que se refere há tudo aquilo que resulta da atuação humana. Disponível em: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/significado/antr%C3%B3pico/4564/>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

contemporânea.

## 2 | DESENVOLVIMENTO, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Para poder estabelecer relações mais consistentes nas análises, iniciaremos nossas abordagens pela contextualização e conceituação de cada uma destas terminologias: desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade.

### 2.1 Desenvolvimento

O desenvolvimento nem sempre foi o foco principal nas mais diversas sociedades. Na Idade Antiga e Média, por exemplo, as preocupações eram outras e estavam voltadas a sanar as dúvidas dos homens e mulheres a respeito do universo e da própria vida em comunidade (COTRIM; FERNANDES, 2013).

A preocupação sobre a temática do desenvolvimento passou a ser debatida somente a partir da Idade Moderna quando ele foi entendido, inicialmente, como um processo cultural, ou seja, estava associado às formas de como as pessoas entendiam a sociedade. Na Europa, entendia-se o desenvolvimento como crescimento, sem levar em consideração as pessoas. Seguiu fatores econômicos e geopolíticos fazendo com que, muitas vezes, ocorresse a expulsão dos nativos de seu território ou a sua submissão cultural em prol de uma suposta missão civilizadora (AZEVEDO; SERIACOPI, 2005). Nesse sentido é possível perceber que o desenvolvimento entendido como um fator voltado à expansão, tão pouco teve alguma preocupação com as pessoas submetidas ao seu fim. Expandir, crescer era uma necessidade para se tornar mais poderoso.

O processo de colonização das Américas, no final da idade média, pode ser um importante exemplo nesse sentido. A ideia de desenvolvimento não estava associada somente a comercialização de coisas, mas também pessoas. Na concepção de Moraes (2003, p. 188) “a burguesia europeia pôde acumular riquezas por meio da exploração do ouro e da prata na América, do tráfico de escravos, da exploração de matérias-primas dos impérios coloniais, do monopólio das Companhias Comerciais”.

Esse tipo de colonização levou a um sério problema, pois em muitos casos como nos países latino-americanos e na África não foram levados em consideração os aspectos socioculturais da região. Por isso o termo desenvolvimento passou a fazer parte do estudo dos antropólogos uma vez que passou a ser necessário estudos sobre os impactos destrutivos que o crescimento trouxe para as culturas locais (SCHRÖDER, 1997).

Dando sequência a ideia de desenvolvimento, na Idade Contemporânea o foco passa a ser outro, ou seja, o desenvolvimento deixa de ser entendido apenas como possibilidade de crescimento e expansão, mas sim, como possibilidade de buscar novos mercados, sobretudo por meio da Revolução Industrial que se iniciou no século XVIII e trouxe a modernização científica como foco central.

A teoria da modernização afirma que para ocorrer o desenvolvimento é necessária

a importação de tecnologia e dos conhecimentos necessários para saber utilizá-la, juntamente com um conjunto de mudanças políticas e sociais (JOHNSON, 1997). Nesse sentido, é possível observar que se tratava de um tipo de desenvolvimento dependente, pois não proporcionava a invenção ou criação de meios necessários para que a sociedade como um todo se desenvolvesse do ponto de vista científico-econômico e, por consequência, sendo também dependente politicamente. Esta forma de pensamento fez com que o Brasil não conseguisse alcançar um patamar de desenvolvimento autônomo, pois saberes e tecnologias vinham de fora, não sendo resultante de uma política educativa de desenvolvimento interno.

Essa característica é uma ideia propagada a partir da Revolução Industrial que permitiu o crescimento do capitalismo industrial, originando um novo modo de produção e organização social. No entanto o que a caracteriza não é só por serem muito mais modificadas que as sociedades tradicionais, mas por utilizarem mais recursos tecnológicos (BOUNDON; BOURRICAUD, 2007). A cultura europeia é um importante exemplo nesse sentido. Os europeus tinham uma visão extremamente egocêntrica, onde entendiam que todas as civilizações que não tinham tecnologia eram atrasadas (MACHADO; AMORIM; BARROS, 2013).

Contudo, o desenvolvimento continuava não tendo preocupação com o equilíbrio sociais. O que se entendia como modernização e que deveria proporcionar uma vida equilibrada entre as pessoas, não teve efetivamente esse resultado. O acúmulo de capital, cada vez maior, tendo como um dos aspectos a exploração do trabalhador, exigindo uma maior flexibilidade de tempo e mão de obra especializada, focada num paradigma concentrador, ignorou a necessidade do equilíbrio social (ARAÚJO; BRIDI; MOTIM, 2013).

Nos últimos tempos outra forma de organização social e de retomada do poder concentrador capitalista foi estruturada a partir do que foi convencionalmente chamado de globalização neoliberal. As corporações internacionais produziram um novo sistema econômico, alterando significativamente as formas de circulação de mercadorias interligando o sistema financeiro, eliminando fronteiras entre os países, bem como uma imensa troca de informações e imagens através dos meios de comunicação, aumentando ainda mais as desigualdades já existentes (SANTOS, 2005, p. 32).

Dessa forma, com a globalização neoliberal, o desenvolvimento associado à ideia de modernização conseguiu se espalhar de modo alarmante, em um tempo muito curto, entretanto, a exclusão social, resultante das desigualdades, aumentou. A ideologia da igualdade a partir desse modelo não foi verificada na realidade social, pelo contrário, os ricos ficam cada vez mais ricos e os pobres cada vez mais pobres.

Essa ideia de desenvolvimento a partir de uma teoria modernizadora tem sido severamente criticada por ignorar, na sua essência, a própria origem das desigualdades que há no sistema econômico mundial, no qual nações ricas e poderosas acabam mantendo dependentes outras nações menos industrializadas (JOHNSON, 1997). Esse modelo de desenvolvimento não corresponde ao princípio do próprio desenvolvimento

que é o equilíbrio social. Dessa forma, mais uma vez, muda-se o foco sobre a temática do desenvolvimento e com isso surgiram várias teorias na tentativa de explicar o processo. Nesse contexto, a ideia de desenvolvimento precisa considerar, além da questão econômica, as questões políticas, o trabalho, as relações de poder, os sistemas de governos, enfim, todos os aspectos que fazem parte da vida do homem em sociedade (ARAÚJO; BRIDI; MOTIM, 2013).

## 2.2 Meio Ambiente

Considerando a existência humana no mundo, a palavra meio ambiente é muito recente. No princípio, quando se tratava de questões ambientais usava-se o termo natureza. Quando se analisava a questão de natureza, entendia-se que ela era distinta da sociedade, “a natureza era vista como um obstáculo que a sociedade tinha que domesticar e superar para progredir” (GIDDENS, 2012, p. 122). Na continuidade, afirma ainda o eminente sociólogo que com o passar do tempo, nos anos de 1950, do século passado, a natureza abre espaço para outro termo: o meio ambiente. A partir desta década, a ideia de meio ambiente toma corpo e passa a ser utilizada em sentido mais amplo. Meio ambiente passa a ser definido como local onde vivemos e trabalhamos ou até mesmo como o planeta terra como um todo.

Do ponto de vista popular, o termo meio ambiente, no Brasil, emergiu na primeira metade da década de 1970 por meio de algumas poucas associações que realizavam campanhas de denúncia e conscientização pública de âmbito local, as quais obtiveram mínima repercussão na opinião pública. Para Viola (1998), a partir de fins da década de 1970 consegue-se realizar algumas campanhas de âmbito regional ou mesmo nacional e o número de grupos de base, que possuem esclarecimentos sobre o tema da maneira como conhecemos, cresce de forma extraordinária. De aproximadamente quarenta grupos em 1980, passou-se para quatrocentos em 1985. Esses grupos, tinham “caráter bissetorial (grupos de base e agências estatais ambientais), e sua luta orienta-se para o controle da poluição urbano-rural e a preservação de ecossistemas naturais” (VIOLA, 1998, p. 134).

Do ponto de vista legal, o Brasil, na década de 1980, através da Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, no art. 3º, define o que é meio ambiente da seguinte forma: “Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: I – Meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (SIRVINSKAS, 2014, p. 233).

A lei anteriormente mencionada tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, propícia à vida, visando assegurar no País condições ao desenvolvimento socioeconômico, além é claro, da proteção da dignidade da vida humana. Nesse sentido e para dar visibilidade ao objetivo proposto, visando também aos interesses de segurança nacional, a legislação estabelece, em seu art. 2º, princípios importantes, destacando, no inciso I, que a ação governamental

é fundamental para a manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como patrimônio público a ser, necessariamente, assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” (SIRVINSKAS, 2014, p. 234).

Além dos conceitos legais existem outras abordagens que se referem ao meio ambiente e que favorecem o entendimento acerca da importância do tema e merecem destaques. Entre as análises podemos identificar Amorim (2012, p. 82) que trata da questão da seguinte forma:

Um pressuposto importante na definição contemporânea do termo “ambiente” foi a contribuição de Tansley (1935), ao propor o conceito de ecossistemas, que centralizava a análise da relação organismo-meio, baseada na Teoria Geral de Sistemas. Assim, desenvolveu-se uma atenção privilegiada ao estudo do funcionamento dos sistemas ecológicos, das trocas de energia e matéria entre os componentes naturais e os organismos. Porém, o entorno ambiental, nas primeiras análises dos ecossistemas, se concebia como fatores ou componentes isolados do meio que não se consideravam como totalidade, o que dificultava a representação espacial dos mesmos.

Como podemos observar, o autor chama a atenção para a relação entre ambiente e ecossistemas centralizando o entendimento na relação organismo-meio, baseada na Teoria Geral dos Sistemas. Para reforçar este entendimento, Dilmas (2011, p. 354) descreve que a noção ambiente tende a ser multicêntrica, complexa e objeto de diferentes escalas de abordagem, devendo constituir um dos eixos centrais nos processos de desenvolvimento das sociedades. Chama a atenção também, na definição do termo, que ambiente pode variar dependendo da sociedade que está inserida na discussão, buscando interfaces com as dimensões sociais do desenvolvimento.

Mais que um simples termo que necessita de aprofundamento epistemológico é necessário compreender que o meio ambiente se trata de um aspecto inerente à questão do desenvolvimento de uma sociedade. No Brasil, a própria Constituição Federal de 1988 (CF 1988), já salienta isso, em seu artigo 225, afirmando:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Sendo assim, o meio ambiente, não se trata de uma questão fundamental para um país, mas para a manutenção da vida em todo o planeta. É necessário que as populações encontrem formas de desenvolvimento que não estejam dissociadas da preservação, conservação ou manutenção da natureza. Nesse sentido torna-se importante entender quais são os aspectos necessários para que exista desenvolvimento e atenda aos princípios que orientem para esta prioridade.

### **2.3 Sustentabilidade**

Sendo a preocupação com o ambiente uma questão recente e relevante, de

destacada importância, cabe considerar, inicialmente, que se trata de aspecto que precisa envolver as políticas públicas dos países para que as sociedades sejam conscientizadas e passem a observar, em suas condutas, as implicações das suas ações nesse contexto, entendendo que os recursos naturais são finitos e, por isso, é indispensável a sua preservação. A necessidade de se estabelecer novas formas de desenvolvimento fez com que inúmeros países se unissem para discutir o futuro das questões relativas aos recursos naturais do meio ambiente. A Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecido como o Rio 92 ou Agenda 21<sup>3</sup>, que aconteceu em 1992, é reconhecido como um dos mais marcantes da história na internacionalização da temática ambiental. 179 países participaram do evento, “acordaram e assinaram o instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica” (BRASÍLIA, 2016).

Vinte anos antes, em 1972, aconteceu em Estocolmo uma conferência semelhante que esboçava alguns termos sobre as questões ambientais, que necessitavam de mais aprofundamento, como por exemplo o ecodesenvolvimento. A terminologia sustentabilidade foi usada pela primeira vez em 1983 pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e

Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), entretanto, foi na Rio 92, que este termo, ganhou contornos e foi difundido entre os Países. O conceito de desenvolvimento sustentável passou a ser difundido e consolidou-se como o processo de transformação no qual a exploração de recursos ambientais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam a fim de atender as necessidades e aspirações humanas presentes e futuras. Sobral (2011, p. 832) aprofunda e revela que:

O surgimento da expressão desenvolvimento sustentável está associado ao despertar humano quanto ao limite de recursos naturais disponíveis no planeta terra, assegurando o acesso as condições básicas de saúde e educação, o respeito aos costumes e tradições, a legitimidade das instituições. Tudo isso, dentro de uma perspectiva e interligação em redes de caráter local, regional, nacional e internacional.

Essa ideia, de certa forma, reforça a preocupação do Brasil sobre esta questão, já consignada na CF 1988, no seu artigo 225, anteriormente citada.

Braga (2005, p. 216) estabelece uma crítica sobre esta questão dizendo que o conceito é um ato de fé ou um desejo filosófico de preservação que requer melhor especificação do ponto de vista prático, pois existe uma boa dose de subjetividade na definição do que seja necessidades futuras e, além disso, a questão do grau de desenvolvimento da região ou país em questão. O Autor ainda exemplifica dizendo que

<sup>3</sup> “Agenda 21” foi usado no sentido de intenções, desejo de mudança para esse novo modelo de desenvolvimento para o século XXI. Acesso em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

os parâmetros do desenvolvimento sustentável em um país com a força econômica do Japão devem ser certamente diferentes dos de um país da África Oriental, cujo consumo de energia mal supera os 2.000 Kcal/dia de sobrevivência.

Como podemos observar nesses argumentos é que os termos meio ambiente e desenvolvimento sustentável, diferentemente das ciências exatas, necessitam de uma análise mais profunda e não podem ser analisadas de forma separada das questões sociais, políticas e econômicas locais.

Com isso, é possível perceber que a racionalidade científica e os instrumentos conceituais e metodológicos que são utilizados para conhecer o mundo não são definitivos e carecem de transformação. Por isso o conceito de meio ambiente e sustentabilidade vem sofrendo mudanças, evoluindo para o entendimento de que é preciso considerar nesse entendimento as questões histórico-regionais, bem como, as especialidades que estão por traz das definições.

A compreensão acerca do tema sustentabilidade apresenta as mais variadas definições e pontos de vistas, demonstrando que não existe um conceito que comporte esse entendimento, não podendo ser explicado a partir de um ponto de vista ou de uma disciplina científica única. É um tema transversal que está relacionado aos diferentes conhecimentos e comportamentos humanos por interagir com a diversidade da vida em nos mais diferentes aspectos.

Sendo assim, se pressupõe que o enfoque a ser adotado não se resuma cartesianamente e não se conclua de forma reducionista e mecanicista. Muitas propriedades dos seres vivos transcendem estas abordagens por se comportarem, historicamente, por necessidades nem sempre conhecidas e que muitas vezes resultantes do acaso. Instrumentos de abordagem cartesiana devem e precisam fazer parte da avaliação destes termos, no entanto, é desejável que outras ferramentas sejam utilizadas e aplicadas para globalizar suas conclusões e resultados (KOHN, 2005, p. 15).

### 3 | INTERDISCIPLINARIDADE

Após analisadas algumas particularidades sobre desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade, nos cabe articular estes aspectos de forma que seu entendimento assumam um paradigma diferente da disciplinaridade, isto é, incorpore uma visão interdisciplinar própria da problemática em questão.

Para Ribeiro (2011), a interdisciplinaridade caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto. A interdisciplinaridade visa à recuperação da unidade humana pela passagem de uma subjetividade para uma intersubjetividade e, assim sendo, recupera a ideia primeira de cultura (formação do homem total), o papel da escola (formação do homem inserido em sua realidade) e o papel do homem (agente das mudanças

do mundo). Portanto, mais do que identificar um conceito para interdisciplinaridade, o que os autores buscam é encontrar seu sentido epistemológico, seu papel e suas implicações sobre o processo do conhecer.

No campo socioambiental Floriane (2011) revela que os fundamentos teóricos da produção do conhecimento e desenvolvimento estão associados com metodologias alternativas, isto é, buscam ir além dos enfoques disciplinares, estabelecendo um diálogo cooperativo entre as ciências. Neste caso a interdisciplinaridade resulta ou está na origem de articulações entre diferentes disciplinas para melhor compreender as necessidades humanas, as práticas sociais e as dinâmicas naturais.

A noção de meio ambiente tende a ser multicêntrica, complexa e objetos de diferentes escalas de abordagem, devendo constituir um dos eixos centrais nos processos de desenvolvimento das sociedades. As temáticas sobre meio ambiente buscam interfaces com as dimensões social do desenvolvimento interdisciplinar (FLORIANE, 2011, p. 354).

Neste aspecto evolutivo, podemos concordar que a interdisciplinaridade vem ajudar a entender as relações entre as disciplinas. Haja visto que podemos definir a interdisciplinaridade como um objetivo nunca completamente alcançado e por isso não tem fim, deve ser permanentemente buscado. Não sendo apenas uma proposta teórica, mas sobretudo uma prática incansável. Sua perfectibilidade é realizada na prática, na medida em que são feitas experiências reais de trabalho em equipe, exercitam-se suas possibilidades, problemas e limitações. É uma condição necessária para a pesquisa e criação de modelos mais explicativos desta realidade tão complexa e difícil de abranger (SANTOMÉ, 1998, p. 50).

É evidente que a interdisciplinaridade é uma necessidade que emerge tanto dos avanços da ciência e da tecnologia como da transformação da sociedade contemporânea, pois, segundo Philippi Jr. e Neto (2011), o paradigma disciplinar, de produção de conhecimento particionado, não é suficiente para responder os problemas complexos.

Os fatores naturais ambientais, base para o desenvolvimento, são dinâmicos e evoluem baseado em fatores externos e internos, alguns desconhecidos aos olhos da ciência. Essa complexidade causada pelos fenômenos ambientais, para Ribeiro, Zanirato e Pilar (2011, p. 677) requerem a superação da especialização e um diálogo entre as disciplinas, buscando-se, cada vez mais, o estreitamento da cooperação entre diversas áreas. A interdisciplinaridade na abordagem de questões ambientais colabora para a superação de dicotomias e hegemonias preestabelecidas na sociedade.

Para Morin (2013, p. 15), o conhecimento científico não faz mais do que provar suas virtudes de verificação e de descoberta em relação a todos os outros modos de descoberta.

É o conhecimento vivo que conduz a grande aventura da descoberta do universo, da vida, do homem, Ele trouxe, e de forma singular neste século, fabuloso progresso ao nosso saber. Hoje podemos medir, pesar, analisar o sol, avaliar o número de



partículas que constituem nosso universo, decifrar a linguagem genética que informa e programa toda organização viva.

No sentido do que já alertamos anteriormente, sobre a questão do desenvolvimento, Morin (2013) alerta que o conhecimento científico pode trazer traços negativos, se for conduzido de forma disciplinar com o intuito de obter unicamente as vantagens da divisão do trabalho, isto é, a contribuição das partes especializadas para a coerência de um todo organizador. Pois pode trazer um grande desligamento das ciências da natureza, da cultura que se está inserida, das questões sociais e econômicas de uma determinada sociedade.

A produção teórica dirigida ao processo de desenvolvimento, por meio das práticas sociais de produção e transformação da natureza, transcende o princípio metodológico da simples reintegração do conhecimento existente. Neste mesmo sentido, a luta social pela desapropriação da natureza e do conhecimento esta incidindo na produção teórica, assim como na inovação tecnológica, com suas aplicações sociais e produtivas para a exploração e o aproveitamento sustentável dos recursos ambientais (SOBRAL, 2011, p. 836).

Diante disso, a comunidade científica, interessada na prática interdisciplinar voltados ao desenvolvimento, se depara com o desafio de fazer com que seja reconhecida a relevância, para validar os esforços e legitimar os espaços de trabalho, no interior do tecido universitário e frente as agências de apoio, fomento e avaliação.

Para Bursztyn (2001) existem pelo menos quatro categorias de considerações, para operar esta estratégia, diante das dificuldades burocráticas, culturais e materiais, são elas:

- a) É preciso deixar claro que os espaços de interdisciplinaridade não devem ser vistos como concorrentes em relação aos departamentos, pois são complementares;
- b) Há que se romper com preconceitos de cunho especialista: a visão generalista e integradora não é uma qualidade menor; é um atributo necessário ao enfrentamento de problemas complexos.
- c) É relevante instituir instrumentos de avaliação e de apoio que sejam flexíveis e permeáveis as características dos enfoques interdisciplinares.
- d) É fundamental que espaços interdisciplinares sirvam de focos as reflexões de fundo sobre desenvolvimento da ciência e da tecnologia. E, aqui, um desafio particular se apresenta: mesmo tendo sido um avanço em termos de democratização do processo decisório, o julgamento dos pares traz, em si, o risco da cumplicidade e da falta de visão crítica; agora, temos de pensar também no julgamento dos impares.

Para a classe de pesquisadores, políticos, acadêmicos e outros agentes da transformação da sociedade, obterem sucesso em suas atuações, quando o objetivo é o bem comum, não se pode descartar o uso das questões ambientais, sociais e econômicas dentro do aspecto interdisciplinar, onde as ciências sociais tem um papel fundamental, por isso, é necessário a efetivação da interdisciplinaridade no trabalho científico e que os integrantes compartilhem muito mais que técnicas sobre questões

socioambientais, é preciso que os envolvidos nivelem as informações nos campos de valores éticos. Neste sentido de tanto separar e dividir os estudos para buscar o entendimento como um todo, a impressão que temos é que acabou-se encontrando complexidade por quase todas as partes nos sistemas naturais ou sociais, bem como, na interação entre ambos (PHILLIP Jr.; FERNANDES, 2015, p.17).

Alvarenga (2011, p.56) entende que a partir da lente de conhecimento é possível afirmar que a trajetória interdisciplinar possibilita o indivíduo a integração do conhecimento e de modos de pensamento de duas ou mais disciplinas e práticas profissionais. Essa agregação, potencialmente, aumente a capacidade de compreensão de fenômenos (elementos cognitivos) e de resolução de problemas práticos (elemento comportamental) de forma mais sistemática do que seria possível por meio da utilização do pensamento e da prática disciplinares. Steil (2011 p. 218) realiza assertivas referente ao trabalho interdisciplinar:

A trajetória interdisciplinar, portanto, liberta o pensamento individual das premissas, dos métodos e das regras de uma disciplina acadêmica específica ou de um grupo profissional coeso, catalisando uma visão sem amarras e potencialmente mais propensa a geração de ideias inovadoras para a resolução de problemas.

Os autores Philipp Jr. e Neto (2011) acrescentam dizendo que não há uma situação ideal para a interdisciplinaridade. As diversas experiências desenvolvidas até agora nesse domínio são diferenciadas uma das outras, limitadas e estão sempre em construção, imprimindo especificidade a experiência interdisciplinar em função do número diversificado de disciplinas (das ciências naturais, sociais e tecnológicas) e do perfil intelectual, social e cultural do corpo de pesquisadores.

Ambos os termos, desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade, analisados a partir de paradigma interdisciplinar, possuem raízes profundas que repelem a qualquer entendimento unilateral ou disciplinar, especialmente os que hoje são desenvolvidos pela visão de sociedade de mercado, onde prioriza lucros desvinculados da qualidade de vida das pessoas.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Retomando as questões já analisadas, desenvolvimento, meio ambiente e sustentabilidade, numa perspectiva interdisciplinar, é possível considerar que estes aspectos não encontram sentido se abordados de forma isolada, separada ou disciplinarmente.

As pesquisas relacionadas ao tema necessitam de resultados mais aprofundados, porém apresentam até o momento a ideia que o grande desafio é elaborar uma forma de desenvolvimento em plena harmonia com a natureza, respeitando as necessidades das gerações futuras. É de extrema importância unirmos especialistas e sociedade como um todo para discutirmos a necessidade e a urgência em adotar novos modelos

e estilos de desenvolvimento capazes de conciliar a economia, às questões sociais e ambientais, minimizando o impacto ambiental sobre o planeta. Para isso é necessário o amadurecimento do debate interdisciplinar, buscando consensos que contribuam para a busca de soluções do problema maior, o desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Ainda existem muitas lacunas e serem preenchidas sobre as consequências da utilização indiscriminada dos recursos naturais com a justificativa da busca pelo desenvolvimento.

Por fim, deve-se, cada vez mais disseminar a importância da interdisciplinaridade na resolução dos problemas contemporâneos da sociedade. Pois através desse procedimento podemos unificar pesquisas, nivelar informações e principalmente levar em consideração questões culturais locais, independentemente do objeto de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Augusta Thereza de et al. Histórico, fundamentos filosóficos e teórico-metodológicos da interdisciplinaridade. In: PHILIPPI JR., Arlindo; SILVA NETO, Antônio J. **Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação**. Barueri-SP: Manole, 2011. p. 3-68.

AMORIM, Raul. **Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais**. Uberlândia; MG. Caminhos da Geografia. V. 13, n. 41, p. 80-101, 2012

ARAÚJO, Silvia Maria de; BRIDI, Maria Aparecida; MOTIM Benilde Lenzi. **Sociologia**. São Paulo: Scipione, 2013.

AZEVEDO, Gislaine Campos; SERIACOPI, Reinaldo. **História**. São Paulo: Ática, 2005.

BOMENY, Helena; MEDEIROS, Bianca Freire (coordenadoras). **Tempos modernos, tempos de sociologia**. São Paulo: Editora do Brasil, 2010.

BOUNDON, Raymond; BOURRICAUD, François. **Dicionário Crítico de Sociologia**. Tradução, Maria Letícia Guedes Alcoforado e Durval Ártico. São Paulo: Ática, 2007.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: SP, Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2016.

BRASÍLIA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

BURSZTYN, Marcel et al. **Ciência, Ética e Sustentabilidade**. Brasília: DF, UNESCO, 2001. p.14

COTRIM, Gilberto; FERNANDES, Mirna. **Fundamentos da Filosofia**. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

DILMAS, Floriane. Construção da Interdisciplinaridade na Pós-Graduação em Ciências Ambientais. In: PHILIPPI JR., Arlindo; SILVA NETO, Antônio J. **Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação**. Barueri-SP: Manole, 2011. p. 342-378.

ETGES, Virginia Elisabeta; DEGRANDI, José Odim. Desenvolvimento regional: a diversidade regional como potencialidade. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**. Blumenau, v.1, n.1, p. 085-094. mar. 2013. Disponível em: <<http://www.furb.br/rbdr>> Acesso em: 09 set. 2015.

FAZENDA, Ivani Catarina A. **Interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. 5ª ed. São Paulo: Loyola, 2002.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. 34ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

GIDENS, Anthony. **Sociologia**. 6ª ed. Porto Alegre, RS: Penso, 2012.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JONHSON, Allan G. **Dicionário de Sociologia: guia prático da linguagem sociológica**. Tradução, Ruy Jungman; consultoria Renata Lessa. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

LAKATOS, Eva Maria. **Introdução à Sociologia**. São Paulo: Atlas, 1997.

MACEDO, Ricardo Kohn de. A importância da avaliação ambiental. In: TAUK, Sâmia Maria. **Análise Ambiental uma visão multidisciplinar**. 2ª ed. São Paulo: São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p. 13-31.

MACHADO, Igor José de Renó; AMORIM, Henrique; BARROS, Celso Rocha de. **Sociologia Hoje**. São Paulo: Ática, 2013.

MAGNOLI, Demétrio; ARAUJO, Regina. **Geografia, paisagem e território: geografia geral e do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1993.

MORAES, José Geraldo Vinci de. **História: Geral e do Brasil**. São Paulo: Atual, 2003.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 15ª ed. Rio de Janeiro-RJ, Bertrand, 2013.

PHILLIP, Jr. Arlindo; FERNANDES, Valdir. **Práticas da Interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa**. Barueri, SP: Manole 2015.

PHILLIP, Jr. Arlindo; NETO, Antonio J. Silva. **Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação**. Barueri, SP: Manole 2011.

RIBEIRO, de Andrade Josimar et al. **Política e Planejamento ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro: RJ. THEX, 2006.

RIBEIRO, Wagner Costa; ZANIRATO, Sílvia Helena; PILAR, Carolina Vilar. **Dilemas da gestão e produção do conhecimento interdisciplinar**. In: Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação. Philipi Jr., Arlindo; J. Silva Neto, Antonio. Barueri-SP: 2011. P. 672-693.

ROMANELLI, Otaíza de Oliveira. **História da Educação no Brasil**. 39ª ed. Petrópolis: RJ. Vozes, 2013.

SANTOS, Boaventura de Souza (org.). **A Globalização e as ciências sociais**. 3. Ed. São Paulo: Cortez, 2005.

SCHRÖDER, Peter. A Antropologia do desenvolvimento: É possível falar de uma subdisciplina verdadeira? **Rev. Antropol.** vol.40 n.2 São Paulo 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77011997000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77011997000200003)>. Acesso dia: 20/06/2016.

SIRVINKAS, Luis Paulo. **Legislação de direito ambiental**. 9ª ed. São Paulo, SP: RIDEEL, 2014.

SOBRAL, do Carmo Maria; LIMA, João Eustáquio de; PHILIPPI Jr., Arlindo. **Construção da Interdisciplinaridade na Pós-Graduação em Ciências Ambientais**. Ind: Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação. Philippi Jr., Arlindo; J. Silva Neto, Antonio. Barueri: SP. 2011. p. 831-852.

STEIL, Andreia Valeria. **Trajetória interdisciplinar formativa e profissional na sociedade do conhecimento**. Ind: Interdisciplinaridade em Ciência, tecnologia e inovação. Philippi Jr., Arlindo; J. Silva Neto, Antonio. Barueri-SP: 2011. p. 209-228.

VIOLA, Eduardo et al. **Meio Ambiente, Desenvolvimento e Cidadania**. São Paulo, Cortez, 1998.

## SUSTENTABILIDADE, RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE: A RELEVÂNCIA DA LOGÍSTICA

**Welleson Feitosa Gazel**

w.gazel@gmail.com

**Wesley Gomes Feitosa**

wesleygfeitosa@yahoo.com.br

**Antônio Adriano Alves de Souza**

profadrianosouza@gmail.com

**Jeremias Monteiro Vaillant Junior**

juniorvaillant00@hotmail.com

**Maria de Nazaré Souza Nascimento**

nascimentona@yahoo.com.br

**Márcio Costa**

marciocosta.geo@gmail.com

**Marcos José Alves Pinto Junior**

marcos\_alvesjr@yahoo.com.br

**Carlos Renato Montel**

carlos.montel@hotmail.com

**RESUMO:** O problema da sustentabilidade ambiental tem sido o assunto que mais vem se destacando na mídia atualmente. Compreende-se que é possível que a vida na terra se torne inviável, caso não tomem providências para o controle da poluição e o aquecimento global, embora exista a conscientização que recursos do planeta são finitos. Esses fatores são de grande importância em meio aos acadêmicos, onde, a abordagem e o estudo tornam a “Logística para Reciclagem”, cujo conceito caracteriza-se à similaridade ao de logística reversa, que pode definir-se: processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e eficácia

de custos quanto aos produtos estocados, matérias primas, desde o ponto de consumo até o ponto de reprocessamento, onde busca-se recuperar valor ou realizar a deposição adequada. No ponto de vista analítico, o caso descrito na literatura tem por objetivo, viabilizar e sua importância para a sustentabilidade ambiental a logística para as atividades de reciclagem de materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Reciclagem; Logística; Meio Ambiente.

**ABSTRACT:** The problem of environmental sustainability has been the subject that has been highlighted in the media today. It is understood that it is possible that life on earth will become unviable, if not take steps to control pollution and global warming, although there is awareness that the planet's resources are finite. These factors are of great importance among the academic, where the approach and the study turn the "Logistics for Recycling", whose concept characterized the similarity to reverse logistics, which can be defined: planning process, implementation and checking the efficiency and cost effectiveness regarding the stored products, raw materials, since the consumption point to the reprocessing section, which seek to regain value or perform proper deposition. In the analytical point of view, the case described in the literature aims, viable and

its importance to environmental sustainability logistics for materials recycling activities.

**KEYWORDS:** Sustainability; Recycling; Logistics; Environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão e crescimento das indústrias, Lora (2000) afirma que atualmente as empresas vem adotando atitudes ativas no cenário ambiental, transformando uma postura passiva em oportunidades rentáveis. Para elas o meio ambiente passa a não ter tanta importância, pois o objetivo era direcionado apenas as obrigações e responsabilidades legais passando a ser uma fonte adicional de metas, prestígio, competitividade e eficiência. No âmbito econômico atual, as empresas se desdobram e fazem o possível para tornarem-se competitivas, nas questões de redução de custos, minimizar o impacto ambiental e agir com responsabilidade social. O que estas empresas têm descoberto é que gerenciar e controlar a geração e destinação de seus resíduos é uma forma a mais de economizar e que possibilita a conquista e o reconhecimento da sociedade e o meio ambiente, pois não se trata apenas da produção de produtos, mas sim, as consequências com seu destino final. O processo de mudança do antigo paradigma para o novo – o da sustentabilidade - está em andamento e envolve literalmente todas as áreas do pensamento e da ação do homem. No meio ambiente encontra campo especialmente fértil, justamente porque a dimensão ambiental perpassa todas as atividades humanas. Os desequilíbrios sócio-ambientais são o resultado do velho paradigma cartesiano e mecanicista, com sua visão fragmentada do mundo – o universo visto como um conjunto de partes isoladas, funcionando como um mecanismo de relógio, exato e previsível. As transformações cada vez mais rápidas causadas pela tecnologia induzem à instabilidade econômica, ambiental e social, por um lado, e à perda da diversidade natural e cultural por outro. O velho paradigma não dá conta de entender e lidar com as complexidades e sutilezas dessas transformações. Já o novo, cujo eixo é a ideia de integração e interação, propõe uma nova maneira de olhar e transformar o mundo, baseada no diálogo entre saberes e conhecimentos diversos: do científico, com toda a sua rica variedade de disciplinas, ao religioso - passando pelo saber cotidiano do homem comum. No mundo sustentável, uma atividade – a econômica, por exemplo - não pode ser pensada ou praticada parcialmente, porque tudo está inter-relacionado, em permanente diálogo.

Segundo a previsão da Organização das Nações Unidas (ONU), população mundial apresenta um crescimento acelerado, onde a Terra apresentará em média 8 bilhões de habitantes em 2025. Isso representa aproximadamente 2 bilhões de pessoas em 21 anos. Atualmente, todas as áreas transformadoras de bens e/ ou serviços vem passando por diversas mutações, tanto em termos de padronização, tecnologia e gestão, mas principalmente em recursos. O propósito das empresas é produzir buscando a responsabilidade social e ambiental, atuar com maior confiabilidade,

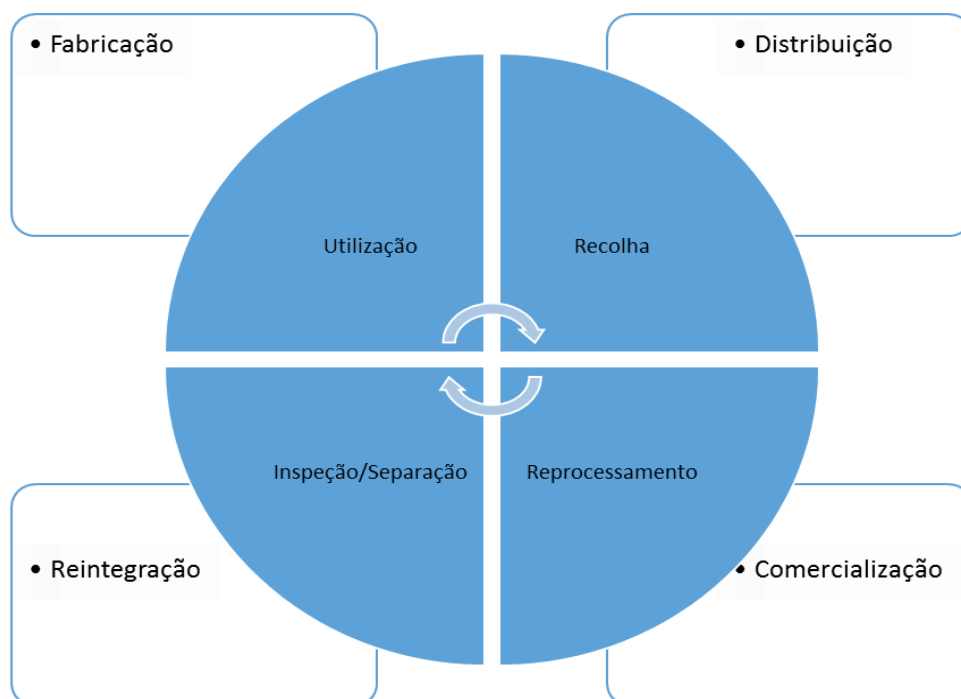
diferenciação, se destacar na redução de custos, e assim se tornar mais competitivo. Considera-se que 95% deste crescimento se dará nos países em desenvolvimento. Países estes que apresentam grande amplitude de problemas sociais, econômicos e ambientais. A mudança nos hábitos de consumo ocasionou e impulsionou a criação de novas necessidades, que para serem atendidas, necessitam de aquisição de bens manufaturados. O aumento na produção e no consumo gera o aumento do descarte de produtos cuja função original foi descaracterizada. O auto consumismo de bens, associado ao maior número de consumidores, faz com que o mundo se torne uma máquina contínua de geração de resíduos. A sustentabilidade requer uma nova ordem mundial, associada a uma profunda mudança de atitude no interior de cada nação, de cada instituição, de cada indivíduo. Isso significa também uma profunda mudança de atitude empresarial, até porque vivemos num mundo em que várias empresas são mais ricas e mais poderosas que muitos estados soberanos. À primeira vista, o reconhecimento de tal poder e riqueza nas mãos das corporações contradiz a nova realidade do mundo tripolar, em que o poder é equilibrado entre empresas, governo e sociedade civil organizada e a área de ação desses três elementos se dá nas dimensões econômica, ambiental e social. As contradições aparentes são características do mundo contemporâneo e a sobrevivência será o prêmio de quem melhor souber lidar com elas. O capitalismo, que até agora mostrou ser o sistema econômico mais eficaz, precisará de uma gestão competente para que, em algumas décadas, entremos na era do capitalismo sustentável. Nesse processo histórico, os empresários têm um importante papel a desempenhar. Hoje, várias empresas são mais poderosas do que muitas nações. O processo de logística reversa gera impactos na gestão da logística; pois muitos materiais são reaproveitados e retornam ao processo tradicional de suprimento, produção e distribuição. Este processo geralmente é composto por um conjunto de atividades que uma empresa realiza para coletar, separar, embalar e expedir itens usados, danificados ou obsoletos dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, revenda ou descarte. Vários são os tipos de reprocessamento que os materiais podem ter, dependendo das condições que estes entram no sistema de logística reversa. Os materiais retornam ao fornecedor quando houver este acordo. Podem ser revendidos se ainda estiverem em condições adequadas de comercialização. Podem ser reciclados se não houver possibilidade de recuperação. Todas estas alternativas geram materiais reaproveitados, que entram de novo no sistema logístico direto. Em último caso, o destino pode ser o seu descarte final. Alguns dos processos de descarte final, como, por exemplo, incinerações de madeira, exigem o serviço de empresa credenciada. Isto, além de demandar tempo na contratação de tal empresa, gera custo adicional no processo. Existe uma complexidade a verificar no que diz respeito a estoque de material. As empresas não têm a previsão da demanda, não sabem como o consumidor vai se comportar. E um evento externo, interfere no processo de armazenagem e distribuição em uma área limitada de estocagem. Significando, então, ocupação de área que não estava prevista e assim



elevando o custo de estoque. É necessário monitorar diariamente o comportamento da coleta, para dar maior agilidade às operações e assim diminuir custos. E na ausência da consciência ambiental, a sociedade passa a ser o alvo mais prejudicada pela diminuição da qualidade de vida, passando esta herança negativa e vícios às futuras gerações. A preocupação com a sustentabilidade e a responsabilidade social aplicada agora, é uma garantia de melhor qualidade de vida futura. Segundo o Instituto Recycle (2016), A sustentabilidade ambiental e ecológica é a manutenção do meio ambiente do planeta Terra, é manter a qualidade de vida, manter o meio ambiente em harmonia com as pessoas. É cuidar para não poluir a água, separar o lixo e evitar desastres ecológicos. A sustentabilidade é pensar em longo prazo. Trata-se de encontrar uma forma de desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das próximas gerações de suprir as próprias necessidades. O desafio da humanidade é preservar seu padrão de vida e manter o desenvolvimento tecnológico sem exaurir os recursos naturais do planeta.

Sabe-se que a sociedade atual enfrenta sérios problemas referentes à questão do volume de lixo, tais como esgotamento da capacidade dos aterros sanitários, formas de coleta, crianças e pessoas no lixo, armazenamento e destinação inadequados e, principalmente, falta de programas de conscientização referentes à redução e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos.

A figura 1, representa as etapas intervenientes na cadeia de recuperação de resíduos.



**Figura 1:** Etapas intervenientes na cadeia de recuperação de resíduos

Fonte: elaborado pelo autor

A Logística preocupa-se com o planejamento, armazenagem e distribuição

do produto ao cliente, criando mecanismo para entrega de produto ao seu destino final. Enquanto, a Logística Reversa cumpre um papel inverso, preocupando-se com os materiais finais (inservíveis), criando mecanismo para o seu possível retorno ao mercado.

Em diversos trabalhos científicos é comum estes dois tipos de logística serem confundidos. De fato, existem diversos pontos em comum entre os dois. Ambos tratam de materiais que já foram de alguma forma, utilizados ou manipulados. Ambos têm similaridade com a “logística de suprimentos”, na qual as matérias-primas se abastecem de um determinado processo produtivo que permeiam em diversos pontos de origem, porém apenas um único destino. Ambos tratam com produtos de valor bem menor do que quando produzidos. A grande diferença está no fato de que a Logística Reversa sempre é de responsabilidade da empresa que fabricou o produto que está sendo recolhido e, na maioria das vezes, isto traz um retorno financeiro negativo ou, se positivo, de menor significância, enquanto que a Logística para Reciclagem de Materiais pode ser realizada por qualquer empresa e sempre é lucrativa.

A realização da pesquisa foi motivada pela crescente preocupação com o meio ambiente e por acreditar que a logística reversa é uma forma de produzir atenuando os efeitos e danos à natureza. No campo acadêmico, a disseminação do tema logística reversa está presente em diversas áreas do conhecimento, tais como: ciências contábeis, engenharia de produção, administração, entre outras. A preocupação com as questões ambientais envolve um grande leque de atores, o que proporciona o desenvolvimento de investigações nos mais diversos âmbitos que compreendem o tema.

Com o advento da globalização e a conseqüente velocidade do progresso da tecnologia, houve um grande aumento no consumo, levando os setores empresariais a lançar uma série de novos e cada vez mais versáteis produtos no mercado, tornando os antigos ultrapassados e, por isso, distantes do interesse do consumidor final. Isto acarretou a redução da durabilidade, bem como a descartabilidade desses produtos, o que se evidencia nas palavras de Leite (2009, p. 14), O ciclo de vida mercadológico dos produtos se reduz em virtude da introdução de novos modelos, que tornam os anteriores ultrapassados em consequência de seu próprio projeto, pela concepção de ser utilizada uma única vez, pelo uso de materiais de menor durabilidade, pela dificuldade econômica de conserto, etc.

A redução da vida útil dos produtos ocasionou no aumento de seu descarte, tendo como resultado um grande crescimento de produtos de pós-consumo, gerando toneladas de lixo que contribuem para os problemas ambientais. Em decorrência desses fatores, torna-se nítida a crescente preocupação com o meio ambiente e a procura incessante de novas formas para diminuir as agressões à natureza. É nesse contexto que surge a logística reversa como uma ferramenta importante que permite a reinserção no ciclo produtivo de produtos que ficaram obsoletos ou que atingiram o final de sua vida útil.

A relevante preocupação com o meio ambiente se dá também à consequência que o mesmo vem trazendo a cada dia à população, comprometendo a qualidade de vida e acarretando em enfermidades entre outros. De acordo a organização Mundial da Saúde (OMS), quase dois milhões e meio de pessoas morrem anualmente por problemas de saúde relacionados à poluição do ar relacionado ao desequilíbrio do meio ambiente.

Para Pereira (2013), existe a necessidade de se esclarecer que a logística reversa nada mais é do que um processo com foco empresarial, ao contrário do que muitos pensam, que este processo visa retornos no mercado, e não um método para o alcance da sustentabilidade.

De acordo com Rogers e Tibben-Lembke (1998), a logística reversa “se refere a todos os esforços para movimentar mercadorias do seu lugar típico da eliminação a fim de capturar valor”, ou seja, trata-se de um procedimento empresarial que busca agregar ou recuperar algum valor de um produto que está à margem do mercado. A logística reversa não invoca a sustentabilidade, conforme Pereira et al (2013), relata, mas sim, a redução de custos e obtenção de lucros, entretanto, em algumas prerrogativas dos processos da logística reversa contém indícios de sustentabilidade. Diante disso, Pereira *et al* (2013) relata que quando isso ocorre, o processo passa a ser denominado como “logística verde” ou “logística ecológica”. De acordo com esse pensamento, Pereira *et al* (2013) leva a compreender que a logística verde se refere à compreensão e minimização dos impactos ecológicos da logística. Nesse aspecto, as atividades logísticas verdes abordam a medição do impacto ambiental de alguns métodos de transporte, certificação ISO 14.000, redução do consumo de energia e do uso de materiais (Rogers e Tibben-Lembke, 1998, p. 103). Dentre as atitudes tomadas que fazem relação entre a logística reversa e sustentabilidade, se tem a lei nº 12.300, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, que tem como objetivo aplicar diretrizes sobre o manejo de resíduos sólidos no Brasil. Para Donato (2008), a logística verde ou ecológica utiliza da logística reversa como uma ferramenta operacional, com a finalidade de minimizar os impactos ambientais tanto de resíduos na operação e no pós-consumo e em todos os impactos durante o ciclo de vida dos produtos. Portanto, vale ressaltar que a logística verde não é uma nova denominação da logística reversa, nem aparece para contrariá-la, mas sim, apenas um conjunto de atitudes relacionadas ao meio ambiente, como preservação, redução de poluentes, impactos decorrentes dos processos produtivos e de transporte que a logística convencional e reversa acabam por causar em determinados momentos das suas execuções.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A prática da Logística Reversa no Brasil tem crescido, e o seu interesse parte

tanto dos empresários com suas estratégias, como também, pelos governantes que têm buscado na legislação mecanismo que garantam uma produção organizada e, também, sustentável. Com isso, as empresas buscam prática de reaproveitamento, do uso correto dos produtos e, também, a preocupação com pós-venda e o descarte correto, visto que, um impacto negativo ao meio ambiente pode resultar no comprometimento da funcionalidade do produtor.

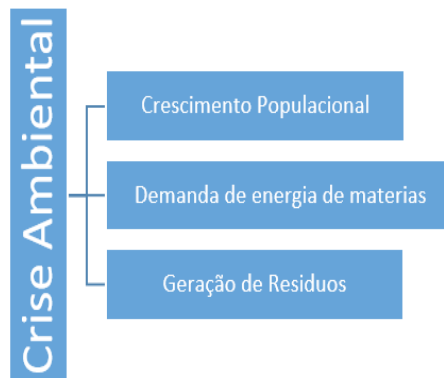
Observa-se que de acordo com os parâmetros legais as responsabilidades das empresas não terminam com a entrega dos produtos aos clientes, pelo contrário elas tornam-se responsáveis, e para tal responsabilidade a prática de Logística Reversa é uma forma de contribuição, que é imprescindível no equilíbrio de suas atividades perante a sociedade. Se a responsabilidade da empresa começa com a entrega do produto ao cliente, ela deve estar preparada neste momento, e de acordo com Penkar (2005 *apud* Valandro 2013, p.3) que chama a atenção para os 4 R's da Logística Reversa apresentados a seguir:

<b>Fase do processo de logística reversa</b>	<b>Descrição do processo</b>
<b>Recuperação</b>	É o retorno do produto a empresa. Permite o controle dos estoques, as saídas e a confiabilidade do produto, é realizado o teste de peças defeituosas e devolve um produto melhor ao mercado.
<b>Reconciliação</b>	É a análise dos produtos que retornam a empresa para verificar em qual canal será destinado, como reparação, reposição, reconstrução ou retorno ao mercado.
<b>Reparação</b>	É o tempo de espera do cliente para o produto ser trocado.
<b>Reciclagem</b>	É o retorno de produtos que seriam descartados ao ciclo de produção, reduzindo custos e abrindo novas oportunidades de negócios.

**Quadro 1:** Fase do Processo de Logística Reversa

Fonte: Adaptado de (Penkar *apud* Valandro, 2013).

A importância da implementação da Logística Reversa é um fato inegável nas organizações que atuam em vários segmentos e muitas empresas realizam atividades da Logística Reversa por caminhos reversos de pós-consumo e pós-vendas, que são práticas de gerenciamento que agregam valor à empresa, e a adequação da legislação, vem fortalecendo dois importantes âmbitos na sociedade, o econômico e o social, considerando estratégias da produção e demanda de materiais junto a geração de resíduos, fatores relevantes perante o crescimento populacional e a crise ambiental, conforme a figura abaixo:



**Figura 2:** Crise ambiental frente ao crescimento populacional, demanda e resíduos.

**Fonte:** Adaptado de (Penkar apud Valandro 2013)

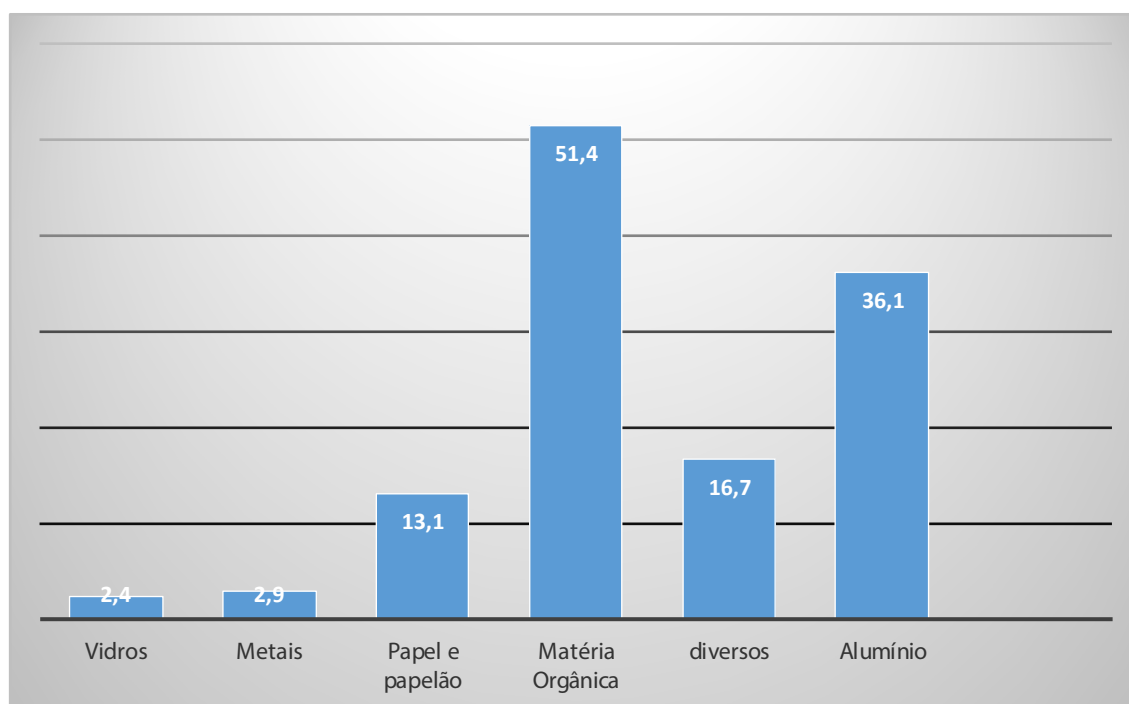
O processo logístico reverso consiste num mecanismo facilitador que auxilia as empresas em informações, para que elas tenham um controle eficiente em suas atividades, buscando se equacionar com a competitividade do mercado e até mesmo, auferindo vantagem econômica na aquisição de matéria prima e, ao mesmo tempo, livrando a entidade de causar um possível dano ao meio ambiente.

Mesmo com 60% dos municípios do país tendo alguma iniciativa de coleta seletiva, a quantidade de resíduo sólido urbano que retorna à cadeia produtiva não chega a 2%. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), 51,4% do material coletado são matéria orgânica; 13,5% são plásticos; 13,1% são papel, papelão e tetra pak; 2,9% são metais; 2,4% dos resíduos são vidro; e 16,7% são outros materiais.

De acordo com a Abrelpe, em 2012 foram produzidas 1.436 mil toneladas de alumínio primário e a reciclagem fica na faixa de 36%, chegando a 98,3% das latas de bebida, patamar com pouca variação nos últimos cinco anos. A produção de papel foi 10 milhões de toneladas e a taxa de recuperação com potencial para reciclagem está em 45,5%. O prazo para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) terminou em 2014, mas, apesar dos avanços muitas das diretrizes inovadoras não saíram do papel. Entre elas estão os planos nacional, estaduais e municipais com o planejamento de longo prazo para cada ente da federação. A política nacional foi sancionada em 2010, pelo ex presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

Atualmente 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos tem destinação inadequada no Brasil, vale ressaltar que o Brasil necessita investir R\$ 6,7 bilhões para, de forma adequada, coletar todos os resíduos sólidos e dar fim a esse material em aterros sanitários. O dado foi divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). De acordo com a entidade, caso o país mantenha o ritmo de investimentos na gestão de resíduos registrado na última década, a universalização da destinação final adequada deverá ocorrer apenas em meados de 2060. “No atual ritmo, chegaremos em 2016 com apenas 60% dos resíduos coletados com destino ambientalmente correto”, destaca Carlos Silva Filho, diretor

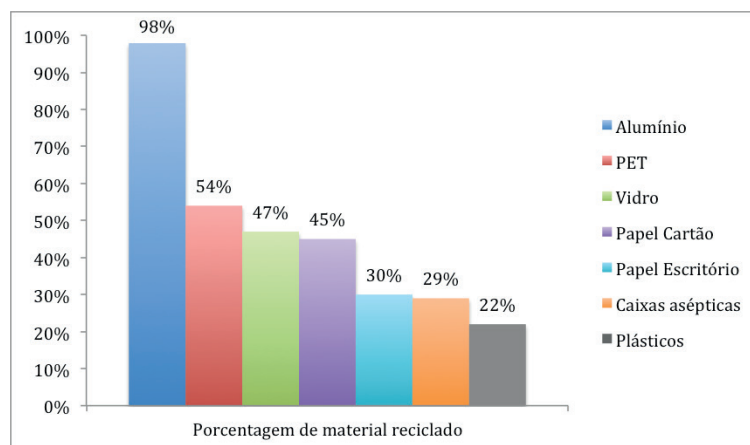
executivo da Abrelpe.



**Gráfico 1:** Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor mediante a dados estatísticos.

A decomposição de materiais é um poderoso instrumento de sensibilização que, invariavelmente, faz o setor empresarial e a população refletirem em sua responsabilidade individual com relação aos produtos recicláveis e a destinação adequada do lixo. Há, porém, muita variação de informação e isso se deve ao fato de que o tempo de decomposição deverá variar de acordo com as condições do solo ou ambiente em que os materiais foram descartados. Materiais descartados na água do mar, que tem condições de acidez, oxidação, entre outras que são próprias do mar, vão afetar o material de uma forma total diferente daqueles que são descartados mesmos no solo. A natureza gasta uma energia vital para o equilíbrio do planeta nos longos processos de decomposição, assim os processos de tratamento do lixo como a reciclagem, os aterros sanitários, a incineração e a compostagem são ainda as melhores formas que o homem tem de lidar como lixo que produz



**Gráfico 2:** Reciclagem no Brasil: porcentagem de material reciclado por material.

Fonte: ABAL, ABIPET, ABRAVIDRO, ABPO, ABTCP, ABRE e ABIPLAST.

Segundo ABRE (Associação Brasileira de Embalagem), a reciclagem é o termo utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. Muitos materiais podem ser reciclados e os exemplos mais comuns são o papel, o vidro, os metais como alumínio e aço e os diferentes tipos de plástico. A reciclagem proporciona a minimização da utilização de matérias-primas de fontes naturais e a minimização da quantidade de resíduos encaminhados para a destinação final. O Conteúdo reciclado é a proporção, em massa, de material reciclado em um produto ou em uma embalagem.

Somente os materiais pré-consumo e pós-consumo devem ser considerados como conteúdo reciclado. A destinação adequada é feita por intermédio do descarte seletivo para revalorização ou disposição final. Deve-se orientar o consumidor sobre o descarte dos resíduos para sua posterior revalorização ou disposição final e consequentes impactos ambientais. Disposição final é a coleta, triagem, transporte e tratamento de resíduos não revalorizados e seu depósito, em definitivo, em aterros industriais ou municipais. Rotulagem ambiental é uma ferramenta de comunicação que objetiva aumentar o interesse do consumidor por produtos de menor impacto, possibilitando a melhoria ambiental contínua orientada pelo mercado. Esse tipo de rotulagem agrega um diferencial e, por isso, deve ser usado com ética e transparência para não confundir, iludir e/ou distorcer conceitos sobre preservação ambiental aliada à sustentabilidade sócio-econômica.

Resíduos	Tempo necessário
Jornais	2 a 6 semanas
Cascas de frutas	3 meses
Guardanapos de papel	3 meses
Embalagens de papel	1 a 4 meses
Pontas de cigarro	2 anos
Pastilhas elásticas	5 anos
Pedaços de madeira com tinta	13 anos
Ferro	100 anos
Pilhas	100 a 500 anos

Latas de alumínio	100 a 500 anos
Sacos e copos de plástico	200 a 450 anos
Embalagens de plástico e vidro	Tempo indeterminado
Fralda descartável	600 anos
Chiclete	5 anos
Pneus	Indeterminado
Cerâmica	Indeterminado

**Quadro 2:** Tabela de tempo de degradação de alguns materiais na natureza

**Fonte:** Organização Instituto Recicle.

As associações brasileiras das indústrias de alumínio, PET, vidro, papelão, papel, embalagem e plástico, respectivamente afirmam que a reciclagem o alumínio é 100% reciclável em número ilimitado de vezes e quando se recicla o alumínio, são economizados 95% da energia que foi necessária para produzi-lo da primeira vez.

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para CERVO *et al*/2006, a metodologia utilizada é classificada como exploratória, que é definida como aquela que realiza descrições precisas da situação e quer descobrir as relações existentes entre seus elementos componentes. No que se refere ao enfoque do estudo da pesquisa focou-se na pesquisa exploratória e descritivo, sendo a primeira, destacada pela captação de informação extraídas de acervos bibliográficos, tais como: livros, teses e dissertações, artigos, revistas, jornais e redes eletrônicas, em consonância com o estudo. Nesse contexto, (CERVO, 1978 citado por SILVA, 2004), o estudo exploratório em determinados estudos, onde procura-se mais informações sobre o assunto em questão. Com base nisso, os dados exploratórios foram captados dos dados secundários existentes nas bibliografias existentes.

O trabalho apresenta um estudo sobre Sustentabilidade, Reciclagem, Meio ambiente e a Importância da logística onde o foco do objetivo principal da logística reversa é o de atender aos princípios de sustentabilidade ambiental como o da produção limpa, em que a responsabilidade é do “início ao fim”, ou seja, quem produz deve responsabilizar-se também pelo destino final dos produtos gerados, de forma a reduzir o impacto ambiental que eles causam. Assim, as empresas organizam canais reversos, ou seja, de retorno dos materiais, seja para conserto ou após o seu ciclo de utilização, para terem a melhor destinação, seja por reparo, reutilização ou reciclagem.

Ao longo da pesquisa bibliográfica é possível evidenciar a apresentação que agrega valor econômico às empresas, tendo como evidência a descrição também a importância do processo de reciclagem, obtendo-se uma visão mais macro sobre as exigências legais que impedem o descarte indiscriminado de resíduos no meio-ambiente. Ressalta-se também fatores críticos para a criação de um processo sustentável de reciclagem que envolve a coordenação de agentes econômicos e



sociais com visão holística da situação ambiental momentânea, associada a estratégica e comprometimento da administração, estrutura de logística reversa adequada para obtenção de redução de custos, lucros, consciência ambiental.

Apesar de ‘outras questões prementes’ não faltarem no Brasil, está se formando paulatinamente uma consciência cada vez maior da importância de se dar algum encaminhamento às questões sociais e ambientais que afligem a nossa sociedade. Esta consciência abre novas oportunidades para as organizações na medida em que pessoas se organizam para enfrentar esta realidade. ONGs, além de pressionar empresas e governos, procuram cada vez mais também oferecer soluções para serem desenvolvidas por meio de parcerias. Os consumidores, cada vez mais atentos ao efeito de seus hábitos de consumo, usam seu poder de compra para punir empresas irresponsáveis e premiar as que mostram compromisso com as questões sociais e ambientais.

	<b>Reciclagem sem desmontagem</b>	<b>Reciclagem com desmontagem</b>
<b>Terceirizar processos</b>	Exemplos: Recicladores independentes, processadores de lixo	Exemplos: Recicladores terceirizados de eletrônicos, recicladores independente de automóveis
<b>Participação ativa nos processos</b>	Exemplos: Fabricantes de perfis de alumínio e produtos derivados de PET reciclado	Exemplo: Fabricantes de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos

**Quadro 3:** Quatro Opções Genéricas de Reciclagem

Fonte: adaptado de Pagell et al. (2007, p. 138)

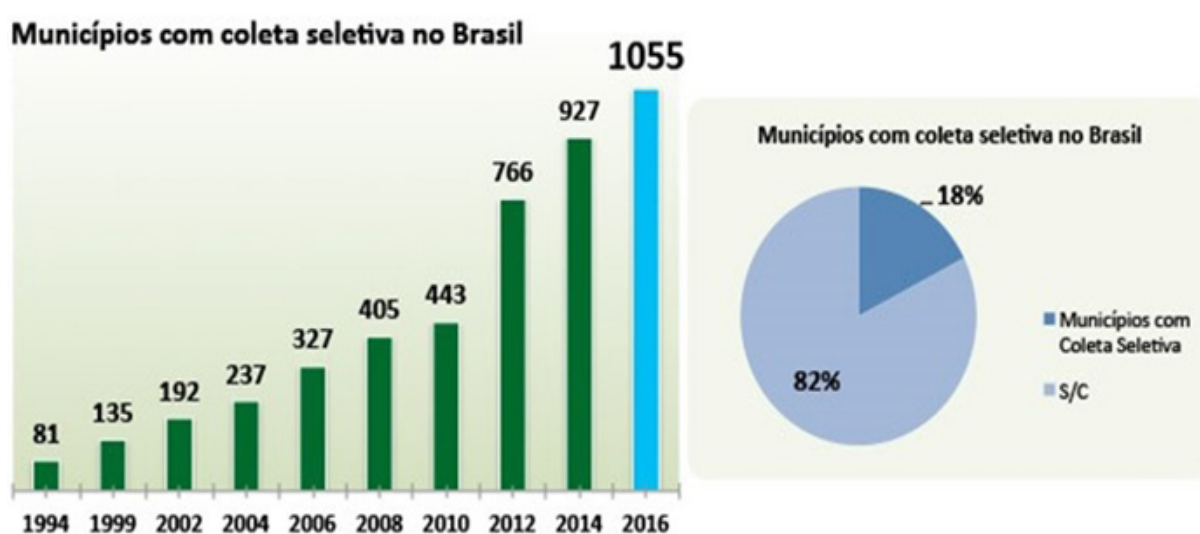
Consegue-se, assim, disseminar a estratégia da empresa ao longo de toda a organização e alcançar os resultados econômicos necessários para a sua viabilidade no longo prazo. Os parceiros da empresa também se beneficiam desta estrutura e conseguem adaptar-se, trabalham em ambiente com menores riscos e remuneração adequada. Tendem a investir mais na relação comercial e nos processos que ela envolve. Uma postura organizacional que reforça e explicita os compromissos socioambientais também atrai e fideliza parceiros que tenham a mesma postura estratégica e até transforma a postura de parceiros já tradicionais. Assim, a organização consegue criar progressivamente as condições para superar as barreiras à concretização de suas estratégias, revertendo em diminuição de custos, e contribuindo com o meio ambiente.

## 4 | APRESENTAÇÃO DE ANÁLISE DE RESULTADOS

O resultado foi o aumento da concorrência em todos os setores industriais por meio do avanço tecnológico e a necessidade de se prestar serviços cada vez melhores para atender às exigências dos consumidores, o que trouxe discussões a respeito de como situar uma empresa num ambiente altamente ativo e competitivo. Portanto,

resultando na aceleração do tempo de giro na produção o que aumentou o consumo, transformando-se em um mundo de instantaneidade e descartabilidade, o que tem sido perverso para o planeta e seus habitantes.

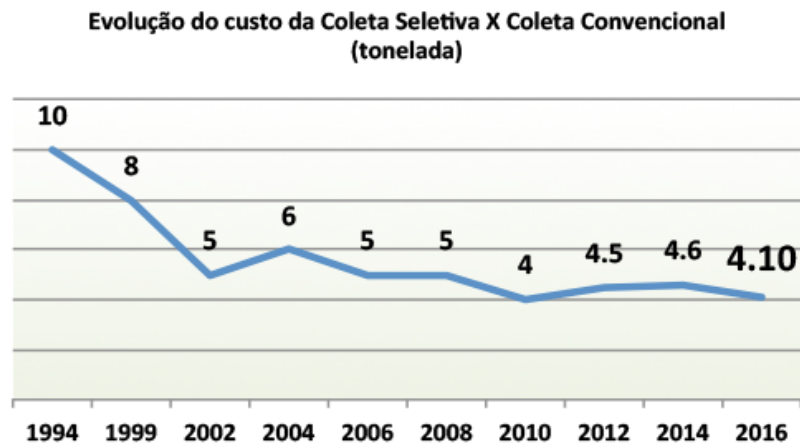
A logística é fundamental, pois de certa forma viabiliza e esclarece dados relevantes inerentes a sustentabilidade, de fácil identificação e visualização mostrando o benefício da reciclagem, conseqüentemente os benefícios eco - ambientais, pois ainda existe uma falta de conhecimento sobre como medir desempenho ambiental na gestão da cadeia de suprimentos. A medição do desempenho ambiental vem se tornando uma parte importante da oferta de negócios de vários fornecedores de serviços de logística, bem como uma forma de diferenciar o produto, ou seja, o serviço de logística, em um mercado cada vez mais competitivo (BJÖRKLUND *et al*, 2012). A sustentabilidade exige uma postura preventiva, que identifique tudo que um empreendimento pode causar de positivo - para ser maximizado - e de negativo - para ser minimizado. Os avanços tecnológicos que o homem foi capaz de obter tornaram cada vez mais curto o tempo para que um impacto sobre o meio ambiente e sobre a sociedade seja plenamente sentido. As empresas dedicadas à logística manifestam interesse crescente pelos impactos no meio ambiente produzidos por suas operações, situação está que é retratada claramente em termos de exploração de novas oportunidades de mercado (RODRIGUE *et al*, 2001). Para ser sustentável, uma empresa ou empreendimento tem que buscar, em todas as suas ações e decisões, em todos os seus processos e produtos, incessante e permanentemente, a ecoeficiência. Vale dizer, tem que produzir mais e melhor com menos: mais produtos de melhor qualidade, com menos poluição e menos uso dos recursos naturais. E tem que ser socialmente responsável: toda empresa está inserida num ambiente social, no qual influi e do qual recebe influência.



**Gráfico 3:** 1055 municípios brasileiros (cerca de 18% do total) operam programas de coleta seletiva

Fonte: Cempre (compromisso empresarial para reciclagem)

Em se tratando de regionalização a concentração dos programas municipais de coleta seletiva permanece nas regiões Sudeste e Sul do País. Do total de municípios brasileiros que realizam esse serviço, 81% estão situados nessas regiões.



**Gráfico 4:** Evolução do custo da Coleta Seletiva X Coleta Convencional  
Fonte: Cempre (compromisso empresarial para reciclagem).

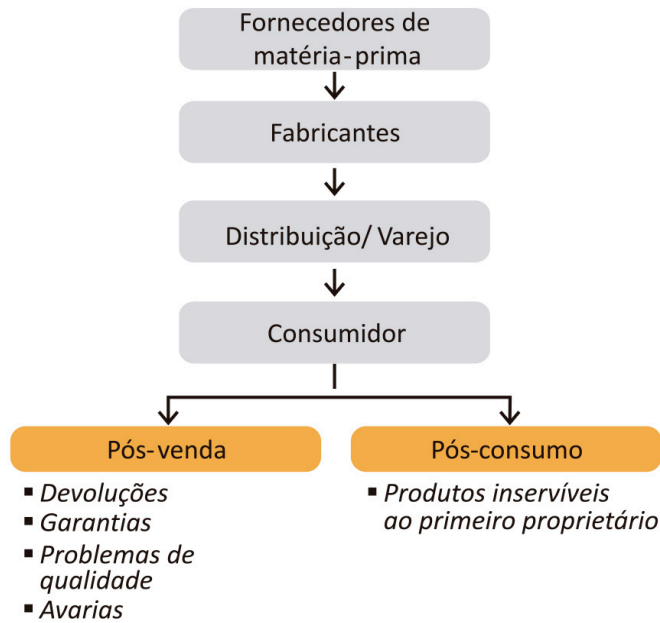
A coleta seletiva dos resíduos sólidos municipais é feita pela própria prefeitura em 51% das cidades pesquisadas; Empresas particulares são contratadas para executar a coleta em 67%; E praticamente metade (44%) apoia ou mantém cooperativas de catadores como agentes executores da coleta seletiva municipal. O apoio às cooperativas está baseado em: maquinários, galpões de triagem, ajudas de custos com água e energia elétrica, caminhões (incluindo combustível), capacitações e investimento em divulgação e educação ambiental.

#### Agentes executores da coleta seletiva municipal



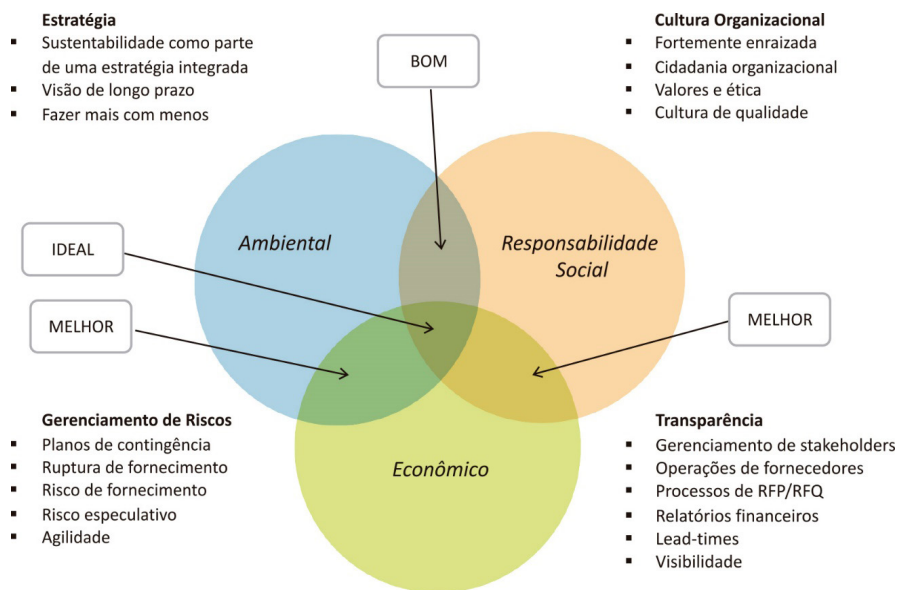
**Gráfico 5 –** Agentes executores da coleta seletiva  
Fonte: Cempre (compromisso empresarial para reciclagem)

## Tipos de fluxo reverso



**Figura 3:** Tipos de fluxo reverso

Fonte: Cempre (compromisso empresarial para reciclagem).



**Figura 3:** mostra como estas dimensões se relacionam e os aspectos referentes à construção de valor numa cadeia de suprimentos sustentável.

Fonte: Cadeia de suprimentos sustentável (Rogers, 2010).

Nesse contexto, é inevitável a readequação das cadeias de suprimentos em cadeias ambientalmente adequadas, isto é, em cadeias de suprimentos sustentáveis, atendendo, assim, às três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Junto com o aumento da população mundial e com o crescimento das indústrias, aumenta também a quantidade de resíduos orgânicos e inorgânicos na sociedade. Devido à grande quantidade de lixo, reciclar se torna uma atitude cada vez mais importante para a manutenção da saúde do planeta e das pessoas. Para que exista uma solução para o desenvolvimento sustentável e eficiente que priorize, as dimensões econômicas, sociais e ambientais, é necessário que os principais atores (diretos e indiretos) se comprometam no sentido de cumprirem os seus deveres e fazerem valer seus direitos. A sociedade deve exigir do Poder Público e das indústrias uma postura ambiental pró-ativa, cumprindo também a sua parcela de responsabilidade. O Poder Público deve promover o desenvolvimento sustentável através de iniciativas de apoio às indústrias e também exercer o seu papel de polícia ambiental. Cabem às indústrias adequação dos processos e produtos ao meio ambiente, de forma que os impactos sobre o mesmo sejam continuamente minimizados. O processo de reciclar gera riquezas, já que algumas empresas usam o procedimento como forma de reduzir os custos, e também contribui para a preservação do ambiente. Os materiais mais reciclados são o papel, o plástico, o vidro e o alumínio. A coleta seletiva do lixo e a reciclagem são cada vez mais conhecidas em todo o mundo, uma vez que a reciclagem auxilia a redução da poluição do solo, do ar e da água.

É importante salientar que a reciclagem mecânica é mais competitiva que a reciclagem química em termos de eficiência dos processos.

Transportar, armazenar e gerenciar estoques, assim como outras atividades da logística tradicional, também são necessárias nas operações reversas. Serviços adicionais específicos como triagem, processamento dos resíduos e rastreamento especial podem ser atividades adicionais.

## REFERÊNCIAS

ABRE. “*Associação Brasileira de Embalagem*”. Disponível :<<http://www.abre.org.br/reciclagem/>>. Acessado em 25 agos.2016

ABRELPE. (2015); “*Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos* “. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso 25 ago.2016.

BJÖRKLUND, M; MARTINSEN, U.; ABRAHAMSSON, M. (2012). “Medidas de desempenho das cadeias de abastecimento”, *Supply Chain Management: An Internacional Journal*, Vol. 17 Iss: 1, pp.29–39

CEMPRE. “*Compromisso Empresarial para Reciclagens*”. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclossoft/id/8>. Acesso 25 ago. 2016

CERVO, A. L., BERVIAN, P. A., DA SILVA, R. (2006); “*Metodologia Científica*”, 6 eds., editora Pearson Education, São Paulo.

DONATO, Vítório. Logística Verde. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2008.

IBGE. (2012); " *Pesquisa de Informações Básicas Municipais – Perfil dos Municípios Brasileiros*". Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

IBGE. (2013); " *Pesquisa de Informações Básicas Municipais – Perfil dos Municípios Brasileiros*". Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/>> Acesso em 24 ago. 2016.

IBGE. (2015); " *Indicadores de desenvolvimento sustentável*". –Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/>>. Acesso 25 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (2012); " *Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação da logística reversa por cadeia produtiva*". Componente: Produtos e embalagens pós-consumo.

INSTITUTO RECICLE. Disponível em:<http://institutorecicle.org.br/site/>>. Acessado em 25 ago. 2016.

LEITE, P. (2009); " *Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade*". São Paulo: Prentice Hall. 246p.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL (2013); 3 R's, 4 R's e 5 R's. Disponível em <http://www.licenciamentoambiental.eng.br>>. Acesso em 25 ago.2016

LORA, E. (2000); " *Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte*". Brasília.

PENKAR apud VALANDRO.F.(2013); " *Logística: o interesse do tema no periódico acadêmico nacional através de um estudo bibliométrico*". XX Congresso Brasileiro de custos. Disponível em <http://anaiscbc.emnuvens.com.br>>. Acesso em 25 ago. 2016.

PEREIRA, André Luiz... [et al.]. (2013); " *Logística reversa e sustentabilidade*". São Paulo: Cengage Learning.

RODRIGUE, J-P. et al. (2001); " *Green Logistics. The Handbook of Logistics and Supply-Chain Management, Handbooks in Transport #2, London*": Pergamon/Elsevier, pp. 339-351.

SENADO FEDERAL (2014); " *Agência de Notícias do Senado*". Matérias/Comissões. Disponível em <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/>>. Acesso em: 25 ago.2016.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Indo para trás: tendências e práticas de logística reversa. Universidade de Nevada. Reno: CLM, 1998.

## A CONTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE CONTAS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS PARA ESTIMAR OS CUSTOS AMBIENTAIS NOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**Adriana Maria Dassista**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas, ENCE/  
IBGE

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

**José Eustáquio Diniz Alves**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas, ENCE/  
IBGE

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro ENCE/IBGE

**David Montero Dias**

CDD/IBGE

**RESUMO:** A necessidade de valorar e mitigar os impactos ambientais causados pela construção de grandes empreendimentos levou as instituições do setor a desenvolverem metodologia própria para este propósito. Embora os manuais existentes mostrem quais impactos devem ser analisados e como quantificá-los, ainda não há um consenso sobre o tema. O SCEA não foi desenvolvido com esta finalidade, porém, nele são compiladas informações ambientais que coincidem com as levantadas em projetos de geração de energia elétrica. O presente trabalho compara quais dessas variáveis são comuns aos manuais e ao SCEA e sugere, este último, como uma importante ferramenta de valoração ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geração de Energia Elétrica, Impactos Ambientais, Contas Ambientais, Custos Ambientais.

**ABSTRACT:** The need to value and mitigate the environmental impacts caused by the construction of large enterprises led the sector's institutions to develop their own methodology for this purpose. Although the existing manuals show what impacts are to be analyzed and how to quantify them, there is still no consensus on the issue. The SCEA was not developed for this purpose, however, it compiles environmental information that matches those raised in electric power generation projects. The present work compares which of these variables are common to the manuals and to the SCEA and suggests, the latter, as an important instrument of environmental valuation.

**KEYWORDS:** Generation of Electric Energy, Environmental Impacts, Environmental Accounts, Environmental Costs.

### 1 | INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico e social de qualquer país, pois é uma infraestrutura essencial para os principais setores da economia que geram o Produto Interno Bruto (PIB). No Brasil, em virtude das suas características naturais, um percentual dessa energia é gerada por meio de fontes renováveis, principalmente pela fonte hidráulica, considerada uma fonte limpa de

geração, porém isso não significa que sua exploração não cause prejuízos ao meio ambiente. Por isso, a expansão do sistema de geração requer que estudos prévios de impactos ambientais sejam feitos, ainda na etapa de estudos de viabilidade de um novo empreendimento. No entanto, a preocupação com os impactos causados ao meio ambiente e os custos para compensá-los também devem estar presentes após a entrada do empreendimento em operação. Atualmente a avaliação desses impactos é realizada com o auxílio de manuais, desenvolvidos por especialistas da área, que sugerem uma série de medidas para minimizar os impactos causados. Neste artigo o objetivo é apresentar uma nova ferramenta capaz de contribuir na avaliação dos impactos ambientais causados pelos empreendimentos de geração de energia elétrica. Trata-se do Sistema de Contas Econômicas e Ambientais (SCEA), ou Contas Ambientais, desenvolvido pelo escritório de estatísticas da Organização das Nações Unidas (ONU) em conjunto com outros atores para acompanhar de que forma os bens ambientais estão sendo produzidos e usados e quais são os impactos causados ao meio ambiente, pela exploração dos recursos naturais e o impacto causado pelos resíduos resultantes desse processo. Este Sistema apresenta um marco conceitual integrado que visa mensurar as interações entre o meio ambiente e a economia e pode ser aplicado para identificar padrões mais sustentáveis de desenvolvimento (UN, 2016). Ele não foi desenvolvido para valoração de custos ambientais provocados por empreendimentos de geração de energia elétrica, mas pode ser aplicado também para esta finalidade.

Esse sistema está subdividido em quatro contas: Conta da Água, da Energia, Solo e Ecossistemas, Agricultura, Silvicultura e Pesca. Nele leva-se em consideração, na contabilização do PIB, a incorporação do uso dos recursos naturais (água, solo, recursos energéticos, etc) e da degradação ambiental. Este sistema de contas integradas pode contribuir para as decisões de políticas voltadas para melhorar a distribuição e acesso à energia, melhor gestão da oferta e demanda e reduzir as pressões ambientais em função dos recursos utilizados para gerar energia. As informações presentes nas contas podem subsidiar os estudos de viabilidade ambiental para os novos empreendimentos e o acompanhamento dos empreendimentos em operação. Observa-se que variáveis como qualidade da água, nível da qualidade do ar e uso e ocupação do solo, presentes nos manuais utilizados atualmente nas etapas de estimação dos custos socioambientais, também estão presentes no sistema de Contas Econômicas e Ambientais. Isto significa que esse sistema conteria informações de todo o território nacional, que poderiam ser usadas nos estudos de viabilidade ambiental de um empreendimento de geração de energia elétrica, seja qual for a fonte de geração utilizada. E como as informações seriam atualizadas anualmente, pelos órgãos responsáveis de cada área e compiladas para publicação pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tornando estas informações confiáveis. Atualmente o Brasil, por meio do IBGE em conjunto com outras instituições, vem trabalhando no desenvolvimento da Conta da Água, e quando publicada trará informações importantes sobre qual a situação das principais bacias



hidrográficas brasileiras, em termos de uso, poluição, tratamento e outros aspectos. O conhecimento dessas informações será de grande importância para o setor elétrico, principalmente para as usinas hidrelétricas que dependem de água de boa qualidade para operarem. Os grandes empreendimentos, seja de qualquer natureza, geram impactos sobre o meio ambiente, que devem ser muito bem avaliados para garantir a viabilidade econômica e ambiental do projeto. Mas eles devem ser acompanhados ao longo de toda a vida do empreendimento porque os impactos não terminam com finalização da construção (DE SOUZA, 2000).

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais utilizados neste trabalho são os manuais do Referencial para Orçamentação dos Programas Socioambientais, do Ministério de Minas e Energia (MME) e o marco central do Sistema de Contas Econômicas Ambientais (SCEA), das Nações Unidas.

A metodologia do trabalho consiste em revisar as variáveis ambientais, definidas nos manuais, que são analisadas nos estudos de impactos ambientais de empreendimento de geração de energia elétrica e as variáveis que são contabilizadas no SCEA relacionadas ao meio ambiente. Em seguida compará-las para identificar quais delas são comuns aos dois sistemas apontando onde o SCEA pode atuar como instrumento complementar de análise aos manuais.

## **3 | CUSTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A incorporação dos custos ambientais a projetos de geração de energia elétrica é um tema relativamente recente. Porém o fortalecimento da legislação ambiental tem levado os empreendedores a terem que incorporar esses custos aos demais custos de projetos dessa natureza. A identificação e quantificação dos custos ambientais associados aos diferentes tipos de empreendimentos de geração de energia elétrica é fundamental para comparar a viabilidade desse empreendimento, não apenas do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista social e econômico. O problema consiste na dificuldade em medir esse tipo de custo porque as variáveis ambientais nem sempre são quantificáveis.

Para tentar resolver este problema o Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (COMASE) criou, em 1991, o Grupo de Trabalho Custos Ambientais, para encontrar formas de dar um tratamento econômico as questões ambientais, tanto de forma conceitual como metodológica. E, com base nos estudos desse grupo o MME lançou, em 1993, o documento que apresenta os instrumentos e mecanismos para orçar os custos ambientais para empreendimentos do setor elétrico brasileiro. O documento, denominado manual, está dividido em três volumes:

usinas hidrelétricas, usinas termelétricas e sistemas de transmissão, volume I, II e III, respectivamente. Os custos referidos nos manuais são aqueles que de fatos serão internalizados na avaliação dos projetos: custos de controle, mitigação, compensação, monitoramento e os institucionais). Ressaltando que este manual também trata dos custos sociais, mas, que neste trabalho, trataremos apenas dos custos ambientais (MME, 1993). A Tabela 1 resume quais os tipos de custos e o conceito de cada um.

<b>Tipos de custo</b>	<b>Conceito</b>
Controle	Decorrentes de ações para evitar os impactos causado pelo empreendimento.
Mitigação	Relacionados as ações para redução das consequências dos impactos.
Compensação	Decorrentes da compensação dos impactos nas situações em que a reparação é impossível
Degradação	Custos externos provocados pelos impactos ambientais quando não ha controle, impactos residuais quando da existência de controle, compensação e mitigação.
Monitoramento	Custos associados ao acompanhamento e avaliação dos impactos e programas ambientais.
Institucionais	São aqueles referente a elaboração dos estudos de socioambientais referentes a etapas de planejamento, implantação e operação, nos estudos de impacto ambiental (EIA), relatório de impacto ambiental (RIMA), na obtenção das licenças e na realização de audiências públicas.

Tabela 1 – Custos Ambientais: Tipologia e Conceitos

### 3.1 Identificação dos impactos ambientais

A identificação e estimacão dos custos ambientais segue algumas etapas. Estas começam com identificar qual açã serã executada, sobre qual parte do meio ambiente, o impacto que poderã ser causado por esta açã, os programas para acompanhar estes impactos e por fim a valoraçã destes custos, como resumido na Tabela 2 (MME, 1993).

<b>Açã</b>	<b>Meio Ambiente</b>	<b>Impacto</b>	<b>Programas</b>	<b>Valoraçã</b>
Barramento do rio	Qualidade da água	Alteraçã da estrutura do ambiente aquático	Monitoramento da qualidade da água	Custo do monitoramento
Emissã de efluentes aéreos	Qualidade do ar	Impactos na saúde da populaçã	Uso de filtros adequados	Implantaçã de filtros
Energizaçã de linhas de transmissã	Uso e ocupaçã do solo	Danos no uso do solo	Monitoramento do uso do solo	Custos de monitoramento

Tabela 2: Etapas para estimar os custos ambientais

A Resoluçã Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, também estabelece metodologia e parâmetros específicos para a identificaçã, avaliaçã, e análise de impactos ambientais e para a adoçã de medidas mitigatórias. Porém essa resoluçã não define a forma de valoraçã desses impactos e não é exclusiva do setor elétrico. De acordo com esta Resoluçã (1986, p. 1).

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, química e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

A mesma Resolução também define que dependera de EIA e RIMA o licenciamento de atividades que modifiquem o meio ambiente, entre elas as obras de geração e transmissão de energia elétrica e a exploração de outros recursos energéticos.

#### 4 | O SISTEMA DE CONTAS ECONOMICAS AMBIENTAIS

Desde a conferência realizada em 1992 a ONU, em conjunto com outras entidades, como a União Europeia, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o Fundo Monetário Internacional (FMI) e Banco Mundial trabalharam para desenvolver e apresentar aos países este sistema de contas. Este trabalho resultou na publicação, em 1993, de um manual de contabilidade nacional intitulado de Manual de Contabilidade Econômica-Ambiental Integrado (SICEA-1993). Esse foi revisado e uma nova publicação feita em 2003 (SICEA-2003). Em 2005, dada a constante necessidade de incorporar novas variáveis ao sistema, a Comissão de Estatísticas da ONU formou um comitê com *experts* em contabilidade econômica e ambiental, representantes de escritórios nacionais de estatísticas e de agências internacionais, com o objetivo de revisar o SICEA-2003 e estabelecer um padrão estatístico para as estatísticas oficiais. Com base no conhecimento dos *experts* e avaliações dos sistemas de contas anteriores foi publicado o Sistema de Contas Econômicas-Ambientais (SCEA-2012). Este sistema tem um marco conceitual multipropósito para compreender as interações entre a economia e o ambiente e descrever o estoque de ativos ambientais e suas variações. Nesse sistema são aplicados os mesmos conceitos contábeis, regras e princípios do (SCN), o que os torna compatíveis. Também reúne, em uma mesma unidade de medida, informações sobre água, minerais, energia, madeira, recursos pesqueiros, solo, terra e ecossistemas, contaminação e resíduos, produção, consumo e acumulação (UN, 2016).

Ao longo de 20 anos, da conferência Eco 92 até a Rio +20, o escopo de trabalho inicialmente definido para o SCEA foi ampliado. Durante os anos 80 e início da década de 90 o foco principal foram extensões e ajustes no PIB e registro das despesas ambientais. As discussões giravam em torno das formas como o esgotamento dos recursos e a degradação ambiental poderiam ser estimadas e incorporadas ao SCN.

Ao longo dos anos 90 este foco foi ampliado, para considerar maneiras pelas quais as abordagens e estruturas contábeis poderiam ser úteis na organização de informações físicas relacionadas aos estoques e fluxos ambientais.

O SCEA fornece informações sobre a avaliação das tendências de uso e disponibilidade de recursos naturais, a intensidade das emissões e resíduos lançados no meio ambiente, resultado da atividade econômica, e das atividades econômicas com propósitos ambientais. Seu marco central é um guia para valorar recursos, renováveis e não renováveis e a terra. Ele apresenta várias mudanças no tratamento dos fluxos físicos em relação ao SCN. O marco central do SCEA 2012 aborda a medição de três aspectos:

- Fluxos físicos de materiais e energia dentro da economia e entre a economia e o ambiente;
- Estoques de ativos ambientais e mudanças nos estoques em termos físicos e monetários, mostrando o estoque de ativos ambientais no início e no fim de cada período contábil;
- As atividades econômicas e as transações relacionadas com o ambiente.

O marco central do SCEA está estruturado em cinco partes: estrutura contábil, na qual são descritas seus componentes fundamentais e a abordagem contábil; contas de fluxos físicos, que explica com detalhes como deve ser feito o registro de fluxos fixos e a estrutura das tabelas de recursos e usos físicas da energia, água e materiais; contas da atividade ambiental e fluxos relacionados, identificação de transações econômicas dentro do SCN que podem ser consideradas ambientais, impostos e subsídios ambientais; contas de ativos ambientais, registro de estoques e fluxos associados a ativos ambientais e contas híbridas que combinam dados físicos com monetários. Além dessa estrutura o marco central também conta como apoio de outras publicações para recursos ou atividades específicas SCEA-Água, SCEA-solo e ecossistemas, SCEA-agricultura, silvicultura e pesca e SCEA-Energia.

A principal vantagem do SCEA é a reunião, em um único sistema de mensuração, de informações sobre água, minerais, energia, madeira, peixes, solos, terra e ecossistemas, poluição e resíduos, consumo e acumulação. Cada uma dessas áreas tem sua própria metodologia de mensuração e, que se publicadas anualmente, como o que acontece atualmente com o Sistema de Contas Nacionais (SCN), pelo qual é calculado o PIB, permitirá o acompanhamento dessas variáveis que são de grande interesse para novos projetos, que precisam considerar em seu desenvolvimento as questões de impacto ambiental. Além disso, o SCEA é complementado por outras duas publicações: *SCEA Experimental Ecosystem Accounting* e *SCEA Applications and Extensions* (UN, 2016).

Este novo Sistema, de acordo com seus desenvolvedores, permite acompanhar de que forma os bens ambientais estão sendo produzidos e consumidos. Avaliar se a

atividade econômica está produzindo mais resíduos do que a capacidade de absorção do meio ambiente. As informações nele contidas podem ser aplicadas na tomada de decisão de novos investimentos, políticas públicas voltada para questões de gestão de energia e de recursos hídricos, etc.

Além de mensurar os estoques de ativos ambientais e fluxos entre o meio ambiente e a economia, o SCEA também registra os fluxos das atividades econômicas relacionadas ao meio ambiente como, por exemplo, os gastos com proteção ambiental e gestão de recursos e a produção de bens e serviços ambientais como dispositivos para reduzir a poluição do ar. A definição e classificação dos insumos naturais permite que sua mensuração seja feita de forma mais apropriada. E estes insumos são classificados em três grandes classes: insumos de recursos naturais (recursos energéticos, recursos de solo, madeireiros naturais, aquáticos naturais e recursos hídricos), insumos de energia de fontes renováveis (solar, hidráulica, eólica e etc) e outros insumos naturais (insumos do solo e da atmosfera).

Do ponto de vista do setor elétrico as contas de três subsistemas da conta satélite do SCEA podem fornecer informações valiosas para o planejamento do setor. Por exemplo, as tabelas de recursos e usos, em termos físicos e monetários, do SCEA-energia, podem informar quais os setores que mais consomem eletricidade e quais as principais fontes de geração utilizadas. A tabela de ativos fornece as informações relativas aos estoques de recursos energéticos que o país dispõe, destacando que os estoques de água são contabilizados na conta da água. A conta da água (SCEA-água), sumariza em suas tabelas, dados sobre recursos e usos, emissões (por atividade econômica), variação de estoques, precipitação, evaporação, etc. e o SCEA-solo e ecossistemas para questões relacionadas principalmente ao uso do solo.

## 5 | SCEA COM O COMASE

Na comparação desses dois instrumentos observa-se que as variáveis: qualidade da água, do ar e uso e ocupação do solo, presente nos manuais de valoração de impactos ambientais causados por empreendimentos de geração também, são observadas nas tabelas de recursos e usos, de ativos, tanto físicos como monetários, do SCEA. A Tabela 3 mostra em quais subsistema da Conta Ambiental podem ser observadas cada uma dessas variáveis.

Variável	Conta Ambiental
Qualidade da água	Conta da Água
Qualidade do ar	Conta da Água e Energia
Uso e ocupação do solo	Conta do Solo e Ecossistemas

Tabela 3: Variáveis comuns ao manuais e ao SCEA

Além de fornecer um sistema padronizado internacionalmente para valorar as variáveis apresentadas na Tabela 3, o SCEA também apresenta informações para o monitoramento dessas variáveis após a entrada do projeto em operação, já que se trata de um Sistema cujos dados serão publicados anualmente.

A tabela de recursos e uso física e emissões, contabiliza os volumes de água trocados entre os setores econômicos e o meio ambiente e, de emissões a quantidade de contaminantes eliminados ou agregados à água durante sua utilização. Como este Sistema de Contas segue os princípios contábeis, aplicados ao Sistema de Contas Nacionais, será possível identificar qual setor foi responsável pelo uso e contaminação da água e atribuir a ele suas responsabilidades de tomar medidas para reduzir os impactos por ele causados. As tabelas híbridas das contas ambientais combinam informações físicas com dados monetários permitindo, por exemplo, vincular volumes de água utilizados com informações monetárias sobre o processo produtivo, de onde podem ser derivados indicadores com dados sobre eficiência no uso da água.

A Conta da Energia, por sua vez, sumariza as informações relativas às emissões geradas por cada fonte de energia, desde a etapa de exploração até ao seu consumo. Então é possível acompanhar, por exemplo, o quanto foi emitido de gases de efeito estufa, por uma central térmica de geração de energia elétrica, tendo como fonte o gás natural, ou o quanto um reservatório de uma hidrelétrica pode emitir de gases de efeito estufa. O setor de geração de energia elétrica utiliza recursos não renováveis e renováveis, retirados do meio ambiente, e devolve ao mesmo resíduos na forma de gases ou sólidos.

O uso e ocupação do solo avalia os impactos causados pela agricultura, pela retirada de parte da floresta ou cobertura natural do solo para cultivo, construção de linhas de transmissão, construção de aterros sanitários, locais de armazenamento de lixo radioativo, proveniente de usinas de geração termonucleares, etc.

## 6 | CONCLUSÃO

De acordo com o próprio manual do MME (1986, p.13):

A correta orçamentação dos projetos setoriais, evidenciando seus custos reais e dimensionando dos recursos financeiros requeridos para o adequado tratamento da questão ambiental, permite elaborar análises mais realistas da viabilidade econômico-energética dos empreendimentos e da sua priorização dentro dos planos de expansão dos sistemas de suprimento.

Então a adequada valoração dos custos dos impactos ambientais, causados por empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica, permite uma maior avaliação da real viabilidade de sua implementação. Dados que os modelos atuais de valoração, contidos nos manuais, não são abrangentes o suficiente para contemplar todas as variáveis, novas ferramentas são essenciais para complementar essa avaliação.

Nesse sentido o SCEA é uma ferramenta valiosa que, mesmo não sendo desenvolvida para este propósito, pode ser de grande ajuda para valorar os custos ambientais. A padronização e sumarização de informações, econômicas e ambientais, em uma mesma ferramenta, publicada por instituição confiável e de forma regular, contribuirá também para o acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais após a implementação dos projetos.

Vale ressaltar que o Sistema de Contas Econômicas e Ambientais ainda está em fase de desenvolvimento, embora sua proposta base remonte ao ano de 1993. Não existe uma obrigação para elaboração desse Sistema mas, um consenso por parte dos países que assinaram os termos da Agenda 21. É uma decisão de cada país o desenvolvimento desse sistema, já que envolve uma série de informações que precisam ser levantadas para que se consiga um resultado de qualidade. Como os dados necessários para construir as contas pertencem a instituições diferentes, tanto públicas como privadas, é preciso um grande esforço por parte do governo para conseguir concentrar todas essas informações em um único sistema. Para que isso seja possível é necessário formar parcerias entre as instituições que detem dados e conhecimento de cada área, por exemplo a participação da Agência Nacional de Águas (ANA) é imprescindível para a Conta da Água.

A Conta da Água tem sido a mais trabalhada pelos países, inclusive o Brasil, talvez por ser um recurso imprescindível a vida. Um elemento chave para obter alimentos, gerar energia assim como assegurar a integridade dos ecossistemas (UN, 2013). Porém, em termos práticos poucos países já apresentaram algum resultado da aplicação dessa conta. Talvez os que estejam mais avançados, no seu desenvolvimento, sejam aqueles que já possuem uma base de dados consolidada, os que detem recursos econômicos disponíveis para investir em estatísticas públicas ou aqueles, onde a água, é um recurso muito escasso e precisa ser aproveitado e valorizado ao máximo.

No entanto, para que todos os benefícios, não apenas para o setor elétrico, sejam aproveitados é necessário que as Contas Ambientais sejam desenvolvidas, fazendo os ajustes necessários para cada país, de acordo com a disponibilidade de dados, como o próprio manual da ONU propõe. Com isso, será possível dispor de um sistema público, confiável e de comparação internacional, como acontece atualmente com o PIB, para tratar de questões ambientais, econômicas e sociais.

A avaliação e monitoramento dos impactos ambientais, causados pelo empreendimentos de geração, poderão ser melhor avaliados pois, não serão apenas valorados pelos responsáveis pelo projeto mas, acompanhados por um sistema mais robusto e completo.

## REFERÊNCIAS

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.

DE SOUSA, Wanderley L. **Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens**. 2000. 160 f.. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de pós-Graduação de Engenharia. "Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Referencial para orçamentação dos programas sócio-ambientais: vol I** – usinas hidrelétricas. MME: Rio de Janeiro, 1994.

OBST, Carl. **How the SEEA experimental ecosystem accounting framework could be used for growth accounting and productivity analysis**. 2015. Disponível em: <<https://www.oecd.org/tad/events/Session%2020Carl%20OBST%20PAPER.pdf>>. acesso em 15 de janeiro de 2017.

UNITED NATIONS (UN, 2013). **Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el agua**. Disponível em: <[http://www.cepal.org/deype/publicaciones/externas/3/49453/SCAE-Agua-ES-SER-F-100\\_opt.pdf](http://www.cepal.org/deype/publicaciones/externas/3/49453/SCAE-Agua-ES-SER-F-100_opt.pdf)>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.

UNITED NATIONS (UN, 2016). **Sistema de Contas Econômicas Ambientais – 2012: marco central**. Disponível em: [http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/CF\\_trans/SEEA\\_CF\\_Final\\_pr.pdf](http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/CF_trans/SEEA_CF_Final_pr.pdf). Acesso em 10 de janeiro de 2017.



## LEVANTAMENTO DOS IMPACTOS INERENTES À IMPLANTAÇÃO DE PCHS E IDENTIFICAÇÃO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE NO RIO COXIM, MS, BRASIL

**Thiago Oliveira Barbosa**  
**Poliana Ferreira da Costa**  
**Bruna Souza dos Santos**  
**Adriana Maria Güntzel**

**RESUMO:** A geração de energia elétrica é um importante eixo do desenvolvimento de uma sociedade, a partir deste fato, estudam-se formas e métodos de se obter a mesma de maneira eficiente e minimamente impactante. O Brasil adotou como principal sistema a geração de energia à base de barramento de rios, as hidrelétricas, as quais apresentam um vasto repertório de impactos sociais, culturais e ambientais representando um risco previsível que pode ser reduzido a partir da utilização de outras fontes energéticas. O trabalho em questão visa elucidar os possíveis impactos acarretados pela instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em um importante tributário do Pantanal caracterizado pelo alto índice de assoreamento, o Rio Coxim, bem como levantar as principais oportunidades de uso que a sub-bacia possui para melhor aproveitamento das águas e aumento do capital social da comunidade residente na área, oportunidades que serão perdidas com o barramento para geração energética.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidroeletricidade; Barragens; Risco Ambiental; Assoreamento.

**ABSTRACT:** The generation of electric energy is an important axis of the development of a society, from this fact, are studied ways and methods to obtain the same in an efficient and minimally impactful way. Brazil has adopted as its main system the generation of energy based on riverbeds, hydroelectric dams, which present a vast repertoire of social, cultural and environmental impacts representing a foreseeable risk that can be reduced through the use of other energy sources. The work in question seeks to elucidate the possible impacts caused by the installation of Small Hydropower Plants (SHPs) in an important Pantanal tributary characterized by the high sedimentation index, the Coxim river, as well as to raise the main opportunities of use that the sub-basin has for better use of the waters and increase of the social capital of the resident community in the area, opportunities that will be lost with the bus for energy generation.

**KEYWORDS:** Hydroelectricity; Dams; Environmental Risk; Sedimentation.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos observou-se um crescimento substancial da população brasileira (FERREIRA, 2016), e como efeito a este fato nota-se o aumento da demanda por

energia elétrica e a necessidade de formas potencialmente produtivas e minimamente impactantes (MARTINS, 2016). A geração de energia elétrica é um dos eixos mais importantes ao desenvolvimento social e econômico de um Estado, diante disso surgem diferentes modelos e maneiras de se produzir a mesma de forma viável; com segurança; condições competitivas e ambientalmente sustentáveis (TOLMASQUIM, 2012; BERTONCELLO, 2015).

A hidroeletricidade surgiu como importante matriz energética ao cenário nacional (SILVA, 2018), e o Brasil possui uma significativa fração deste recurso natural disponível no Planeta (LIMA, 2017). Como principal fonte de produção energética nacional, a água representa 68,1% da oferta interna (EPE, 2017), e, além disso, classifica-se como sustentável fator implicante de controvérsias visto que tais empreendimentos acarretam problemas ambientais como: alteração do regime hidrológico, comprometimento da qualidade das águas, assoreamento de reservatórios, emissão de gases de efeito estufa, perda da biodiversidade local, problemas de saúde pública e conflitos pelo uso múltiplo das águas (FILHO, 2004).

Os conflitos na implementação das atividades de uma usina hidrelétrica são inevitáveis pois os mesmos envolvem disputas entre grupos sociais distintos, com diferentes interesses à ocupação do espaço. Nesta balança comercial, o setor econômico é o único levado em consideração, deixando escamoteados o bem-estar social e ecossistemas presentes na área de influência das atividades (CANDIANI, 2013).

Diante dos infortúnios enfrentados pela implantação de grandes barragens para a produção de energia hidrelétrica, surgem às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) como alternativas ao enfrentamento das adversidades, as mesmas possuem características similares às grandes centrais hidrelétricas, porém com capacidade impactante, em termos gerais, menores (BORGES, 2017), além de representar uma forma rápida de promover a oferta de energia elétrica (MARTINS, 2016).

Porém, a problemática encontrada a partir da instalação das PCHs, está no fato de representarem fortes ameaças a cursos d'água muito sensíveis e susceptíveis a alterações ambientais que por suas características naturais apresentam maior vulnerabilidade e fragilidades (ANDRETTA, 2018), tais como o Rio Coxim e o Rio Taquari, localizados na região norte do estado do Mato Grosso do Sul e caracterizados pelo assoreamento intrínseco (OLIVEIRA, 1998; PADOVANI, 1998; CALHEIROS, 2000; MOURÃO, 2002; GALDINO, 2005; MENGATTO JUNIOR, 2014).

Segundo Calheiros (2009) e ANA (2018), a instalação de 110 PCHs na bacia do Paraguai, grande responsável pelas inundações periódicas do Pantanal, ameaçam a pesca, agricultura familiar, pecuária bovina e o turismo pesqueiro a qual pertence o Rio Coxim, especialmente porque 73% destes empreendimentos ficarão concentradas na mesma região. As barragens impedem que os peixes subam os rios e ocorra o trânsito de nutrientes. Por consequência, há o impacto na desova e alimentação além de agravamento no assoreamento, já perceptível no Rio Taquari e seus afluentes.

Segundo Brasil (2018), uma das motivações do Plano de Recursos Hídricos do Paraguai, é a instalação de empreendimentos geradores de energia elétrica nos rios e afluentes que circundam a região hidrográfica, em especial o rio Coxim, fundamental tributário do Taquari, importante repositório de recursos hídricos e aquíferos de relevância internacional ao Bioma Pantanal. Perante tal fato, faz-se necessário elencar os impactos ambientais decorrentes da instalação e operação de pequenas centrais hidrelétricas no Rio Coxim, compreender os aspectos naturais do mesmo e suas fragilidades e avaliar os custos de oportunidade da implantação de PCHs na região.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

As PCHs são, de acordo com a ANEEL, Resolução Normativa Nº 673, de 04 de agosto de 2015:

“Art. 2º: Empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km<sup>2</sup>”

Segundo as diretrizes para projetos de PCH (Eletrobrás, 2000) existem diferentes tipos para caracterizar uma PCH, sendo eles: quanto à capacidade de regularização; quanto ao sistema de adução; quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto.

- Quanto à capacidade de regularização
  - A Fio d'Água: empregado quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima prevista. Este tipo de PCH dispensa estudos de regularização de vazões e dispensa estudos de sazonalidade da carga elétrica do consumidor
  - De Acumulação, com Regularização Diária do Reservatório: empregado quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência para suprir a demanda máxima do mercado consumidor e ocorrem com risco superior ao adotado no projeto.
  - De Acumulação, com Regularização Mensal do Reservatório: Quando o projeto de uma PCH considera dados de vazões médias mensais no seu dimensionamento energético, analisando as vazões de estiagem médias mensais, pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias, promovida pelo reservatório.

- Quanto ao sistema de adução
  - Adução em baixa pressão com escoamento livre em canal / alta pressão em conduto forçado:
  - Adução em baixa pressão por meio de tubulação / alta pressão em conduto forçado:
- Quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto.

As PCHs podem ser ainda classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, como mostrado na Tabela 1.

CLASSIFICAÇÃO DAS CENTRAIS	POTÊNCIA - P (kW)	QUEDA DE PROJETO - $H_d$ (m)		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
MICRO	$P < 100$	$H_d < 15$	$15 < H_d < 50$	$H_d > 50$
MINI	$100 < P < 1.000$	$H_d < 20$	$20 < H_d < 100$	$H_d > 100$
PEQUENAS	$1.000 < P < 30.000$	$H_d < 25$	$25 < H_d < 130$	$H_d > 130$

Tabela 1 Classificação das PCHs quanto à potência e quanto à queda de projeto

Fonte: ELETROBRÁS, (2000).

## 2.2 Custo de Oportunidade

O custo de oportunidade ou “preço da sombra” representa um método de valoração que tem por princípios básicos a atribuição de valor ao fator renunciado, trata-se então da ponderação dos prós e contras que se atribuem a cada oportunidade a fim de se desvendar a ação mais compensatória (MUELLER, 2016). De acordo com SMITH, (1937):

“Se entre uma nação de caçadores... o trabalho de matar um castor custa (demora) duas vezes o que custa para matar um veado, um castor deveria naturalmente ser trocado ou valer dois vedos”.

Partindo do raciocínio de que o preço da sombra ou custo de oportunidade represente aquilo que poderia ou tem potencial de ocorrer, tal método de valoração não necessariamente apresenta-se de maneira numérica ou constitui uma operacionalização contábil (SILVA, 1997), sendo assim, o custo de oportunidade tem por finalidade analisar a circunstância perdida com o ato escolhido e serve como boa fonte de prevenção a possíveis impactos ambientais, como por exemplo, o alagamento de áreas para geração de energia elétrica ou instalação de empreendimentos potencialmente poluidores.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Delimitação do Universo da pesquisa

A pesquisa em questão possui caráter exploratório e teórico e se constituiu de um levantamento bibliográfico a fim de se obter resultados qualitativos acerca da perspectiva do Rio Coxim em relação a implantação de empreendimentos de geração

de energia.

### 3.2 Forma de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada, fundamentalmente a partir do levantamento de dados secundários em consonância com o tema da pesquisa, bem como a partir de entrevista de caráter livre com a Presidenta e Vice-Presidente da colônia de Pescadores Rondon Pacheco no dia 09 de maio de 2018 às 9:30 da manhã.

A entrevista foi de caráter livre e permitiu que fosse esclarecida a história da organização bem como a gestão e coordenação da mesma, além do ponto de vista dos filiados no que tange à implantação de pequenas centrais hidrelétricas no Rio Coxim.

### 3.2 Reunião de dados

Com a elaboração do levantamento bibliográfico obteve-se dados que foram alocados de acordo com a concordância dos assuntos, bem como coerência dos mesmos. A partir do levantamento dos impactos elaborou-se uma tabela de impactos ambientais das atividades potenciais do Rio Coxim.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PCHs

As PCHs vêm ganhando destaque no cenário nacional como novo modelo de geração de energia, constando atualmente, segundo o Banco de Informação de Geração - BIG da ANEEL (2018) no quarto lugar entre as fontes de energia elétrica do País, possuindo 428 empreendimentos em operação conforme indica o Gráfico 1.

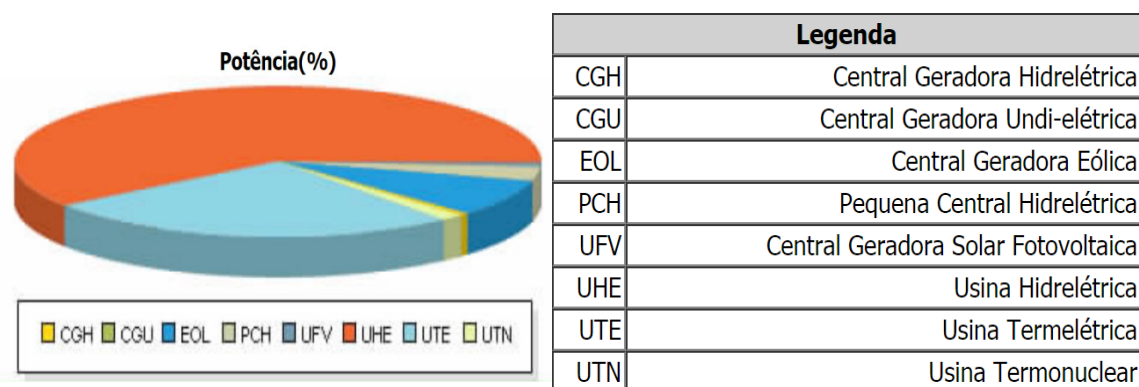


Gráfico 1 - Geração de energia elétrica em operação no País

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2018).

De acordo com a ANEEL, (2018) nos limites territoriais do Estado de Mato Grosso do Sul existem 14 empreendimentos geradores de energia elétrica em operação classificados como Pequenas Centrais Hidrelétricas, e outras 24 em fase de estudos

e/ou implantação.

## 4.2 O Rio Coxim

O Rio Coxim situado, de nascente a foz, entre as coordenadas:  $19^{\circ}02'18.39''\text{S}$  -  $54^{\circ}24'45.70''\text{O}$  e  $18^{\circ}31'42.74''\text{S}$  -  $54^{\circ}44'19.83''\text{O}$  possui extensão de 15.440,3 hectares e se encontra integralmente ao norte do Estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo de montante à jusante os municípios de: São Gabriel do Oeste, Camapuã, Rio Verde de Mato Grosso e Coxim onde desagua e colabora sendo o principal tributário do Rio Taquari, importante corpo receptor e afluente do Rio Paraguai (MS, 2014). A principal característica deste corpo hídrico receptor das águas do rio Coxim é o alto carregamento de sólidos sedimentáveis alavancado pelo uso indiscriminado das terras para agricultura acarretando em lavagem do solo e posteriormente, erosão e assoreamento (PADOVANI, 1998; MOURÃO, 2002).

O Rio Coxim, de acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado, MS (2009), percorre áreas territoriais de instabilidade geológica, geomorfológica, pedológica e natural, provocando assoreamento (Figura 1) e formação de ilhotas de areia (Figura 2), acarretando em abandonos de meandros e mudanças sazonais de percurso conforme indicam as (Figura 1A e 1B), o corpo hídrico percorre áreas de baixa potencialidade econômica. Considera-se como principais alternativas para a região o turismo de base sustentável, pecuária e a proteção dos recursos naturais e ecossistêmicos



Figura 1 - Assoreamento no Rio Coxim destacado por flechas (A e B) e abandono de meandro (B) destacado pelo círculo, coordenadas geográficas  $18^{\circ}36'01.43''\text{S}$  e  $54^{\circ}41'35.62''\text{O}$ . (A) Imagem retirada em 05/2006. (B) Imagem retirada em 10/2016.

Fonte: Google Earth Pro. Acesso em: 08/07/18.

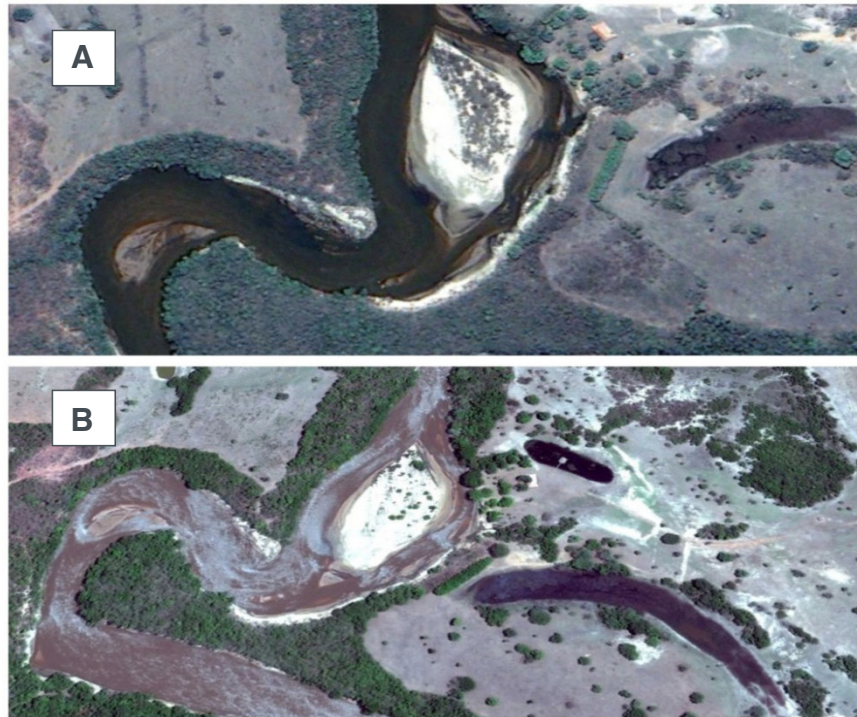


Figura 2 - Ilhotas de areia no Rio Coxim destacadas por um círculo, coordenadas geográficas 18°45'38.44"S e 54°33'55.04"O. A: Imagem retirada em 05/2006. B: Imagem retirada em 10/2016.

Fonte: Google Earth Pro. Acesso em: 08/07/18.

Os meandros são trechos fluviais caracterizados pela sinuosidade (AURÉLIO, 2002), rios meândricos apresentam, de acordo com Morais (2015), comportamento não linear, os meandros são importantes para a retenção da velocidade do curso d'água e comumente acabam sendo abandonados, atribui-se a este fenômeno o corte de pedúnculo (MORAIS, 2015) ocorre frequentemente nos corpos hídricos da região devido a característica intrínseca de solos arenosos que acarreta em deposição de sedimentos nas margens dos mesmos. Este comportamento implica na dinâmica de áreas úmidas, cheias e divisas de territórios e no planejamento urbano e gerenciamento ambiental (AB'SABER, 1988; ZANI, 2011; SCHENK, 2014; MACEDO, 2014).

A formação de ilhotas de areia é um fenômeno fluvial recorrente na região e as mesmas são comumente usadas por aves limícolas migratórias e/ou locais para a nidificação, bem como para uso forrageio (NUNES, 2008) estas aves aquáticas representam o maior montante de espécies migratórias no País (IBAMA/CEMAVE, 2000) e predominam na região do Pantanal em períodos de vazante.

De acordo com um estudo elaborado pela ANEEL, avaliação nacional do potencial de produção de sedimentos (ANEEL, 2017) a sub-bacia do Rio Coxim apresenta alto potencial de produção de sedimentos, chegando a 400 ton/km<sup>2</sup> ao ano, e segundo a Embrapa Pantanal, (2003) a perda média de solo da região estima-se em média a 70,39 t/ha<sup>1</sup> ao ano, valor extremamente alto quando comparado a outras regiões do País como, por exemplo, a cidade de Tabapuã/SP que possui a perda média de 9,64 t/ha<sup>1</sup> ao ano de acordo com Pereira, (2014) e a área circunvizinha ao aeroporto de Brasília que perde em média, de acordo com Da Silva, (2017) o equivalente a 0,25 t/

ha<sup>1</sup> ao ano de solo.

Além da dinâmica natural da área, intensamente afetada por processos erosivos, o Rio Coxim se encontra dentro de um mosaico de unidades de conservação, contribuindo com a Reserva da Biosfera “RBP”, Sítio Ramsar, Patrimônio Natural da Humanidade e Parque Nacional Pantanal (RBP, 2018; BRASIL, 2008), percorre também áreas pertencentes aos Corredores Ecológicos: Emas-Taquari e Cerrado-Pantanal (BRASIL, 1999), além disso, o mesmo constitui uma Área protegida, o Rio Cênico das Rotas Monçoeiras “RCRM” caracterizado legalmente pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação como uma Área de Preservação Ambiental e possui regime de uso sustentável, aquele em que se pode ocorrer manejo direto de seus recursos sem prejuízo ambiental, social ou ecológico, garantindo a perenidade da biodiversidade e recursos existentes (BRASIL, 2000). O RCRM foi legitimado a partir do Decreto Estadual nº 9.934 (2000), e do Plano de Manejo aprovado pelo IMASUL em 2014 e está representado na Figura 3.

Destacam-se entre os objetivos da consolidação da área como unidade de conservação, de acordo com o Plano de Manejo da APA Rio Cênico das Rotas Monçoeiras, MS (2014): viabilizar o desenvolvimento social e econômico dos Municípios que possuem polos turísticos; a proteção do Sistema Hidrológico do Rio Coxim e seus tributários, assegurando a reprodução das espécies reofílicas e a sobrevivência dos pescadores artesanais da região, além disso, o Plano de manejo da mesma traz como forças restritivas e ameaças as PCHs, pesca e caça ilegais, desmatamento, manejo inadequado do solo.

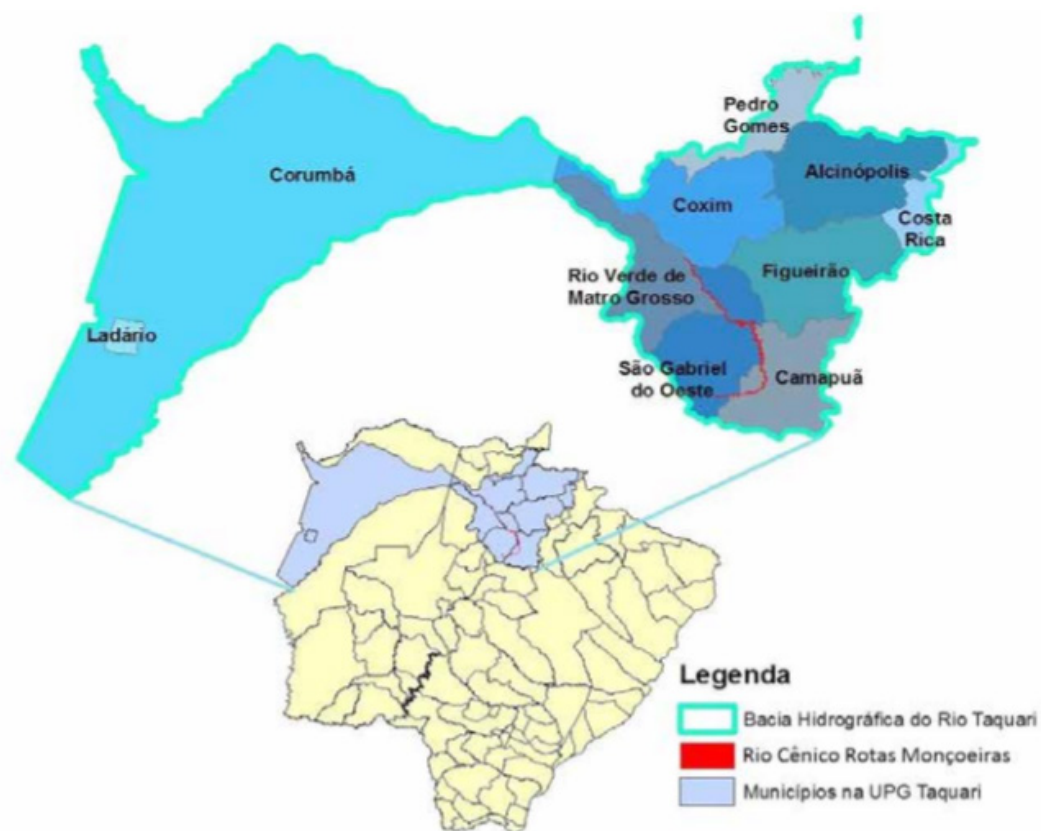


Figura 3 - Área de abrangência do Rio Cênico das Rotas Monçoeiras.

Fonte: MS, 2014.



Como sendo uma área de preservação, proteção e/ou conservação diante do cenário internacional e dos âmbitos, Federal, estadual e Regional, qualquer atividade que venha a prejudicar a estabilidade do Rio Coxim e que possua discordância com o plano de manejo da APA do Rio Cênico das Rotas Monçoeiras, representa uma ameaça à biodiversidade, bem como aos recursos naturais, sociais, culturais e econômicos existentes na área de influência direta e indireta do tributário.

### 4.3 Custo de Oportunidade

A produção de energia neste caso representa conflito a duas atividades econômicas que já são desenvolvidas na área de estudo, e que caracterizam oportunidades para o desenvolvimento econômico da região, são elas a pesca e o turismo de base sustentável, a partir do levantamento de estudos semelhantes elaborou-se uma tabela dos impactos gerados pelas três atividades representada no Quadro 1:

OPORTUNIDADES DE USO DO RIO COXIM	IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS
<b>Implantação de PCHs</b>	Inundação de áreas; Interferência na migração de espécies; Mudanças hidrológicas a jusante da represa; Interferência no transporte de sedimentos; Perda de heranças históricas e culturais; Realocação de ribeirinhos; Aumento da temperatura da água; Deplação dos ambientes fluviais.	Geração de energia elétrica; Arrecadação municipal; Geração de emprego e renda.
<b>Pesca Artesanal e Esportiva</b>	Invasão de áreas de preservação permanente; Geração de resíduos; Exploração desordenada de espécies específicas.	Distribuição de renda; Resguardo da identidade cultural; Sustentabilidade; Qualidade alimentícia; Manutenção do ciclo hidrológico; Ganho de capital social; Geração de emprego; Incentivo ao turismo
<b>Ecoturismo</b>	Exploração de ambientes naturais; Especulação imobiliária; Inflação; Aumento da prostituição e do tráfico.	Melhoria da infraestrutura municipal; Contribuição na arrecadação de impostos; Efeitos multiplicadores de renda; Contribuição no PIB; Criação de políticas para a valorização de recursos hídricos; Criação de áreas protegidas para conservação de fauna, flora, biodiversidade genética, pontos turísticos, áreas de recarga;

Quadro 1 Oportunidades de uso e impactos gerados no Rio Coxim.

Fonte: BORGES, 2017; REBOUÇAS, 2006; FERNANDES, 2018; ALENCAR, 2017; NOVA, 2015; OLIVEIRA, 2007; BRASIL, 2018 (Compilação de dados).

De acordo com o Quadro 1, observa-se o potencial existente na área para o desenvolvimento de atividades econômicas, em termos gerais, menos impactantes negativamente que a implantação de pequenas centrais hidrelétricas observadas as peculiaridades da região, bem como a sensibilidade do corpo hídrico. O ecoturismo e a pesca artesanal são práticas que já ocorrem no Rio Coxim e possuem campo aberto para expansão e fortalecimento a partir de financiamentos do poder público e/ou iniciativa privada.

O turismo, comumente se apropria de recursos naturais e/ou elementos culturais para sua autopromoção (DA SILVA, 2016). verifica-se esta dinâmica no Estado de Mato Grosso do Sul quando observado o município de Bonito, referência nacional no Ecoturismo e destino de turismo mais responsável do Mundo que recebe anualmente um número aproximado de visitantes equivalente a 1.193.772 pessoas (BONITO, 2018). Este montante é responsável pela distribuição de renda municipal.

A água, de acordo com Da Silva, (2016), é um dos recursos naturais que mais atraem turistas devido à diversidade de práticas de aventura possíveis a serem desenvolvidas em corpos d'água. No Rio Coxim, são desenvolvidas práticas de aventura como, por exemplo, canoagem, caiaque, entre outros como disposto na Figura 4.



Figura 4 - Descida de caiaque no Rio Coxim

Fonte: Autores

Além das práticas já existentes de turismo na região, há um imenso campo aberto para o desenvolvimento de atividades de contemplação das belezas cênicas e naturais locais, bem como sítios arqueológicos com abrigos rochosos, escritas rupestres e petróglifos frutos de deslocamentos primitivos datados de cerca de 10.000

anos (MATO GROSSO DO SUL, 2014).

A instalação de PCHs em corpos hídricos representa conflito direto com o turismo, como ressalta Gomes (2017), em estudos de caso das PCHs: Dois Saltos na cidade de Prudentópolis/PR e Água Limpa nas cidades de Mariluz, Alto Piquiri e Perobal, também no Estado do Paraná, a instalação de ambos empreendimentos comprometem a qualidade, bem como a estabilidade de atrativos turísticos e culturais municipais.

Outro setor a ser prejudicado com a instalação de PCHs no Rio Coxim é a pesca, Hallwas (2011), aponta que um corpo hídrico pertencente à Bacia Amazônica obteve diminuição de mais de 45 espécies de peixes após o barramento de suas águas, diminuindo drasticamente o número de pessoas dependentes diretamente desta atividade econômica. No caso do Rio Coxim existe uma Colônia de Pescadores locais, a diminuição do pescado na região representaria impacto direto a aproximadamente 500 famílias.

#### **4.4 Colônia de Pescadores e Ecoturismo na região**

A bacia hidrográfica do Taquari, a qual pertence o Rio Coxim, possui uma colônia de pescadores, única do Estado e de acordo com sua Presidente Nilma dos Santos conta com 500 profissionais filiados que direta e/ou indiretamente vivem da pesca e capturam uma média mensal de 150 kg de pescado, podendo chegar a 400 ou mais nos meses de setembro e outubro, porém de acordo com a presidente este número é maior, pois alguns pescadores não apresentam todo o pescado à colônia e comercializam de forma autônoma o que gera maior lucratividade.

A colônia de Pescadores Rondon Pacheco posiciona-se contra a instalação e operação de empreendimentos geradores de energia a partir do barramento das águas, pois de acordo com os mesmos a diminuição dos recursos pesqueiros representa um risco social e perda da identidade cultural dos ribeirinhos que dependem das águas do rio para tirarem seu alimento e sustento.

## **5 | CONCLUSÃO**

A construção e implantação de um empreendimento desta natureza no corpo hídrico representa um elevado risco à estabilidade de um importante Bioma Nacional, maior planície alagável do Mundo e Reserva da Biosfera legitimada pela UNESCO: o Pantanal. O barramento destas regiões pode acarretar um descontrole nas cadeias alimentares e conseqüentemente extinção em massa.

Outro fator a ser levado em consideração na elaboração e estudo de produção de energia nesta área à base de barramento de rios, é o potencial desta região para o desenvolvimento de atividades turísticas, bem como a pesca artesanal e esportiva já recorrente.

Em resposta ao Plano de Recursos Hídricos do Paraguai, que traz como uma

de suas motivações os estudos para implantação e operação de pequenas centrais hidrelétricas, chega-se à conclusão de que as oportunidades de uso alternativas, impactam negativamente menos que as barragens, além de atribuírem maior capital social para a comunidade residente na área e fortalecimento da identidade cultural local.

Sugere-se a elaboração de estudos que vislumbrem a geração de energia através de outros sistemas, fontes renováveis, infimamente impactantes a exemplo da fotovoltaica e/ou eólica pois os custos sociais, ambientais e culturais inerentes à instalação de PCHs levam a reflexão acerca da viabilidade das mesmas.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O Pantanal Matogrossense e a teoria dos refúgios. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 50, n. especial, p. 9-57. Rio de Janeiro, 1988.

ALENCAR, E. F.; SOUSA, I. S. Aspectos Socioambientais da Pesca Manejada de Pirarucus (Arapaima gigas) no Sistema de Lagos Jutai-Cleto, Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, AM. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 9, n. 1, p. 36-71, 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Região Hidrográfica do Paraguai. Disponível em: << <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/plano-de-recursos-hidricos-do-paraguai-e-aprovado-por-unanimidade-no-cnrh>>>. Acesso em 07/07/2018.

ANDRETTA, K. M. R. de C. **Avaliação dos impactos ambientais gerados na implantação das PCHs Canhadão e Tigre, no município de Mangueirinha-PR**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENREGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil**, 2018. Disponível em: << <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>>. Acesso em 26/06/2018.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENREGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Mato Grosso do Sul**, 2018. Disponível em: << <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/energiaassegurada.asp>>>. Acesso em 26/06/2018.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENREGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 673, DE 4 DE AGOSTO DE 2015**. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Disponível em: << <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf>>>. Acesso em: 26/06/2018.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENREGIA ELÉTRICA. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico – SIGEL: shapefile com **Potencial de Produção de Sedimentos no Brasil**, 2017. Disponível em:<< <http://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html>>>. Acesso em 05/07/2018.

AURÉLIO. **O minidicionário da língua portuguesa**. 4ª edição reviste e ampliada do minidicionário Aurélio. 7ª impressão. Rio de Janeiro, 2002.

BERTONCELLO, A. G.; DE SOUZA, M. M; DA SILVA, N. S. Necessidade do fortalecimento de políticas públicas para implantação de energia renovável: estudo de caso FATEC presidente prudente. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 16, 2015.

BORGES, R. R.; MEIRA, R. L. Impactos Socioambientais de Pequenas Centrais Hidrelétricas e

Estudo de Caso PCH-Queluz-SP e Lavrinhas-SP no Rio Paraíba do Sul. **Cadernos UniFOA**, v. 4, n. 1, p. 23-35, 2017.

BRASIL. Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e do Pantanal. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas**, 1999.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, **institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza** e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de julho de 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acesso em 07/06/2018.

BRASIL. Planejamento para o Sucesso de Conservação do Sítio Ramsar e Parque Nacional do Pantanal, 2008.

BRASIL. Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Rio Paraguai. **Relatório Final**. Aprovado em 09 de março de 2018. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/portal/RH-Paraguai/Plano.pdf>>Acesso em 09/07/2018.

CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M. D.; KRUSH, A. V.; MOREIRA, M. Z. Características limnológicas da Bacia do Alto Paraguai (MT/MS). **SIMPOSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIO-ECONOMICOS DO PANTANAL**, 3., 2000.

CALHEIROS, D.F.; ARNDT, E.; RODRIGUEZ, E.O.; SILVA, M.C. de A. Influência de usinas hidrelétricas no funcionamento hidro ecológico do Pantanal Mato-Grossense - recomendações. **EMBRAPA Pantanal**. Embrapa Pantanal. Documentos 102. Corumbá. p, 21. 2009.

CANDIANI, G.; PENTEADO, C. L. D. C.; CENDRETTI, E. C.; DOS SANTOS, E. M.; BIONDI, A. E. C. Estudo de caso: aspectos socioambientais da pequena central hidrelétrica (pch)-queluz-sp, na bacia do rio paraiba do sul. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 25, p. 98-119. 2013.

DA SILVA, C. L.; MATRICARDI, E. A. T. Influência das atividades aeroportuárias na perda de solo por erosão laminar utilizando dados de sensoriamento remoto. **Revista Espaço & Geografia**, v. 20, n. 1, p. 19:43, 2017.

DA SILVA, P. V.; PIROLI, E. L.; PINTO, A. L. Água e o turismo na bacia do rio formoso em Bonito-MS: percepção dos turistas. **Formação (Online)**, v. 2, n. 23, 2016.

ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Capítulo 2 – Tipos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. In: Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. **Ministério das Minas e Energia**. Janeiro de 2000. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Manuais-e-Diretrizes-para-Estudos-e-Projetos.aspx>>. Acesso em 26/06/2018.

EMBRAPA PANTANAL. Erosão na Bacia do Alto Taquari (série Documentos – 52). **Embrapa Pantanal**, Corumbá, 46p. 2003.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2017**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2017+-+Documento+C+ompleto+em+Portugu%C3%AAs+-+Ingl%C3%AAs+%28PDF%29/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.2>>. Acesso em 10/05/2018.

FERNANDES, J. M.; VIEIRA, F. V.; FLORES, R. M.; FERREIRA, L. C. L.; ZAPPES, C. A. Pesca artesanal e as interferências sobre a atividade na mesorregião central do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 40, n. 1, 2018.

FERREIRA, P. Da S. F.; MOTTA, P. C.; DE SOUZA, T. C.; DA SILVA, T. P.; DE OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, A. S. P. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 06, n. 02, p. 214-229,

jul-dez 2016.

FILHO, J. F. P.; SOUZA, M. P. O licenciamento ambiental da mineração no quadrilátero ferrífero de Minas Gerais - uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 343-349, 2004.

GALDINO, S. VIEIRA, L. M. Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal.: **Embrapa Pantanal**, Corumbá, 356 p. 2005.

GOMES, F. de F.; DA SILVA, C. L. Conflitos no licenciamento ambiental de PCHs: os casos de Dois Saltos e Água Limpa. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 43, 2017.

GOOGLE. Google Earth Pro. Versão 7.3, 2018. **Rio Coxim**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 08/07/2018.

HALLWASS, G. **Ecologia humana da pesca e mudanças ambientais no Baixo Rio Tocantins, Amazônia Brasileira**. Porto Alegre, Dissertação (Mestrado em Ecologia) – UFRGS, 2011.

IBAMA/CEMAVE. 100 anos do anilhamento no mundo: por que anilhar aves? **O Migrante**, v. 1, n.2, p.1-16, 2000.

LIMA, C. C.; PINTO, J. B. M. As audiências públicas e o diálogo dos saberes: uma abordagem sobre a instalação de hidrelétricas e seus impactos ambientais. **Revista Brasileira de Direito**, v. 13, n. 2, p. 137-154, 2017.

MACEDO, H. de A.; ASSINE, M. L.; PUPIM, F. do N.; MERINO, E.R.; STEVAUX, J. C.; SILVA, A. Mudanças paleo-hidrológicas na planície do rio Paraguai, quaternário do Pantanal. *Revista brasileira de geomorfologia*, v. 15, n. 1, 2014

MARTINS, M. A. R; CUSTÓDIO, F. G. Análise da Viabilidade Econômica e Financeira Para Investimento Em Uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). In: **VII Congresso Nacional de Administração e Contabilidade-AdCont 2016**. 2016.

MATO GROSSO DO SUL. **Decreto nº 9.934**. Cria a Área de Proteção Ambiental denominada Rio Cênico Rotas Monçoeiras, e dá outras providências. Campo Grande, 5 de junho de 2000.

MATO GROSSO DO SUL. **LEI Nº 3.839**,. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul. DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009.

MATO GROSSO DO SUL. **Plano de Manejo APA Rio Cênico das Rotas Monçoeiras**, 2014. Campo Grande, Diário Oficial do Estado, 06/06 de 2014.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; BATISTA, A. L.; DA SILVA, J. DOS S. Vi. Mapeamento de variáveis ambientais da Unidade de planejamento e gerenciamento do Rio Taquari, MS. **Revista GeoPantanal**, v. 9, n. 16, p. 235-250, 2014.

MORAIS, E. de S. **Formas, processos e evolução no padrão de canal meandrante em diferentes escalas geomorfológicas: o rio do Peixe, SP**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, p. 210, 2015.

MOURÃO, G.; DE OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; PADOVANI, C. R.; MARQUES, E. J.; UETANABARO, M. O Pantanal mato-grossense. Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. **Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil**, p. 29-49, 2002.

MUELLER, C. C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação

da economia ambiental neoclássica. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 26, n. 2, p. 261-304, 2016.

NOVA, F. V. P. V.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P. Uso e ocupação da terra e indicadores ambientais de Impactos negativos: baixo curso do rio São Francisco, Estado de Alagoas, Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 1, p. 1-14, 2015.

NUNES, A. P.; TOMAS, W. M. Aves migratórias e nômades ocorrentes no Pantanal. **Embrapa Pantanal-Livro científico (ALICE)**, p.124, 2008.

OLIVEIRA, E. S. Impactos socioambientais e econômicos do turismo e as suas repercussões no desenvolvimento local: o caso do Município de Itacaré-Bahia. **Interações (Campo Grande)**, v. 8, n. 2, 2016.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F. Transporte de nutrientes e sólidos suspensos na bacia do rio Taquari (Mato Grosso do Sul). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 10, n. 2, p. 35-45, 1998.

PADOVANI, C. R.; CARVALHO, N. O.; GALDINO, S.; VIEIRA, L. M. Deposição de sedimentos e perda de água do rio Taquari no Pantanal. **Anais do Encontro de Engenharia de Sedimentos**. Belo Horizonte. : Comissão de Engenharia de Sedimentos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, pp. 127 – 134, 1998.

PEREIRA, G. T.; MENDONÇA, P. G.; FILHO, M. V. M.; JÚNIOR, J. F. da S.; TEIXEIRA, D. de B.; DE OLIVEIRA, I. R.; JÚNIOR, J. M. Modelagem espaço temporal da perda de solo por erosão em cenários de cultivo de cana-de-açúcar. (pp. 584-588). **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n. 3, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO. Secretaria de Turismo, Indústria e Comércio. Disponível em: << <http://www.bonito.ms.gov.br/>>>. Acesso em: 20/07/2018.

REBOUÇAS, G. N.; FILARDI, A. C. L.; VIEIRA, P. F. Gestão integrada e participativa da pesca artesanal: potencialidades e obstáculos no litoral do estado de Santa Catarina. **Ambiente & Sociedade**, v. 9, n. 2, 2006.

RESERVA DA BIOSFERA DO PANTANAL. **O homem e a Biosfera**. Disponível em: << [http://www.rbma.org.br/mab/unesco\\_03\\_rb\\_pantanal.asp](http://www.rbma.org.br/mab/unesco_03_rb_pantanal.asp)>>. Acesso em: 07/07/2018.

SCHENK, Cristian Valenti. Migração de meandros fluviais: estudo dos mecanismos de erosão e deposição numa seção tipo no rio Ibicuí/RS. 2014.

SILVA, A. S; REIS, A. E; LEÃO, GARCIA, L. C. CUSTO DE OPORTUNIDADE. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 1997.

SILVA, L. R. De J. R.; SHAYANI, R. A.; DE OLIVEIRA, M. A. G. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

SMITH, A. The Wealth of Nations. New York: **Random House**. p, 47. 1937.

TOLMASQUIM, M. T. The energy sector in Brazil: policy and perspectives. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

ZANI, H.; ASSINE, M. L. Paleocanais no megaleque do rio Taquari: mapeamento e significado geomorfológico. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 37-43, 2011.

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A AMPLIAÇÃO DAS SÉRIES DE DADOS DISPONÍVEIS, E AS POSSÍVEIS ALTERAÇÕES NO DIMENSIONAMENTO DE VERTEDORES

**Marcos Vinicius Andriolo**  
COPEL GeT

**RESUMO:** Nos últimos anos uma série de trabalhos científicos apresentam o impacto que as possíveis mudanças climáticas podem provocar no meio terrestre. Entre vários fatores o IPCC alerta em seu relatório o possível impacto destas variações nos eventos extremos, estes podendo ser: temperaturas mínimas e máximas, precipitações máximas, secas, entre outros.

O sistema elétrico brasileiro conta como principal fonte de suprimento o sistema hidroenergético, que podem ser diretamente afetado por alterações na dinâmica dos eventos extremos. Quando se avalia a segurança hídrica dos reservatórios, a capacidade dos vertedores e o amortecimento das ondas de cheia nos mesmos são de suma importância.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças Climáticas, vazões de dimensionamento de vertedores.

**ABSTRACT:** In the last years, many scientific works show the impact that the possible climatic changes can provoke in the terrestrial environment. Among several types of impacts, the IPCC warns in your report the possible impact on extreme events, such as: minimum and maximum temperatures, maximum precipitation, droughts, among others.

The hydraulic plants are the most part of electricity supply in Brazil, which can be directly affected by changes in the dynamics of extreme events. When evaluating the water safety of the reservoirs, the capacity of the spillways and the reservoir flood routing are of extreme importance.

**KEYWORDS:** Climate Change, Design Flow.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos uma série de trabalhos científicos vem apresentando o impacto que as possíveis mudanças climáticas podem provocar no meio terrestre. Entre vários fatores o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) alerta em seu relatório publicado em 2013 o possível impacto destas variações nos eventos extremos, estes podendo ser: temperaturas mínimas e máximas, precipitações máximas, secas, entre outros.

O sistema elétrico brasileiro conta como principal fonte de suprimento o sistema hidroenergético, que podem ser diretamente afetado por alterações na dinâmica dos eventos extremos. Quando se avalia a segurança hídrica dos reservatórios, a capacidade dos vertedores e o amortecimento das ondas de cheia nos mesmos são de suma importância.

Estudos que consideram como dado de



entrada o aumento de precipitação indicado pelo IPCC em determinadas regiões, demonstram um aumento na vazão extrema (Adam K., et al. (2015), Wu et al. (2015)), vazões estas utilizadas no dimensionamento de vertedores.

## 2 | VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO DE VERTEDORES

O Critério de Projeto Civil da Eletrobras (2003) recomenda a utilização da cheia máxima provável para o dimensionamento de vertedores de barragens maiores que 30 m ou cujo colapso envolva risco de perdas de vidas humanas (existência de habitações permanentes a jusante), sendo esta metodologia empregada nos mais recentes projetos de usinas hidroelétricas.

Outro método muito utilizado é o método direto, adotando como critério o tempo de recorrência de 10.000 anos (Eletrobras, 1987). Entre os métodos de análise de frequência de cheias, dois métodos muito utilizados são a distribuição exponencial e a distribuição de Gumbel, sendo o critério de escolha a assimetria da população. Normalmente para assimetria inferior a 1,5 se escolhe a distribuição de Gumbel e superior a exponencial.

As séries de vazões diárias, utilizadas no cálculo de vazões para determinado tempo de recorrência, são constantemente atualizadas, aumentando assim o tamanho da amostra. Entretanto, séries com 30, 40, 50 anos de dados, são relativamente curtas para se estimar uma vazão com recorrência de 10.000 anos (Da Costa et al., 1981). Quando se incorpora novos dados e se recalcula a vazão decamilenar a mesma sofre alterações, em alguns casos alterações relevantes.

Para avaliar a influência da incorporação de novos dados as séries de vazões máximas diárias existentes até determinada data, utilizou-se a série de vazões máximas diárias naturalizadas disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), em aproximadamente 150 locais.

Simulando a vazão decamilenar conforme os critérios normalmente utilizados (Eletrobras, 2003) e adotando como critério de cálculo séries com no mínimo 30 anos de dados, calculou-se a vazão decamilenar utilizando os dados entre os anos de 1931 até 1970 (40 anos), 1931 até 1980 (50 anos), e assim sucessivamente até os anos 1990, 2000, 2010 e 2014.

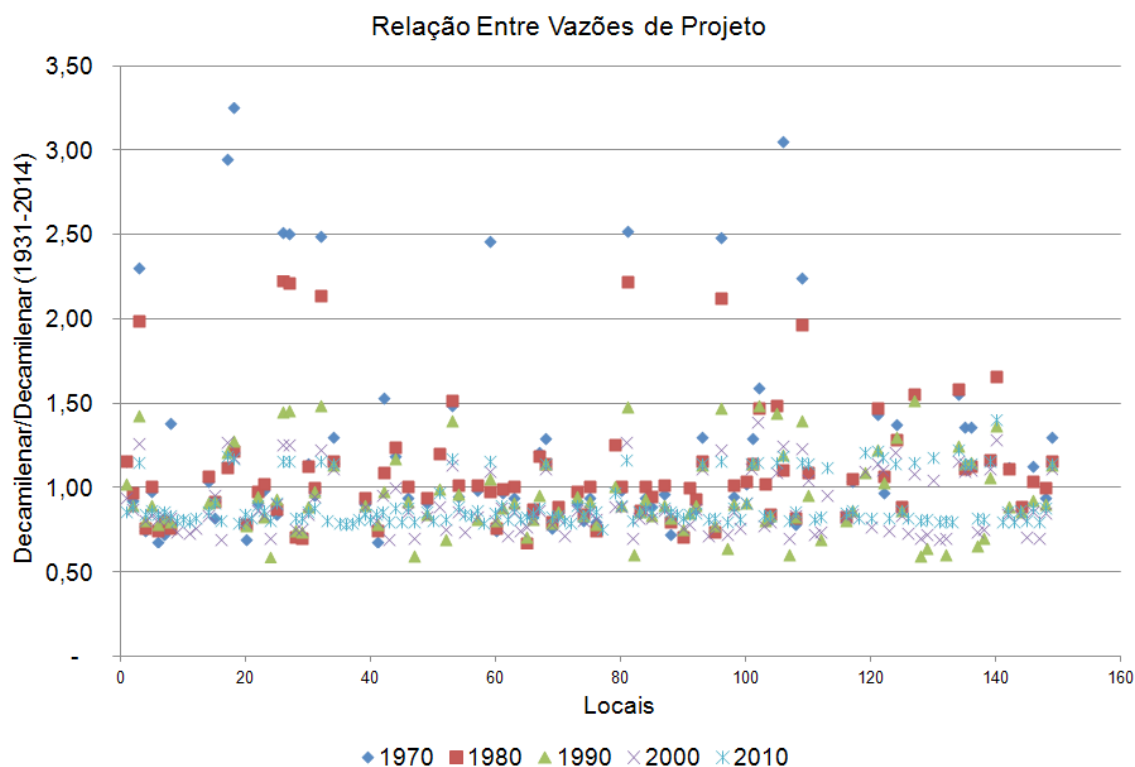
Com a vazão decamilenar calculada para cada período parcial (1931-1970, 1931-1980, e assim sucessivamente), comparou-se esta vazão decamilenar (série parcial) com a vazão decamilenar utilizando todos os dados disponíveis, ou seja, desde o ano de 1931 até o ano de 2014. A Tabela 1 apresenta o número de locais que foi possível calcular a vazão decamilenar conforme a disponibilidade de dados, sendo verificado se esta vazão decamilenar resultante da série parcial era maior ou menor que a vazão decamilenar calculada utilizando a série completa (1931-2014). Sendo: “aumentou” significa que a decamilenar calculada com a série completa (1931-2014) é maior

que a decamilenar calculada com a série parcial e “diminuiu” significa que a vazão decamilenar calculada com a série completa é menor que a decamilenar calculada com a série parcial de dados.

Período de cálculo da vazão decamilenar	Número total de locais	nº onde aumentou	nº onde diminuiu
1931 até 1970	76	34	42
1931 até 1980	90	55	35
1931 até 1990	103	32	71
1931 até 2000	123	32	91
1931 até 2010	143	32	111
1931 até 2014	147	-	-

**Tabela 1** – Número de locais disponíveis para cálculo da vazão decamilenar

A Figura 1 apresenta a relação entre a vazão decamilenar calculada utilizando a série parcial, e a vazão decamilenar utilizando a série completa. É possível verificar uma grande variabilidade entre esta relação, sendo verificadas relações mínimas entre 0,59 e máxima de 3,25. Ou seja, em determinado local a vazão decamilenar é 225% maior (3,25) quando se compara a vazão decamilenar calculada utilizando os dados de 1931 até 1970 e com os dados de 1931 até 2014.



**Figura 1** – Relação entre vazões decamilenar parcial (1931 – x) e completa (1931-2014)

Considerando séries com no mínimo 30 anos de dados, verificou-se que a vazão decamilenar aumentou em 34 locais e reduziu em 42 locais, quando se compara a vazão decamilenar calculada utilizando dados de 1931 até 1970 (parcial) e 1931 até 2014 (completa).

Considerando vazão decamilenar calculada utilizando dados de 1931 até 1980, 1931 até 1990, 1931 até 2000 e comparando os resultados com a série completa (1931 até 2014), verifica-se que a vazão decamilenar aumentou em 55 locais e reduziu em 35 locais; aumentou em 32 locais e reduziu em 71 locais; aumentou em 32 locais e reduziu em 91 locais, respectivamente.

A Figura 2 apresenta a localização dos locais que se verificou aumento ou redução da vazão decamilenar calculada, comparando-se a vazão decamilenar calculada com série parcial com a vazão decamilenar calculada com a série completa (1931 até 2014).

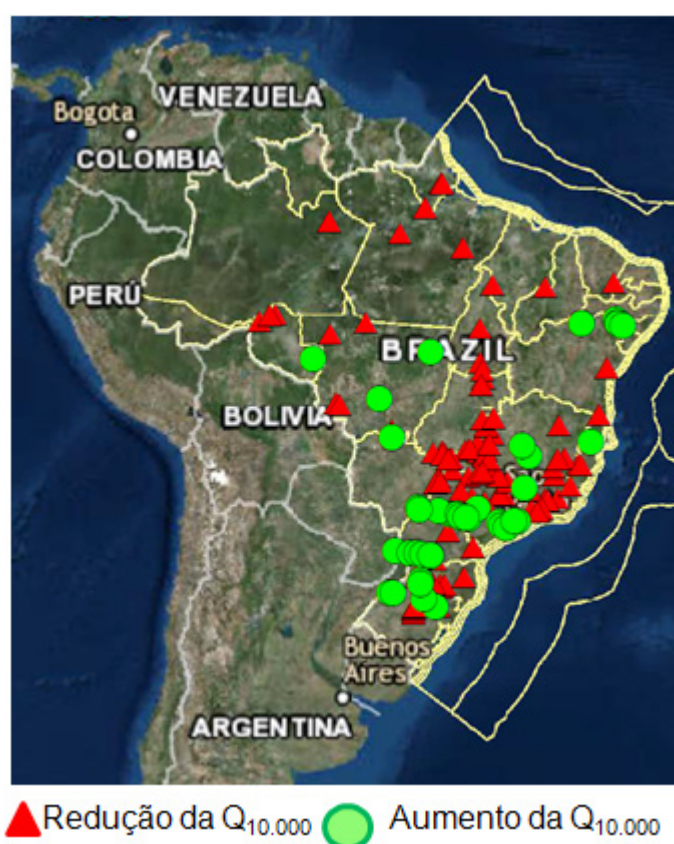
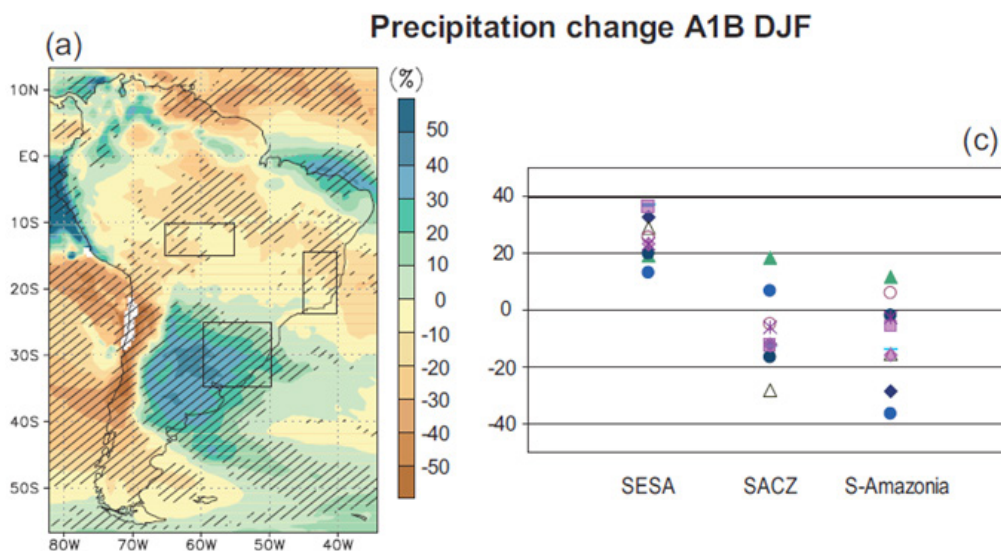


Figura 2 - Locais com Aumento ou Redução da  $Q_{10.000}$  ( $Q_{\text{completo}}/Q_{\text{inicial}}$ )

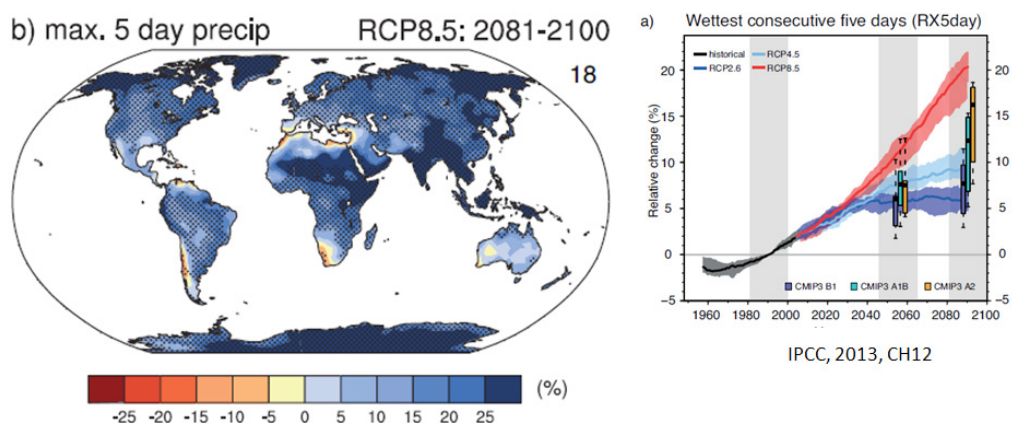
A Figura 3 apresenta o cenário CH14 do IPCC (2013), para alterações estimadas da precipitação máxima acumulada em 5 dias, para os meses de dezembro a fevereiro, na América do Sul, comparando-se as alterações médias relativa aos período de 1961 a 1990 e 2071 a 2100.



**Figura 3** - Dez, Jan, Fev, mudança na precipitação média 2071-2100 x1961-1990. IPCC, 2013 CH.14

Se compararmos os locais com redução ou aumento da vazão decamilenar calculada e apresentados na Figura 2, com o cenário do IPCC, apresentado na Figura 3, não se consegue concluir com os dados disponíveis até o momento, que existe uma tendência de aumento ou redução das vazões extremas (decamilenares) nas últimas décadas. Entretanto, é possível verificar que a extensão da disponibilidade de dados influencia no cálculo das vazões extremas.

A Figura 4 apresenta o cenário CH12 do IPCC (2013) que mostra as alterações esperadas na precipitação máxima acumulada de 5 dias, considerando o cenário RCP 8.5 para o período de 2081 a 2100.



**Figura 4** - IPCC – Alterações Estimadas na Precipitação acumuladas máxima de 5 dias

Também comparando-se os resultados apresentados na Figura 2, com o cenário do IPCC (2013) apresentado na Figura 4 não se verifica até o momento o aumento generalizado nas vazões decamilenar calculadas com os dados disponíveis. Ressalta-se que continua sendo possível verificar que a extensão da disponibilidade de dados influencia muito no cálculo das vazões extremas.

Quando se compara usinas localizadas no sul do país, utilizando este critério, se verifica que a vazão decamilenar aumentou em 7 locais e reduziu em 10 locais.

Quando se avalia as 5 maiores cheias registradas nos aproximadamente 150 locais com dados disponíveis, verifica-se que o maior número de vazões máximas ocorreram entre os anos de 1981 a 1990 e 1991 a 2000, como é apresentado na Tabela 2.

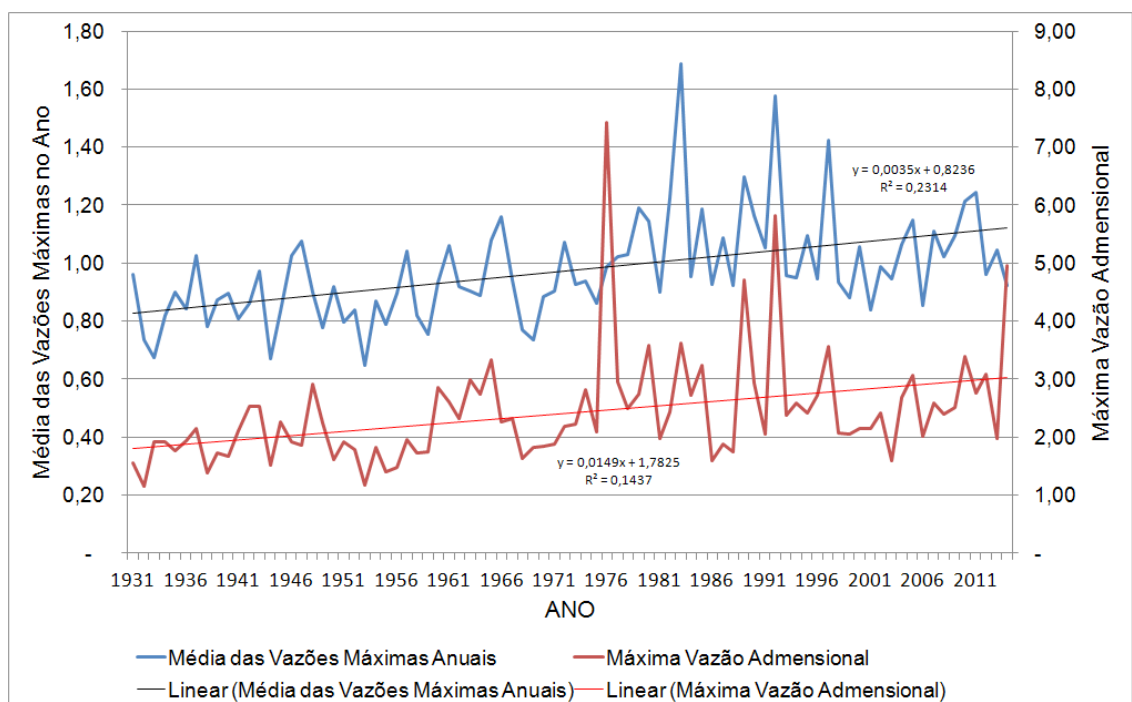
Ano	Número de vazões máximas	Locais com dados	Percentual	Ano	Número de vazões máximas	Locais com dados	Percentual
1931 até 1940	11	55	4%	1971 até 1980	97	134	14%
1941 até 1950	48	81	11%	1981 até 1990	190	145	25%
1951 até 1960	14	92	3%	1991 até 2000	162	146	21%
1961 até 1970	51	107	9%	2001 até 2010	102	146	13%

**Tabela 2** – Distribuição das vazões máximas

A Figura 5 ilustra o comportamento da média relativa das vazões máximas anuais com dados disponíveis entre os anos de 1931 a 2014, utilizando a seguinte equação:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \frac{V_{i,j}}{\bar{V}}$$

Sendo  $Q_i$  = Média das vazões absolutas disponíveis no ano  $i$ ;  $j$  – usina com vazão máxima anual disponível;  $\bar{V}$  = Média das vazões máximas anuais da usina  $j$ ;  $V_{i,j}$  = Vazão máxima anual no ano  $i$  da usina  $j$ .

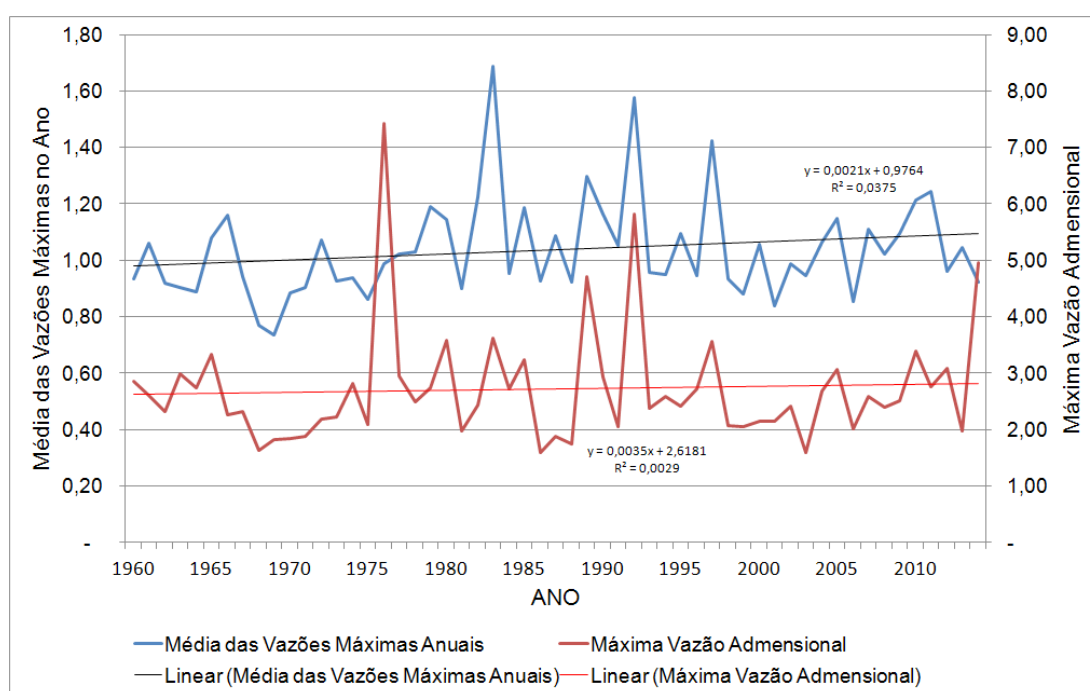


**Figura 5** – Vazões médias e máximas adimensionalizadas (1931-2014)

Quando se insere uma linha de tendência nos dados da Figura 5 é possível visualizar um incremento ao longo do tempo, entretanto, o coeficiente de correlação desta suposta acendência é pequeno e fortemente influenciada pelas cheias dos anos de 1983, 1992 e 1997, quando se analisa a média das vazões admensionais.

Quando se analisa a máxima vazão admensionalizada, maior vazão admenisonal de uma usina em relação a todas as outras usinas daquele ano, também se observa uma ligeira tendência de aumento. Entretanto, esta linha de tendência é influenciada pelas menores vazões máximas das décadas de 1930 a 1960, e também apresenta uma pequena correlação.

A Figura 6 apresenta a mesma série admensionalizada que a contida na Figura 5 excluindo-se os anos de 1931 a 1959. A mesma linha de tendência inserida apresenta uma ascensão muito inferior daquelas linhas de tendência apresentadas na Figura 5. Isso, em princípio, demonstra que a suposta tendência é muito mais influenciada pela extensão da série do que pela série propriamente dita.



**Figura 6** – Vazões médias e máximas admensionalizadas (1931-2014)

Quando se estima as vazões decamilenares, ou extremas, a disponibilidade de dados (inferior a 100 anos) impõe uma incerteza muito grande na estimativa, visto que se tenta com as diversas técnicas “extender” a série em 100 vezes. Por exemplo, Kelman e Damázio (1985) propõe um coeficiente de segurança para a estimativa da vazão decamilenar conforme a disponibilidade dos dados.

## 2.1 Estacionariedade da série e teste de hipótese

O termo “estacionariedade” refere-se ao fato que, excluídas as flutuações aleatórias, as observações são invariantes, com relação à cronologia de suas ocorrências. Uma tendência temporal, eventualmente presente em uma série hidrológica  $X_t$ , ao longo do tempo  $t$ , pode ser detectada pela correlação entre série e o índice de tempo. Essa é a

ideia essencial do teste não-paramétrico de Spearman (Naghettini, 2007).

O coeficiente de correlação de Spearman obtém a estatística correspondente do teste trabalhando com toda a amostra. Para se verificar se uma série é estacionária ou não, é possível fazer um teste de hipótese.

Os testes de hipóteses são procedimentos usuais da inferência estatística, úteis na tomada de decisões que concernem à forma, ou ao valor de certo parâmetro, de uma distribuição de probabilidades, da qual se conhece apenas uma amostra de observações. Por tratar-se de uma inferência a respeito de uma variável aleatória, a decisão de rejeitar ou não uma hipótese, é tomada com base em certa probabilidade ou nível de significância  $\alpha$  (Naghettini, 2007).

### 2.1.1 Teste de Spearman

A estatística do teste de Spearman tem, como base, o seguinte coeficiente:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)^2}{N^3 - N}$$

Sendo:  $m_t$ =ordem de classificação;  $T_t$ =índice de tempo;  $N$ =número de elementos.

Se a hipótese nula é  $H_0$ : (a amostra não apresenta tendência temporal), a estatística do teste não paramétrico de Spearman pode ser formulado como:

$$T = \frac{r_s}{\sqrt{Var[r_s]}}$$

A qual segue uma distribuição normal padrão. Por tratar-se de um teste bilateral, a um nível de significância  $\alpha$ , a decisão deve ser a de rejeitar a hipótese nula se  $|T| > z_{1-\alpha/2}$ .

Aplicando o teste de estacionariedade de Spearman nos dados disponíveis das séries de máxima vazão média diária, entre os anos de 1931 até 2014, se verifica que em 95 locais a série pode ser considerada estacionária e em 53 locais não.

## 3 | CONCLUSÃO

Os dados analisados compreendem as vazões máximas diárias anuais, entre os anos de 1931 até 2014, em 149 locais com dados disponíveis, totalizando aproximadamente 10.000 valores de vazões máximas diárias anuais disponíveis nestes locais.

Os resultados obtidos indicam que até o presente não se pode afirmar que houve impacto das mudanças climáticas no cálculo das vazões decamilenares (eventos extremos), sendo que as diferenças encontradas de aumento ou redução das vazões extremas (decamilenar) podem ter origem na pequena série de dados disponíveis e, com a incorporação de novos dados a estimativa da vazão decamilenar se altera. Cabe destacar, que o período crítico do sistema hidroelétrico brasileiro, compreendido entre

junho de 1949 a novembro de 1956, caracterizado por menores médias de vazões, influencia o cálculo das vazões decamilenares principalmente quando se calcula a vazão decamilenar utilizando os dados até os anos de 1980, visto que as séries até então eram muito reduzidas, com no máximo 50 anos de dados disponíveis.

O IPCC (2013) cita que após o ano de 1950 o número de eventos com precipitações extremas sobre a superfície terrestre, aumentou em um número maior de regiões do que diminuiu em outras regiões. Os diversos trabalhos técnicos que estudam o efeito das mudanças climáticas nas vazões extremas, aplicados no território brasileiro, adotam um modelo chuva-vazão utilizando como premissa o aumento das precipitações extremas, sendo que o resultado de aumento das vazões extremas em função da adoção deste conceito é natural.

Entretanto, quando se utiliza os dados estatísticos disponíveis até o momento e se calcula a vazão decamilenar, não é possível confirmar o possível impacto das variações climáticas na estimativa das vazões extremas (decamilenar). Por outro lado, analisando a série de máxima vazão diária no ano (desde 1931 até 2014), e aplicando o teste de Hipótese de Estacionariedade de Spearman, se observa que em 95 locais pode-se considerar a série estacionária e em 53 locais não.

Com estes resultados, que no presente não demonstram claramente se existe impacto das variações climáticas nas vazões de dimensionamento dos vertedores, conclui-se que talvez, mais importante que considerar os possíveis impactos do aumento das precipitações extremas no dimensionamento, seja o de considerar o impacto do aumento da série de vazões máximas disponíveis na revisão da vazão de dimensionamento, principalmente quando os vertedores foram dimensionados com séries muito reduzidas.

## REFERÊNCIAS

- ADAM, K. N., FAN, F. M., PONTES, P. R., 2015 – **Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH, vol. 20 nº4, Porto Alegre, out/dez. 2015.
- DA COSTA, J. P., DAMAZIO, J. M., PEREIRA, M. V. F., KELMAN, J. - **Confiabilidade na Estimção de Vazões Extremas**. IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia, Fortaleza/CE. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia. Vol. 1. 1981.
- ELETROBRÁS, 2003 – **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidroelétricas**.
- ELETROBRÁS, 1987 – **Guia para Cálculo de Cheia de Projetos de Vertedores**.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) – **Climate Change 2013, The Physical Science Basis**.
- KELMAN, J., DAMÁZIO, J. M. **Fator de Segurança para Cheia Decamilenar**. In: VI Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos e Simpósio Internacional de Recursos Hídricos em Regiões Metropolitanas. São Paulo, ABRH, 1985.
- NAGHETTINI, M., PINTO, E. J. A. (2007). **Hidrologia Estatística**. CPRM.
- WU, C. H., HUANG, G. R., YU, H. J., 2015 – **Prediction os extrema floods based on CMIP5 climate models: a case study in the Beijiang River basin, South China**. Hydrology and Earth System Sciences, 19.



## RECUPERAÇÃO SUSTENTÁVEL DO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UM ESTUDO NA UHE CORUMBÁ IV

**Jorge Santos Ribas Jr.**

Agência de Defesa Agropecuária do Paraná  
Curitiba - PR

**José Roberto Ribas**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

**Tatiana Maria Soeltl**

Corumbá Concessões S/A  
Brasília - DF

**André Nicolau Brylynskyi**

A R Empreendimentos  
Curitiba - PR

**RESUMO:** Este capítulo apresenta um procedimento metodológico sustentável para mitigação de carências socioambientais, cujo estudo de caso busca recuperar a situação antrópica detectada no entorno do reservatório da UHE Corumbá IV. A pesquisa conduzida na área de influência do reservatório da referida hidrelétrica visa atender tais carências por meio de um experimento em dois blocos distintos com plantio de mudas de quinze espécies frutíferas nativas do cerrado, para observar as suas capacidades de sobrevivência e desenvolvimento, visando obter uma combinação ideal de espécies que possam atrair a fauna da região e servirem de alimento e geração de renda às comunidades. Uma

avaliação antecipada permite identificar pelo menos nove espécies com boa adaptação às condições do solo e presença de *Brachiaria* sp e, portanto, candidatas a formação de sub-bosques e ao início do ciclo sustentável entre a fauna, flora local e demandas sociais do entorno.

**PALAVRAS-CHAVE:** reservatórios de hidrelétricas; espécies nativas do cerrado; sustentabilidade; espécies frutíferas do cerrado.

### 1 | INTRODUÇÃO

O homem é um consumidor de recursos naturais, uma vez que os produtos oferecidos a ele se constituem na flora, fauna e nas atrações geográficas. Deste modo, não é possível que o entorno do reservatório se mantenha intacto com a interferência do homem, uma vez que o simples acesso dos indivíduos a estes recursos lhes causa impacto, agravado pela maneira antropizada do relacionamento entre o homem e o ambiente, quando este é colocado em prática. Depreende-se que mediante o planejamento e gerenciamento do desenvolvimento, é possível proporcionar mecanismos com o intuito de garantir a preservação e conservação do ambiente natural.

O estado de Goiás se caracteriza por uma estrutura fundiária com forte concentração

econômica e políticas públicas que contribuem para o aumento da produção agrícola e pecuária. Ainda não existem avaliações sobre a extensão dos danos ecológicos causados por este tipo de política, mas sabe-se que as voçorocas provocadas pelo desmatamento, a exemplo da retirada dos buritizais e das matas de galeria, e falta de técnicas de conservação do solo já comprometem o ecossistema de maneira decisiva há algum tempo (PIRES, 2000). A biodiversidade do cerrado é grande e tem sido desconsiderada ao longo do tempo. Representa 7.000 espécies de plantas, 199 mamíferos, 837 aves, 180 répteis, 150 anfíbios e 1.200 tipos de peixes (ABROMOVAY, 2010). A degradação do solo e dos ecossistemas nativos representam amplas ameaças a existência desta lista tão extensa de flora e fauna. O governo estadual vem criando áreas protegidas e ampliando a rede de unidades de conservação, com o objetivo principal de estabelecer corredores ecológicos e, assim, contribuir para preservar a biodiversidade e sua função essencial no funcionamento dos ecossistemas (KLINK e MACHADO, 2005), neste aspecto, este trabalho de pesquisa visa a colaborar com tais iniciativas e, principalmente, identificar as características de sobrevivência, adaptação e crescimento de um conjunto relevante de árvores frutíferas para viabilizar a recuperação do ecossistema local.

A existência da vegetação ao longo dos rios e ao redor de lagos ou reservatórios é extremamente benéfica para o ecossistema, tanto por efeitos bióticos como abióticos. Dentre os efeitos bióticos temos a vegetação como fonte de alimento e nutrientes em geral, além de propiciar condições favoráveis para proteção e desenvolvimento da fauna. Na região centro-oeste, onde localiza-se a UHE Corumbá IV, as formações ciliares são naturalmente estreitas e a sua eliminação pelo barramento dos rios leva a consequências ecológicas especialmente severas, porque os solos dos campos e savanas do Cerrado não são propícios ao desenvolvimento (em curto prazo) de uma cobertura florestal densa, o que retarda a regeneração da mata protetora. Muitas vezes o quadro é agravado pelo desenvolvimento de atividades agropastoris, amplamente utilizadas no entorno da Corumbá IV, que fragilizam ainda mais os solos do Cerrado, principalmente pela presença de *Brachiaria* sp, uma espécie exótica invasora, que impede o desenvolvimento de espécies nativas, dificultando o processo de plantio para recuperação das áreas degradadas. Diante deste cenário, observou-se a necessidade de desenvolver uma metodologia economicamente viável, com uma combinação ideal de espécies nativas do Cerrado, para recuperação de áreas degradadas e manutenção dos processos ecológicos, visando ainda atender as demandas socioambientais das comunidades, indispensáveis para o desenvolvimento sustentável do entorno do reservatório e região.

Trabalhos envolvendo o plantio de mudas para fins de recuperação ambiental têm sido realizados em diferentes contextos brasileiros, principalmente, devido à heterogeneidade ambiental existente e diferentes graus de degradação dos ecossistemas. Entre outros fatores, são analisados o desempenho do crescimento e competição entre as plântulas (KHAN et al., 2011; MATTEI e ROSENTHAL, 2002;

SANTOS et al., 2011; SANTOS JR et al., 2004) e a influência dos diferentes fatores ambientais e edáficos sobre o plantio (GRAAE et al., 2011; KAGEYAMA e CASTRO, 1989; MALAVASI et al., 2005; SIRONEN et al., 2010). O método de plantio com mudas apresenta uma alta eficiência e deve ser planejado, devido ao custo, para a aplicação em larga escala. Alguns pesquisadores têm indicado métodos de plantio com estratégias alternativas ou complementares promissoras (ENGEL e PARROTTA, 2001; DODD e POWER, 2007; LAMB et al., 2005; RODRIGUES et al., 2009). Desta forma, a etapa experimental desta pesquisa busca identificar combinações adequadas de espécies nativas do Cerrado, visando a adequada recuperação sustentável da mata ciliar do entorno do reservatório por meio da criação de sub-bosques (KOZERA et al., 2009), que sejam capazes de se desenvolver em solos com condições pedológicas adversas, com sazonalidade climática e com presença da *Brachiaria* sp (FURNAS, 2014; PIMENTA et al., 2013; SILVA et al., 2001).

A metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa se baseia na experimentação por meio do plantio aleatório de mudas de 15 espécies nativas frutíferas em dois blocos com composições de solos – Latossolo e Cambissolo, característicos do entorno do reservatório de Corumbá IV. As técnicas adotadas para análise dos resultados foram: (a) agrupamento dos índices de crescimento para as espécies em intervalos quartílicos; (b) variação no desenvolvimento entre as espécies mensurado pelo  $t^2$  de Hotteling; (c) distinção no desenvolvimento florestal entre blocos mensurado por meio da análise de variância two-way; (d) comparação gráfica relativa dos índices de sobrevivência e desenvolvimento para as espécies, entre os dois blocos.

## 2 | SELEÇÃO DAS ESPÉCIES PARA O EXPERIMENTO

O bioma Cerrado é composto por diferentes tipos de vegetação ou fisionomias, dentre elas podemos destacar: (a) Mata Ciliar, classificada como formação florestal das margens de rios de médio e grande porte, compostas por espécies arbóreas; (b) Cerrado sentido restrito, característico de formação de Savanas, apresenta árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas; (c) Campo Sujo, que são formações campestres, sendo este tipo exclusivamente herbáceo arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos e menos desenvolvidos em relação ao Cerrado sentido restrito; (d) Campo Limpo, também formação campestre, porém sua vegetação é predominantemente herbáceo, com raros arbustos e ausência e árvores (RIBEIRO e WALTER, 2008). A característica edafoclimática do bioma cerrado é peculiar, há grande diversidade de solos e a distribuição de chuvas concentra-se nos meses de outubro a março, com precipitação média de 800 a 2000 mm/ano. A temperatura varia entre 18°C e 28°C e, nos períodos mais secos, a umidade relativa do ar pode chegar a 10%. Koppen classifica o Cerrado como Aw (tropical chuvoso).

À vista deste fato, um dos alicerces do projeto experimental é mostrar cientificamente a possibilidade da recuperação de área antropizada pela recomposição de mata

nativa num modelo sustentável em Área de Preservação Permanente (APP), para tanto será dada preferência às espécies arbustivo-arbóreas nas formações florestais de mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerrado, ainda, que produzam frutos para alimentação da fauna silvestre e humana, um verdadeiro pomar de alimentação *in natura*. Assim agindo, teremos a sinergia entre resultado econômico e a recuperação da vegetação, aqui plantas arbustivo-arbóreas, por meio de um sistema ambientalmente adequado e com a possibilidade de aproveitamento futuro das espécies plantadas. A disponibilização de uma fonte de sustento viabilizará o surgimento de exemplares da fauna que outrora migraram ou não tiveram condições de se desenvolver.

Esta proposta considera que o uso de espécies arbóreas exóticas, apesar de apresentar maior probabilidade de êxito com relação a resistência natural a insetos e microorganismos e de proporcionar rendimento florestal relevante, a exemplo das monoculturas do *Eucalyptus* e do *Pinus*, não proporcionam agregação de valor substantiva ao ecossistema, por causar um estado de desequilíbrio entre a flora e a fauna, em favor das espécies plantadas.

Após a verificação da fitossociologia nos locais dos experimentos, foram selecionadas 15 espécies nativas endêmicas nas formações acima (AVIDOS e FERREIRA, 2005; SILVA et al., 2011). São elas: Araçá (*Psidium guineense* Swartz); Bacupari da mata (*Cheiloclinium cognatum*); Cajui (*Anacardium humile* St.Hilaire); Cagaita (*Eugenia dysenterica*); Chinchá (*Sterculia striata* A.St.-Hill e Gaudin); Ingá (*Ingá Alba* (Sw) Willd); Jatobá do Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.ex Hayne); Jenipapo (*Genipa americana* L.); Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)Lodd. Ex Mart.); Mama cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc.); Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes); Marmelada de bezerro (*Alibertia edulis* (L.C.Rich)A.Riche ex DC.); Murici (*Byrsonima verbascifolia* (L.)L.C.Rich ex A.Juss); Pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) e Pitomba (*Talisia esculenta* (A.St.-Hill.)Radlk).

Segundo pesquisas feitas pela Embrapa (SANO e FONSECA, 2003), espécies nativas do Cerrado foram avaliadas quanto ao seu estabelecimento e frutificação em plantios feitos em campos experimentais em Planaltina, DF. O objetivo foi estudar o comportamento de espécies frutíferas nativas do Cerrado. Analisou-se taxas de floração, frutificação e sobrevivência. As mudas foram produzidas em viveiro, a pleno sol, em sacos plásticos pretos, de sementes que foram coletadas na vegetação de Cerrado. As espécies usadas foram Jatobá, Pequi, Jenipapo, Cagaita e Mangaba. De uma forma geral, em uma simples análise, alta taxa de mortalidade foi observada para mudas de Mangaba e Pequi, logo depois do transplante, enquanto Jatobá e Jenipapo tiveram alta taxa de sobrevivência. Passados 10 anos de plantio, os índices de sobrevivência foram: Jatobá (88%), Jenipapo (85%), Cagaita (77%) e valores menores para a Mangaba (40%) e Pequi (18%). Analisando mais a fundo as taxas de sobrevivência das espécies, a do Jenipapo foi associada a tratos culturais de coroamento e controle de formigas.

### 3 | LOCALIZAÇÃO DOS BLOCOS EXPERIMENTAIS

Foram escolhidas duas unidades de experimentação localizadas no entorno do reservatório da UHE Corumbá IV, uma no município de Santo Antônio do Descoberto e a outra no município de Abadiânia, ambas em estado avançado de degradação pela extração da vegetação nativa, o cultivo de pastagens para alimentação animal, o reflorestamento com espécies exóticas, a exemplo do eucalipto, e o lançamento de efluente de esgoto *in natura* nos principais efluentes tributários do reservatório. As condições edáficas e topográficas (fertilidade do solo, declividade do terreno, vegetação existente/ supressão, degradação/erosão, fauna e flora, etc.) foram determinantes na escolha, pois é objeto do projeto a utilização de blocos com conteúdo heterogêneo.

O bloco experimental “1” no município de Abadiânia está localizado conforme a Figura 2. Este possui as seguintes vantagens comparativas: (a) possibilita fácil acesso dos pesquisadores através de uma propriedade particular; (b) possibilidade de inspeção externa permanente; (c) acesso limitado a animais de médio e grande porte; (d) acesso de estranhos viável apenas a partir do lago; (e) compromisso do proprietário de proteger o bloco.

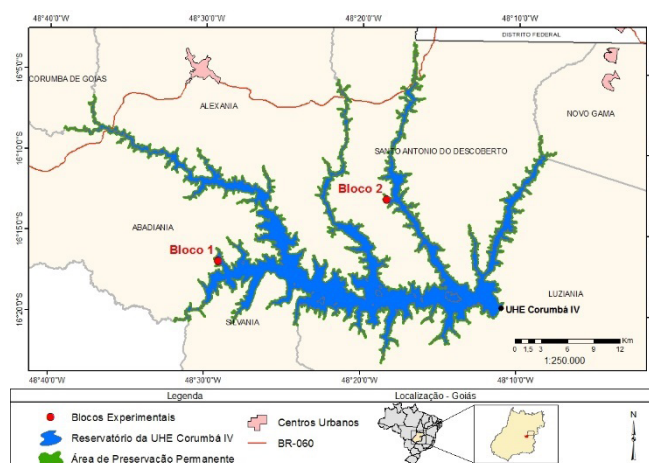


Figura 2. Localização dos blocos experimentais no entorno do reservatório.

O bloco 1 possui área total de 9.379 m<sup>2</sup>. (contabilizando as áreas destinadas ao aceiro e acesso), o qual foi subdividido em duas áreas, cuja demarcação está representada na Figura 3. A área 1 possui 2.138 m<sup>2</sup> e a segunda área possui 5.770 m<sup>2</sup>, correspondendo a uma área efetiva de plantio de 7.908m<sup>2</sup>. Esta divisão em duas partes facilitou o acesso para realização do plantio. São dois os pontos que identificam a localização exata do bloco, pelas Coordenadas Geográficas, um deles tem como referência o Rancho Toa Toa (S:16°16'51,6"; WO:48°29'7,8") e outro tem por referência o reservatório (S 16° 16' 54,95243" WO 48° 29' 4,42078").

Conforme classificação em (EMBRAPA, 2006) e por meio da análise do horizonte diagnóstico superficial A e B, além de outros atributos (material orgânico, mineral, atividade da fração argila, saturação de bases, caráter alumínico, etc.) revelados na análise granulométrica e química, o solo é classificado como Latossolo Vermelho

Distroférico, classe textural argilosa.

Neste bloco foram plantadas 1.032 mudas dispostas aleatoriamente, com quantidades variáveis para cada uma das 15 espécies selecionadas e com espaçamento constante, determinando um diâmetro de três metros para cada planta.



Figura 3. Representação do bloco experimental “1” – Abadiânia-GO.

O bloco experimental “2” no município de Santo Antônio do Descoberto está localizado conforme a Figura 2 exibida anteriormente, identificado como “Bloco 2”. Este apresenta as mesmas vantagens comparativas que aquelas indicadas para o bloco experimental “1”. São dois os pontos que identificam a referência exata do bloco, pelas Coordenadas Geográficas, o primeiro identificado pelo acesso (S:16°12’55,7”; WO: 48°18’22,2”) e o segundo referente a um valo existente (S:16°13’1,4”; WO:48°18’20,2”).

O solo predominante é classificado como Cambissolo Háplico Distroférico, classe textural Franco Argilo Arenoso. Foram plantadas 909 mudas aleatoriamente e, da mesma forma que o bloco anterior, com quantidades variáveis para cada uma das espécies selecionadas, igualmente espaçadas entre si a cada três metros.

Quanto às dimensões, é contínuo com forma de polígono irregular, com área total de 9.655m<sup>2</sup> e área efetiva de plantio de 8.403m<sup>2</sup>, conforme a Figura 4.



Figura 4. Representação do bloco experimental “2” – Santo Antônio do Descoberto-GO.

#### 4 | IMPLANTAÇÃO DOS BLOCOS EXPERIMENTAIS

A proteção dos dois blocos experimentais, contra a invasão de animais de médio

e grande porte na APP, ocorreu mediante a concessão de autorização pelo Ibama. O isolamento foi realizado por meio de uma cerca de arame farpado com mourões principais de eucalipto autoclavado com 25cm de diâmetro e 2,40m de altura fincados nos oito vértices das duas áreas e palanques intermediários com 15cm de diâmetro e 2,20m de altura fincados a cada 2,20m de distância. Foram estendidas quatro linhas de arame farpado ao longo de todo o perímetro. Os trabalhos de alinhamento e abertura das covas para plantio das mudas foi realizado com perfuratriz mecanizada, aparelhagem manual a aplicação de formicidas (inseticida Kelldrin 400, a base de Propoxur (1%), agrotóxico indicado para o controle de cupins e formigas cortadeiras (Saúvas e Quenquéns), o qual apresenta baixa toxicidade ao homem e ao meio ambiente. Ademais foram utilizados gabaritos a aplicação de adubo orgânico, mineral, sologel e composto de macrófitas.

Uma vez que ambas as áreas estão cobertas com capim (*Brachiaria* sp.), foi efetuada uma roçagem superficial antecedendo a abertura das covas, com o cuidado de proteger todas as regenerações naturais existentes. As covas foram abertas com perfuratriz mecanizada, em função da elevada compactação do terreno nos dois blocos experimentais, a profundidade de 40cm e área de 40cm x 40cm. As mudas foram retiradas dos plásticos protetores e plantadas mantendo o mesmo nível do solo, em relação à base do caule, recoberto com uma fina camada de terra. O solo ao redor da muda foi levemente compactado, para evitar bolsas de ar ao redor do torrão e das raízes da muda, manteve-se o cuidado de realizar o plantio nos dois blocos experimentais logo após o início do período úmido, ocorrido na primeira semana de novembro de 2013.

Em cada cova foram aplicados dois litros de esterco de galinha curtido e 200g de adubo formulado NPK (4-14-8). O esterco e o fertilizante mineral misturados ao solo retirado da cova e a ela incorporados junto com a muda. Ao redor de cada cova foi executado um coroamento com 50cm de raio, tendo sido eliminada a gramínea existente e aplicados 2kg de composto de macrófitas. Quanto ao uso do biofertilizante de macrófitas, produzido pela Corumbá Concessões em sua Unidade de Compostagem de Aguapés-UCA, o laudo de ensaios laboratoriais nº 137.623, emitido em 05/07/2012, comprova que este composto orgânico não apresenta riscos em relação à presença de metais pesados e atende à Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura. Assim, este biofertilizante pode ser usado com condicionador de solo na agricultura. As linhas de plantio seguiram a orientação perpendicular ao declive em direção ao reservatório, cortando o sentido de vazão da enxurrada.

## 5 | DESEMPENHO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS

Nos meses de abril e novembro de 2014 foram realizadas duas medições dendométricas para diâmetro, altura e contagem da quantidade de ramos das

mudas. Estas foram efetuadas por meio do método direto obedecendo os critérios estabelecidos por Machado e Figueiredo Filho (MACHADO e FIGUEIREDO, 2003) conforme a Figura 5. O diâmetro do colo da planta foi obtido em milímetros por meio da utilização de um paquímetro para leitura, sendo posicionado imediatamente acima do nível do solo. A altura total da planta foi obtida com o auxílio de uma trena metálica da base do caule no nível do solo e estendida até o seu topo, ao longo do eixo principal.



Figura 5. Procedimento de medição do diâmetro e altura da muda.

No bloco experimental “1”, de Abadiânia, foram plantadas 1032 mudas no total, das quais sobreviveram 500 indivíduos. O índice de sobrevivência médio geral foi de 48,4%, percentual este inferior em 2,7% em relação aos 51,1%, obtidos na contagem durante a 1ª medição. Houve uma perda de 28 mudas após a 1ª medição. Este resultado foi atenuado pela rebrota de 33 mudas no período de abril a novembro. Os melhores desempenhos neste bloco foram o Jenipapo que apresentou o melhor índice de sobrevivência de 90% em 100 mudas plantadas, com 90 representantes, diâmetro médio foi de 12,88 mm e altura média de 50,37 mm e o Chichá com 80 sobreviventes, um índice de sobrevivência de 84,2% com 95 plantadas, diâmetro médio de 16,79 mm e altura média de 74,25 mm e quase cinco ramos por árvore. ; (c) a Pitomba com 78,7% de sobrevivência em 89 mudas plantadas, restando 70 representantes, oito a menos que na 1ª medição. O diâmetro médio de 6,14 mm e altura média de 35,8 mm e 3,5 ramos por árvore; (d) o Ingá com índice de sobrevivência de 75,3%, aumentou o número de remanescentes de 53 para 55, com 73 plantadas, beneficiada pela rebrota. Apresentou boas condições de adaptação com um diâmetro médio de 12,04 mm, altura de 67,69 mm e 4,6 ramos por planta. Os piores desempenhos ocorreram com o Bacupari da Mata que apresentou o pior desempenho, com quatro sobreviventes (seis morreram desde a 1ª medição) em 73 mudas plantadas e índice de sobrevivência de apenas 5,5% e o Pequi obteve um baixo índice de sobrevivência de 6,3%, restando seis sobreviventes (uma a menos que o constatado na 1ª medição) das 96 mudas plantadas.



Nome comum	Plant.	Sobrev.	Diâm.	Altura	Ramos
Araçá Vermelho	71	37	8,27	55,68	3,68
Bacupari da Mata	73	4	5,00	26,25	3,00
Murici	28	12	7,58	37,92	3,58
Cagaita	76	15	1,60	16,40	1,40
Cajuí	44	12	5,17	26,25	2,75
Chichá	95	80	16,79	74,25	4,88
Ingá	73	55	12,04	67,69	4,64
Jatobá do Cerrado	58	30	3,73	24,50	2,30
Jenipapo	100	90	12,88	50,37	3,44
Pitomba	89	70	6,14	35,79	3,53
Macaúba	67	28	5,93	49,21	2,39
Mama Cadela	55	12	3,17	23,75	2,08
Mangaba	34	8	7,25	45,00	2,75
Marmelada	73	41	5,68	40,37	3,78
Pequi	96	6	5,33	26,67	2,83
Media Geral	1032	500	7,10	40,01	3,14

Tabela 7. Medição dendométrica para as mudas do bloco experimental “1” de Abadiânia.

No bloco experimental de Santo Antônio do Descoberto foram plantadas 909 mudas e restaram 388 árvores, com um índice de sobrevivência geral de 42,7%, ou seja, 5,9% inferior aos 48,6% de sobrevivência verificados na primeira medição realizada em abril do mesmo ano (sete meses antes). A mortalidade das espécies foi atenuada pela incidência de rebrota de plantas que foram registradas como mortas na primeira medição, mas que apresentaram desenvolvimento durante o período de chuvas. O diâmetro médio foi de 4,50 mm, 30,5 mm de altura e volume médio de 242,3 mm<sup>3</sup>, número médio de 2,8 ramos por planta. Estes valores denotam a pequena evolução média apresentada neste bloco experimental ao longo dos sete meses quando comparadas as duas medições. Não houve ganho de diâmetro e ocorreu um pequeno crescimento, impactando no resultado final do volume médio.

Nome comum	Plant.	Sobrev.	Diâm.	Altura	Ramos
Araçá Vermelho	78	52	5,60	46,83	3,92
Bacupari da Mata	73	0	0,00	0,00	0,00
Murici	20	6	4,33	31,83	3,50
Cagaita	22	1	1,00	10,00	2,00
Cajuí	91	16	5,94	35,25	4,19
Chichá	78	55	9,22	49,36	3,98
Ingá	57	39	7,26	48,46	4,59
Jatobá do Cerrado	75	32	2,69	19,69	2,16
Jenipapo	94	74	8,93	32,26	2,86
Pitomba	83	60	4,52	30,72	3,32
Macaúba	59	21	3,57	42,14	1,57

Mama Cadela	28	5	2,60	26,00	1,60
Mangaba	29	4	4,00	25,75	2,50
Marmelada	50	21	4,81	34,33	3,67
Pequi	72	2	3,00	25,00	2,00
Media Geral	909	388	4,50	30,51	2,79

Tabela 8. Medição dendométrica para as mudas do bloco experimental “2” de Santo Antônio do Descoberto.

Os melhores desempenhos foram o Jenipapo, com o melhor índice de sobrevivência de 78,7% (74 em 94 mudas plantadas), cujo diâmetro médio foi de 8,93 mm e altura média de 32,26 mm e quase três ramos por árvore e a Pitomba, com 72,3% de sobreviventes (60 em 83 mudas plantadas), assim como manteve o diâmetro médio de 4,52 mm e pequeno acréscimo na altura média de 30,72 mm e um número médio de 3,3 ramos por árvore. Os piores desempenhos foram do Bacupari da Mata, sem nenhuma sobrevivente das 72 mudas plantadas não houve nenhum registro de sobrevivência, observado que na 1ª medição haviam morrido 69 plantas e sobrado apenas três, as quais morreram até atingir a 2ª medição e o Pequi, da mesma forma, conta com apenas dois sobreviventes em 72 mudas plantadas (índice de 2,8%), uma a menos que na 1ª medição. As duas plantas restantes apresentaram diâmetro médio de 3,00 mm, altura média de 25,00 mm e dois ramos por árvore. Os resultados revelam a dificuldade de adaptação.

A Tabela 8 contém os valores médios por espécie, calculados a partir da 2ª medição executada no bloco experimental “2” de Santo Antônio do Descoberto.

Para que seja possível confirmar se ocorreu variação no crescimento das espécies entre os dois blocos experimentais, adotou-se a estatística  $t^2$  de Hotelling para o volume médio estimado. Considerou-se que são verificadas as diferenças entre médias obtidas das quinze espécies a partir de duas medições em diferentes momentos, e ainda que os dois conjuntos de medições para os blocos experimentais referem-se a populações distintas. Neste caso, o valor do  $t^2$  resultou em 3,83, F em 1,84 e *p-value* igual a 0,1777. Este último valor se afasta expressivamente do nível de significância de 5% para a hipótese de que não existe diferença significativa entre populações, situação a qual nos apresenta evidências estatísticas de ter ocorrido uma diferença significativa no volume médio para as quinze espécies entre os dois blocos experimentais.

Adicionalmente, a análise de variâncias *two-way* para os volumes médios calculados, tendo como fatores os blocos e as espécies, resultou nos valores observados na Tabela 9, para um nível de significância adotado igual a 5%.

Verificando a hipótese nula de que não existe diferença significativa entre os blocos experimentais, o teste F igual a 4,69 apresenta um *p-value* de 0,018, significativamente inferior ao nível de 5% e, portanto, rejeitando esta possibilidade. Assim, validamos a

diferença entre as médias do primeiro fator – os blocos experimentais. Os resultados obtidos para os volumes das 15 espécies de Abadiânia são distintos daqueles de Santo Antônio do Descoberto.

Para o segundo fator – as espécies, a hipótese nula é de que os volumes médios são iguais para todas as espécies. O teste F igual a 3,06 e *p-value* de 0,0073 evidenciam que existe uma ou mais espécies cujos volumes são significativamente diferentes das demais.

	Quadrados	g.l.	F	<i>p-value</i>	Sig
Blocos	4.673.034	2	4,69	0,018263	Sim
Espécies	19.810.289	13	3,06	0,0073914	Sim
Erro	12.959.635	26			
Total	37.442.958	41			

Tabela 9. Resultado para ANOVA two-way entre blocos e espécies.

A Figura 6 demonstra que a porcentagem de plantas remanescentes apresentou desempenho favorável ao bloco experimental 1, de Abadiânia, com quatorze espécies e índice de sobrevivência médio de 45,13%. A única que representa o ponto acima da linha é o Araçá Vermelho com 66,7%, mais favorável em Santo Antônio do Descoberto, cujo bloco obteve índice de sobrevivência médio de 37,56%. Este comportamento será melhor investigado a partir das duas medições que restam, quando será possível constatar a partir de técnicas estatísticas mais complexas, se o efeito tipo de solo é determinante. Será possível também aplicar o índice de sazonalidade mensal pluviométrico sobre os dados para identificar a tendência de capacidade de recuperação por espécie.

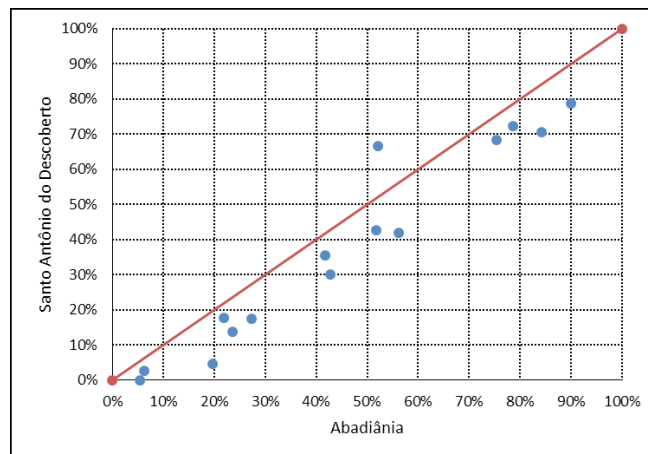


Figura 6. Índices de sobrevivência comparativos entre os blocos

A Tabela 10 auxilia na visualização da classificação das espécies quanto ao desempenho de sobrevivência classificados segundo seus quartis, nos dois blocos experimentais. A terminologia adotada é: Melhor= Melhor Desempenho; Pior= Pior Desempenho; MedSup= Desempenho Médio-superior; MedInf= Desempenho Médio-

inferior.

Nome comum	Desempenho	
	SAD	Abadiânia
Araçá Vermelho	Melhor	MedSup
Bacupari da Mata	Pior	Pior
Murici	MedSup	MedSup
Cagaita	Pior	MedI
Cajuí	MedInf	MedInf
Chichá	Melhor	Melhor
Ingá	Melhor	Melhor
Jatobá do Cerrado	MedSup	MedSup
Jenipapo	Melhor	Melhor
Pitomba	Melhor	Melhor
Macaúba	MedSup	MedSup
Mama Cadela	MedInf	MedInf
Mangaba	MedInf	MedInf
Marmelada	MedSup	MedSup
Pequi	Pior	Pior

Tabela 10. Comparação qualitativa dos desempenhos entre os dois blocos experimentais

Observando os dados do ponto de vista qualitativo, ou seja, levando em consideração a classificação do desempenho de cada espécie, conforme os itens 3 e 4, pode-se observar que para 13 espécies, exceto o Araçá e a Cagaita, verifica-se a mesma classificação nos dois blocos quando o critério trata da sobrevivência. Apesar de não ter um bloco experimental de controle, é possível avaliar comparativamente também sob esse ponto de vista. Interessante, porque mesmo indicando que o tipo de solo pode ter influenciado a densidade e desenvolvimento das espécies, até o momento, ele não as excluiu.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para dar sustentação ao objetivo proposto no projeto, optou-se pelos padrões utilizados na formação de pequenos pomares, neste aspecto é fundamental a maior diversificação possível de espécies nativas e endêmicas, isto contribui para que se consigam diferentes ciclos vegetativos (floração, frutificação e maturação) durante o ano e, assim, é possível obter frutas durante a maior parte do ano, ainda, minimizando o ataque de pragas (fungos, bactérias, vírus e insetos) (DUBOC, 2004).

Neste trabalho os resultados poderão remeter na formação de corredores florestais, oferta de áreas de lazer ecológico, recomposição do bioma a partir das áreas de preservação permanente ou áreas de reserva legal, sombreamento de áreas, dentre outros propósitos (BUSATO et al., 2013).

O estudo comprovou que as quinze espécies estudadas apresentaram desempenhos distintos quando comparadas entre si, e o que parece ser mais importante, apesar de terem sido plantadas em dois blocos com composições de solo distintas, apresentaram capacidade de sobrevivência semelhantes quando classificados por intermédio dos seus intervalos quartílicos. A constatação de que os dois solos característicos da região – Latossolo e Cambissolo – não representam fator distintivo quando a questão abordada se trata da sobrevivência da espécie, proporciona uma simplificação significativa no desenvolvimento do programa de revegetação em larga escala. Por outro lado, quando o elemento considerado é o ganho de volume (altura e diâmetro) das espécies, o fator solo passa a ter influência significativa, favorável ao Latossolo.

Com tais resultados, fica evidenciada a aplicabilidade deste experimento para um procedimento de plantio em larga escala. Neste caso, a empresa deverá selecionar as espécies frutíferas nativas que apresentaram melhor capacidade de sobrevivência e, em segundo lugar, considerar os desempenhos de desenvolvimento. Observou-se ainda que o resultado da revegetação será favorável, considerando dois aspectos: (a) apesar de a *Brachiaria sp.* estar disseminada em toda a região, basta o devido coroamento; utilização de composto de macrófitas e roçagem nos dois primeiros anos; (b) as áreas de plantio sejam protegidas contra a invasão de gado, principalmente.

A plantação inicial não é suficiente para o repovoamento e proteção da área, tal como a estabilização de encostas, entretanto, trata-se de um estímulo a regeneração natural de espécies características da região. Isto decorre das condições adequadas à produção local de sementes e sua disseminação para as áreas próximas por meios naturais, a exemplo da silvicultura do cerrado, ou pela ação humana.

Quando tratamos de outros biomas, concluímos que todos os geradores hidrelétricos do sistema interligado e isolado podem se basear no desenvolvimento desta pesquisa para que possam replicar em seu contexto, assim como, qualquer empreendimento que requisite a compensação de impactos ambientais por meio do reflorestamento, preservando a biodiversidade local. Ademais, a proposta da adoção de técnicas de levantamento primário de dados e de análise multivariada na investigação das reais necessidades socioambientais locais em uma primeira fase, para em seguida proceder ou não com a recomposição florestal sustentável, baseada em árvores frutíferas e visando o resgate da fauna local em uma segunda fase, válida e confere legitimidade ao trabalho de pesquisa, facilitando a obtenção de parcerias com o poder público municipal na ampliação do programa para o reservatório como um todo.

## REFERÊNCIAS

ABROMOVAY, R. Desenvolvimento sustentável: qual é a estratégia para o Brasil? **Novos Estudos Cebrap**, n.87, 2010.

- AVIDOS, M.F.D.; FERREIRA, L.T. Frutos dos cerrados: preservação gera muitos frutos. **Biociência**, v.11, n.1, p.36-41, 2005.
- BUSATO, L.C. et al. Aspectos Ecológicos na Produção de Mudanças para a Restauração. In: **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: UFV. 1ª edição, p.101-168, 2013.
- DODD, M.B.; POWER, I.L. Direct seeding of indigenous tree and shrub species into New Zealand hill country pasture. **Ecological Management & Restoration**, v.8, n.1, 2007, p.49-55, 2007.
- DUBOC, E. Cultivo de Espécies Nativas do Bioma Cerrado. **Comunicado Técnico 110**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.
- Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2ª ed., 2006.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central Sao Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.152, n.1, p.169-181, 2001.
- FURNAS. **Análise comparativa dos fragmentos e reflorestamentos no entorno do reservatório, visando à readequação de projetos de restauração na Eletrobrás Furnas**. Brasília: ANEEL, 2014.
- GRAAE, B.J. et al. Strong microsite control of seedling recruitment in tundra. **Oecologia**, v.166, p.565-576, 2011.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, n.41/42, p.83-93, 1989.
- KHAN, N. et al. Structure, diversity, and regeneration potential of *Monotheca buxifolia* (Falc.) A. DC. dominated forests of Lower Dir District, Pakistan. **Frontiers of Agriculture in China**, v.5, n.1, p.106-121, 2011.
- KLINK A.; MACHADO, R.B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.147-155, 2005.
- KOZERA, C.; RODRIGUES, R.R.; DITTRICH, V.A.O. Composição florística do sub-bosque de uma floresta ombrófila densa montana, Morretes, PR, Brasil. **Floresta**, v.39, n.2, p.323-334, 2009.
- LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTA, J.A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v.310, n.5754, p.1628-1632, 2005.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003.
- MALAVASI, U.C.; GASPARINO, D.; MALAVASI, M.M. Semeadura direta na recomposição vegetal de área ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação e profundidade na sobrevivência inicial. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.4, p.449-454, 2005.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate Statistical Methods: a primer**. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2005.
- MATTEI, V.L.; ROSENTHAL, M.D. Semeadura direta de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) no enriquecimento de capoeiras. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.649-654, 2002.
- PIMENTA, A.C. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de ariticunzeiro (*nnona crassiflora* Mart – *Annonaceae*). **Journal of Seed Science**, v.35, n.4, p.1-8, 2013.
- PIRES, A.C. et al. Efeito de *Brachiaria decumbens* na herbivoria e no desenvolvimento de duas leguminosas nativas de Cerrado Pires. **Planta Daninha**, v.30, n.4, p.737-746, 2012.

PIRES, M.O. Programas agrícolas de ocupação do cerrado. **Sociedade e Cultura**, v.3, n.1-2, p.111-131, 2000.

RIBAS, J.R.; VIEIRA, P.R.C. **Análise Multivariada com o Uso do SPSS**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In.: S. M. Sano, S. P Almeida, J. F. Ribeiro, **Ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA, v.1, p.152-212, 2008.

RODRIGUES, R.R. et al. On the restoration of high diversity Forest: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation, Essex**, v.142, n.6, p.1242-1251, 2009.

SAATY, T.L. **Decider face à la complexité: une approche analytique multicritère d'aide à la décision**, Belmont: ESF, 1984.

SANO, S.M.; FONSECA, C.E.L. Taxa de sobrevivência e frutificação de espécies nativas do cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 83**. Planaltina: Embrapa, 2003.

SANTOS JR., N.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistemas de semeadura direta, visando à recomposição de mata ciliar. **Cerne**, v.10, n.1, p.103-117, 2004.

SANTOS, M.M.G.; OLIVEIRA, J.M.; MULLER, S.C. Chuva de sementes de espécies lenhosas florestais em mosaicos de floresta com Araucária e campos no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.25, n.1, p.160-167, 2011.

SILVA, A.P.; MELO, B.; FERNANDES, N. Fruteiras do Cerrado. Disponível: <http://www.fruticultura.igiag.ufu.br/fruteiras%20do%20cerrado.html>, 2011.

SILVA, R.S.M.; CHAVES, L.J.; NAVES, R.V. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica DC.*) no sudeste do Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.330-334, 2001.

SIRONEN, S.; KANGAS, A.; MALTANO, M. Comparison of different non-parametric growth imputation methods in the presence of correlated observations. **Forestry**, v.83, n.1, p.39-51, 2010.

## LT 500 KV ARA-TAU: COMO O LICENCIAMENTO AMBIENTAL PODE PROPICIAR A CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE AMEAÇADA *CALLITHRIX AURITA* (SAGUI-DA-SERRA-ESCURO)

**Jéssica Motta Luiz Bom**

Universidade Estadual de Maringá  
Curitiba – PR

**RESUMO:** Devido à passagem da LT 500 kV Araraquara 2 - Taubaté em partes da APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul (APAMRPS) em São José dos Campos (SP), a Copel GeT realiza o levantamento e o monitoramento da espécie *Callithrix aurita* (sagui-da-serra-escuro), na área de influência do empreendimento nessa APA. Os trabalhos conduzidos pela Copel GeT possibilitam conhecer mais sobre a ecologia dessa espécie rara e ameaçada de extinção a nível nacional, otimizando e direcionando esforços para a sua conservação, o que fortalece a marca da empresa como ambientalmente responsável.

**ABSTRACT:** Due to the passage of the 500 kV Araraquara 2 - Taubaté transmission line within an area of Environmental Protection named APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul (APAMRPS) in São José dos Campos (SP), Copel Geração e Transmissão S.A. (Copel GeT) carries out the survey and monitoring of the *Callithrix aurita* in the area of influence of the enterprise in this APA.

The work carried out by Copel GeT let us

to know more about the ecology of this rare and endangered species at the national level, optimizing and directing efforts for its conservation, which strengthens the company brand as environmentally responsible.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Callithrix aurita*, sagui-da-serra-escuro, LT 500 kV ARA-TAU, extinção, Copel GeT

### 1 | INTRODUÇÃO

A crescente urbanização das regiões, o aumento populacional das cidades e a necessidade de desenvolvimento econômico são fatores que implicam no crescimento da demanda de energia elétrica de diversas regiões do Brasil. Para atendimento a essa demanda faz-se necessário investir na transmissão de energia ao longo do país, permitindo que a produção energética de regiões mais remotas possa ser aproveitada nos grandes centros consumidores.

Contudo, para a instalação dos empreendimentos de transmissão é necessário o licenciamento ambiental dessas obras, buscando atrelar a necessidade de desenvolvimento à necessidade de conservação dos recursos naturais.

Não raro, são os estudos desenvolvidos no



âmbito do licenciamento ambiental que permitem um maior conhecimento de aspectos importantes de uma região, trazendo à luz aspectos locais antes desconhecidos ou pouco pesquisados.

Para isso, é extremamente importante o alinhamento dos empreendedores (e preferencialmente sua equipe técnica) com os órgãos ambientais ou órgãos intervenientes, de modo que unam esforços para que esse conhecimento gerado permita que as ações compensatórias do licenciamento realmente contribuam para a conservação de aspectos socioambientais importantes.

O trabalho em tela, apresenta os estudos desenvolvidos com a espécie ameaçada *Callithrix aurita*, no âmbito do licenciamento ambiental da LT 500 kV Araraquara 2 – Taubaté, por meio dos quais a Copel Geração e Transmissão (Copel GeT) tem contribuído para a conservação dessa espécie na região da APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul.

## **2 | O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA LT 500 KV ARARAQUARA 2 -TAUBATÉ E A CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE CALLITHRIX AURITA**

A disponibilidade de energia elétrica é um dos fatores relacionados ao desenvolvimento socioeconômico de um país. No caso do Brasil, desde meados da década de 70, o sistema eletroenergético é operado de forma coordenada e centralizada por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN), que interconecta os sistemas elétricos e integra os recursos de geração e transmissão para atender o mercado (ANEEL, 2005), reduzindo custos operativos, minimizando a produção térmica de energia e reduzindo o consumo de combustíveis quando há *superavits* hidrelétricos em outros pontos do sistema.

A conexão do SIN é feita por meio de linhas de transmissão (LTs), que permite o escoamento da energia gerada em lugares mais remotos aos grandes centros consumidores, interliga áreas ainda não conectadas e eleva a confiabilidade do SIN.

Inserida no Sistema Interligado Nacional, a Linha de Transmissão 500 kV Araraquara 2 – Taubaté (LT 500 kV ARA-TAU) tem como finalidade possibilitar o escoamento da energia que será gerada nas usinas do Complexo do Rio Madeira – UHE Jirau e UHE Santo Antônio – para a região sudeste, reforçando e garantindo maior confiabilidade ao sistema de transmissão, em um contexto de aumento da demanda por energia, sobretudo nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Essa LT interligará a Subestação Araraquara II a Subestação Taubaté (Figura 1), em uma extensão de aproximadamente 335 km, passando por 28 municípios – Araraquara, Boa Esperança do Sul, Ibaté, Ribeirão Bonito, São Carlos, Itirapina, Analândia, Corumbataí, Rio Claro, Araras, Cordeirópolis, Limeira, Cosmópolis, Paulínia, Artur Nogueira, Holambra, Jaguariúna, Campinas, Pedreira, Amparo, Morungaba, Bragança Paulista, Atibaia, Piracaia, Igaratá, São José dos Campos, Caçapava e

Taubaté – todos localizados no estado de São Paulo.

A Copel GeT obteve a concessão desse empreendimento quando se sagrou vencedora do Lote A do Leilão de Transmissão nº 001/2010, realizado em 11/06/2010. Para fins do licenciamento ambiental, o empreendimento foi dividido em quatro trechos abrangendo os municípios supracitados (Figura 1).



FIGURA 1 - Traçado e trechos da LT 500 kV Araraquara 2 – Taubaté

## 2.1 O licenciamento ambiental da LT 500 kV Araraquara 2 - Taubaté

Conforme prevê a legislação brasileira a implantação das linhas de transmissão depende de licenciamento ambiental, seja através do rito ordinário – que prevê a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (EIA/RIMA) e do Plano Básico Ambiental (PBA) – ou através do processo simplificado – pela elaboração de Relatório Ambiental Simplificado (RAS) e do Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais (RDPA).

O processo de licenciamento ambiental da LT 500 kV ARA-TAU foi instruído junto à Companhia Ambiental de São Paulo (CETESB), que é o órgão ambiental desse Estado, e foi enquadrado no rito ordinário do licenciamento.

Geralmente, o licenciamento ambiental contempla 3 fases distintas:

- **Licença Prévia (LP)** - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento e atesta sua viabilidade ambiental;
- **Licença de Instalação (LI)** - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade;
- **Licença de Operação (LO)** - autoriza a operação do empreendimento ou atividade, cumpridas as restrições e condicionantes das licenças anteriores e resguardadas as medidas de controle ambiental do projeto.

De acordo com Abdalla (2014), outras autorizações são necessárias no âmbito

do licenciamento ambiental, dependendo das características do empreendimento, e muitas vezes são condicionantes para a emissão de uma das licenças.

Dentre essas exigências adicionais, a legislação prevê que quando o empreendimento afetar uma unidade de conservação específica ou sua zona de amortecimento, o licenciamento só poderá ser concedido mediante autorização do órgão responsável por sua administração.

### *2.1.1 Impactos de linhas de transmissão sobre o meio biótico*

Para o meio biótico, os principais impactos da construção e operação de uma LT estão relacionados à supressão da vegetação, necessária para a abertura de praças de trabalho, estradas de acesso, área de montagem das estruturas, fundação para construção das torres, áreas de lançamento de cabos e outras atividades construtivas, ou para garantir a distância mínima de segurança exigida pela legislação vigente (NBR 5422).

Para a fase de instalação das linhas de transmissão alguns impactos podem ser considerados temporários e é esperado que as áreas impactadas se regenerem naturalmente, após o período de obras. Contudo para a fase de operação merece destaque o impacto causado pelo efeito de borda sobre as áreas de mata adjacentes às áreas suprimidas, que se traduz em uma série de pequenos efeitos que, conjugados, modificam os ecossistemas atingido.

É importante considerar também que a implantação de linhas de transmissão pode afetar diretamente o grau de fragmentação dos remanescentes florestais, promovendo a perda de conectividade entre eles, e essa separação de comunidades anteriormente contínuas pode levar a alterações na estrutura das populações, com a eventual eliminação de espécies mais sensíveis e/ou mais raras (OLIVEIRA e ZAÚ, 1998).

Quanto maior a fragmentação florestal promovida em uma determinada área, aumenta o número de pequenos remanescentes florestais que, devido ao seu pequeno tamanho são conseqüentemente mais afetados pelo efeito de borda, o qual, por sua vez, pode acarretar em mudanças na composição da comunidade vegetal existente nessas bordas.

Devido ao fato dos vegetais serem a base alimentar dos animais primários, que por sua vez são a base da cadeia alimentar dos consumidores secundários e terciários, a vegetação se torna uma das características mais importantes para a manutenção dos animais em uma determinada área (VALERI e SENÔ, 2014).

Assim, considerando que os efeitos da supressão vegetal em uma determinada área podem ter reflexos que vão além da área desmatada propriamente dita, a ligação intrínseca da fauna com os remanescentes florestais, e a complexidade dos ecossistemas, é necessário que os impactos ambientais decorrentes da implantação de linhas de transmissão sejam alvo de estudos mais aprofundados, especialmente

quando a região em que se inserem apresenta espécies ameaçadas de extinção.

### *2.1.2 Unidades de conservação*

Segundo, Medeiros (2006) as áreas protegidas são “espaços territorialmente demarcados cuja principal função é a conservação e/ou a preservação de recursos, naturais e/ou culturais, a elas associados”. O autor reforça ainda que o controle e os critérios de uso que normalmente se aplicam às áreas protegidas são frequentemente atribuídos em razão da valorização dos recursos naturais nelas existentes ou, ainda, pela necessidade de resguardar biomas, ecossistemas e espécies raras ou ameaçadas de extinção.

Uma das tipologias das áreas protegidas são as Unidades de Conservação (UCs), que são instituídas pelo Poder Público, possuem limites definidos, têm um regime especial de administração e garantias legais de proteção. Essas áreas possuem características naturais relevantes e são criadas com o objetivo de conservação da biodiversidade, sendo, normalmente, os locais mais preservados dentro da matriz em que estão inseridas.

No Brasil, a Lei 9985 de 18 de julho de 2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelecendo os critérios e normas que devem ser obedecidos para criação, implantação e gestão das unidades de conservação. As UCs podem ser Unidades de Proteção Integral, que têm como objetivo preservar a natureza e os recursos naturais não podem ser diretamente utilizados, com algumas exceções previstas na lei, ou Unidades de Uso Sustentável, que têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais que oferecem.

Além das UCs Federais, também existem as Unidades de Conservação Estaduais e as Municipais, sujeitas aos mesmos usos restritos previstos no SNUC.

### *2.1.3 A passagem da LT 500 kV ARA-TAU pela APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul*

Em 1982, foi criada a APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul (APMRPS) por meio do Decreto Federal nº 87561, de 13 de setembro, tendo como principal objetivo a proteção dos mananciais de abastecimento público e a proteção da biodiversidade do local, além de disciplinar o processo de ocupação do solo e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Essa APA se estende ao longo do Vale do Paraíba e é administrada pelo ICMBio.

No Brasil, conforme previsto na Resolução CONAMA 428/2010, sempre que um empreendimento alvo do licenciamento por EIA/RIMA atingir uma Unidade de Conservação ou sua Zona de Amortecimento, o licenciamento só pode ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC. Para isso, o órgão

licenciador, deve consultar o órgão que administra a unidade antes da emissão da primeira licença prevista.

É importante ressaltar que no momento dessa manifestação, o órgão que administra a UC pode se opor à implantação do empreendimento, não atestando a sua viabilidade, ou ainda pode estabelecer condicionantes solicitando o desenvolvimento de ações ou programas que julgar necessários.

No seu percurso, a LT 500 kV ARA-TAU atravessará a APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul, unicamente no município de São José dos Campos (SP), em duas áreas distintas dessa APA, como pode ser observado na Figura 2.

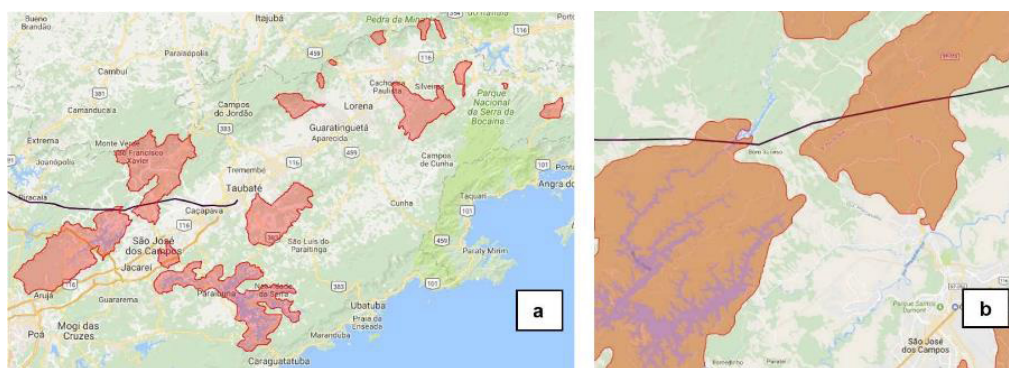


FIGURA 2 – a: Delimitação da APAMRPS. b: Detalhe do atingimento da LT nas áreas da APAMRPS. (em vermelho, áreas da APA, em preto, diretriz da LT 500 kV ARA-TAU).

Em cumprimento à legislação, a CETESB consultou o ICMBio sobre a implantação da LT 500 kV ARA-TAU, que determinou uma série de condicionantes, entre elas: “apresentar ao ICMBio, e executar após aprovação, proposta de levantamento, monitoramento e conservação da espécie *Callithrix aurita*, táxon alvo do ‘Plano de Ação Nacional (PAN) para Conservação do Mamíferos da Mata Atlântica Central’, nos fragmentos florestais localizados na área de influência do empreendimento na APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul, no Município de São José dos Campos – SP”.

## 2.2 Os programas de levantamento e monitoramento de *Callithrix aurita*

Considerando a inviabilidade financeira de modificar o traçado para não atingir a APAMRPS, a Copel GeT iniciou o delineamento de programas ambientais para atender à condicionante do ICMBio sobre a espécie *Callithrix aurita*. Com o objetivo de conhecer a distribuição espacial da espécie nos fragmentos florestais, que em sua maioria se encontram isolados na paisagem, os resultados desses estudos subsidiarão ações para a conservação de *C. aurita*.

A espécie, conhecida como sagui-da-serra-escuro, é um primata endêmico, compondo o grupo das espécies que ocorrem somente em uma determinada área ou região geográfica, devido a fatores como clima, barreiras físicas ou outras condições, entre elas questões biológicas, que sejam determinantes para sua distribuição natural. Trata-se de um primata raro, pois habita apenas uma região específica da Mata Atlântica do sudeste do Brasil, incluindo nesta área a região do Vale do Paraíba, que é

atravessada pela LT 500 kV ARA-TAU. É considerada vulnerável à extinção em todas as listas de espécies ameaçadas (regionais, nacional e internacional) e foi inserida entre as espécies alvo de conservação no Plano de Ação Nacional para Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central.

Devido à sua distribuição geográfica e à dependência de ambientes arbóreos, as principais ameaças à sua conservação são o desmatamento que leva à fragmentação e perda de *habitat*; as queimadas, a introdução de espécies exóticas e as doenças que podem ser transmitidas por animais domésticos, como cães e gatos, que entram nas matas.

### 2.2.1 Levantamento e monitoramento de *Callithrix aurita*

O EIA/RIMA da LT 500 kV ARA-TAU definiu que a área de influência para o meio biótico seria de 5 Km para cada lado do eixo da LT, ou seja, de acordo com esse estudo os componentes naturais de toda área poderiam sofrer interferências devido à implantação do empreendimento.

Para os trabalhos de levantamento da espécie *Callithrix aurita* o ICMBio indicou que o alvo dos estudos seriam os fragmentos florestais que possuíssem área superior a 4 ha e estivessem contemplados nessa área de 5 Km para cada lado da linha. A área mínima dos fragmentos foi estabelecida pelo órgão baseado em um registro da espécie no Parque Alambari, localizado dentro da APA, mas fora da área de influência da LT.

Isto posto, foram encontrados inicialmente 101 fragmentos florestais alvo do levantamento populacional de *C. aurita*. No decorrer do ano de 2014 foram realizadas 5 campanhas de campo entre os meses de fevereiro e julho. A pesquisa consistiu basicamente em busca ativa pelo primata, realizada entre 07h00 e 18h00; emissão de playbacks com a vocalização de espécies de *Callithrix* e entrevista com moradores da imediação a fim de se obter informações sobre primatas da região.

Foram realizadas 128 entrevistas com moradores da região. Desse total, 41 entrevistados informaram algum contato com primatas nos fragmentos da região, sendo que 12 relataram contato especificamente com saguis (*Callithrix* spp.), sem indicar a espécie. Em 15 entrevistas a espécie *Callithrix aurita*, contudo, dos relatos confiáveis, apenas 02 se referiam a fragmentos florestais localizados no limite da área de estudo. Nas entrevistas também foram registradas outras espécies de primatas, como: bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) e macaco-prego (*Sapajus nigritus*), como pode ser visto na Figura 3.

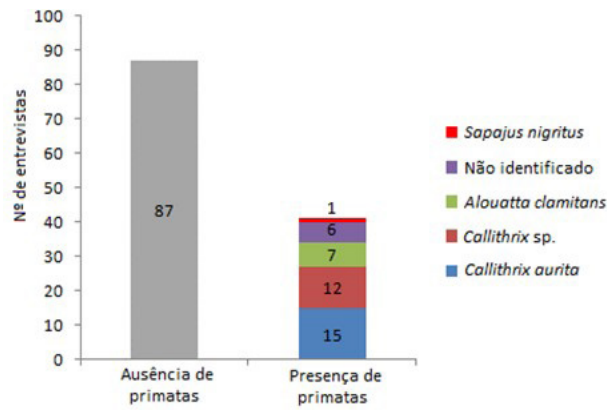


FIGURA 3 – Primatas mencionados nas entrevistas de levantamento populacional de *C. aurita*.

Fonte: Ecologic, 2014.

Em apenas um dos 101 fragmentos florestais indicados inicialmente não foi possível realizar a busca ativa e a aplicação de *playback*. No decorrer do trabalho outras 3 áreas foram incorporadas ao levantamento populacional: o PNMAR e o Ponto5-Fauna, que foram as áreas em que as entrevistas indicaram a presença de *C. aurita* e o Parque Alambari. Assim, no total, foram pesquisadas 103 áreas.

Desse total (103), apenas em 2 fragmentos foi registrada a presença de *Callithrix aurita*, sendo estas o Parque Alambari, que não fica na área de influência da LT, e o PNMAR (Figura 4).



FIGURA 4 - Indivíduo de *C. aurita* registrado durante o levantamento Fonte: Ecologic, 2014.

Autor: Wagner R. Lacerda

Contudo, o estudo também registrou a presença de duas espécies exóticas na região: o sagui-de-tufos-brancos (*Callithrix jacchus*) e o sagui-de-tufos-pretos (*Callithrix penicillata*), conforme Figura 5.



FIGURA 5 – a: *Callithrix penicillata* registrado por colaborador (Autor Vandinho Vieira); b: *Callithrix jacchus* registrado durante os trabalhos (Autor Wagner R. Lacerda)

Entende-se por espécie exótica, toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural. Elas podem também possuir características de espécies invasoras, ameaçando as espécies nativas, uma vez que devido à sua vantagem competitiva e favorecidas pela ausência de inimigos, elas se proliferam mais e invadem ecossistemas, sejam naturais ou antropizados.

Apesar de serem nativas do Brasil, essas duas espécies de primatas são exóticas para a região, e vêm sendo introduzidas há vários anos em outras regiões, principalmente devido ao tráfico de animais silvestres, tidos como “pets” e posteriormente abandonados ou escapando para áreas de matas próximas.

Após a conclusão do levantamento populacional de *C. aurita* foi iniciado o monitoramento da espécie, concentrando esforços na única área que apresentava registro em campo da espécie dentro da área de estudo indicada pelo ICMBio: o Parque Natural Municipal Augusto Ruschi (PNMAR), que era justamente o fragmento florestal mais conservado entre todos os pesquisados no levantamento populacional.

Localizado dentro da APAMRPS, o PNMAR é uma Unidade de Conservação Municipal, de proteção integral, localizada no município de São José dos Campos, com 243 ha inserido no domínio da Mata Atlântica. Esta UC não é diretamente afetada pela diretriz da LT 500 kV ARA-TAU, apenas por sua faixa de servidão, mas parte da Zona de Amortecimento do Parque, é atravessada pela linha (Figura 6).





FIGURA 6 – Parque Natural Municipal Augusto Ruschi (em verde) e sua Zona de Amortecimento (em azul). Em vermelho, a Faixa de Servidão da LT 500 kV ARA-TAU

O monitoramento do sagui-da-serra-escuro foi iniciado no PNMAR em novembro de 2015 e finalizado, em sua primeira fase, em março de 2018. Uma vez que houve uma pausa no monitoramento entre os meses de outubro a dezembro de 2016, no total foram realizadas 24 campanhas de monitoramento, com periodicidade mensal e duração de 7 dias, buscando a habituação dos indivíduos encontrados para estudar melhor aspectos como sua composição sexual e etária, hábitos alimentares, horários de forrageamento etc.

Nessas campanhas os pesquisadores identificaram 6 grupos distintos de *C. aurita*, nos quais o tamanho médio variou entre 2 e 8 animais, porém com dominância de registros com 3 e 4 saguis por grupo. Também ocorreram visualizações de indivíduos solitários, o que levou os pesquisadores à estimativa de que a população da espécie no Parque é de 26 saguis.

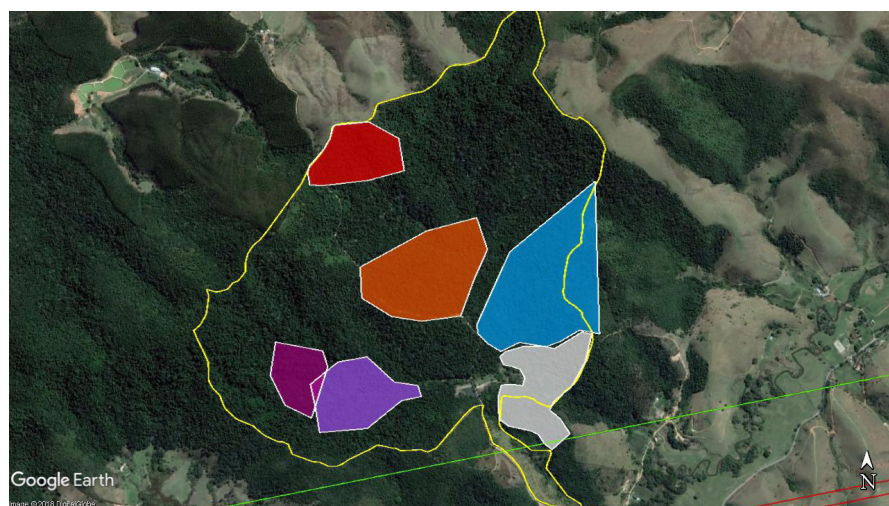


FIGURA 7 – Estimativa de áreas ocupadas pelos seis grupos de *Callithrix aurita* detectados no PNMAR ao longo do monitoramento específico.

Fonte: CERNE Ambiental (2018), modificado de Google Earth.

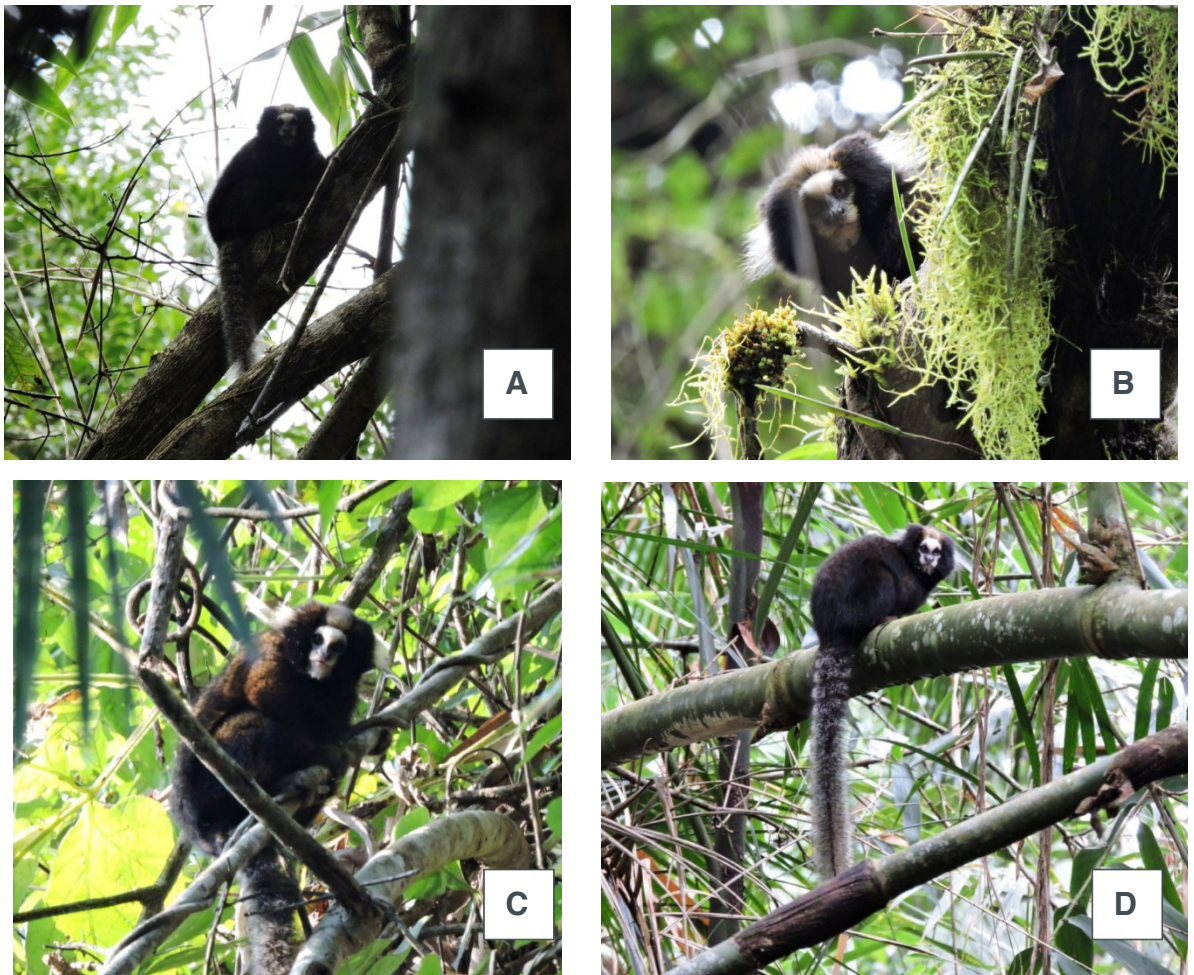


FIGURA 8: Indivíduos adultos de *Callithrix aurita* registrados durante a execução do Monitoramento Específico no Parque Natural Municipal Augusto Ruschi.

Autor: Wagner R. Lacerda, 2017.

Considerando os resultados obtidos ao longo do monitoramento, os pesquisadores concluíram que esta unidade de conservação, devido ao contexto da paisagem em que está inserida, representa um refúgio para a espécie em escala regional.

Contudo, alguns fatores levantados no estudo realizado lançam dúvidas sobre a proteção da população de *C. aurita* existente na localidade, estando entre esses o registro do corte ilegal do palmito-juçara (*Euterpe edulis*) no interior do Parque e a prática de caça na região, ainda que não tenha o sagui como alvo. Além disso, o relatório final do monitoramento (CERNE AMBIENTAL, 2018) ainda indica que o registro das espécies exóticas de saguis nas proximidades e inclusive no interior do PNMAR também se configura como uma ameaça considerável.

O monitoramento permitiu ainda verificar que o principal grupo de *C. aurita* que vem sendo monitorado se desloca até uma vegetação próxima à área que será diretamente afetada pela implantação da LT 500 kV ARA-TAU. Contudo, o estudo indicou até o momento (CERNE, 2018) que não foi constatado nenhum impacto decorrente da instalação do empreendimento sobre a espécie-alvo ou sobre o PNMAR.

## 2.2.2 Os resultados dos trabalhos com *C. aurita* e suas implicações para a conservação da espécie

Segundo Korman (2003), as ações de conservação biológica preveem o uso de corredores ecológicos entre os fragmentos de uma região para aumentar o fluxo da flora e da fauna. Valeri e Sêno (2004) mencionam que o corredor ecológico otimiza a habilidade das espécies de movimentarem-se por entre os fragmentos, aumentando o número de espécies nestes.

Seria natural concluir então que uma das principais ações para conservação de *C. aurita* na região estudada seria promover a conexão entre os fragmentos florestais e melhorar o estado de conservação destes, aumentando assim a área de vida da espécie, o que estaria alinhado ao objetivo do ICMBio para os estudos realizados.

No entanto, o registro da ocorrência das espécies exóticas invasoras *C. jacchus* e *C. penicillata* na região trouxe uma nova luz sobre essa questão. Essas são espécies extremamente generalistas e competitivas quanto ao habitat e seus recursos alimentares e apresentam um alto potencial de dispersão. Nunes (2015) indica ainda que o cruzamento entre essas espécies promove uma hibridação que, conseqüentemente, leva à descaracterização genética da população de *C. aurita*.

Em relação ao monitoramento realizado, os pesquisadores indicaram que:

Outra ameaça detectada no PNMAR durante o monitoramento foi a presença de congêneres invasores com elevado potencial de competição por recursos e, mais grave, elevado risco de hibridação com a espécie nativa, descaracterizando-a geneticamente. Entre as campanhas 2 e 6 foi observada uma fêmea de *C. jacchus* (sagui-de-tufo-branco) em área de borda de mata na estrada municipal que atravessa o parque. Tratava-se de um indivíduo que aparentemente foi mantido como pet, devido a sua elevada tolerância a aproximação com pessoas. A última observação feita dessa fêmea foi em uma situação de proximidade com um indivíduo de *C. aurita*. Após esse avistamento *C. jacchus* não foi mais detectado na área e, com o passar de tantos meses é razoável supor que não se encontra mais no PNMAR, não sendo possível determinar se foi a óbito devido à não habituação a um ambiente selvagem ou se tentou dispersar para outra área.

Situação mais grave do que a relatada acima é a presença de um grupo de *C. penicillata* (sagui-de-tufo-preto) em uma fazenda localizada no mesmo fragmento florestal onde o PNMAR se encontra (**Figura 9**). Na última visita feita ao local, durante a campanha 24, o grupo foi observado a uma distância aproximada de 500m da divisa com o PNMAR. Considerando a cobertura florestal disponível para deslocamento, o grupo de saguis invasores consegue chegar até o parque, tendo apenas que percorrer pelo chão, dois trechos de aproximadamente 30m cada. Com o provável aumento do número de indivíduos desse grupo, é grande a possibilidade de que chegue o momento em que alguns saguis tentarão dispersar em busca de maior oferta de recursos alimentares e abrigo, o que pode ocasionar sua entrada nos limites do parque e conseqüente contato com a população ainda pura de *C. aurita*. As conseqüências desse encontro tendem a ser desastrosas para a espécie nativa altamente ameaçada de extinção, devido ao elevado risco de hibridação. (CERNE AMBIENTAL, 2018).

A conclusão do trabalho de levantamento populacional de *C. aurita*, indicou que medidas para aumentar a conectividade entre os fragmentos, que hoje estão isolados,

podem favorecer a dispersão dessas espécies exóticas, o que pode ocasionar uma extinção local de *C. aurita*, devido à competição e/ou à hibridação.

Os resultados do monitoramento do sagui-da-serra-escuro promovido pela Copel GeT, junto aos demais estudos conduzidos sobre essa espécie, indicaram uma série de estratégias para a conservação da espécie na região, dentre elas a indicação de remoção das espécies exóticas invasoras; o monitoramento do PNMAR e sua zona de amortecimento para diagnosticar se a região permanecerá livre de saguis invasores ao longo do tempo; o estabelecimento de uma “zona tampão” ao redor do Parque, tendo como objetivo que a UC sirva como refúgio para a espécie *C. aurita*, mantendo uma população pura da espécie; e avaliação das populações sob parâmetros sanitários e genéticos. De acordo com as conclusões da Cerne Ambiental (2018) havendo um cenário favorável, essas informações permitirão subsidiar uma futura conexão entre as áreas com objetivo de estabelecer o fluxo gênico de *C. aurita* entre elas.

### 3 | CONCLUSÃO

Ressalta-se, primeiramente, que o estudo do traçado de linhas de transmissão deve levar em conta a existência de Unidades de Conservação e suas Zonas de Amortecimento, e devem considerar que a interferência com essas áreas certamente sujeitará o empreendimento a condicionantes ambientais não esperadas no momento de seu planejamento.

Programas que visam a conservação da fauna de uma região estão frequentemente entre as condicionantes estabelecidas pelos órgãos ambientais, a fim de caracterizar a fauna local antes do início das obras, e verificar se este grupo sofreu alterações que possam estar associadas ao empreendimento durante sua fase de construção e operação.

Contudo, em algumas regiões os remanescentes florestais já se encontram com um grau tão alto de degradação, que o desenvolvimento do monitoramento de fauna nos moldes mais tradicionais (campanhas sazonais, amostrando avifauna, herpetofauna e mastofauna) não trará, necessariamente, respostas sobre os impactos causados pelo empreendimento, uma vez que uma série de outros fatores antrópicos ocorrem paralelamente na região, como desmatamento ilegal, implantação de outros empreendimentos com potencial de degradação, uso de agrotóxicos nas culturas etc.

Desse modo, é extremamente importante quando os órgãos ambientais adotam ações estratégicas e direcionam os programas ou as compensações oriundas do licenciamento às necessidades de conservação da região em que os empreendimentos serão instalados, como no caso da LT 500 kV ARA-TAU, no qual a interferência na APA Mananciais do Rio Paraíba do Sul, determinou a realização de estudos da espécie *Callithrix aurita*, ameaçada de extinção.

Conforme exposto ao longo desse trabalho, os estudos desenvolvidos pela Copel

GeT trouxeram informações importantes para a conservação dessa espécie na região da APAMRPS, tanto por gerar dados para esta espécie, que tem poucas informações sobre seu status atual de conservação, quanto por evidenciar que, nesse caso, uma ação usual de conservação de espécies, como o estabelecimento de corredores ecológicos, pode ser um fator determinante para a extinção da espécie *C. aurita* devido à existência de espécies exóticas invasoras na região.

Além disso, o licenciamento ambiental desse empreendimento permitirá que aspectos particulares da região sejam levados em conta em ações futuras de conservação da espécie, até mesmo a nível nacional, uma vez que os estudos realizados têm sido promovidos pelos pesquisadores em encontros e congressos técnicos e estão alinhados com o Plano de Ação Nacional para Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central (PAN MAMAC).

Por fim, vale lembrar a importância de que a equipe técnica dos empreendedores possua pessoal especializado, que busque esse alinhamento junto aos órgãos ambientais envolvidos. Reforça-se ainda que trabalhos como esse geram o reconhecimento dos empreendedores junto a todos os envolvidos, fortalecendo a marca das empresas como companhias ambientalmente responsáveis e que buscam a sustentabilidade em seus negócios.

## REFERÊNCIAS

- (1) ABDALLA, S. E. **Caracterização da supressão vegetal e proposta de compensação ambiental para implantação da linha de transmissão 500 kV Araraquara 2 – Taubaté**. 2014. 64 p. Curitiba, 2014.
- (2) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2. ed. - Brasília: ANEEL, 2005. 243 p: il. ISBN 85-87491-09-1. Disponível em < [goo.gl/56P7m](http://goo.gl/56P7m)>
- (3) CERNE AMBIENTAL. Relatório do monitoramento específico de *Callithrix aurita*. 24<sup>a</sup> Campanha. Relatório Consolidado Final. 31 p. Belo Horizonte, mar. 2018.
- (4) MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. In **Ambiente & Sociedade**. vol. IX. n. 1. jan – jun 2006. Disponível em < [goo.gl/Ng15Dv](http://goo.gl/Ng15Dv)>
- (5) KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 2003. 131 p. USP. Piracicaba, 2003.
- (6) MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Espécies exóticas invasoras**. Disponível em < [goo.gl/eRNma4](http://goo.gl/eRNma4)>.
- (7) NUNES, N. D. **O sagui-da-serra-escuro (*Callithrix aurita*) e os saguis invasores no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ, Brasil**: distribuição espacial e estratégias de conservação. 2015. 116 p. UERJ. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em < [goo.gl/RsdtAo](http://goo.gl/RsdtAo)>
- (8) OLIVEIRA, R. R. DE; ZAÚ, A. S. Impactos da instalação de linhas de transmissão sobre ecossistemas florestais. In **Floresta e Ambiente**. Vol. 5(1): 184-191, jan – dez 1998. Disponível em: < [goo.gl/rrAHGC](http://goo.gl/rrAHGC)>
- (9) VALERI, S. V; SENÔ, M. A. A. F. A Importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. In: **Congresso internacional de direito ambiental**. v. 7. São Paulo: Imprensa oficial, v. 1. p. 699-709, 2004. Disponível em < [goo.gl/iMASef](http://goo.gl/iMASef)>

## NOVAS DIMENSÕES DA GOVERNANÇA DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

**Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.**

Sinerconsult Consultoria Treinamento e Participações Limitada

São Paulo, Estado de São Paulo.

**Ana Lúcia Rodrigues da Silva**

Centro Universitário SENAC

Campos do Jordão, Estado de São Paulo.

**RESUMO:** Passadas 2 décadas da grave inadimplência do setor elétrico, novas crises surgem pela interferência do Estado. Por coincidência a necessidade de auxílio monetário é similar aos valores da crise de 1993. Aquela proveniente de modelos ultrapassados, enquanto a presente apresenta novas roupagens decorrentes do aumento da complexidade, de um contexto político de forte interferência do Estado e maior diversidade regulatória.

Novas dimensões refletem crises atuais e aquelas por vir. Este artigo aborda dimensões identificadas que podem interferir nas atividades dessa indústria tão sensível para a economia. Cada uma das dimensões abordadas possui uma ampla revisão bibliográfica que suporta as análises.

**PALAVRAS-CHAVE:** Captura, Corrupção, Recursos Hídricos, Dimensão Ambiental, Governança.

**ABSTRACT:** After two decades of severe default in the electricity sector, new crises arise through state interference.

Coincidentally, the need for assistance in money is similar to the values required to fixed of the 1993 crisis. That crisis came from out-dated regulatory models, while the present presents new clothes due to increased complexity, a political context of strong state interference and greater regulatory diversity.

New dimensions reflect current crises and those to come. This article addresses identified dimensions that may interfere with the activities of this industry so sensitive to the economy. Each of the dimensions discussed has a broad bibliographic review that supports the analyses.

**KEYWORDS:** Capture, Corruption, Water Resources, Environmental Dimension, Governance.

### 1 | INTRODUÇÃO

No clássico texto “O Estudo da Administração”, publicado originalmente em 1887, Woodrow Wilson que depois se tornaria o 28º. Presidente dos EUA, reconhece a maior complexidade do Estado e a importância de existir uma máquina administrativa eficiente, baseada em princípios científicos. Entretanto, a administração e a política seriam coisas

separadas, com a última definindo as linhas de atuação da primeira, mas sem interferir nas questões técnicas operacionais (Wilson, 2005).

Este processo de maior complexidade já percebido no século XIX foi muito ampliado com os adventos da tecnologia, da importância do meio ambiente, da globalização dos mercados financeiros, pelas tecnologias de comunicação e claro com maior presença da democracia e dos direitos individuais. Quando se deseja analisar esta complexidade concomitantemente com o conjunto de regras que governam o funcionamento de um setor da economia tão importante como o da energia é evidente que novas dimensões da análise precisam ser agregadas.

Para conceituar Governança neste trabalho utilizamos os ensinamentos desenvolvidos por Black (2002) que definiu: (i) Regras de monitoramento e de obrigação de fazer cumprir<sup>1</sup> tipicamente gerenciadas por uma agência de regulação, (ii) Qualquer forma de intervenção direta do Estado na economia e (iii) Todos os mecanismos de controle social do comportamento.

O presente trabalho apresenta conceitos e exemplos que contribuem para justificar novas dimensões de governança para o setor elétrico. O caminho percorrido no trabalho inclui a apresentação dos conceitos relacionados a Teoria da Captura, abordando inclusive a corrupção como uma de suas formas. A captura técnica e política é também abordada e exemplificada. O uso múltiplo dos recursos hídricos e a dimensão ambiental associada as questões energéticas são bons exemplos que ilustram a necessidade de implementar uma maior governança no setor. Ressalta-se, no entanto, que o presente trabalho não tem como objetivo propor práticas associadas a governança, mas sim ressaltar a ausência dela e as consequências daí decorrentes.

## 2 | TEORIA DA CAPTURA

A teoria da captura tem como origem o famoso artigo “ The theory of economic regulation” de George Stigler (1971), posteriormente laureado com o Premio Nobel. Neste artigo Stigler estabelece que organizações poderosas na defesa de seus interesses privados possam capturar as decisões das entidades de governo para promover o melhor desempenho de seus objetivos.

O tema sobre as possibilidades de interesses particulares sobrepujarem os interesses da sociedade já tinha sido objeto da atenção de Downs (1957) que afirmava: “O governo não é uma máquina e os seres humanos que o constituem, burocratas e políticos, são agentes econômicos que perseguem suas metas pessoais de riqueza e ou prestígio, o que leva indubitavelmente a um conflito de interesses entre aqueles particulares e os de objeto público”.

Os processos de desregulamentação registrados com maior intensidade ao longo dos anos 90 parecem a princípio contradizer a teoria da captura, pois pareceria pouco coerente incentivar o processo de desregulamentação em contraponto ao conforto de

regras favoráveis já estabelecidas. No entanto, Boehm (2007) chama a atenção para o fato que mesmo com a desregulamentação sempre existem necessidades de re-regulação, criando oportunidades para novas capturas. O Helman e outros (Helman, Jones, Kaufmann, 2000) corroboram essa ideia ao identificar que surgem oportunidades de captura pelo desenvolvimento de reformas incompletas em ambiente regulatório imaturo. Os autores destacam que as reformas do setor energético brasileiro iniciadas nos anos 90 sofreram descontinuidade, com preservação da capacidade do governo influir nos destinos do setor, facilitando a captura política ou corrupção.

Em sua tese de doutorado Pó (2009) identificou que mesmo com esta descontinuidade, as agências regulatórias brasileiras podem ser consideradas como detentoras de estabilidade embora não possam ser consideradas autônomas, sujeitas que estão a interferência política. Neste trabalho, Pó, (2009), conclui que a estabilidade regulatória representa um atributo suficientemente robusto para que mesmo considerando a relativa falta de autonomia, se possa esperar das agências brasileiras um bom serviço prestado à sociedade. Conclui ainda que: “Pregar a autonomia completa de instituições burocráticas em um sistema presidencialista como o brasileiro é desconhecer a dinâmica política e histórica do país. Deixar esse contexto de lado pode levar a conclusões equivocadas ou ingênuas sobre a institucionalidade regulatória brasileira” (Pó, 2009). No entanto os últimos anos tem sido pródigos em mudanças bruscas nos regulamentos como bem exemplificam as alterações nas regras dos preços de curto prazo e das bandeiras tarifárias, apenas para ficar restritos ao setor elétrico.

O próprio poder judiciário tem interferido, se não de forma marcante em casos de equilíbrio econômico financeiro de contratos de concessão, mas concedendo liminares em assuntos onde a tecnicidade justifica decisões dúbias. O mesmo se aplica ao poder legislativo com dezenas de projetos de lei, muitos com cunho populista, alterando decisões estruturadas há longo tempo. Exemplos destas intervenções podem ser as liminares para o descumprimento do prazo de liquidações financeiras na CCEE3, quando de grandes oscilações do preço de curto prazo (PLD) e medidas com viés eleitoral como energia elétrica gratuita para população baixa renda.

Sobre a possibilidade de influencia externa às agências é interessante a discussão desenvolvida por Smith (1997) que considera que agências multisetoriais podem pela abrangência de sua área de atuação serem mais atrativas aos políticos. Por outro lado a rede de intrincamento das decisões multisetoriais pode funcionar como uma defesa da sociedade contra a captura do processo decisório. Como os assuntos se reportam a múltiplas entidades (diferentes ministérios e ou diferentes instâncias) ficam sujeitas maior complexidade e menos afeitas a desvios de conduta.

Os autores exemplificam esta complexidade de múltiplos interesses com os atrasos de cronograma das grandes UHEs da região Norte que por terem sua energia comprometida com dezenas de contratos do tipo CCEAR- Contratos de Compra de Energia Ambiente Regulado, na pratica não podem ter seus preços revisados.



### 3 | CAPTURA VIL – CORRUPÇÃO

Nenhum tema teve mais atenção da imprensa em 2015 do que os escândalos de corrupção envolvendo a maior empresa de energia brasileira, a Petrobras. Para conceituar estes atos, os autores utilizam os conceitos desenvolvidos por Gardiner (1993) onde a corrupção é definida como todo ato danoso ao interesse público mesmo que a ação possa ser considerada legal ou ainda atos abusivos que levem a desvios de regras formais ou informais geralmente aceitas pela sociedade. Centrado no aspecto regulatório os autores consideram relevante o conceito adaptado de Klitgaard (1988) onde a corrupção poderia ser expressa pela expressão seguinte:

$$\text{Corrupção} = \text{R} + \text{D} - \text{T} - \text{C}$$

onde

R Representa o processo Regulatório

D Representa a discricionariedade usual nas agências de regulação

T Representa oportunidades que os agentes públicos possam ter de dar transparências a seus atos.

C Representa demonstrações contábeis que permitam rastreamento e checagem de informações.

Em um trabalho seminal sobre o tema Boehm (2007) identifica uma hierarquia dos mal feitos que possam ser classificados como corrupção, conforme tabela 1. No mesmo trabalho, Boehm (2007) ainda classifica a intensidade do mal feito como grande corrupção onde valores normalmente elevados são pagos uma única vez e o ato é praticado por dirigentes de alto escalão. Pequena corrupção é a classificação dada onde servidores de escalão intermediário recebem valores pequenos, mas os atos acontecem normalmente de forma contínua. Nesse escândalo, amplamente divulgadas, foram identificadas práticas envolvendo grandes valores, de forma contínua, o que evidencia ato diferente da classificação original de Boehm (2007).

Embora os escândalos no Brasil pareçam fazer parte do cotidiano, os desvios de conduta não representam um característica apenas local. Segundo Desbordes e Vauday (2006) processos de influencias na formatação de politica públicas, regulamentos e leis tem sido identificado ao redor do mundo. Em parte dos casos a influência se dá pelo pagamento de vantagens indevidas a agentes públicos, e em outra parte por meio de convencimento que as tecnologias das empresas privilegiadas nos regulamentos serão valiosas para o desenvolvimento local, por meio de argumentos que sensibilizem o nacionalismo de governos, eleitores ou finalmente por meio de contrapartidas para empresas locais nos países de origem do agente de influencia.

Abrangente estudo desses autores (Desbordes e Vauday, 2006) investigou procedimentos de 4085 empresas em 48 países. Os autores reproduzem um extrato desses resultados na tabela 2. Embora a pesquisa remonte há quase 10 anos e este processo possa ter se alterado, a tabela em questão mostra a propensão de certos países a aceitarem a corrupção quase como um traço cultural, sendo os exemplos

mais marcantes o Paquistão e a Indonésia. O Brasil aparece com um indicador de 50% de processos corruptores nos casos identificados. Há que se destacar que pesquisas como estas são muito difíceis de conduzir na medida que as empresas pesquisadas podem preferir agir às sombras.

<b>Tipologia</b>	<b>Conceituação</b>
<b>Propina</b>	Pagamento de recursos financeiros para recebimento de vantagens indevidas
<b>Prevaricação</b>	É um crime funcional, praticado por funcionário público contra a Administração Pública. Quando este retarda ou deixa de praticar ato de ofício, indevidamente, ou quando o pratica de maneira diversa da prevista no dispositivo legal, a fim de satisfazer interesse pessoal.
<b>Fraude</b>	Crime envolvendo falsificações para obtenção e vantagens indevidas
<b>Extorsão</b>	Propina recebida por meio de coerção, violência ou ameaças
<b>Favoritismo</b>	Abuso de poder implicando em destruição de valor e perda de eficiência alocativa de recursos.
<b>Nepotismo</b>	Favorecimento indevido de família ou de grupos podendo levar a ineficiência.

Tabela 1 - Taxonomia da corrupção

Fonte: Adaptado de Boehm (2007)

Além da conceituação teórica de Stigler, outros autores desenvolveram novas escolas de análise dessas questões, onde destaca-se a chamada “Tollbooth Theory” onde segundo a qual, os políticos criam ambientes de regulação ineficiente propiciando o pagamento de propinas e contribuições de campanhas<sup>7</sup> (De Soto, 1989; Shleifer & Vishny, 1994). Na visão da “Tollbooth Theory” o pagamento de vantagens seria a única maneira de seguir em frente com os negócios. Parece interessante registrar que os executivos das empreiteiras investigados no escândalo da Petrobras alegam este contexto de extorsão como a única maneira de sobreviver nos negócios de infraestrutura.

Uma outra Escola de Pensamento, denominada Teoria do Agente Principal advoga que as Agências Reguladoras conhecem de forma assimétrica informações não disponíveis pela sociedade em geral (por exemplo custos eficientes e não eficientes das empresas reguladas) e que fazem (ou podem fazer) uso desse privilégio para definir regras mais favoráveis aos regulados em troca de vantagens. Os pensadores chave desta escola são Laffont e Tirole (1991; 1993).

Países	Firmas que exercem influência identificadas	Firmas que exercem influência exclusivamente por meios políticos sem pagamentos ou outras vantagens
Argentina	41	19
Brasil	40	20
Chile	54	43
Colômbia	61	37
Croácia	74	42
Filipinas	87	24
Indonésia	73	5
México	41	11
Paquistão	71	8
Peru	47	24
Rússia	27	12
Turquia	46	7
Uruguai	59	38
Venezuela	46	14

Tabela 2 Influência na formatação de políticas, leis, regulamentos.

Fonte: adaptado de Desbordes e Vauday (2006)

Há que se registrar que embora pareça ser um consenso que a corrupção representa um dificultador para o desenvolvimento econômico do país (Ebben e Vaal, 2009), existem pensadores que acreditam existir um viés positivo na sua existência (Huntington, 1968 e Leff, 1964). Especialmente em países onde os sistemas burocráticos são por demais ineficientes, o pagamento de propinas permite se evitar atrasos nos projetos em decorrência de ineficiências. Em desenvolvimentos mais recentes Shleifer e Vishny (1993) e Heckelman e Powell (2008), argumentam que se for necessário para o desenvolvimento de um projeto, múltiplas aprovações, é provável que o custo corrupção cresça comprometendo o desenvolvimento econômico, e que os envolvidos acreditem que o pagamento de vantagens indevidas é necessário para fazer acontecer.

É interessante ainda registrar o fenômeno conhecido como “porta giratória” onde o regulador deixa, depois de certo tempo a posição de comando para atuar nas empresas reguladas. O Brasil tem diversos exemplos dessa situação envolvendo inclusive ex-juízes do Supremo Tribunal Federal e ministros de energia nos conselhos de administração de empresas petrolíferas, bem como, diversos executivos de agências de regulação na direção de empresas reguladas.

#### 4 | CAPTURA TÉCNICA E POLÍTICA

Em muitos casos a ineficiência das agências reguladoras e outras instâncias

governamentais, aí incluídas as empresas estatais decorre da denominada Captura Técnica que ocorre pela ausência de incentivos adequados nos planos de cargos e salários, em especial quando comparados com as empresas da iniciativa privada (Domah, Pollit e Stern, 2002).

O excesso de regras também colabora para a falta de capacidade de respostas eficiente das instituições. O mesmo se aplica à falta de eficiência, decorrente da excessiva influência política ou burocracia em excesso (Canal Energia, 2013, Rosa, 2013, Acende Brasil, 2012).

Os autores destacam que a hierarquização política de muitas instituições impede a sua adequada atuação. Isso pode ser ilustrado pela falta de medidas de conscientização da população, quanto a necessidade de racionalização de energia elétrica em decorrência da estiagem, antes das eleições.

O orçamento das agências também sofre uma captura técnica pelo elevado contingenciamento dos recursos destinados a seu orçamento. Em muitos anos o contingenciamento de recursos visando produzir superávits nas contas públicas do governo ultrapassou 60% dos valores arrecadados nas tarifas de energia elétrica com fins determinados de suportar as atividades da ANEEL<sup>8</sup> (Figueiredo, 2006, Parente 2007).

Finalmente esta mesma dimensão de influência política nas instituições tem provocado efeitos danosos na indústria energética. Pode-se citar entre outros exemplos, os preços irrealistas da gasolina durante 2013 e 2014 provocando prejuízos relevantes a Petrobrás e aos seus acionistas.

Como efeitos colaterais da MP 579, destacam-se: redução drástica da receita das empresas federais, provocou de forma indireta a desconstrução do suprimento de energia da maior parte das Distribuidoras eliminando em menos de 2 anos todos os benefícios almejados de modicidade tarifária. Novamente acionistas minoritários foram sensivelmente prejudicados pelas decisões centralizadas do governo, reduzindo a credibilidade futura.

A crise financeira daí decorrente ainda promoveu tempestivamente, por pressão governamental, alterações de regras como a função institucional da CCEE que passou a ser devedora dos empréstimos da conta ACR e redução dos preços máximos da liquidação de diferenças.

A influência política ainda postergou medidas que seriam razoáveis para o enfrentamento da crise hídrica tanto na energia elétrica como no abastecimento de água, piorando a situação para o enfrentamento futuro da crise.

## **5 | USOS MÚLTIPLOS DOS RECURSOS HÍDRICOS**

O Brasil, pela abundância de seus recursos hídricos, raramente ou nunca, antes do biênio 2014/2015, enfrentou o conflito pelo uso desses recursos. Situações que

são frequentes em outros países representam um novo paradigma na governança da hierarquia de uso da água.

O exemplo de múltiplos usos para recursos hídricos nos EUA é evidenciado por Kosnik (2012) por meio do elevado número de agências e departamentos envolvidos em 4 esferas de poder. Nesse estudo Kosnik (2012) elenca 19 entidades regulando a gestão de bacias. Ressalte-se que Kosnik considera que sua lista que envolve entidades tão diversas como o Departamento de Assuntos Indígenas e o Departamento de Energia, possa não ser exaustiva.

Assim, os recursos destinados a geração hidroelétrica competem com a pesca, agricultura, irrigação, turismo, preservação histórica e ambiental, transporte fluvial, piscicultura e abastecimento de água entre outros usos. A necessidade de gerenciar este recurso é decorrente da constatação que as reservas hídricas estão declinando em muitas partes do mundo devendo ser objeto de interesse da ciência e preocupação em geral da sociedade (Taylor, 2014).

Em agosto de 2014 um conflito de determinações contraditórias entre o DAEE de SP e o ONS sobre a vazão do rio Jaguari colocou a CESP na berlinda do conflito inclusive com risco de punições por parte da ANEEL ([http://www.espaco.org.br/site\\_mananciais/](http://www.espaco.org.br/site_mananciais/), visitado em 13/08/2014). Já em setembro um embate entre o setor de turismo, abastecimento de água e geração de energia elétrica envolveu o Comitê da Bacia do Rio Pardo e o município de Caconde (Folha de São Paulo, 2014).

A Consultoria PSR (2014) identificou recentemente que não existem mecanismos institucionais bem estabelecidos para definir as prioridades de uso da água e eventuais compensações para os setores prejudicados. A lei de recursos hídricos, ainda segundo a PSR (2014), que define o arcabouço legal para os usos múltiplos da água, diz basicamente que as agências envolvidas, por exemplo, a ANA e o ONS, deveriam chegar a uma decisão consensual. No entanto, não há nenhuma indicação de como agir em caso de interesses divergentes.

Os autores são de opinião que a crise hídrica do biênio 2014/2015 trouxe para a agenda de discussão de políticas públicas o tema de usos múltiplos da água e que este tema ali permanecerá por longo tempo.

## 6 | DIMENSÃO AMBIENTAL

Para contextualizar esta dimensão de governança não é demais lembrar que a UHE de Água Vermelha (1.396,20 MW) construída nos anos 70 teve o rio desviado em suas obras de ensecamento sem que a devida concessão tivesse sido outorgada. Este fato evidencia, que em menos de 40 anos a sociedade se tornou muito mais crítica em relação aos impactos do meio ambiente.

No clássico romance policial de autoria de Agatha Christie foi utilizado como mote o poema de Frank Green (1869), onde sucessivamente pequenos soldados<sup>13</sup>

são eliminados, já no romance os personagens são assassinados um a um até que nenhum sobreviva. Parece que a sociedade vem desenvolvendo uma espécie de síndrome dos “10 negrinhos” no que diz respeito a geração de energia elétrica. Cada uma das alternativas tem seus problemas e seus opositores indicando que os problemas parecem incontornáveis, mas concentram sua crítica de forma concentrada apenas na tecnologia em questão.

O propósito dos autores é evidenciar que cada uma das alternativas de geração de energia elétrica produz algum efeito negativo, ou pelo menos contraditório. Considerando que a sociedade e as organizações questionam os efeitos danosos, é necessário perguntar se a demanda por eletricidade deve ser atendida mesmo com os problemas identificados e quais providências podem ser tomadas para minimizá-los e promover compensações regionais a parcela da sociedade impactada.

Mesmo as fontes de energia mais aceitas pela sociedade como as eólicas e a geração fotovoltaica possuem dificuldades não apenas por si mesmas, mas também pela influência de suas características quando consideradas no contexto completo da operação interligada, extremamente mais complexa e que encarecem as outras alternativas pela intermitência de produção.

Estas fontes consideradas como entre as opções mais limpas possuem obstáculos como elevados investimentos ou mesmo aspectos ambientais. Na Europa, Oceania e nos EUA já surgem na agenda ambiental considerações relacionados à ecologia da paisagem e sobre a aceitação pública destas energias ditas limpas (Eltham, Harrison, Allen, 2008; Firestone, Kempton, 2007; Gross 2007; Aitken 2010; e Ladenburg, Lutzeyer, 2012)

O problema apontado, qual seja, nenhuma fonte de energia é neutra relativamente aos impactos ambientais e em relação à sua aceitação pela sociedade, e não é uma especificidade do Brasil, tendo sido identificado em diversos países, conforme evidenciam as revisões bibliográficas. O padrão de consumo de energia elétrica por outro lado tem se alterado nos últimos anos por razões tecnológicas (maior oferta de facilidades eletroeletrônicas) e econômicas (melhor distribuição de renda), e ainda tem muito o que se alterar nos próximos anos.

Mesmo considerando a importância dos investimentos necessários em energia para o desenvolvimento econômico e aumento de competitividade de um país, as estratégias de crescimento não podem mais deixar de lado o custo ambiental. Isso é especialmente desafiador nos países em desenvolvimento visto que o crescimento econômico ocorre concomitantemente a uma maior utilização de recursos naturais, inclusive de fontes de energia, com consequentes impactos sobre o meio ambiente. Particularmente esta discussão se mostra relevante no Brasil quando se verifica a elevada disponibilidade de fontes renováveis como as hidroelétricas e a energia eólica. No primeiro caso com sua situação de oferta agravada pela elevada concentração do potencial na região Amazônica e a segunda pela necessidade associada de novas formas da operação e de fontes de reserva associadas, muitas vezes de elevado custo e

altamente poluentes. Para maior complexidade das escolhas a elevada predominância da opção hidroelétrica produz maiores incertezas sobre as escolhas complementares requeridas. Este quadro somente vai se exacerbar com a maior difusão das fontes de elevada intermitência como a solar e a eólica.

O embate com as organizações de defesa do meio ambiente é também muito relevante nas dimensões do debate de governança com a sociedade. Não é demais destacar como exemplo o estudo desenvolvido por Kosnik (2010) onde se discute que em face de recursos reduzidos os ambientalistas necessitam estabelecer uma estratégia para priorizar as batalhas a serem lutadas.

A tecnologia será essencial para acomodar o crescimento dos países em desenvolvimento ao promover maior eficiência na utilização de recursos ambientais, reduzindo os custos de mitigação. Para todo este conjunto de temas a governança regulatória e institucional fará uma essencial diferença entre o sucesso e o fracasso das iniciativas nos próximos anos.

## 7 | CONCLUSÃO

A sociedade tornou-se muito complexa e não existem perspectivas de uma redução desse quadro, pelo contrário, o cenário deve ser de acirramento da complexidade das relações de consumo, economia e meio ambiente. Na indústria de energia não será diferente. A vertente política com a sua importância eleitoral vai dedicar cada vez mais atenção ao tema energia e o surgimento de conflitos e crises será inevitável.

Das entidades de poder e das agências regulatórias espera-se que estas promovam cada vez mais a difusão de informações na quantidade e em especial na qualidade (sem os tecnicismos que inviabilizem o pleno entendimento inclusive dos parlamentares) que propicie a facilitação das escolhas que precisarão ser feitas. Mesmo que isto ocorra, a multiplicidade de temas e sua complexidade irá favorecer os mais preparados.

Entende-se ainda que os problemas e necessidades aqui identificados, tais como captura técnica, política, corrupção, necessidades de otimização dos recursos hídricos e preservação do meio ambiente, associados ainda a crescente necessidade de expansão da oferta de energia podem ser minimizados com boas práticas de governança, a exemplo do que já ocorre em outros setores da economia.

## REFERÊNCIAS

1. ACENDE BRASIL, **Gestão estatal ( parte 1): despolitização e meritocracia**, White Paper, edição no. 10, 2012.
2. AITKEN, M., **Wind power and community benefits: Challenges and opportunities**, Energy Policy 38, pp. 6066– 6075, (2010).
3. BLACK, J., **Critical Reflections on Regulation**, Discussion Paper No. 4, Centre for Analysis of

Risk and Regulation, London, London School of Economics and Political Science, (2002).

4. BOEHM, F., **Regulatory Capture Revisited – Lessons from Economics of Corruption**, Working Paper, Universidad Externado de Colombia, (2007).
5. CANAL ENERGIA, **Política das estatais gera ineficiência**, publicado em 25/03/2013, disponível em [www.canalenergia.com.br](http://www.canalenergia.com.br).
6. DE OLHO NOS MANANCIAS. **Alckmin e CESP têm 15 dias para explicar redução da vazão do rio Jaguari**. Visitado em 1/08/2014. Disponível em: [http://www.espaco.org.br/site\\_manancias/?p=880](http://www.espaco.org.br/site_manancias/?p=880).
7. DESBORDES, R., VAUDAY J. **The Political Influence of Foreign Firms in Developing Countries**, Texto de discussão University of Paris I Pantheon-Sorbonne-CNRS-IRES (2006).
8. De SOTO, H, *The Other Path*, New York: Basic Books, (1989).DOMAH, P, POLLITT, M., STERN, J., **Modeling the Costs of Energy Regulation: Evidence of Human Resource Constraints in Developing Countries**, RI Working Paper No.49 Cambridge, UK, (2002).
9. DOWNS, A., **An Economic Theory of Political Action in a Democracy**. *Journal of Political Economy* 65(2), 135- 150, (1957).
10. EBBEN, W., VAAL, A., **Institutions and the Relation between Corruption and Economic Growth**, Working Paper 09-104 Nijmegen Center for Economics Institute for Management Research, Radboud University Nijmegen, (2009).
11. ELTHAM, D. C., HARRISON, G. P. ALLEN, S. J., **Change in public attitudes towards a Cornish wind farm: Implications for planning**, *Energy Policy* 36 pp. 23–33, (2008).
12. FIGUEIREDO, J, **A utilização do setor elétrico como instrumento de implementação de políticas públicas**, Texto de discussão GESEL UFRJ, 2006.
13. FIRESTONE J., KEMPTON, W., **Public opinion about large offshore wind power: Underlying factors**, *Energy Policy* 35, pp. 1584–1598, (2007).
14. FOLHA DE SÃO PAULO, **Nível de rio cai, afeta geração de energia e provoca embate**, publicado em 10 setembro de 2014, (2014).
15. GARDINER, J., **Defining Corruption**. In: Heidenheimer, A.J.; Johnston, M. [eds.]: *Political Corruption: Concepts & Contexts*. Third Edition, Transaction Publishers, New Brunswick and London, 25-40, (1993).
16. GREEN, F. **Ten little Niggers**. 1869. Disponível em: [http://www.parkkinen.org/ten\\_little\\_niggers.html](http://www.parkkinen.org/ten_little_niggers.html). Acesso em 05/03/15.
17. GROSS, C., **Community perspectives of wind energy in Australia: The application of a justice and community fairness framework to increase social acceptance**, *Energy Policy* 35, pp. 2727–2736, (2007).
- 18.HECKELMAN, J.C., POWELL, B., **Corruption and the Institutional Environment for Growth**, Department of Economics Suffolk University, Working Paper No. 2008-6 (2008).
19. HELMAN, J. C.; JONES, G; KAUFMANN, D., **Seize the state, seize the day: State capture, corruption and influence in transition**, Policy Research Working Paper, paper 2444, World Bank, 2000.
20. HUNTINGTON, S. **Political order in changing societies**, Yale University Press: New Haven, CT, (1968).
21. KLITGAARD, R., **Controlling Corruption**. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, (1988).



22. KOSNIK, L., **Time to Pick a Fight? Interest Group Decision Making to Enter the Hydropower Regulatory Process**, *Eastern Economic Journal*, 36, pp. 11–32, (2010).
23. KOSNIK, L., **The anticommons and the environment**, *Journal of Environmental Management*, vol. 101, pp 206 - 217, (2012)
24. LADENBURG, J., LUTZEYER, S. **The economics of visual disamenity reductions of offshore wind farms— Review and suggestions from an emerging field**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, pp. 6793– 6802, (2012).
25. LAFFONT, J.J., TIROLE, J. **The Politics of Government Decision-Making: A Theory of Regulatory Capture**, *Quarterly Journal of Economics* 106 (4), 1088-1127, (1991).
26. LAFFONT, J.J., TIROLE, J., **A Theory of Incentives in Procurement and Regulation**, MIT Press, Cambridge, London, (1993).
27. LEFF, N, **Economic development through bureaucratic corruption**, *American Behavioral Scientist* 82: 337–341, (1964).
28. PARENTE, V et all, **Energia: o Desafio das Agências Reguladoras**, Instituto de Eletrotécnica e Energia – Universidade de São Paulo, 2007.
29. PÓ, M. V., **O jogo regulatório brasileiro: a estabilidade contratual para além da autonomia das agências**, tese de doutorado apresentada a Fundação Getúlio Vargas de SP como requisito para obtenção de título de Doutor em Administração Pública e Governo, Orientador Prof. Dr. Fernando Luiz Abrucio, (2009).
30. PSR, **Conflito energia x demais usos da água: novo round em 2015?**, *Energy Report*, edição 96 (2014).
31. ROSA, L. P., **Um almoço para Einstein**, *Jornal O Globo*, 25/02/2013.
32. SHLEIFER, A., VISHNY, R. W., **Corruption**, *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 108: 599-617, (1993).
33. SHLEIFER, A, VISHNY, R. W., **Politicians and Firms**, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 109, No. 4 pp. 995-1025, (1994).
34. STIGLER, G.J., **The Theory of Economic Regulation**, *Bell Journal of Economics and Management Science* 2 (1), 3-21, (1971).
35. SMITH, W., **Utility Regulators—Roles and Responsibilities**, *Public Policy for the Private sector*, Note 128, (1997)
36. TAYLOR, R, **When wells run dry**, *Nature*, vol. 516, pp. 179-180, (2014).
37. WILSON, W., **The Study of Administration**, *Revista do Serviço Público* 56 (3): 349-366 Jul/Set, (2005).

## A GOVERNANÇA COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA PÚBLICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

**Denise Pereira Barros**

Eletrobras / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro – RJ

**RESUMO:** Do estudo “*Energy Efficiency Governance*” da *International Energy Agency*, este Artigo analisa instrumentos de governança selecionados na visão dos principais agentes públicos e privados responsáveis pela promoção da eficiência energética no Brasil. A definição de leis e decretos e de estratégias e planos de ação de eficiência energética fazem parte da “estrutura” de uma política pública de eficiência energética. A coordenação intragovernamental, por sua vez, é um “mecanismo de coordenação” desta política. Como resultado da análise, identifica-se de que forma esses instrumentos de governança podem contribuir para a continuidade no desenvolvimento da política pública de eficiência energética do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, Políticas Públicas, Governança, Programas de Eficiência Energética, Regulação.

**ABSTRACT:** From “*Energy Efficiency Governance*” study of the *International Energy Agency*, this Paper analyzes selected governance instruments in the vision of the main public and private agents responsible

for promoting energy efficiency in Brazil. The definition of laws and decrees and energy efficiency strategies and action plans are part of the “structure” of a energy efficiency policy. Intragovernmental coordination, in turn, is a “coordination mechanism” for this policy. As a result of the analysis, it is identified how these governance instruments can contribute to the continuity of the development of Brazil’s energy efficiency policy.

**KEYWORDS:** Energy Efficiency, Policies, Governance, Energy Efficiency Programs, Regulation.

### 1 | INTRODUÇÃO

Este Artigo objetiva identificar de que forma os instrumentos de governança podem contribuir para a continuidade no desenvolvimento da política pública de eficiência energética do Brasil.

Como um recurso de energia, a eficiência energética tem o potencial único de contribuir, simultaneamente, para a segurança de energia de longo prazo, o crescimento econômico e, até mesmo, a melhoria da saúde e do bem-estar. Logo, a descontinuidade no desenvolvimento da política pública de eficiência energética do Brasil significa atraso ao desenvolvimento sustentável de seu sistema de energia, além

de ser fonte de desvantagem competitiva e indicação de vulnerabilidade econômica, social e ambiental do País.

A fim de atingir ao objetivo deste Artigo, do ponto de vista metodológico, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental no Brasil. Do ponto de vista teórico, os instrumentos de governança da eficiência energética do Brasil foram analisados, neste Artigo, segundo o estudo “*Energy Efficiency Governance*” da *International Energy Agency* (IEA, 2010), sob o ponto de vista de dois pilares selecionados da política de eficiência energética: a sua estrutura e os seus mecanismos de coordenação. A definição de leis e decretos e de estratégias e planos de ação de eficiência energética fazem parte da estrutura de uma política de eficiência energética. A coordenação intragovernamental é um tipo de coordenação de uma política de eficiência energética. Esses três instrumentos de governança da eficiência energética selecionados do estudo da IEA (2010) são analisados, neste Artigo, sob a ótica dos principais agentes públicos e privados responsáveis pela promoção da eficiência energética no Brasil.

## 2 | A GOVERNANÇA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A *International Energy Agency* (IEA), em seu estudo “*Energy Efficiency Governance*”, compilou questões importantes sobre a governança da eficiência energética (IEA, 2010, p. 14):

*Energy efficiency governance is the combination of legislative frameworks and funding mechanisms, institutional arrangements, and co-ordination mechanisms, which work together to support the implementation of energy efficiency strategies, policies and programmes.*

Os três pilares da estrutura de governança e os 12 instrumentos de governança descritos conforme Figura 1 englobam algumas melhores práticas da eficiência energética.

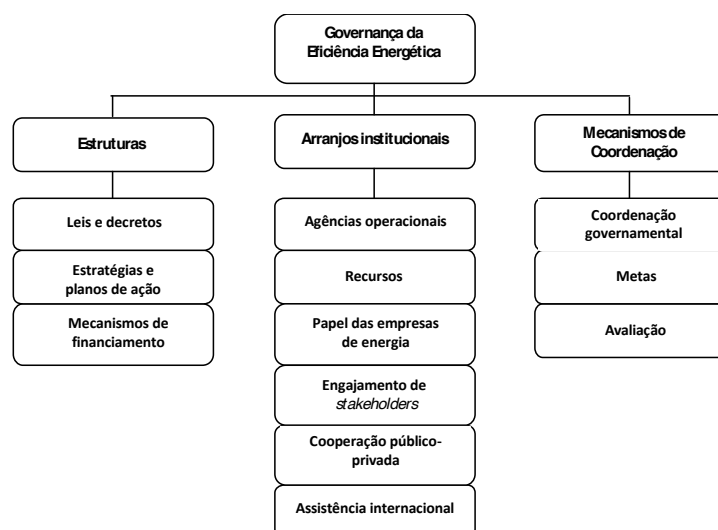


Figura 1 – Aspectos-chave da Governança da Eficiência Energética

Fonte: IEA, 2010

Visando ao objetivo deste Artigo, são selecionados e analisados três instrumentos da governança da eficiência energética, associados aos pilares que estabelecem as suas “Estruturas” e os seus “Mecanismos de Coordenação”, quais sejam: i) a implementação de leis e decretos; ii) a formulação de estratégias e de planos de ação de eficiência energética; e iii) as diferentes formas de coordenação governamental.

## 2.1 Leis e decretos de eficiência energética

A maioria das políticas e intervenções para o aumento de escala da eficiência energética podem ser divididas em dois tipos: incentivos ou mecanismos de mercado, e mecanismos regulatórios ou compulsórios, usualmente chamados, respectivamente, de “*carrots*” e “*sticks*”.

Conforme Jannuzzi (2014), mecanismos de mercado englobam subsídios, empréstimos, descontos, incentivos a novas empresas e agentes, novos modelos de negócios, compras públicas e editais, leilões, incentivos fiscais e impostos.

Estudos têm mostrado a necessidade de equilibrar esses dois mecanismos, de forma a garantir que uma lei de eficiência energética permita ambos os tipos de políticas (IEA, 2010, p. 47). No entanto, o equilíbrio entre os mecanismos compulsórios e os de mercado variam de acordo com o público e o contexto político em um determinado país.

As leis e os decretos de eficiência energética conferem maior robustez regulatória para a política de eficiência energética, podendo servir a vários objetivos. Eles estabelecem objetivos globais de eficiência energética de um governo, bem como as políticas e as estratégias para alcançar estes objetivos. Muitas leis de eficiência energética fixam metas ou atividades a serem realizadas, ao nível do setor de consumo ou de uma indústria específica. Leis e decretos podem fornecer a base legal para a promulgação de normas e regulamentos, incluindo códigos de obras em edificações, etiquetagem e selo de equipamentos de eficiência energética ou padrões mínimos de eficiência energética (do inglês, *minimum efficiency performance standards* (MEPS)), e atividades obrigatórias para os consumidores (por exemplo, auditorias ou investimentos).

Leis de eficiência energética também podem atribuir responsabilidade para o desenvolvimento de regras ou para a implementação de programas, o que, em alguns casos, envolve o estabelecimento de novas agências ou instituições. Algumas leis de eficiência energética especificam, ainda, as necessidades de financiamento e pode até estabelecer o mecanismo de financiamento para as atividades de eficiência energética.

No entanto, leis de eficiência energética podem demorar a serem desenvolvidas e serem politicamente difíceis de aprovar. A fim de serem eficazes, essas leis precisam ser cuidadosamente elaboradas e devem refletir o contexto do país, especialmente em relação a obstáculos para a ampliação da eficiência energética.

## 2.2 Estratégias e planos de ação de eficiência energética

O processo de formulação de estratégias e planos de ação é importante, uma vez que facilita o engajamento das partes interessadas, a construção de consenso político, o levantamento da capacidade técnica e gerencial e a identificação das necessidades de governança da eficiência energética.

Uma estratégia de eficiência energética deve fornecer uma descrição abrangente da lógica e da abordagem para o desenho e a implementação de políticas e programas de eficiência energética. Em muitos casos, uma estratégia de eficiência energética é utilizada para fornecer um panorama de como um país pode cumprir metas ou objetivos específicos, como a redução de gases de efeito estufa.

Muitos países possuem planos de ação de eficiência energética em vez de estratégias. Um plano de ação é geralmente um documento programático, focado mais na implementação de programas do que em estratégia geral. No entanto, um plano de ação completo deve ter quase o mesmo conteúdo de uma estratégia.

Um plano de ação de eficiência energética deve ter a seguinte configuração (IEA, 2010):

- a. delimitação dos escopo e dos resultados esperados: os planos de ação devem indicar onde as políticas de governo devem estar focadas e quais são os resultados esperados;
- b. atribuição de responsabilidade pela ação: os planos de ação devem atribuir claramente a responsabilidade de sua execução, e identificar como e quais implementadores serão responsabilizados;
- c. relacionamento de barreiras, políticas e resultados em uma estrutura lógica: os planos de ação devem descrever as principais barreiras para o aumento da eficiência energética, e justificar as políticas de intervenção governamental para superar estas barreiras;
- d. identificação dos recursos necessários para a ação: planos de ação devem identificar as necessidades de recursos para o desenvolvimento e implementação de políticas governamentais, bem como outros recursos necessários para alcançar os resultados, como investimento privado e apoio de doadores;
- e. mecanismos para monitoramento de resultados: um plano de ação deve especificar como as políticas serão avaliadas e os resultados, monitorados, e quem os supervisionará; e
- f. atualizações e revisões: o plano de ação deverá especificar os procedimentos regulares de avaliação e os mecanismos para revisões.

## 2.3 Coordenação governamental

A necessidade de coordenação das atividades governamentais de eficiência energética cresce à medida que mais países desenvolvem e implementam políticas nacionais de eficiência energética. Muitos países já têm políticas nacionais de eficiência energética abrangentes que cobrem diversos setores consumidores, e que exigem a implementação de atividades por múltiplos ministérios setoriais.

A escolha de qual mecanismo de coordenação pode ser mais eficaz depende do grau de concentração da responsabilidade de implementação da eficiência energética. Conforme Figura 2, a necessidade de coordenação intragovernamental é reduzida em países com uma agência de eficiência energética centralizada, onde o desenvolvimento de políticas e as responsabilidades de implementação estão concentradas sob um único teto. Se a responsabilidade é compartilhada entre algumas agências, um tipo formal do acordo interagências pode ser necessário para orientar a coordenação. Para múltiplas agências que compartilham a responsabilidade de implementação da política de eficiência energética, comitês de coordenação podem ser úteis, pois fornecem mecanismos para a atribuição de tarefas e o acompanhamento do progresso.



Figura 2: Mecanismos de Coordenação Intragovernamental

Fonte: Elaboração própria, adaptado, IEA, 2010.

A coordenação intragovernamental também pode ser alcançada por meio da concentração de responsabilidades de eficiência energética em um único órgão do governo. A concentração da responsabilidade da eficiência energética reduz a necessidade de coordenação intergovernamental, mas requer uma estrutura interna mais complexa se a política de eficiência energética abranger múltiplos setores. Os riscos desta abordagem incluem duplicação de competências e conflitos com as agências setoriais.

Quando duas ou três instituições compartilham responsabilidades na política de eficiência energética, uma abordagem de coordenação eficaz pode ser um memorando de entendimentos (do inglês, *memorandum of understanding*, MOUs) ou outros acordos intergovernamentais bilaterais. Esses acordos especificam as responsabilidades, as metas, os fluxos de recursos e, até mesmo, os procedimentos para resolução de

conflitos.

Já os comitês de coordenação podem assumir várias formas. Um modelo típico é em dois níveis, com especialistas setoriais de eficiência energética organizados em grupos de trabalho responsáveis por coordenar questões técnicas e, ao mesmo, estes especialistas trabalham em conjunto com um ou mais comitês de coordenação de alto nível, de preferência em nível ministerial.

Comitês de coordenação eficazes devem ter reuniões regulares, ser representativos do tipo de coordenação desejada, ter um secretariado para acompanhar agendas e decisões, e se reportarem a representantes políticos de alto poder decisório, de preferência, o ministro ou, até mesmo, o primeiro-ministro. As reuniões de comitês de nível ministerial devem ser regulares e presididas por líderes políticos seniores, a fim de ajudar na resolução de problemas, como a insuficiência de recursos e as falhas de implementação.

### 3 | ANÁLISE DA GOVERNANÇA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

No Brasil, há uma série de instituições que estão relacionadas com o tema da eficiência energética, seja diretamente, ou indiretamente, de forma transversal ou esporádica.

Identificam-se, para fins deste Artigo, como agentes públicos e privados responsáveis pela promoção da eficiência energética no Brasil: i) o Ministério de Minas e Energia (MME); ii) o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), operacionalizado pela Eletrobras; iii) a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); e iv) o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), operacionalizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

O modelo descrito na Tabela 1 identifica, por agente público e privado, conforme supracitado, quando ocorrem, os três instrumentos da governança da eficiência energética selecionados na seção 2.0 deste Artigo, que serão mais detalhadamente analisados nas subseções subsequentes.

Agente	Tipo de Ação	Planos e Programas
MME	Implementação da Lei de Eficiência Energética; Coordenação do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE); Coordenação da implementação do Plano Nacional de Energia (PNE) e dos Planos Decenais de Energia (PDE); Coordenação da implementação do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf); Coordenação do Procel; Coordenação do Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica (GCCE); Coordenação do Comitê Gestor de Eficiência Energética.	PNE, PDE, PNEf; Procel; Aplicação de padrões para equipamentos, eletrodomésticos, por meio da Lei de Eficiência Energética.

Agente	Tipo de Ação	Planos e Programas
ANEEL	Regulamentação, Avaliação e Fiscalização dos programas de eficiência energética das concessionárias de serviços públicos de energia elétrica (PEE), por força de lei, cujos projetos são regulamentados pelos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE). Regulação do Procel, por força de lei, sendo responsável por regulamentar auditoria contábil e financeira dos recursos recolhidos ao Programa, bem como aqueles relativos à sua aplicação.	Programa de Eficiência Energética (PEE), das distribuidoras de energia elétrica; Procel.
Procel/Eleto-bras	Por delegação do MME, a Eletrobras é implementadora das ações do Procel, sendo responsável pelo monitoramento, e a medição e a verificação (M&V) dos projetos de seus subprogramas. O Procel tem diversas linhas de atuação, que abrangem diferentes segmentos do consumo de energia elétrica. Sua atuação é concretizada por meio de subprogramas específicos, quais sejam (ELETROBRAS, 2015): i) Eficiência Energética em Equipamentos (Procel Selo); ii) Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica); iii) Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica (Procel Reluz); iv) Eficiência Energética Industrial (Procel Indústria); v) Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (Procel Saneam); vi) Gestão Energética Municipal (Procel GEM); vii) Eficiência Energética nos Prédios Públicos (Procel EPP); viii) Procel Educação; e ix) Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info).	Procel e seus subprogramas.
PBE/ Inmetro	O Inmetro é responsável pela implementação do PBE em equipamentos e edificações. Tem a missão de credenciar os laboratórios responsáveis pelos ensaios que comprovam o atendimento dos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas, aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, e edificações, além de fiscalizar e acompanhar os programas de avaliação da conformidade das máquinas e aparelhos consumidores de energia, e de tecnologias de edificações eficientes, a serem regulamentados.	PBE; Apoio à aplicação de padrões para equipamentos, eletrodomésticos e edifícios, por meio da Lei de Eficiência Energética.

Tabela 1 – Principais Instrumentos da Governança da Eficiência Energética no Brasil

Fonte: Elaboração própria.

### 3.1 Principais leis e decretos relacionados à eficiência energética

Da análise da Tabela 1, observa-se que a legislação para a eficiência energética propicia mecanismos compulsórios (“sticks”), mas poucos mecanismos de mercado (“carrots”).

A primeira e única regulamentação relacionada à eficiência energética no Brasil, aprovada pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), foi sancionada há



mais de 15 anos, em 17/10/2001, e ficou conhecida como “Lei de Eficiência Energética”. A Lei nº 10.295/2001 criou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visando à alocação eficiente de recursos energéticos e à preservação do meio ambiente. Nesse contexto, passou a ser atribuição do Poder Executivo estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos.

A fim de regulamentar a Lei de Eficiência Energética, o Governo Federal editou o Decreto nº 4.059, de 19/12/2001, determinando os procedimentos para o estabelecimento dos indicadores e dos níveis de eficiência energética e instituindo o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

Outro importante marco regulatório diz respeito à implementação de programas de eficiência energética (PEE) pelas distribuidoras de energia elétrica brasileiras, regulados pela ANEEL. O Artigo 1º da Lei nº 9.991, de 24/07/2000, com última revisão dada pela Lei nº 13.203, de 08/12/2015, prevê a obrigatoriedade de investimento anual pelas concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica para programas de eficiência energética (PEE) na oferta e no uso final da energia, até 31 de dezembro de 2022, de 0,50% de sua receita operacional líquida auferida no ano anterior. A partir de 1º de janeiro de 2023, esse percentual será reduzido para 0,25%.

Historicamente, a Lei nº 9.991/2000 passou por diversas atualizações que vêm prorrogando o prazo para redução do percentual de aplicação obrigatória no PEE pelas distribuidoras de 0,50% para 0,25% de sua receita operacional líquida. Essa redução gradual dos investimentos obrigatórios no PEE visa à criação de um mercado capaz de se sustentar, objetivo que ainda não foi atingido pela Lei nº 9.991/2000.

Isso pode ser explicado, em parte, pela regulamentação do PEE não prever mecanismos de mercado na forma de incentivos econômico-financeiros para as distribuidoras de energia elétrica exercerem a atividade de eficiência energética.

Por outro lado, uma importante barreira à perenidade dos resultados do PEE das distribuidoras, foi a obrigatoriedade de aplicação de 60% dos recursos do PEE para consumidores beneficiados pela Tarifa Social de Energia Elétrica, imposta pela Lei nº 12.212, de 20/01/2010, que só foi flexibilizada em 2016.

Nesse contexto, 60% dos recursos financeiros do PEE foram alocados, por um período de quase sete anos, para beneficiar um conjunto de consumidores classificados como “Baixa Renda”, que representam menos de 4% do consumo nacional de energia elétrica (FREIRE, 2015). Em outras palavras, investimentos em projetos que se resumem, basicamente, à substituição de refrigeradores e de iluminação das residências dos consumidores Baixa Renda, vinham sendo priorizados em detrimento de projetos com maiores potenciais de economia de energia. Tal obrigatoriedade foi alterada pela Lei nº 13.280, de 03/05/2016, que extinguiu o investimento mínimo de 60%, e regulamentou a aplicação de um teto de até 80% dos recursos do PEE na

classe residencial Baixa Renda.

A Lei nº 13.280/2016 representa um grande marco regulatório para a política pública de eficiência energética do Brasil. Visando ao fortalecimento do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) no contexto nacional, a Lei 13.280/2016 direcionou parte dos recursos da Receita Operacional Líquida (ROL) das distribuidoras de energia elétrica para este Programa, alterando a Lei 9.991/2000, garantindo recursos financeiros para ações estruturantes de eficiência energética e estabelecendo governança ao Procel, por força de lei.

De 1985 a meados de 2016, a governança do Procel ficou estabelecida apenas pela Portaria Interministerial nº 1.877, de 30/12/1985, do Ministério de Minas e Energia (MME) e do então nomeado Ministério de Indústria e Comércio (MIC). Essa Portaria Interministerial já previa a coordenação das ações do Procel pelo Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica (GCCE), coordenado, por sua vez, pelo MME, porém, na prática, este Grupo só foi operacionalizado a partir da Lei 13.280/2016

Além do fortalecimento do GCCE, a Lei 13.280/2016 definiu a criação do Comitê Gestor de Eficiência Energética, também coordenado pelo MME, estabelecendo nova governança para o Procel, amparada por força de lei.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), contudo, não obstante ser amplamente reconhecido pelo mercado de eficiência energética do Brasil, influenciando a escolha de compra do consumidor, está amparado apenas em um protocolo de cooperação que não estabelece a sua governança em base legal sólida e não garante o *funding* para a sua operacionalização, dependendo da alocação orçamentária do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) no Inmetro.

Apenas em 2013, com a regulamentação dos Procedimentos dos Programas de Eficiência Energética das distribuidoras (PROPEE), regulados pela ANEEL, observa-se avanço nos mecanismos de mercado para a promoção da eficiência energética no Brasil.

O PROPEE, ao prever a realização de chamada pública pelas distribuidoras, visa a dar maior transparência ao processo de seleção de projetos, além de aumentar o escopo de tipologias de projetos.

Como premissa para a seleção de projetos, a distribuidora deve aplicar pelo menos 50% de seu investimento obrigatório, não comprometido com outras obrigações legais, em unidades consumidoras das duas classes de consumo com maior participação em seu mercado de energia elétrica (ANEEL, 2013).

Adicionalmente, a questão da contrapartida é importante para o comprometimento do beneficiário do recurso do PEE, as distribuidoras, de manter os compromissos assumidos na fase de projeto. Similarmente, a realização de um Plano de Gestão pelas distribuidoras, com parte dos recursos do PEE, é fundamental para que os interesses sejam compartilhados entre Estado e concessionária, buscando maior comprometimento das distribuidoras com a efetividade da utilização dos recursos e a perenidade das ações.

Os bônus pagos aos consumidores residenciais em projetos de compra incentivada de aparelhos eletrodomésticos mais eficientes, reconhecidos pela certificação dos programas do governo federal, o Procel e o PBE, é uma forma de as distribuidoras de energia compartilharem os custos com o consumidor final. Segundo o próprio documento do PROPEE (ANEEL, 2013, p. 94), “o uso racional do bônus tende a ser muito mais eficaz do que a doação de equipamentos, como ocorre, tradicionalmente, em unidades consumidoras da subclasse residencial baixa renda”.

Entretanto, apesar de os mecanismos do PROPEE serem obrigatórios desde junho de 2015, os seus resultados em 2016 ainda não foram avaliados pela ANEEL, assim como, não há previsão de avaliação segregada dos resultados da aplicação dos mecanismos de mercado, não sendo possível, portanto, esta análise neste Artigo.

Sendo assim, não há equilíbrio entre os mecanismos compulsórios e de mercado nas leis e decretos de eficiência energética do Brasil, conforme sugerido pela IEA (2010).

### **3.2 Planos nacionais relacionados à eficiência energética**

O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) introduziu Medidas de Eficiência Energética (MEE), estratégias estruturantes e estratégias operacionais para se alcançar a conservação de energia (EPE, 2007), que são mais bem detalhadas no Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). O PNE estabeleceu, também, a formulação de uma nova Política Nacional de Eficiência Energética – já prevista anteriormente pela Lei de Eficiência Energética de 2001 – que deveria estabelecer as bases do PNEf.

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) foi elaborado em 2011, quatro anos após ser previsto no planejamento energético de longo prazo do País, e foi aprovado por meio da Portaria MME nº 594, de 18/10/2012. Em uma de suas premissas, o PNEf examina ser “[...] fundamental estabelecer um marco legal que busque assegurar a sustentabilidade da Eficiência Energética” (MME, 2011, p. 25).

Não obstante, o PNEf não teve regulamentação prévia por meio de uma nova política nacional e lei específica, conforme previu o PNE.

As medidas de eficiência energética previstas no PNEf foram estabelecidas tomando como base as metas propostas no PNE 2030 para o final do horizonte, logo, no caso da energia elétrica, ao final do horizonte foi prevista uma economia no consumo de 10% em relação à projeção de demanda.

O PNEf, conforme previsto no PNE, objetivava estabelecer as ações a serem implementadas, incluindo metas, custos, prazos de implementação, modelos de negócios, bem como as responsabilidades dos agentes envolvidos (EPE, 2007).

Entretanto, o PNEf estabeleceu apenas linhas de ações a serem implementadas em setores como indústria, edificações, prédios públicos, iluminação pública e saneamento, visando a alcançar as metas de economia de energia até 2030. Mesmo assim, conforme estabelecido pelo próprio documento do PNEf, a quantificação dos

potenciais de conservação de energia foi feita de forma aproximada e apenas nos setores em que havia dados disponíveis (MME, 2011).

O Plano Nacional de Energia (PNE), com metas até 2030, e os Planos Decenais de Energia (PDE), revisados anualmente, ambos coordenados pelo MME, estão amparados pela Lei nº 10.847, de 15/03/2004, que criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável por sua elaboração. No entanto, esses planos, no que se refere à eficiência energética, apesar de estipularem metas em seus horizontes, não determinam responsabilidades, recursos financeiros e humanos, mecanismos para monitoramento de resultados e de prestações de contas (*accountability*).

Ressalta-se que o PDE é o único que vem sendo atualizado e revisado, em termos de projeções e metas para a eficiência energética, apesar de não refletir objetivos, metas ou ações dos programas de eficiência energética.

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), apesar de estar amparado por uma Portaria do MME, não estruturou as bases para a sua continuidade, que se daria por meio de um Comitê Gestor, de um Grupo de Trabalho e de Planos de Trabalhos Plurianuais.

Sendo assim, os planos nacionais que tratam da eficiência energética, PNE, PDE e PNEf, apesar de estarem previstos em regulamentações, carecem de regulação, por não possuírem metas compulsórias e/ou planos de implementação e monitoramento.

### **3.3 As formas de coordenação intragovernamental**

Conforme Tabela 1, o MME exerce papel central na coordenação da política pública de eficiência energética do Brasil, no tocante aos planos e programas nacionais, e aos comitês e grupos de coordenação.

Entretanto, devido à característica transversal da eficiência energética, apesar de o MME ser considerado o coordenador da política pública, suas responsabilidades devem ser compartilhadas com outras agências nacionais.

Historicamente, a política pública de eficiência energética vem sendo marcada por descontinuidades relacionadas aos seus mecanismos de coordenação intragovernamental, no que diz respeito à: i) operacionalização do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), instituído pela Lei de Eficiência Energética de 2011; ii) à implementação do Comitê Gestor do PNEf (CGPNEf); e iii) à operacionalização do Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica (GCCE), instituído desde 1985, com a criação do Procel.

Conforme a metodologia estabelecida pela IEA (2010), no caso brasileiro, observa-se que deve haver apurada coordenação intragovernamental, já que múltiplas agências, em nível nacional, na forma de ministérios do governo federal, de agências reguladoras e de instituições que operacionalizam programas, estão envolvidas com o tema de eficiência energética, como o MME, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a ANEEL, a Eletrobras, o Inmetro e as distribuidoras de energia elétrica.

Esse mecanismo de coordenação horizontal deve ser, preferencialmente, um comitê de coordenação formal, pois as limitações de pessoal (CGEE, 2011) e a competição pela atenção dos formuladores de políticas, em assuntos relacionados à eficiência energética, têm sido fatores limitadores para o exercício da influência do MME sobre a política e a legislação.

Nesse sentido, o recente marco regulatório da eficiência energética do País, a Lei 13.280/2016, além de fortalecer a atuação do GCCE, criou o Comitê Gestor de Eficiência Energética, ambos representados pelos principais agentes interessados com o tema eficiência energética no Brasil e coordenados pelo MME, criando uma estrutura de governança robusta para o Procel, e corroborando com a metodologia da IEA (2010).

Não obstante os avanços regulatórios promovidos pela Lei 13.280/2016, os modelos desenhados para o Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica, o Comitê Gestor de Eficiência Energética, o Comitê Gestor do PNEf, e seus Grupos de Trabalho setoriais, e o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética atendem, em parte, às exigências de coordenação intragovernamental para a eficiência energética do Brasil. Há necessidade de definição e formalização das responsabilidades institucionais, assim como de suas respectivas representações, no contexto de uma agenda de trabalho planejada e baseada em um plano estratégico nacional de metas.

## 4 | CONCLUSÃO

A eficiência energética precisa de forte regulação e regulamentação, pois, economizar energia, seja em função de baixa tarifa, seja por questão de prioridade de investimentos, não é um movimento natural do mercado.

No Brasil, as regulamentações da eficiência energética devem ser revisadas e, preferencialmente, ampliadas, em um processo de melhoria contínua, estabelecendo as bases legais sólidas para a atribuição de responsabilidades dos principais agentes no contexto da política pública de eficiência energética. Mecanismos de mercado devem ser criados, operacionalizados e avaliados, a fim de gerar estímulos econômico-financeiros em um mercado ainda pouco maduro.

O processo de planejamento da eficiência energética deve estar amparado em marcos legais, estabelecendo as principais diretrizes, prioridades e metas para a operacionalização de planos de ação. Os planos de ação, por sua vez, devem determinar os mecanismos compulsórios e de mercado para que programas existentes, ou programas a serem criados, possam alcançar uma meta estratégica nacional, visando, em última instância, à transformação de mercado.

Não obstante a coordenação intragovernamental ter sido institucionalizada em comitês formais interagências, reconhecendo a característica transversal da eficiência

energética, há necessidade, ainda, da formalização de uma agenda de trabalho para cada uma das instituições, voltada a uma orientação estratégica clara, revisada e mensurável.

A Lei 13.280/2016 reflete, em parte, as conclusões deste Artigo, representando um importante marco regulatório para a eficiência energética do Brasil no sentido da perenidade do desenvolvimento de sua política pública.

Logo, há necessidade de uma visão de longo prazo para a questão energética no Brasil, tendo a política pública de eficiência energética como solução perene para a questão da segurança energética, mas, também, como forma de contribuir para a política ambiental e para o desenvolvimento econômico do país.

## REFERÊNCIAS

(1) CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Subsídios à Elaboração e Implementação de um Plano de Eficiência Energética para o Brasil**. Brasília, 2011.

(2) EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2007.

(3) FREIRE, W. **Imperfeições no Mercado de Eficiência Energética**: entre os desafios estão a necessidade de melhorar o destino dos recursos disponíveis, destravar as barreiras de financiamento e encontrar novas dotações orçamentárias para o Procel. Agência CanalEnergia, Reportagem Especial, 22 mai. 2015.

(4) IEA (International Energy Agency) [2010]. **Energy Efficiency Governance**. Paris: OCDE;IEA, 2010. Disponível em <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/eeg.pdf>>. Acesso em 10 mar. 2015.

(5) JANNUZZI, G. M. **Economia de Baixo Carbono**: acelerando a inovação no sistema energético. Campinas: UNICAMP. Apresentação em ago. 2014. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/gilberto1096/20140829-cpfl-jannuzzi>>. Acesso em: 20 out. 2014.

(6) MME (Ministério de Minas e Energia). **Plano Nacional de Eficiência Energética**: premissas e diretrizes básicas. Brasília, 2011.

## O ACORDO DE PARIS E OS NOVOS CAMINHOS PARA A GESTÃO SOCIOAMBIENTAL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA AS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO

**Gustavo André Santana de Sá**

UNESP, Departamento de Energia, Campus de Guaratinguetá  
Guaratinguetá – SP

**Pedro Magalhães Sobrinho**

UNESP, Departamento de Energia, Campus de Guaratinguetá  
Guaratinguetá – SP

**RESUMO:** No contexto da migração à economia de baixo carbono, as políticas socioambientais das empresas do setor elétrico vislumbram desafios na busca por investimentos para atingir as metas da NDC Brasil. Para enfrentar tais desafios as empresas contam com novas oportunidades de mercado e incentivos fiscais, como a captação de recursos via Green Bonds, o acesso aos fundos nacionais e internacionais como o Fundo Clima e o Green Climate Fund e o aporte de recursos via legislação de renúncia fiscal. Este IT apresenta dados da pesquisa de Mestrado em Engenharia de Energia realizada pelo autor através de um estudo de caso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças Climáticas, Setor Elétrico Brasileiro, Gestão Socioambiental, Sociedade Civil, Economia de Baixo Carbono

**ABSTRACT:** In the context of migration to the low-carbon economy, the socio-environmental policies of companies in the electricity sector

face challenges in the search for investments to achieve the goals of NDC Brazil. In order to face these challenges, companies are faced with new market opportunities and tax incentives, such as fundraising via Green Bonds, access to national and international funds such as the Climate Fund and the Green Climate Fund, and the provision of resources through renunciation legislation Supervisor. This IT presents data from the Master's research in Energy Engineering carried out by the author through a case study.

**KEYWORDS:** Climate Change, Brazilian Electricity Sector, Socio-environmental Management, Civil Society, Low Carbon Economy

### 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR ISO 26000:2010 – Diretrizes para Responsabilidade Social (ABNT, 2010), as emissões de gases de efeito estufa – GEE provenientes de atividades antrópicas, como o dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, o metano- CH<sub>4</sub> e óxido nitroso - N<sub>2</sub>O são, muito provavelmente, uma das causas das mudanças climáticas globais cujos impactos significativos vêm sendo observados nos ambientes natural e humano. Frente aos impactos mencionados, diversas nações do mundo vêm somando esforços para

diagnosticar, compreender, debater e propor ações de adaptação e mitigação às mudanças climáticas.

Como exemplo de iniciativa global, a 21ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (em inglês UNFCCC) reuniu em dezembro de 2015, em Paris na França, governos de diversos países para buscar um acordo de impacto sobre as mudanças climáticas. Nesta conferência os países integrantes da UNFCCC, citados como **Partes**, elaboraram um documento formal que popularmente ficou conhecido como **Acordo de Paris** (MMA, 2016).

A respeito dos compromissos debatidos e estabelecidos pelo Acordo, cada um dos países foi instado a apresentar uma proposta para redução de emissões domésticas de GEE, chamadas de **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC**, objetivando limitar o aumento da temperatura no globo terrestre (EPE, 2016). Conforme compromisso assumido pelo Brasil ao apresentar sua NDC ao Secretariado da UNFCCC em 2015, o país comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE em 37% até o ano de 2025 - em relação aos níveis de 2005 - e como contribuição indicativa subsequente, em reduzir as emissões de GEE em 43% até o ano de 2030 (MMA, 2016).

Figurando até 2013, como o segundo maior emissor de CO<sub>2</sub> do cenário Brasileiro (IEMA, 2015), o setor energético possui metas ambiciosas e desafiadoras na contribuição para o desenvolvimento sustentável e de combate às mudanças climáticas, principalmente relativas à produção e o uso da energia, conforme afirma o documento da Empresa de Pesquisa Energética - EPE intitulado de **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia**, publicado em Junho de 2016. Seguindo os moldes de países como a Finlândia, os maiores desafios do setor elétrico brasileiro para a sustentabilidade encontram-se no cumprimento das metas de redução das emissões de GEE, aumentar a fração de energia renovável na matriz energética e melhorar a eficiência dos sistemas interligados (SALVIA *et al*, 2016).

Segundo a EPE (2016), as soluções para alcançar as metas da NDC brasileira são possíveis e devem ir ao encontro com o que preconiza a Política Nacional de Mudança do Clima - PNMC, instituída pela Lei Federal 12.187/2009, (BRASIL, 2009) para o quesito econômico e tributário, citando que

para estimular a redução das emissões e remoção de GEE deverão incluir-se as alíquotas diferenciadas, as isenções, compensações e incentivos, a serem estabelecidos em lei específica.

Como resultado e frente aos desafios e incertezas que permeiam o tema, as soluções para o combate às mudanças climáticas deverão envolver não apenas a redução dos riscos que elas trazem, mas também as oportunidades em inovação tecnológica, competitividade econômica, preservação de recursos naturais e benefícios sociais (CEBDS, 2016).



Este artigo apresenta uma síntese da pesquisa e dissertação de mestrado do autor principal, na qual consta o estudo de caso de uma empresa do setor elétrico brasileiro e apresenta como resultado um protocolo para aplicação dos recursos oriundos da legislação tributária de renúncia fiscal em projetos socioambientais, pautado no diagnóstico das ações desta empresa e da legislação aplicável.

Além de fomentar o debate sobre as mudanças do clima, os desafios e as oportunidades para as empresas do setor elétrico, o informe técnico apresenta os mecanismos de parceria com as entidades da sociedade civil, enquanto tema incipiente no Brasil e tendência internacional, focando nos benefícios econômicos e socioambientais que tal interação poderá proporcionar no enfrentamento à emissão de GEE.

## 2 | OS PRINCIPAIS PONTOS DO ACORDO DE PARIS

O Acordo de Paris é um documento elaborado com o objetivo de fortalecer a resposta global à ameaça das mudanças climáticas e de reforçar a capacidade dos países em lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças (MMA, 2016). Realizada no âmbito da UNFCCC, a 21ª Conferência das Partes - COP21 ocorreu em dezembro de 2015 em Paris na França e aprovado pelos 195 países membros para reduzir emissões de GEE no contexto do desenvolvimento sustentável. Dentre outras decisões, o compromisso do Acordo de Paris concentra-se em manter o aumento da temperatura média global limitado a 2°C, acima dos níveis pré-industriais, sendo desejável um limite de 1,5°C. Segundo o Acordo de Paris (MMA, 2016), os principais pontos de atenção e foco para as ações de mitigação e adaptação para combate às mudanças climáticas são:

- a. A meta a ser atingida pelas partes (países membros da UNFCCC) quanto à redução global de emissões de GEE é manter o aumento de temperatura abaixo de 2°C, mas com esforços para que não se ultrapasse os 1,5°C;
- b. O compromisso com as metas deverá ser assumido pelas partes através de ações que impactem a economia mundial, em especial quanto ao uso de combustíveis fósseis;
- c. Embora as Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) apresentadas não integrem o texto do Acordo, serão computadas em forma de Registro Público;
- d. Os artigos número 2 e 3 do Acordo apresentam a diferenciação entre países “ricos e pobres”, sendo a base para a diferenciação as possibilidades de cada país de reduzir voluntariamente as emissões de GEE;
- e. Estabeleceu-se para 2018 a primeira reunião de revisão do Acordo e a próxima para 2023, sendo as demais a cada cinco anos com foco nos processos de mitigação, adaptação, perdas e danos;
- f. Os países desenvolvidos não terão obrigação legal quanto à compensação de impactos em decorrência de eventos meteorológicos extremos, tidos como responsabilidade histórica;

- g. Quanto ao mercado e precificação do carbono, o Acordo define que a precificação tem caráter social, e nos próximos cinco anos, o tema será foco de novo debate;
- h. O Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável (MDS) será o novo mecanismo flexibilizador de mercado, nos moldes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), onde embora não definida, o Acordo cita que a aplicação será ampliada;
- i. Como forma de financiamento, os países desenvolvidos deverão liderar o processo de fomento aos projetos e programas para uma economia de baixo carbono dos países em desenvolvimento, através de investimentos mínimos da ordem de US\$ 100 bilhões/ano a partir de 2020;
- j. Os resultados de emissões de GEE deverão ser mensurados e publicados no mínimo a cada 2 anos, como forma de transparência nos financiamentos de projetos e programas de mitigação;
- k. Deverão ser disponibilizados incentivos para a redução das emissões por desmatamento e degradação, bem como para o manejo sustentável das florestas. (MMA,2016,\_\_p).

### 3 | APLICAÇÃO DO ACORDO DE PARIS NO CONTEXTO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2016), as emissões globais de GEE encontram-se em 55 Gigatoneladas de carbono equivalente - GtCO<sub>2eq</sub> (Giga toneladas de dióxido de carbono equivalente), sendo que pelo Acordo de Paris deverão ser reduzidas a 40GtCO<sub>2eq</sub> até o ano de 2030. Ainda segundo o mesmo Ministério, o Brasil contribuiu com emissão de 2,04 GtCO<sub>2eq</sub> no ano de 2005 e hoje tal emissão gira em torno de 1,4 GtCO<sub>2eq</sub>. Mas a expectativa é que até 2025 - tendo como ano base 2005 - se obtenha redução de 37% nas emissões, reduzindo esse número para 1,03 GtCO<sub>2eq</sub>, e para 2030, a redução prevista é de 43% ou 1,16 GtCO<sub>2eq</sub>. A tabela 1 a seguir apresenta um resumo do cenário:

LOCAÇÃO	EMISSIONES TOTAIS DE GEE (CO <sub>2eq</sub> )	
	Atual (2016)	Previsão (2030)
GLOBAL	55 Giga toneladas	40 Giga toneladas
BRASIL	1,4 Giga toneladas	1,03 Giga toneladas

Tabela 1 – Emissões atuais e previsão para 2030.

Fonte: MMA, 2016

O Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2016) revela que no ano de 2015 o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiu 462,3 MtCO<sub>2eq</sub> (Mega toneladas de dióxido de carbono equivalente), sendo a maior parte das emissões, 194 MtCO<sub>2eq</sub>, foi gerada no setor de transportes. A intensidade de carbono na economia foi de 0,17 kgCO<sub>2</sub>/US\$. O referido balanço cita ainda que, a economia brasileira permanece 26% menos intensa em carbono que a economia

européia (em média), 51% menos do que a economia americana e 73% vezes menos do que a economia chinesa. Como informação relevante ao foco deste estudo, conforme tabela 2, o BEN 2016 menciona que o setor elétrico brasileiro emitiu 139,6 kg CO<sub>2</sub> para produzir 1 MWh (em média), sendo um índice muito baixo quando se estabelece comparações com países da União Européia, EUA e China.

ANO BASE DE 2015	
EMISSÕES DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	462,3 MtCO <sub>2eq</sub>
EMISSÕES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	139,6 kgCO <sub>2</sub> / MW

Tabela 2 – Emissões da matriz brasileira e resumo das emissões do setor elétrico brasileiro.

Fonte: EPE, 2016

### 3.1 Desafios para as Empresas do Setor

No contexto que envolve as discussões sobre as Mudanças Climáticas, na COP 21 em Paris, tanto as ações quanto os indicadores das políticas socioambientais das empresas do setor elétrico estão fortemente ligados aos desafios na busca por investimentos para cumprimento das metas da NDC, principalmente àqueles ligados ao aumento da eficiência energética dos sistemas e o incremento das energias renováveis na matriz energética brasileira.

Frente às metas da NDC brasileira (MMA, 2015) o mercado de energia elétrica deverá intensificar o atendimento aos planos nacionais de adaptação e mitigação, somando esforços para que os índices socioambientais das empresas do setor adéquem-se às tendências internacionais, como por exemplo a mudança e ampliação do termo “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL” para “Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável – MDS. Em fase e conforme Miranda (2012), existe a necessidade de inserção da Análise do Ciclo de Vida - ASV nos cálculos da eficiência ecológica das plantas e sistemas de Geração e Transmissão - G&T, mostrando como tal abordagem é relevante para o planejamento energético que busque mitigar as emissões de GEE no cumprimento das metas da NDC.

Outro ponto de impacto para o setor está no fato de que com a redução brasileira nas taxas de desmatamento nos últimos 10 anos, o setor de energia passará a figurar entre os maiores contribuidores no rol das emissões de GEE, passando dos 11% das emissões em 2003 para 29% em 2013 (CEBDS, 2014). A tabela 3 apresenta o cenário de ampliação da capacidade instalada de geração elétrica por fonte até 2024, conforme o Plano Decenal de Energia – PDE 2024 (EPE, 2016).

<b>CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SIN (GW)</b>	<b>2014</b>	<b>2019</b>	<b>2024</b>
HIDRÁULICA	89,8	109	117
NUCLEAR	2	3,4	3,4
TÉRMICA	19,6	23,3	29,6
PCH+EÓLICA+BIOMASSA+SO-LAR	21,5	36,1	56,4
<b>TOTAL</b>	<b>132,9</b>	<b>171,9</b>	<b>206,4</b>

Tabela 3 – Ampliação da capacidade instalada de geração de energia elétrica por fonte até 2024

Fonte: Adaptado de PDE 2024

O quadro 1 apresenta uma síntese dos principais riscos e os impactos nos negócios do setor elétrico brasileiro conforme relatório do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS do ano de 2014, intitulado “Riscos Climáticos: Como o Setor Empresarial está se adaptando?”, conforme segue:

<b>SETOR ELÉTRICO: RISCOS E IMPACTOS NOS NEGÓCIOS</b>	
<b>FATOR DE RISCO</b>	<b>IMPACTO NOS NEGÓCIOS</b>
Alterações físicas do clima Exemplos: mudanças nos padrões de precipitação e estiagens prolongadas	Redução na geração de energia hidrelétrica e/ou interrupção das operações.
Alterações físicas do clima Exemplos: mudanças nos padrões de precipitação e estiagens prolongadas	Perda de eficiência de torres de resfriamento em usinas térmicas e nucleares e conseqüente redução na qualidade do fluido devido à escassez hídrica.
Alterações físicas do clima Exemplos: mudanças nos padrões de precipitação	Assoreamento dos reservatórios em razão do aumento na intensidade das chuvas.
Alterações físicas do clima Exemplos: ciclones tropicais e tempestades	Danos à infra-estrutura de transmissão e distribuição e interrupção do fornecimento de energia elétrica.
Alterações físicas do clima Exemplos: ciclones tropicais e tempestades	Aumento de multas e processos devido à interrupção no fornecimento de energia.
Novas Regulamentações Exemplo: precificação de carbono	Elevação dos custos de operação das usinas térmicas.

Quadro 1 – Os fatores de risco e os impactos nos negócios do setor elétrico

Fonte: Adaptado de CEBDS 2014

### 3.2 Oportunidades para as Empresas do Setor

A busca pelas metas da NDC brasileira coloca as empresas do setor elétrico, assim como, os demais setores da economia brasileira, em um caminho de avaliação das novas possibilidades, dispositivos e tendências de mercado, o que inclui a captação de recursos via emissão de títulos verdes (os chamados Green Bonds), via fundos

nacionais de fomento às ações de adaptação e mitigação como o Fundo Nacional de Mudanças do Clima (criado pela Lei Federal 12.114/2009) e o desenvolvimento de parcerias com entidades da sociedade civil. Tais parcerias possibilitam ainda que as empresas tenham acesso aos fundos verdes internacionais, a exemplo do Global Environment Facility – GEF, bem como possam usufruir da legislação tributária que permite aporte de recursos a título de renúncia fiscal em ações sociais e ambientais, conforme preconiza a norma ABNT NBR ISO 26000 (ABNT, 2010). Ainda quanto aos fundos internacionais e planos de trabalho vinculados a UNFCCC é possível citar o Adaptation Fund, Least Developed Countries Fund, Climate Finance Portal, Fast-start Finance, Special Climate Change Fund e o Standing Committee on Finance (UNFCCC, 2016). Segundo o Acordo de Paris (MMA, 2016), em seu item 54, na seção de finanças

a Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes do Acordo de Paris, deve definir uma nova meta quantificada coletiva de um piso de US\$ 100 bilhões por ano, tendo em conta as necessidades e prioridades dos países em desenvolvimento.(MMA, 2016, \_\_p).

Com relação às parcerias com as entidades da sociedade civil com qualificação de Organização da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP pelo Ministério da Justiça (MJ, 2016), as empresas do setor elétrico têm a oportunidade de atualizar-se com relação às possibilidades do desenvolvimento de ações socioambientais com recursos oriundos de renúncia fiscal. Tais mecanismos, a exemplo da Lei Federal 9.249/95 (BRASIL, 1995), que permite que as empresas optantes pelo regime de lucro real na tributação possam destinar recursos de até 3,5% (2+1,5) de seu lucro operacional (LO) antes da dedução do IR e da CSLL, podem ser aplicados em projetos e programas socioambientais desenvolvidos através da parceria com as entidades da sociedade civil e centros educacionais de pesquisa, o que inclui projetos de eficiência energética e ações de combate às mudanças climáticas (atividades meio). A título de aplicação do referido mecanismo tributário, apresenta-se na Figura 1 um exemplo de recursos disponíveis para uma empresa de distribuição de energia elétrica do Brasil:

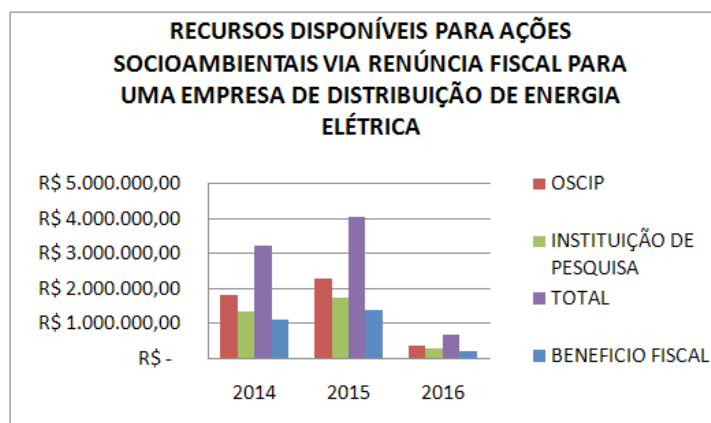


Figura 1 – Recursos disponíveis através de renúncia fiscal federal para uma empresa de distribuição de energia elétrica do Brasil

Fonte: Elaboração própria

O gráfico da Figura 1 retrata os valores disponíveis através do referido mecanismo de renúncia fiscal aplicado a uma empresa cujo lucro operacional do triênio foi de R\$ 228,581 milhões (até o 2º trimestre de 2016). O valor disponível no período a título de renúncia fiscal é de pouco mais de R\$ 8 milhões, sendo o benefício fiscal total equivalente a pouco mais de R\$ 2,8 milhões, o que representa em média 1,22% do lucro operacional total da empresa no triênio.

Quanto ao início das operações do mercado de títulos verdes no Brasil, um indicador de que o fortalecimento deste mercado e sua relação com as metas da NDC é uma realidade, encontra-se na iniciativa da Federação Brasileira de Bancos - FEBRABAN e do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS em lançar o “Guia para Emissão de Títulos Verdes no Brasil” em Outubro de 2016. Nele, além do conceito, das tendências e do estágio de desenvolvimento do mercado internacional, há orientações para captação e aplicação em programas de adaptação e mitigação às mudanças do clima, tal como já fazem empresas como a BRF e a Suzano Papel e Celulose. Outra opinião de importante *player* do mercado financeiro é dada pelo Gerente Geral da Unidade de Negócios Sociais e Desenvolvimento Social do Banco do Brasil, Asclepius Ramatiz Lopes Soares (Soares, 2016). Em seu estudo, SOARES (2016) revela não somente um futuro de novos caminhos para o enfrentamento das emissões de GEE, mas também o comprometimento das maiores entidades financeiras do Brasil e do exterior ao afirmar que “o Banco do Brasil trabalho com a perspectiva de apoiar a organização do mercado nacional de Green Bonds e de parcerias com outras instituições financeiras e organismos internacionais, no sentido de desenhar estruturas que transponham os desafios e viabilizem o acesso aos capitais internacionais”.

A BRF, empresa do setor alimentício, emitiu Sênior Notes no valor total de EUR 500 milhões, com *rating* BBB e cupom de 2,75% em maio de 2015, tendo sido o primeiro Título Verde de uma empresa brasileira cujos recursos destinam-se ao financiamento de projetos com o objetivo de reduzir o consumo de água e eletricidade, diminuir emissões de GEE e reduzir a geração de resíduos (FEBRABAN, 2016). Ainda segundo a FEBRABAN (2016), a Suzano Papel e Celulose emitiu em julho de 2016 seus primeiros Títulos Verdes no valor de US\$ 500 milhões, com *rating* BB+ e cupom de 5,75%. A Suzano irá utilizar tais recursos para atividades de manejo das florestas da empresa (que possuem certificação de manejo florestal atestada), conservação, eficiência energética, tratamento de efluentes e projetos de energia renovável. Outro ponto de oportunidade consolidado é o incremento da representatividade de fontes renováveis de energia na matriz elétrica nacional, conforme apresentado pelo plano decenal de energia – PDE 2024 (EPE, 2016).

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com destaque para as questões que envolvem a regulação climática internacional e sua importância para o setor elétrico brasileiro, as respostas aos questionamentos

da metodologia proporcionam uma síntese dos principais desafios, incertezas e oportunidades do mercado de energia elétrica vinculadas ao Acordo de Paris. No que diz respeito à tal regulação o estudo apresenta os valores percentuais e brutos da NDC Brasileira, assim como uma visão do fator de risco e impacto nos negócios das empresas do setor. Tal visão insere a análise do ciclo de vida – ASV como ferramenta fundamental para os cálculos das emissões de GEE com impacto na eficiência ecológica dos sistemas de G&T das empresas, individualmente, enquanto pessoas jurídicas da relação cliente/empresa.

Além, dos desafios institucionais do setor elétrico frente à necessidade de melhoria na eficiência energética do Sistema Interligado Nacional – SIN e do incremento na participação das fontes renováveis na matriz energética nacional, outro ponto importante de atenção quanto ao Acordo de Paris é a mudança e ampliação do termo “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL” para “Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável – MDS”. Esta visão institucional da participação das empresas certamente irá lastrear as ações individuais de cada uma, pautadas na legislação nacional e demais decisões dos órgãos governamentais e demais atores do setor elétrico como o MME, ANEEL, EPE, OMS e CCEE.

Por outro lado, a pesquisa revela a existência de pontos positivos, no que tange a busca por recursos financeiros e “investimentos verdes” para o setor, a exemplo dos fundos internacionais para mudanças climáticas (o Adaptation Fund, o Least Developed Countries Fund, o Special Climate Change Fund e o Global Environment Facility), da captação de investimentos através da emissão de títulos verdes e da utilização de mecanismos de renúncia fiscal através de parcerias com as entidades da sociedade civil, todos relacionados aos índices econômicos e socioambientais das empresas do setor.

Na Figura 2 é possível observar os gastos provisionados para projetos e programas socioambientais e P&D da empresa de distribuição de energia elétrica citada:

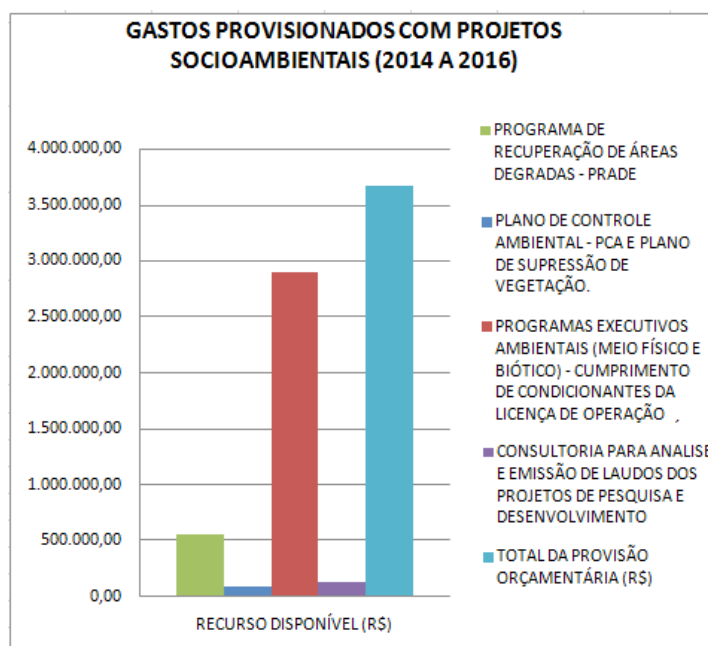


Figura 2 – Gastos provisionados pela gerencia socioambiental e P&D de uma empresa de distribuição de energia elétrica do Brasil

Fonte: Elaboração própria

O gráfico da Figura 2 indica que dos R\$ 3.673.987,28 (total da provisão orçamentária) provisionados para os projetos especificados de 2014 a 2016, a empresa aportaria R\$ 2.800.117,25 (equivalente aos 3,5% do lucro operacional no período de avaliação) através da referida legislação tributária federal de renúncia fiscal. Ao final do processo a empresa arcaria com R\$ 873.870,03 do total necessário ao desenvolvimento das ações socioambientais e P&D (\*os não elencáveis pela legislação específica ligados à ANEEL, a título de complementares) o que representaria uma economia de 76% do total provisionado aos projetos especificados no triênio.

Tais desafios e oportunidades podem ser diretamente relacionados com o que consta no inciso V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) onde afirma-se que “para assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente equilibrado, o Poder Público está incumbido à controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente”. Da mesma forma, relaciona-se como princípio 16 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ONU, 1992), que indica que “as autoridades nacionais devem promover a internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em vista a abordagem segundo a qual o poluidor deve arcar com o custo da poluição, com a devida atenção ao interesse público e sem provocar distorções no comércio e nos investimentos internacionais”.

## 5 | CONCLUSÃO

Com foco no Acordo de Paris e conforme consta em um dos mais importantes documentos que relacionam as mudanças climáticas à economia global, o Relatório Stern (STERN, 2006), o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono no setor de energia deverá expandir cerca de 20 vezes ao longo dos próximos 40-50 anos para estabilizar as emissões, exigindo novos olhares e práticas para o desenvolvimento e a implementação de novas tecnologias.

Dessa forma e frente aos desafios e oportunidades avaliados neste estudo, pode-se concluir que o setor elétrico brasileiro deverá aprimorar os mecanismos positivos já praticados, bem como buscar por novas oportunidades que potencializem o cumprimento das metas da NDC e assim consolidem um caminho para a economia de baixo carbono. As ferramentas positivas apresentadas neste estudo, para fortalecer o enquadramento das empresas do setor, estão intimamente ligadas ao caráter da captação de recursos e fomento aos programas e projetos de mitigação e adaptação das mudanças climáticas. Contudo, é necessário que estudos futuros avaliem, também, outras ações potencializadoras quanto às propostas de melhoria nos padrões



de cálculo das emissões de GEE. Um grande exemplo seria a afirmação de que “as emissões de GEE de Pequenas centrais hidrelétricas - PCHs podem ser consideradas desprezíveis e, ainda, que a bioeletricidade possui um balanço neutro de emissões de CO<sub>2</sub>, uma vez que o carbono resultante da queima é o mesmo absorvido no processo de fotossíntese”, notando-se que a elaboração do PDE 2024 pela Empresa de Pesquisa Energética não leva em consideração o mecanismo de análise do ciclo de vida (ASV) no cálculo das emissões de GEE.

Desta forma, este estudo também propõe como pesquisa futura uma avaliação técnica mais ampla da importância da inserção da ASV nos cálculos das emissões de GEE, tanto individualmente pelas empresas, quanto institucionalmente pelo setor, avaliação esta a ser refletida nos relatórios governamentais como os planos decenais de energia (PDEs). Outra sugestão para estudo é a avaliação da potencialidade da norma ABNT NBR ISO 26000 (ABNT, 2010) frente às demandas do Acordo de Paris, principalmente no que tange a questão do lastro da responsabilidade social na cadeia de fornecedores versus a necessidade de inserção da ASV no cálculo das emissões de GEE.

Ainda, visto que os mecanismos que regularão o fundo verde (a ser criado no âmbito do Acordo de Paris) ainda serão debatidos amplamente na COP 22 e 23 até se tornem efetivas, destaca-se a necessidade de realizar estudos abrangendo a atualização do tema até um momento adequado em que este possa ser caracterizado como parte integrante da realidade industrial. Sempre em sintonia com o tema captação de recursos, os estudos futuros deverão atualizar constantemente a situação do mercado de Green Bonds (oferta, demanda, câmbio), dos processos de fomento via Fundo Nacional de Mudanças do Clima e dos fundos internacionais que apoiam iniciativas de combate à emissão de GEE como o Adaptation Fund, o Least Developed Countries Fund, o Special Climate Change Fund e o Global Environment Facility, principais fontes de fomento no âmbito da UNFCCC.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Norma Técnica ABNT NBR ISO 26000:2010, Diretrizes sobre Responsabilidade Social. Primeira Edição, 2010, Distribuição Gratuita. Disponível em: <[http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield\\_generico\\_imagens-filefield-description%5D\\_65.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/arquivos/%5Bfield_generico_imagens-filefield-description%5D_65.pdf)>, acesso em: 11 out. 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>, acesso em: 11 nov. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>, acesso em: 11 out. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 12.114, de 09 de dezembro de 2009**. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6º e 5º da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm)>, acesso

em: 11 de out. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 9.249, de 26 de dezembro de 1995.** Altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas, bem como da contribuição social sobre o lucro líquido, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9249.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9249.htm)>, acesso em: 16 set. 2016.

CEBDS. **Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável.** Riscos Climáticos: Como o Setor Empresarial está se adaptando? Disponível em:<[http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/11/Gerenciamento-Clima-Completo\\_Final.pdf](http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/11/Gerenciamento-Clima-Completo_Final.pdf)>, acesso em: 25 out. 2016.

EPE. **Empresa Brasileira de Pesquisa Energética.** O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia – Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20ndc.pdf>>, acesso em: 25 de out. 2016.

EPE. **Empresa Brasileira de Pesquisa Energética.** Plano Nacional de Expansão de Energia 2024 – Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>>, acesso em: 25 de out. 2016.

EPE. **Empresa Brasileira de Pesquisa Energética.** Balanço Energético Nacional – BEN 2016 – Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>, acesso em: 25 out. 2016.

FEBRABAN. **Federação Brasileira de Bancos.** Guia para Emissão de Títulos Verdes no Brasil. Disponível em:< [https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Titulos%20Verdes%20%20Guia%20Febraban%20CBDS%20-%20vConsulta%20Publica\\_final.pdf](https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Titulos%20Verdes%20%20Guia%20Febraban%20CBDS%20-%20vConsulta%20Publica_final.pdf)>, acesso em: 25 de out. 2016.

IEMA. **Instituto de Energia e Meio Ambiente.** Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor de energia e processos industriais. Disponível em:<[https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeq.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/energia\\_industria\\_2015.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeq.tracersoft.com.br/wp-content/uploads/2015/08/energia_industria_2015.pdf)>, acesso em: 25 out. 2016.

MIRANDA, M.M. de. **Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica do Brasil: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida.** 162 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2012.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente.** Acordo de Paris. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>, acesso em: 11 out. 2016.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente.** Plano Nacional de Adaptação à Mudança Do Clima. Vol I, Estratégia Geral. Disponível em:< [http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA\\_Volume%20I.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Volume%20I.pdf)>, acesso em 25 out. 2016.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente.** NDC Brasileira: versão em português. Disponível em:<[http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/ndc/BRASIL\\_ndc\\_portugues.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/ndc/BRASIL_ndc_portugues.pdf). 2015>, acesso em: 25 out. 2016.

MJ. **Ministério da Justiça.** Qualificação de Entidades como Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP. Disponível em:< <http://www.justica.gov.br/central-de-atendimento/entidades/oscip>>, acesso em: 15 set. 2016.

ONU. **Organização das Nações Unidas.** Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Disponível em:< <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>, acesso em: 15 out. 2016.

SALVIA, A. L. et al. **Desafios na aplicação da sustentabilidade no setor elétrico brasileiro.** IX EGEPE - Encontro de Estudos Sobre Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas. Passo Fundo, RS, 16 a 18 de Março de 2016.

SOARES, A. R. L. **Green Bonds: mercado do futuro**. Disponível em: <[http://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/imprensa/n/53641/Estudo:%20Green%20Bonds:%20mercado%20do%20futuro#/>, acesso em: 05 nov. 2016.](http://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/imprensa/n/53641/Estudo:%20Green%20Bonds:%20mercado%20do%20futuro#/)

STERN, N. **The Economics of Climate Change. 2006**. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview\\_report\\_compl\\_ete.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_compl_ete.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

UNFCCC. **United Nation Framework Convention on Climate Change**. Conferência, “Conferência das Partes, Vigésima Primeira Sessão, Adoção do Acordo de Paris”. Paris, França, 30 nov. a 11 dez. 2015.

## OS CRITÉRIOS ENERGÉTICO-ECONÔMICOS UTILIZADOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: REFLEXÕES SOBRE ALGUNS MITOS E A NECESSIDADE DE UMA NOVA AGENDA

**Luiz Claudio Gutierrez Duarte**  
GPM/Unilasalle

**RESUMO:** A presente IT não tem a finalidade de definir os critérios a serem utilizados pelo Planejamento da Expansão de Geração de Energia Elétrica (PEGEE), mas sim convidar os profissionais, acadêmicos e demais interessados a refletirem se os procedimentos hoje usados são suficientes para a configuração de um sistema que, gradativamente, está diminuindo a sua vantagem comparativa representada pela regularização plurianual, como também está aumentando as participações tanto de usinas termoeletricas, com predominância de suprimento a gás natural, quanto fontes alternativas de energia (eólica, solar e biomassa). Talvez uma parte da resposta esteja nos fundamentos que deram origem as atuais abordagens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Critérios Energético-Econômicos, Custo de Déficit, Custos Marginais, Garantia Física, Taxa de Desconto.

### 1 | INTRODUÇÃO

Pode-se considerar, de uma maneira expedita, que a Indústria de Energia Elétrica Brasileira (IEEB) passou por quatro fases : a primeira (até 1982) foi caracterizada pela ação do Estado na expansão

da infraestrutura (“Estado Empresário”), onde as necessidades de financiamento eram supridas por um modelo tripartite (geração interna de recursos, recursos institucionais e da união-estados e municípios) que depois foi substituído por um crescente endividamento das empresas públicas (Duarte, 2003); a segunda fase (1983 – 1993) apresentou uma total deterioração dos serviços da IEEB e afetou o equilíbrio econômico financeiro dada a estagnação dos empréstimos internacionais para os países em desenvolvimento (Pinto Junior, 1997). A fase três (1994-2002) caracterizou-se pela colocação de diversos diplomas legais que contribuíram para um processo de privatização da IEEB e colocou o Estado no papel de regulador e indutor de competição nos segmentos de geração e comercialização de energia elétrica. Cabe observar que esta reforma de cunho liberal teve seu momento crítico quando da crise de abastecimento no biênio 2001-2002 e implicou que o governo tomasse medidas drásticas de racionamento de energia elétrica. A quarta fase (2003-2014) apresentou primeiramente um novo modelo cujos objetivos principais abrangeram: segurança de suprimento, modicidade tarifária e inserção social a partir de programas de universalização de atendimento. Entretanto, as medidas populistas advindas da lei 2.873, associada à crise de abastecimento de energia elétrica, criaram como resultante um

aumento tarifário para o ano de 2015. Atualmente está sendo discutido um projeto de lei que propõe reformas modernizantes na IEEB tais como: eliminação de barreiras à entrada de investidores estrangeiros, melhoria na flexibilidade de gestão de compras, melhorias na gestão do risco hidrológico, implementação da tarifa horária, etc.

Até o final do século passado a IEEB caracterizava-se como um sistema basicamente hidroelétrico, cuja regularização plurianual representava uma vantagem comparativa em relação a outros sistemas mundiais análogos. A singularidade deste sistema é resultado da complexidade de gestão do compartilhamento de uma reserva hídrica entre os diversos agentes. Além disso, a existência de um acoplamento temporal implicou na contínua preocupação dos tomadores de decisão (regulador, planejador, operador e demais agentes) em tentar atender os consumidores atuais e potenciais pelo mínimo custo possível. Tal função objetivo configura-se num problema de otimização estocástica de grande porte cuja resolução é acompanhada pela crescente evolução, por um lado, tecnológica e comercial da microinformática e, por outro lado, do uso de métodos e ferramentas matemáticas de apoio à decisão (computação evolucionária, programação matemática, séries temporais, teoria dos jogos, etc.). No tocante ao Planejamento da Expansão de Geração de Energia Elétrica (PEGEE), observa-se que, a partir de um corpo técnico altamente qualificado, formado nas décadas de 1970 e 1980, possibilitou o desenvolvimento de critérios de garantia de suprimento que, de uma maneira geral, são utilizados até hoje. Portanto, cabe perguntar se as premissas constantes nos critérios energético-econômicos são obedecidas ou se a PEGEE posiciona-se numa situação que, na Psicologia Cognitiva, é chamada de Efeito de Ancoragem e Ajustamento. Tal conceito está relacionado à dificuldade humana de se afastar de uma informação recebida quando em processo de decisão. Segundo Frank (2013), a partir das idéias de Kahneman e Tversky, tal efeito resulta em estimativas viesadas. Em primeiro lugar, em razão da “âncora” inicial não está relacionada ao valor estimado e, em segundo lugar, mesmo havendo uma relação, as pessoas tendem a ajustá-la muito pouco.

Além dessa introdução, este trabalho está dividido em mais três partes: o item 2 apresenta um breve histórico do planejamento da expansão. Já na parte 3, discute-se os conceitos e métricas utilizados no PEGEE. Finalmente, uma pequena conclusão é apresentada no item 4.

## **2 | BREVE HISTÓRIO DO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO**

Segundo Fortunato (1990), o processo de planejamento pode ser definido como a análise sistemática e ordenada de informações, tendo como objetivo subsidiar a tomada de decisões. O planejamento da IEEB apresenta duas etapas sequenciais, quais sejam: expansão e operação. A primeira se preocupa com as decisões de aumento da capacidade instalada, visando atender a um mercado consumidor crescente. Por meio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), são realizados estudos com um horizonte de 20 a 30 anos à frente (Plano Nacional de Energia) e de 10 anos (Plano Decenal de Energia). A segunda tem como responsável o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e as análises se concentram no horizonte de curto prazo (dias, semanas ou

meses) e para um período de 3 anos.

## **2.1 Fase Inicial (até 1962)**

Nesta época os sistemas elétricos eram, com exceção do Rio de Janeiro e São Paulo, de pequeno porte. A construção e a operação eram realizadas por empresas privadas, como também pelas estatais existentes federal (Chesf e Furnas) ou estadual (Cemig). No tocante às expansões da capacidade de suprimento, quer em nível de geração quer de transmissão, eram feitas nas próprias áreas de concessão. Nos anos de 1961 e 1962 foram criados o Ministério de Minas e Energia e a Eletrobrás, respectivamente.

## **2.2 Fase da Descoberta (1963-1970): Canambra e o Critério Determinístico**

O crescimento da demanda de energia, bem como a integração operacional entre diversas concessionárias da Região Sudeste, proporcionou a necessidade de estabelecer um planejamento elétrico integrado de longo prazo. A partir de um aporte de recursos do Banco Mundial, foi constituído o consórcio Canambra, formada por duas empresas canadenses (Montreal Engineering e G.E.Grispen and Associates) e uma empresa norte-americana (Gibbs and Hill). Estas firmas tinham como tarefa a execução do potencial hidráulico e do mercado de energia elétrica da Região Sudeste. A supervisão dos trabalhos era brasileira, do Comitê de Estudos Energéticos Centro-Sul.

O Relatório final da Canambra foi entregue em dezembro de 1966 e continha um programa de obras de longo prazo, estudos de inventário e de mercado de energia. Cabe observar que o documento destacava os benefícios advindos da interligação do sistema de predominância hidroelétrica tal como o brasileiro. Com relação às Usinas Termoelétricas (UTES) à carvão, proveniente da região carbonífera do Sul, o texto informava não haver nenhuma vantagem na sua operação para atendimento da Região Sudeste, o mesmo acontecendo para usinas nucleares. No final da década de 60, foram realizados os Estudos Energéticos da Região Sul, abrangendo os estados do Paraná (excetuando a região Norte), Santa Catarina e Rio Grande do Sul, tendo a supervisão do Comitê Coordenador de Estudos Energéticos do Sul (ENERSUL). Nesta fase, os estudos de suprimento de energia e ponta baseavam-se numa abordagem determinística, isto é, ignorava-se que a vazão era uma variável aleatória (cf. 3.1).

## **2.3 Fase de Aprimoramento (década de 1970): a Eletrobrás como planejadora do setor e o uso de modelos energéticos**

A Eletrobrás consolida-se como a responsável pelo planejamento do setor elétrico, seja na questão dos inventários das bacias hidrográficas, seja na elaboração de planos de expansão da geração, como também no planejamento e implantação de redes de transmissão a longa distância. Portanto, os conflitos existentes com outras empresas, quer de cunho federal (Chesf e Furnas), quer estadual (Cesp e Cemig) foram reduzidos em razão do crescimento econômico acelerado, bem como o período

autoritário que o país atravessava. Na primeira metade da década de 1970, a empresa elabora relatórios os quais sinalizavam o definitivo abandono do planejamento em nível da empresa para aquele que proporcionará uma ótica mais regional. Desta maneira, houve a necessidade do sistema criar organismos que fossem capazes de coordenar atividades relacionadas ao planejamento da operação e aos estudos de transmissão e distribuição de energia elétrica dos sistemas interligados Norte/Nordeste e Sul/Sudeste/C.Oeste, quais sejam: Comitê Coordenador de Operação Norte/Nordeste (CCON) e o Grupo Coordenador para Operação Interligada (GCOI).

A segunda metade da década de 70 foi marcada pelo compromisso do governo com a implantação do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) e, como consequência, a Eletrobrás elaborou o Plano de Atendimento de Energia Elétrica até 1990 das regiões Sudeste e Centro Oeste (Plano 90) que obedecia às diretrizes estabelecidas pelo II PND. O Plano 90 era extremamente dependente do projeto de Itaipu e do programa nuclear brasileiro. A inserção sobre estes dois projetos, conforme comentado por especialistas (Eletrobras, 2001), foi tratada fora do âmbito técnico do setor. No ano de 1977, houve a elaboração do primeiro plano com um enfoque nacional (Plano 95) o qual apresentou a estimativa do potencial de energia firme em 104,5 GW médios (Eletrobras, 2002).

Neste período, cabe destacar dois pontos ligados ao planejamento da expansão. Em primeiro lugar, o início da abordagem probabilística para o critério de suprimento de energia e ponta (cf. 3.2). O segundo se refere a criação, em 1974, do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (Cepel), com responsabilidade sobre a metodologia e desenvolvimento de modelos energéticos a serem utilizados a nível nacional.

#### **2.4 Fase Áurea (década de 1980): Criação do GCPS, Critério Probabilístico e a Abordagem Marginalista**

Segundo Duarte (1998), apesar de conhecida como década perdida em razão da crise econômica-financeira que o país passou e que culminou em moratória e fracassos de diversos planos econômicos, a PEGEE começou a adquirir uma qualidade técnica que, posteriormente, seria reconhecida a nível internacional. Começou com a criação, em 1982, do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS) cuja estruturação, ao contrário do GCOI, se deu a partir de grupos de coordenação de suprimento energético e de transmissão, tendo sido formalizado a partir da promulgação de portaria do Ministério de Minas e Energia. O GCPS era dividido por regiões (Norte-Nordeste e Sul-Sudeste-Centro Oeste) e sua estrutura organizacional continha comitês técnicos relacionados aos estudos energético, de mercado e de transmissão. No tocante ao Comitê Técnico de Estudos Energéticos (CTEE) existiam dois grupos de trabalho. O Grupo de Trabalho de Critérios de Planejamento da Expansão (GTPE) com responsabilidades por questões metodológicas. Já o Grupo de Trabalho de Análise do Planejamento da Geração (GTPG) implementava os critérios estabelecidos pelo GTPE.

Nesta época surgem dois relatórios que serviram de referência para as publicações realizadas hoje em dia pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O primeiro chamado de Plano Decenal de Expansão (PDE), com periodicidade anual, preocupava-se, dentro de uma perspectiva de expansão do sistema de geração, em ajustar os programas de obras de geração e transmissão de acordo com as variações conjunturais como mudanças na previsão de mercado e restrições físico-financeiras de obras em andamento. O segundo tinha uma perspectiva de mais longo prazo, com periodicidade quinquenal, com a finalidade de identificar a composição esperada do parque gerador e dos troncos de transmissão para interligações regionais, bem como determinar a necessidade de investimentos em processos tecnológicos e industriais num horizonte entre 20 e 30 anos. Sendo assim, foram produzidos o Plano de Suprimento aos Requisitos de Energia Elétrica até o ano 2000 (Plano 2000) e o Plano Nacional de Energia Elétrica 1987-2010 (Plano 2010). Este último envolveu a participação, dentro do espírito de redemocratização do país, tanto de concessionárias de energia elétrica quanto entidades públicas e privadas. Cabe observar que a questão ambiental inserida no Plano 2010 contribuiu posteriormente para a criação do Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente (Comase).

Pode-se dizer que a década de 1980 é a fase de ouro do planejamento da expansão em razão das três metodologias que são usadas até hoje, quais sejam: a primeira está relacionada ao dimensionamento energético-econômico de um empreendimento hidroelétrico que tem como otimizar o aproveitamento energético do potencial local, a partir de uma análise baseada na razão benefício-custo incremental evitando assim a tendência a supermotorização. Tal fato acontecia em razão do sinal contrário dado pela regra tarifária, baseada pelo custo de serviço, o qual incentivava as supridoras (regional ou de área) a colocarem mais potência do que seria econômico. Conforme comentário de um especialista do setor sobre esta questão: “O que puxa a expansão é a construção de barragens e de usinas, e não a demanda máxima” (Eletrobras, 2001, p.140). O segundo e terceiro pontos se referem aos Critério de Suprimento Probabilístico e Abordagem Marginalista (cf. 3.2 e 3.3).

## **2.5 Fase de Transição (década de 1990): Diplomas Legais, Declínio da Eletrobrás, Extinção do GCPS e o Ambiente de Incerteza**

O questionamento por parte dos organismos multilaterais (Banco Mundial e Banco Interamericano) relativo à integração vertical e a estrutura de mercado monopolista existentes nos setores de infraestrutura dos países em desenvolvimento proporcionou a abertura, na década de 1990, ao capital privado. Diante disso, a forma de captação de recursos passou de Mercado de Crédito (Créditos Bancários) para Mercado de Capitais (Emissão de Títulos Financeiros).

Na primeira metade da década de 1990, foram desenvolvidos vários diplomas legais para a IEEB cujo objetivo final era de se chegar a livre comercialização de energia elétrica. Na segunda metade foi contratado um consórcio, liderado pela



Cooper's e Lybrand, que realizou um estudo abrangente sobre a reforma do setor elétrico chamado de Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB). A implementação do Projeto RE-SEB transferia para o setor privado a responsabilidade da operação e investimento na IEEB, cabendo ao governo federal a elaboração de políticas energéticas e de regulamentação. Sendo assim, tentava-se efetuar a transição entre o velho paradigma representado pelo “Estado Empresário” e o novo onde o Estado teria o papel de indutor da competição nos segmentos de geração e comercialização. Com referência ao planejamento da expansão, o RE-SEB recomendava a passagem de um contexto determinativo para indicativo e a otimização energética do sistema separada de questões relacionadas ao fluxo financeiro entre os agentes. A Eletrobrás que outrora se localizava no topo de uma estrutura de governança hierarquizada que proporcionava a concentração de diversas atividades (operação, planejamento e financiamento) e até mesmo a captura do órgão regulador perdia, no final da década de 1990, tanto a operação para o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) quanto o planejamento, com a extinção do GCPS e a transferência dessa atividade para o Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão (CCPE) vinculado à Secretaria Nacional de Energia. A passagem abrupta do GCPS para o CCPE criou um vazio na coordenação dos trabalhos principalmente em relação aos aspectos metodológicos. Este ficou sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia e orientação do Conselho de Política Energética (CNPE), criado em 1998, com função de ser um órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas e diretrizes de energia.

Um fator de destaque nesta fase foi a elaboração do Plano 2015, com coordenação da Eletrobras, cujos seminários temáticos (metodologia de planejamento, oferta de energia elétrica, transmissão, distribuição, meio ambiente, política industrial, etc.) tiveram a presença de profissionais do setor, da academia e da sociedade organizada.

Em termos de implementação de metodologias no PEGEE cabe destacar, primeiramente, o planejamento sob incerteza (Pereira, 1991) cujo critério (mínimo máximo arrependimento) pretendia transformar o programa de expansão a custo mínimo numa estratégia de expansão. Embora apresentando uma maior flexibilidade, tal método tornou-se inviável dada a passagem de um planejamento centralizado para indicativo. Em segundo lugar, tem-se o desenvolvimento do conceito de custo evitado dada pela diferença entre o custo de geração e o custo de transmissão que um projeto poderia evitar. Tal método criava um incentivo para construção de usinas de pequeno porte localizadas no centro de carga. Por último, cabe destacar a criação do Mecanismo de Realocação de Energia para UHES com despacho centralizado.

## **2.6 Fase de Reflexão (2000-2002): Racionamento e o Comitê de Revitalização do Setor Elétrico**

A prioridade dada ao processo de privatização de empresas distribuidoras federais e estaduais de energia elétrica, em detrimento da consolidação de um marco

regulatório de energia elétrica, implicou em problemas na IEEB. A falta de regras claras afugentou o investidor interessado em aplicar seus recursos em projetos com grande prazo de maturação. Os problemas do setor culminaram com o racionamento de energia elétrica no ano de 2001, nas regiões Sudeste e Nordeste, o que impactou de forma negativa as variáveis macroeconômicas. Diante disso, foi criada a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGE), presidido pelo Ministro do Gabinete Civil, o qual constituiu o Comitê de Revitalização do Setor Elétrico com a missão de corrigir as barreiras à entrada do capital privado e desenvolver formas para o aperfeiçoamento do modelo. No tocante ao Planejamento da Expansão, continuaram a ser utilizados os mesmos parâmetros. Entretanto, o Custo Marginal de Operação (cf. 3.3) ficou sendo uma “proxy” do preço de energia e o Custo Marginal de Expansão (cf. 3.3) ficou relacionado ao Valor Normativo (VN), dado pela ANEEL. O VN era uma forma do agente regulador assegurar que a energia fosse comprada da forma mais barata possível a partir de um limite superior para o repasse da energia para os consumidores finais.

## **2.7 Fase de Ajustes (a partir de 2004) : Competição pelo Mercado ao invés de Competição no Mercado**

O novo desenho da IEEB, a partir de novos diplomas legais (Leis 10.847 e 10.848 de 15/03/2004 e 5.163 de 30/07/2007), colocou duas premissas para a garantia da expansão da geração, quais sejam (Barroso, Flach e Bezerra, 2012): todos os consumidores (cativos ou não) devem ter 100% de suas demandas cobertas por contratos e as distribuidoras somente podem comprar energia por meio leilões de contratos. Tais regras faz com que a competição no segmento de geração não esteja no mercado spot (Competição no Mercado) e sim nos contratos estabelecidos pelos agentes vencedores antes do projeto de geração ser construído (Competição pelo Mercado). Além do ONS e Aneel, foram criados os seguintes órgãos: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico-CMSE e Empresa de Pesquisa Energética-EPE. A CCEE é um organismo responsável pela comercialização de energia elétrica realizada nos ambientes de contratação livre (ACL) e regulado (ACR). O CMSE é uma entidade responsável em avaliar a segurança da energia elétrica. A EPE substituiu o CCPE, mas com uma atribuição maior uma vez que os seus planos decenal e de longo prazo referem-se ao sistema energético e não apenas a IEEB. As questões metodológicas relacionadas ao PEGEE são de responsabilidade de uma comissão consultiva atrelada ao CNPE, Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico (CPAMP), criada a partir da portaria nº 47 de 19/02/2008. Em pesquisa aos relatórios produzidos pela CPAMP (conselho Nacional de Política Energética, 2017) verifica-se assuntos relacionados à validação de modelo (Suishi) e metodologia de mecanismo de aversão a risco a ser internalizado em modelo computacional (Newave). Embora estes estudos sejam de grande importância, uma vez que o

ferramental computacional é utilizado para os serviços executados por diversos órgãos (CCEE, EPE e ONS), sente-se falta de estudos referentes aos critérios energético-econômicos, tais como eram realizados pelo Comitê Técnico de Estudos Energéticos (cf. 2.5).

### 3 | CONCEITOS E MÉTRICAS APLICADAS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO

Atualmente a IEEB se vê diante de uma transformação do seu sistema de produção de energia elétrica. Isto pode ser visto a partir do portfólio de projetos de geração onde constam a entrada de UHEs que nada contribuem para aumentar a capacidade de regularização plurianual, aumento do bloco térmico e fontes de geração intermitentes que podem provocar instabilidades no sistema. Portanto, será que os conceitos e métricas utilizados no momento respondem aos problemas advindos de um Sistema Hidrotérmico-Eólico? O presente IT não tem uma resposta pronta, porém busca contribuir para que seja feita uma reflexão sobre uma metodologia cuja construção teve como base questões econômicas, “ad hoc” e políticas. Mesmo sabendo da atual importância de ponta, privilegiou-se, neste IT, as métricas relacionadas a energia.

#### 3.1 Critério Tradicional de Suprimento

Tal abordagem, usada nos estudos da Canambra, parte da seguinte premissa: “O sistema deve ser capaz de atender à carga sem déficits no caso de ocorrência de qualquer das sequências de vazões existentes no registro histórico”. A sentença ignora o fato da vazão ser uma variável aleatória. Portanto, este enfoque determinístico define o Suprimento de Energia como a capacidade do parque gerador ser capaz de atender ao mercado projetado sem déficits de energia, no caso da ocorrência de qualquer das sequências de vazões existentes no registro histórico. Já o Suprimento de Ponta, relaciona-se ao sistema gerador ser capaz de atender, sem déficits de potência, a demanda máxima do mercado, considerando os fatores de reserva associados às taxas de saídas de unidades geradoras, devido às paradas forçadas por quebra e manutenção preventiva. Atualmente, sua utilização se faz presente no dimensionamento energético-econômico de UHEs e como fator de ponderação para o cálculo da garantia física de UHEs (cf. 3.2). Os principais conceitos associados ao Critério Tradicional são:

- I. Energia Firme ou Carga Crítica de um Sistema Gerador – máxima carga média anual constante que pode ser atendida continuamente, sem déficits, na hipótese de repetição de toda a sequência de vazões afluentes naturais registradas no histórico;
- II. Período Crítico – maior período de tempo correspondente à sequência de afluências naturais históricas, em que o reservatório do sistema, partindo do cheio, são deplecionados ao máximo possível para garantir o atendimento à carga crítica deste sistema, sem reenchimentos totais intermediários;

III. Energia Firme de uma Usina (Energia Firme Local) – é o valor esperado de energia que uma UHE é capaz de gerar ao longo do período crítico do sistema. Kelman (2002) comenta que este conceito surgiu no século XIX, associado ao dimensionamento de reservatórios para o abastecimento de água a cidades. No tocante ao setor elétrico brasileiro, sua utilização já era conhecida na década de 1950, com um enfoque mais otimista, pois baseava-se no segundo período mais seco da história. Tal fato contribuiu para a existência de racionamentos na época;

IV. Energia Firme Econômica de um Sistema Gerador - máxima carga média anual constante que pode ser atendida continuamente, sem déficits, na hipótese de repetição de toda a sequência de vazões afluentes naturais registradas no histórico considerando, no entanto, restrições de natureza econômica ao pleno atendimento das disponibilidades das usinas;

V. Energia Média de um Sistema ou Usina – é a média das energias geráveis mensais em todo o período do histórico;

VI. Energia Secundária de um Sistema ou Usina – diferença entre a energia média e a firme.

O cálculo da energia firme, tanto do sistema gerador quanto local, é feito a partir de uma simulação que não leva em conta a combinação da sequência hidrológica com a dinâmica da expansão do sistema (Simulação Estática).

### 3.2 Critério de Suprimento Probabilístico

Apesar da facilidade de cálculo e da reprodutibilidade o critério tradicional apresenta as seguintes desvantagens:

i) Possibilidade de ocorrer situações hidrológicas mais críticas do que as verificadas no passado, implicando assim na ocorrência de déficits;

ii) Não sinaliza o valor do risco de não atendimento ao mercado futuro de energia elétrica, que pode representar num escasso (excessivo) investimento no setor, caso o pior regime de afluência histórica represente uma probabilidade de ocorrência tão grande (pequena) que sua utilização como critério de planejamento implicaria uma garantia por demais pequena (elevada);

iii) Não existe uma regra de operação conjunta do sistema tendo por finalidade minimizar o custo total de operação.

iv) Dificuldade em ratear a energia firme de um sistema entre as usinas que o compõem, uma vez que a energia firme do sistema é maior do que o somatório das energias firmes das usinas isoladas em seus respectivos períodos críticos. Portanto, um rateio baseado apenas no período crítico leva a supervalorização de usinas cujas vazões, por acaso, tenham sido favoráveis neste período o que não garante, em termos estatísticos, que venham a ter vazões favoráveis no próximo período crítico.

A abordagem probabilística começou a ser elaborada em 1979 e obteve sua aprovação em 1989 pelo GCPS. Seu objetivo é assegurar que o planejamento da

expansão resulte num plano capaz de atender o mercado previsto com uma qualidade de serviço aceitável. Sendo assim, pode-se definir a Energia Garantida (EG) de um sistema hidrotérmico como a máxima carga média anual constante que pode ser suprida continuamente, de forma a atender a um critério probabilístico de garantia de suprimento. Seja uma função densidade de probabilidade em determinado período de tempo, com um plano de expansão e uma evolução de mercado. Constata-se que o PESEB deveria levar em consideração toda a curva, dado que tanto a probabilidade de ocorrência de um déficit, como a sua profundidade, são importantes. No entanto, no mundo real, tal procedimento é bastante complicado ou mesmo impossível. Diante disso, foram desenvolvidas três opções para calcular a energia garantida de um sistema hidrotérmico (Carvalho, Rosenblatt e Pinheiro, 1980; Carvalho, Rosenblatt e Pinheiro, 1981; GCPS, 1982; Rosenblatt, 1980). O primeiro enfoque baseia-se na Probabilidade Anual de Déficit (PDEF). Outra abordagem está relacionada a convolução da curva com uma função o qual corresponde ao déficit esperado. Por último, tem-se a opção dada pela convolução da curva com a função custo unitário de déficit de energia. Cabe observar que qualquer um dos procedimentos faz com que toda a informação contida na curva se transforme num único valor. Estes enfoques fizeram com que fossem desenvolvidos dois métodos:

### *3.2.1 Método Baseado nos Custos Marginais*

A presente linha de pensamento supõe conhecido o valor econômico do não atendimento ao mercado (custo de déficit) e tendo como objetivo a minimização do custo de operação do sistema. Portanto, incrementos na carga de um sistema implicam em aumentos nos custos marginais de operação em razão da elevação dos níveis médios de geração de classes térmicas e dos valores esperados de déficits. Logo, a Energia Garantida é definida, para este método, como a carga que iguala os custos marginais esperados de curto e longo prazos do sistema. Neste ponto, para qualquer incremento da carga, será mais econômico a antecipação de um projeto de geração. As desvantagens dessa abordagem estão associados à (Carvalho, Rosenblatt e Pinheiro, op. cit.; Rosenblatt, op. cit.): dificuldade em avaliar o custo social do déficit para a economia brasileira; impossibilidade em oferecer a mesma qualidade de serviços em todas as regiões dada a constância da função custo de déficit enquanto o custo da energia é crescente; inflexibilidade no sentido de que o procedimento apresenta um único plano de expansão.

### *3.2.2 Método Baseado no Risco Anual de Déficit de Energia*

O risco anual de déficit de energia é a probabilidade de o sistema não atender a sua carga ao longo de um ano. Portanto, define-se a Energia Garantida a x% como aquela que resulta numa PDEF igual a  $(100-x)/100$ , onde o x% é denominado garantia do sistema. O uso do PDEF está relacionado ao fato do período anual não ser afetado

por transferências de déficits de outros períodos, tal como ocorre se as decisões de operações fossem mensais (eg. racionamento preventivo). A PDEF é estimada a partir de modelos de simulação que operam milhares de sequências de energias afluentes que preservam as características estatísticas contidas no registro histórico. Portanto, seu cálculo é dado pela razão entre o número de sequências com déficit no ano e o número de sequências simuladas. As vantagens de utilizar o referido critério são (Fortunato, op.cit.):

- I. Apresenta uma característica intuitiva, uma vez que o risco de déficit é uma medida palpável da qualidade de atendimento;
- II. Pode oferecer a mesma qualidade de atendimento em todos os subsistemas e períodos ao contrário do critério anterior em que a função custo de déficit é constante enquanto o custo da energia é crescente;
- III. Existe uma analogia entre Energia Garantida x% e a Energia Firme calculada no critério tradicional;
- IV. Permite que seja calculado um custo implícito de déficit (cf 3.4) e que o mesmo possa ser utilizado no cálculo de políticas de operação térmica.

Escolhido o presente método foi necessário a escolha do nível de garantia adequado. Desta maneira, procurou-se escolher um PDEF que não implicasse numa alteração demasiadamente abrupta daqueles estudos de suprimento provenientes do critério determinístico. Isto foi realizado através da simulação de várias configurações estáticas dos sistemas Sul/Sudeste e Norte/Nordeste, com ou sem térmicas, submetidas a um mercado que representava o Firme Hidráulico. Isto permitiu calcular o risco anual de déficit correspondente ao critério determinístico. Observou-se que para grande parte das configurações realizadas, o PDEF oscilou em torno de 3% a.a. Entretanto, algumas configurações futuras mostravam valores próximo a 5% a.a e assim resolveu-se relaxar o nível de risco, fixando-o neste valor. Portanto, não existiu nenhum argumento técnico para sua adoção. Outro ponto que suscita curiosidade se refere ao intervalo de confiança estabelecido para a convergência da carga crítica que se situa entre (4,8%;5,2%). Tal resultado é indicado em estudos da década de 1980 e, como no caso anterior, não existe uma explicação técnica. Se considerarmos 2000 série sintéticas, o verdadeiro valor do PDEF, considerando um intervalo de confiança de 95%, fica entre (4,04% ; 5,96%).

A disponibilidade de geração, com base na energia garantida a um dado nível de risco, pode ser calculada de duas maneiras. A primeira chamada de Linha Física o qual considera apenas a contribuição da geração de cada usina no atendimento da energia garantida em situações de período crítico. Esse procedimento não considera as contribuições dadas ao custo de operação do sistema (combustíveis e déficit) em situações não críticas. A implementação deste procedimento pode ser dada por uma segunda linha de pensamento que é a do Valor Econômico da Geração associada a

cada período (crítico ou não crítico). Estes são avaliados por meio do Custo Marginal de Operação o qual, dentro de períodos críticos, se elevará em razão da perspectiva de ocorrência de déficit de energia. O cálculo é realizado em duas etapas e diversos passos, quais sejam:

i) Etapa 1 - Determinação da Energia Garantida dos Subsistemas: são determinados os valores de energia garantida de cada classe térmica e das hidráulicas, para uma configuração estática do sistema gerador, sendo as UHEs de cada subsistema representadas de forma agregada e as usinas termoelétricas com custos variáveis de geração semelhantes também são agregadas numa mesma classe térmica representativa do sistema. Primeiramente, encontra-se a Energia Garantida do Sistema (EGS) por meio de 2000 séries sintéticas de energias afluentes, sendo o sistema simulado por 15 anos para cada série, com os sete primeiros anos e os três últimos anos tendo como objetivo a eliminação de transientes devido tanto a permanência da tendência hidrológica inicial utilizada na geração de séries sintéticas quanto em relação ao estado inicial do sistema (“perda da memória inicial do sistema”), bem como evitar geração exagerada de térmica no final do horizonte (“fim do mundo”). Logo, a estabilidade do sistema se dá num período de cinco anos onde se busca a convergência em 5% do risco de déficit de energia. Desta simulação, são determinados o Intercâmbio Esperado Ponderado de cada Subsistema (IMi) a partir da valorização pelo custo marginal médio dos subsistemas exportadores. A Energia Garantida de cada subsistema (EGi) é obtida retirando o IMi da carga crítica convergida a 5% atribuída ao subsistema i. A determinação da Energia Garantida do subsistema i entre suas classes hidráulicas e térmicas é realizada a partir de um processo de rateio, de forma proporcional ao valor econômico das gerações destas classes, dentro do respectivo subsistema. Este é definido como a ponderação das gerações da classe pelos custos marginais de operação para o subsistema.

ii) Etapa 2 – Determinação da Energia Garantida das Usinas: no caso de UTE, o cálculo se dá por intermédio da energia garantida da classe térmica e do subsistema da qual a mesma está contida de forma proporcional à sua máxima geração ao longo do ano. Já para a UHE a divisão da energia garantida de cada subsistema, ou do sistema, seu cálculo pode ser feito pelo rateio proporcional às energias firmes das usinas ou a partir da simulação de todo o histórico de vazões, ponderando-se a energia pelos custos marginais do sistema. A alternativa escolhida foi a do rateio da energia garantida por usina, tendo em vista a razão entre energia firme local e a energia firme do sistema.

Com relação as etapas apresentadas, algumas considerações são pertinentes: em primeiro lugar, percebe-se que o critério tradicional não foi abandonado no planejamento de expansão pois, além de ser o método para o dimensionamento energético

econômico de UHE, o mesmo entra como um fator ponderador para a disponibilidade de geração de UHEs; em segundo lugar, estas etapas serviram para calcular, no final da década de 1990, a Energia Assegurada de uma UHE o qual correspondia ao valor de 95% da energia garantida calculada para o aproveitamento. Dada a transformação para um Sistema Hidrotérmico-Eólico, foram acrescentadas metodologias para calcular as garantias físicas de fontes eólicas, térmicas inflexíveis, bem como uma mudança no cálculo da garantia física de um empreendimento hidroelétrico, a partir do acréscimo de uma parcela relativa ao benefício energético proporcionado em usinas a jusante (Empresa de Pesquisa Energética, 2008). Esta parcela é modificada no caso de revisão extraordinária de garantia física, cujo cálculo é dado por variações de ganho de energia física entre duas configurações, com e sem o(s) parâmetro(s) motivador(es) da revisão, segundo a Portaria 861 de 18/10/2010 do MME. Além disso, todas as garantias físicas apresentam um limite superior representado pela disponibilidade máxima de geração contínua.

### 3.3 Abordagem Marginalista

A teoria baseada na tarifa a custos marginais teve sua origem na França, com o seguinte objetivo: “... visava aproximar o resultado teórico de um mercado competitivo no quadro de um monopólio controlado pelo poder público” (Kelman, op. cit.). No final da década de 70, o setor elétrico iniciou um estudo de estrutura tarifária e contratou a *Electricité de France (EDF)* como consultora para implementação do enfoque marginalista na tarifa de energia elétrica. No tocante ao planejamento da expansão, sua importância está relacionada ao cálculo dos Custos Marginais de Operação (CMO) e de Expansão (CME). O CMO depende da política de operação térmica e de intercâmbio de energia entre as regiões. Sendo assim, o valor do CMO dependerá da fonte que atenderá ao incremento de carga no sistema. Esta pode ser de 4 formas, a saber:

- Geração térmica →  $CMO = \text{custo específico da térmica}$ ;
- Déficit →  $CMO = \text{custo unitário de déficit}$ ;
- Geração hidroelétrica sem desestoque →  $CMO = 0$ , pois corresponde a uma energia que seria vertida;
- Geração hidroelétrica com desestoque → neste caso, o CMO é igual ao custo descontado da fonte do próximo período em que a fonte marginal não seja desestoque.

Por se tratar de um sistema predominantemente hidroelétrico, o CME era aproximado por um custo incremental médio cujo cálculo estava relacionado a razão entre o operador valor presente dos acréscimos dos custos anuais de investimento, operação e manutenção, déficit e combustíveis com o operador valor presente do



acréscimo da oferta de energia garantida associada a um risco de déficit de energia de 5 % a.a. O cálculo do CME levava em consideração apenas projetos de geração que entravam entre o 6º e o 10º ano do horizonte decenal. A condição de otimalidade dar-se-ia quando  $CME = CMO$ , sendo que o custo de déficit era calculado implicitamente (Custo Implícito de Déficit de Energia – CIDE). O cálculo do CME servia como um indicador da competitividade econômica de projetos de geração, como também no cálculo da Tarifa de Suprimento de Energia entre Empresas. Na segunda metade da década de 1990, com a transformação do planejamento determinativo para indicativo, bem como a competição no mercado, as supridoras de energia elétrica não enviavam os dados necessários para o cálculo do CME. Diante desse fato, o agente planejador, GCPS e depois o CCPE, utilizaram o Custo Médio Ponderado de Geração (CMPG) como uma “proxy” do CME. Tal cálculo foi feito de modo eminentemente determinístico, pois o benefício energético de uma UHE baseava-se na Energia Firme Local e a de uma UTE levava em conta as saídas forçadas e programadas bem como sua eficiência na conversão de energia (Secretaria Nacional de Energia, 2001). Entretanto, o procedimento é descontinuado pela EPE em razão de problemas relacionados a orçamentos e substituído por uma estimativa que leva em consideração o custo médio das fontes ponderado pela previsão da expansão da oferta da energia representada pela garantia física adicionada nos próximos 5 anos (Empresa de Pesquisa Energética, 2014).

### 3.4 Custo de Déficit de Energia

Conforme informado, o critério baseado em risco anual de déficit de energia faz com que o custo de déficit de energia (CDE) seja calculado implicitamente. Seu cálculo considera duas etapas: 1) determina-se o mercado de oferta para um nível de risco dentro de um intervalo de confiança de 95%; 2) parte-se de CDE inicial e a partir de um processo iterativo, ter-se-á a condição de igualdade entre os custos marginais ( $CMO = CME$ ). Os incrementos de CDE são realizados enquanto a seguinte regra empírica for superior a 3%:  $CDE_{i+1} = CED_i \times CME_i / CMO_i$ , onde  $i$  representa a última iteração. A competição no segmento de geração implicou na necessidade de que fosse sinalizado o efetivo custo de não atendimento de energia elétrica, isto é, foi premente a construção de uma função custo de déficit que apresentasse o verdadeiro impacto econômico. No final da década de 1990, um parecer do GCPS (Eletrobras/GCPS, 1998) e trabalhos técnicos (eg: Rosenblatt, Prais e Almeida, 1998), sinalizaram a necessidade da adoção do critério do Custo Explícito de Déficit de Energia (CEDE). Neste caso, o CME é parametrizado e ajusta-se a oferta de energia, para cada ano do horizonte de simulação, de tal forma que os custos marginais de curto e longo prazos se igualem. Portanto, este critério implica que a otimalidade do plano de expansão, para cada subsistema, resulta numa probabilidade anual de déficit implícita. Problema relacionado a temporalidade, fez com que a proposta do uso da Matriz Insumo Produto para o cálculo do CEDE fosse substituída por uma abordagem

que utiliza a regressão linear entre o Produto Interno Bruto e o Consumo Energia Elétrica (CEE). Sendo assim, a estimativa do CDE é realizada por meio do produto da elasticidade PIB-CEE pela produtividade de energia elétrica (Cepel, 2001). Tal metodologia começou efetivamente a ser aplicada no planejamento da expansão, de 2008, por meio da Resolução Homologatória nº 597 de 18/12/2007 que informa os valores da Curva de Déficit. A partir daí, são realizadas homologações anuais para atualizações dos patamares de carga. Como o PEGEE trabalha com patamar único, a EPE desenvolveu uma metodologia que implicasse no menor impacto possível na média e desvio padrão dos CMOs a partir do critério de menor média de variações relativas. Estes fatos merecem os seguintes comentários:

i) A substituição do critério do risco anual de déficit não eliminou o pressuposto fundamental pois tanto o Risco Explícito de Insuficiência de Energia e, posteriormente, pela igualdade entre Custo Marginal de Operação e Custo Marginal de Expansão, apresentam um limite superior para insuficiência de déficit em 5% a.a. quando na verdade a probabilidade anual de déficit é obrigatoriamente implícita ou como afirma D'Araújo(2009): “Na realidade há uma “dupla definição” do critério de garantia. Definido o risco máximo, o setor sabe calcular qual o custo “implícito” do déficit. Por outro lado, definido um custo do déficit e adotando-se a igualdade entre cme e cmo médio, o risco está definido (grifo nosso).”

ii) Mesmo com os cuidados, quando da passagem do Custo de Déficit em 4 patamares de carga para um patamar único os seus respectivos CMO's, apresentarão distribuições distintas. Conforme visto, o CMO é o fator ponderador dos blocos hidráulico e térmico para o cálculo da garantia física. Sendo assim, existe a possibilidade de existir energias operacionalmente inviáveis como afirma D'Araújo(ibidem).

### 3.5 Taxa de Desconto

A intervenção estatal, que por um grande tempo dominou o setor de infraestrutura, não se preocupou com a questão da taxa de desconto. Na IEEB, pode-se verificar sua influência em vários segmentos. Nas concessionárias de distribuição e transmissão, está relacionada ao Custo Médio Ponderado de Capital a ser utilizado no ciclo de revisões periódicas. Nos planejamentos de operação e expansão, destaca-se sua influência nos CMOs com rebatimentos no Preço de Liquidação de Diferenças (PLDs) na garantia física e no Índice Custo Benefício (ICB) das termoeletricas. Além disso, no PEGEE, a taxa de desconto é utilizada no dimensionamento energético-econômico de UHEs. A falta de uma diretriz fez com que esse parâmetro apresentasse valores baixos cuja referência pode ter sido pela tarifa baseada no custo de serviço (remuneração anual de 10% a 12%) ou pelo Código de Águas de 1934 (remuneração mínima legal de 10% a.a.). O fato é que merece uma atenção especial do CNPE, uma vez que este parâmetro entra na otimização energética nos estudos da EPE, do ONS e do CCEE.

Fica claro que as taxas de desconto têm que ser diferentes para cada estudo. Por fim, talvez haja um dilema, pelo menos filosófico, relacionado a otimização energética centralizada. A competição entre geradores traz uma ideia de que a taxa de desconto deve ser aquela dada pelo mercado, porém a existência de curvas de aversão ao risco impõe retornos esperados mais baixos em razão do trade off do binômio retorno-risco. Acrescenta-se a isso a hipótese de neutralidade ao risco proveniente da programação dinâmica estocástica sinaliza uma aproximação para uma taxa livre de risco. O que fazer?

### 3.6 Modelos Energéticos

Seguramente, o ferramental computacional utilizado atualmente é um dos mais avançados do mundo. É claro que, por ser uma representação da realidade, alguns resultados trazidos do mundo simbólico não se adequam ao que acontece no mundo real. Para isso, é necessária a existência de modelos alternativos que aumentem a robustez do processo (Lopes, 2003). Isto tem sido visto a partir de melhorias, por um lado, dos modelos de referência desenvolvidos pelo Cepel, seja por programação estocástica dual com sistemas agregados (Newave), seja com modelo individualizado (Suishi), bem como atenção ao detalhamento e na qualidade dos dados físico-operativos. Por outro lado, existem contribuições importantes originados de ambientes privado (PSR) e acadêmico (USP, Unicamp PUC-RJ e UFJF). Em ambos os casos, existe a preocupação de prover o usuário de uma arquitetura amigável e tentar associar a capacidade científica com a visão empresarial. Verificam-se inovações técnicas nas áreas de séries temporais (eg. distribuição gama), otimização (eg. técnica de fechos convexos), etc. Algumas questões operacionais e estratégicas já estão ou serão implementadas nos modelos energéticos. Pode-se destacar: inserção de série de energia afluenta eólica dada a transformação para um Sistema Hidrotérmico-Eólico; entrada de um parque eólico de grande porte ensejará, por um lado, a importância do binômio energia-potência que por muito tempo eram tratados de maneiras distintas pelas áreas de planejamento da geração (potência é uma consequência da energia) e da transmissão (potência instantânea), por outro lado, haverá o retorno de modelos de confiabilidade e com isso a necessidade de uma reformulação no critério de suprimento de ponta; importância da repotenciação de UHEs como segurança energética de possíveis instabilidades provocadas por fontes intermitentes de energia; otimização integrada gás-eletricidade diante da forte inserção de UTEs a gás natural e que, possivelmente, necessitará de um operador nacional de gás natural; possível substituição da simulação por programação dinâmica determinística nos estudos de dimensionamento energético-econômico de UHEs; rateio de bloco hidráulico por meio de jogos cooperativos.

## 4 | CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou, a partir de documentos e da experiência do autor no planejamento da expansão da geração, alguns termos e critérios que são usados até hoje na IEEB. Para isso, buscou-se, na medida do possível, enfatizar o momento histórico que os conceitos foram criados, para que o leitor reflita sobre a necessidade de um maior debate. Este pode ser realizado pelo CPAMP, uma vez que a Portaria do MME nº 47, de 19/02/2008, no seu art. 3º, parágrafo 3º permite que a mesma constitua grupos de trabalho que poderia ser formada pelos agentes que desejem contribuir no aprimoramento dos critérios e dados físico-operacionais, tanto pelo planejamento da expansão quanto, em razão do intercâmbio das informações existentes entre o a EPE e o ONS, pelo da operação. Isto poderá gerar um efeito multiplicativo na formação do capital humano e tornar a EPE num arquiteto de escolhas cuja responsabilidade será organizar o contexto no qual os agentes tomarão suas decisões de médio e longo prazos.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, L.A.; FLACH, B. & BEZERRA, B. – Mecanismos de Mercado para Viabilizar a Suficiência e Eficiência na Expansão da Oferta e Garantir o Suprimento de Eletricidade na Segunda “Onda” de Reformas nos Mercados da América Latina. In: **Mercados e Regulação de Energia Elétrica**. Org. Eduardo Nery. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

CARVALHO, M.A.P; ROSEMBLATT, J. & PINHEIRO, S.A. – **Evolução do Nível de Garantia de Suprimento**. Eletrobras. Departamento de Estudos Energéticos. Nota Técnica nº 25/80.

CARVALHO, M.A.P; ROSEMBLATT, J. & PINHEIRO, S.A. – Critérios de Garantia de Suprimento para a Produção de Energia Elétrica. **VI Seminário de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**. Camboriú. 1981.

Centro de Pesquisa de Energia Elétrica- Cepel. **Metodologia do Parâmetro do Custo de Déficit de Energia**. Rio de Janeiro. 2001.

Conselho Nacional de Política Energética – disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cpamp> - acesso em 14/03/2017.

D'ÁRAÚJO - **Setor Elétrico Brasileira: uma aventura mercantil**. Brasília. Confea. 2009.

DUARTE, L.C.G - A Importância do Planejamento Indicativo na Nova Indústria de Eletricidade Brasileira. **XVII Seminário Nacional de Energia Elétrica**. Campinas. 2003.

Eletrobrás – **O Planejamento da Expansão do Setor de Energia Elétrica**: a atuação da Eletrobrás e do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos: entrevistas – Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil. 2001.

Eletrobrás- **O Planejamento da Expansão do Setor de Energia Elétrica**: a atuação da Eletrobrás e do Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil. 2002.

Eletrobras/GCPS – **Metodologia e Critérios para o Planejamento da Expansão da Geração** – CTEE – 01/98.

Empresa de Pesquisa Energética – **Metodologia de Cálculo das Garantias Físicas das Usinas** - Nº EPE-DEE-RE-099/2008 – r0. 2 de julho de 2008.

Empresa de Pesquisa Energética – **Custo Marginal de Expansão: metodologia de cálculo e valor para 2014 - Usinas** - No EPE-DEE-RE-052/2014-r0. 27 de março de 2014.

FORTUNATO, L.A.M. et ali – **Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, EDUFF, 1990.

FRANK, R.H. - **Microeconomia e Comportamento**. Porto Alegre: AMGH, 2013, 8 ed.

Grupo de Trabalho para Estudos de Critérios de Planejamento (GTPE) - **Avaliação Energética Estática**. GCPS. Novembro de 1982.

KELMAN, J. – **Metodologia de Cálculo de Energia Firme de Sistemas Hidrelétricos Levando em Consideração Usos Múltiplos da Água**. Agência Nacional de Águas. 29/11/2002.

LOPES, J.E.G. – A Relevância dos Modelos de Otimização e Simulação do Sistema Hidrelétrico Brasileiro. In: **A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS; São Paulo: Paz e Terra, 2003.

PEREIRA, M. V. Modelo de Planejamento com Incertezas: Versão Preliminar. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. 1991.

PINTO JUNIOR, H.D - O Novo Contexto de Financiamento para a Indústria de Energia Brasileira. **Seminário Internacional de Financiamento do Setor Elétrico**. Anais. Rio de Janeiro. Grupo de Energia do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, maio de 1997.

ROSENBLATT, J. – **Utilização da Energia Garantida como Critério para o Planejamento da Expansão**. Eletrobras. Informação Técnica nº 46/85. DEGE/DVPG.

ROSENBLATT, J.; PRAIS, M.P. & ALMEIDA, J.P. – **Avaliação de Critérios para Planejamento da Expansão da Geração**. Eletrobras. Departamento de Estudos Energéticos. Informação Técnica nº 14/98.

Secretaria Nacional de Energia – Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão: **Atualização do Custo Marginal da Expansão**. 03/2001.

## MITIGAÇÃO DO RISCO HIDROLÓGICO- LEILÃO DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA NA MODALIDADE SWAP DA ELETRONORTE

### Ivan Rezende

Eletronorte  
Brasília – DF

### Virginia Fernandes Feitosa

Eletronorte  
Brasília – DF

### João David Resende

Eletronorte  
Brasília – DF

### Dante de Castro Simplicio

Eletronorte  
Brasília – DF

### Rafael Capistrano dos Santos Stanzani

Eletronorte  
Brasília – DF

### Gervásio Nery De Albuquerque

**RESUMO:** O déficit na geração das hidrelétricas, em inglês GSF (Generation Scaling Factor), aumentou consideravelmente no em 2014, e consequentemente as hidrelétricas não geraram 100% do volume previsto nos contratos. A diferença entre o total gerado e a garantia física é comprada no mercado de curto prazo todos os meses na CCEE. A Eletronorte, dentre as alternativas estudadas para gerenciar o risco hidrológico, adotou medida que visava mitigar o provável resultado negativo no mercado de curto prazo, ou seja, a realização de leilão público de energia, na modalidade “SWAP”, como forma

de reduzir os impactos financeiros entre agosto e dezembro/14, sendo compensados entre janeiro/2016 e dez/2018.

**PALAVRAS-CHAVE:** GSF, MRE, SWAP, Mercado de Curto Prazo, Leilão Público de Energia.

**ABSTRACT:** Generation Scaling Factor (GSF) increased considerably in 2014, and as a consequence, hydroelectric plants did not generate 100% of the contracted volume. The difference between the total generated and the physical guarantee is purchased in the short-term market every month at CCEE. Eletronorte, among the alternatives studied to manage the hydrological risk, adopted a measure aimed at mitigating the probable negative result in the short-term market, that is, the public energy auction in the “SWAP” modality, as a way to reduce financial impacts between August and December / 14, being offset between January 2016 and December 2018.

**KEYWORDS:** GSF, MRE, SWAP, Short-Term Market, Public Energy Auction.

### 1 | INTRODUÇÃO

Em um sistema com predominância de fonte hidráulica, como o brasileiro, a capacidade de geração pode variar consideravelmente durante o ano dependendo das condições

hidrológicas verificadas.

No Brasil, para dimensionar a relação entre carga e oferta, foi definido, por meio do art. 2º do Decreto 5.163, de 2004, que os agentes vendedores deveriam possuir lastro para o atendimento de seus contratos e que esse seria constituído pela garantia física proporcionada por empreendimentos de geração própria ou de terceiros. A garantia física, por sua vez, cuja definição é competência do Ministério de Minas e Energia – MME, é a quantidade de energia que uma usina adiciona ao sistema dado um critério de garantia de suprimento pré-estabelecido.

O cenário hidrológico desfavorável e o baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas do Sistema Interligado Nacional – SIN pressionaram o o Preço de Liquidação das Diferenças – PLD, utilizado para valorar a energia transacionada no Mercado de Curto Prazo – MCP em 2014.

O preço, que é calculado semanalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE aliado ao risco hidrológico contribui para exposições financeiras bilionárias dos geradores hidrelétricos. O Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) é um mecanismo financeiro que visa o compartilhamento dos riscos hidrológicos que afetam os agentes de geração, buscando garantir a otimização dos recursos hidrelétricos do Sistema Interligado Nacional (SIN). O MRE realoca contabilmente a energia, transferindo o excedente daqueles que geraram além de sua garantia física para aqueles que geraram abaixo.

O déficit na geração das hidrelétricas, conhecido pela sigla em inglês GSF (Generation Scaling Factor), aumentou consideravelmente desde maio de 2014, conseqüentemente as hidrelétricas não geraram 100% do volume previsto nos contratos. A redução média em 2014 ficou em 9,3%, valor nunca visto. Como comparação, em 2013 o ajuste do MRE foi de -0,2% e em 2012, secundária de 8,3%.

A diferença entre o total gerado e a garantia física precisa ser comprada pelas controladoras das hidrelétricas no mercado de curto prazo todos os meses na CCEE.

Este risco é conhecido e faz parte do negócio geração. As geradoras optam por não comercializar parte de sua garantia física para se prevenir de eventuais flutuações do GSF. Entretanto, os valores de GSF verificados em 2014 ficaram bem acima dos valores historicamente conhecidos e utilizados pelos geradores para gerenciar esse risco, que geralmente fica em torno dos 5%.

## **2 | O MECANISMO DE REALOCAÇÃO DE ENERGIA (MRE)**

A produção de energia elétrica de uma usina está diretamente relacionada ao despacho centralizado realizado pelo ONS. Esse despacho considera as disponibilidades de cada uma das usinas em condições de operação no Sistema Interligado Nacional (SIN). Essas usinas são despachadas com o objetivo de minimizar os custos operacionais e visando o menor custo marginal possível, tendo-se em vista as afluências hidrológicas, o armazenamento de água dos reservatórios, os preços

ofertados pelas usinas térmicas e as restrições operacionais. Dessa forma, os agentes proprietários de usinas sujeitas ao despacho centralizado pelo ONS não tem controle sobre seu nível de geração, independentemente de seus compromissos de venda de energia realizados com base nas garantias físicas.

Dadas as grandes dimensões territoriais do Brasil, existem também diferenças hidrológicas significativas entre as regiões, ou seja, os períodos secos e úmidos não são coincidentes e, portanto, demandam um fluxo permanente de energia elétrica entre essas regiões. Uma região em período seco deve armazenar água e, dessa forma, produz energia em níveis abaixo da média, enquanto uma região úmida produz acima da média.

O Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) foi concebido para compartilhar entre seus integrantes os riscos financeiros associados à comercialização de energia pelas usinas hidráulicas despachadas de modo centralizado e otimizado pelo ONS. Outro fator que explica a instituição do MRE é a existência de várias usinas em cascata. Nessas usinas, a operação ótima individual não necessariamente corresponde à ótima operação global do sistema. Como o despacho é centralizado, ou seja, como a água é compartilhada por todos e o seu uso não é gerido pelo proprietário da usina, o MRE minimiza e compartilha entre os agentes integrantes o risco de venda de energia em longo prazo.

O MRE assegura que, no processo da contabilização na CCEE, todas as usinas participantes recebam seus níveis de garantia física independentemente da produção real de energia, desde que a geração total do MRE não esteja abaixo do total da garantia física do SIN. Em outras palavras, o MRE realoca a energia entre os integrantes do “mecanismo”, transferindo o excedente daqueles que geraram além de suas garantias físicas para aqueles que geraram abaixo.

O Ajuste do MRE representa a relação entre a Geração Total Agregada e a Garantia Física, ambas referentes ao MRE. Calculado por patamar e semana, o Ajuste do MRE sinaliza a existência de Energia Secundária no período em que é apurado, caso o valor seja superior a um. Do contrário, essa relação resulta no fator de ajuste que deve ser aplicado à garantia física das usinas do MRE para possibilitar a cobertura de geração desses empreendimentos.

A Tabela 1 apresenta a geração e a garantia física das usinas participantes do MRE em MW médios. O ajuste de garantia física foi de 9,3%, em 2014, dado o montante inferior de geração em comparação à garantia física sazonalizada.

2014	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
<b>Geração (MWm)</b>	51821	50727	46744	45182	41609	40317	40397	39241	41860	42313	42153	41718	43674
<b>Garantia Física (MWm)</b>	53802	51607	49841	45758	44451	45371	46911	47889	48424	48264	48045	47488	48154
<b>GSF</b>	0,96	0,98	0,94	0,99	0,94	0,89	0,86	0,82	0,86	0,88	0,88	0,88	0,91
<b>Redução (%)</b>	3,7%	1,7%	6,2%	1,3%	6,4%	11,1%	13,9%	18,1%	13,6%	12,3%	12,3%	12,2%	9,3%

Tabela 1 – Geração e Garantia Física das usinas participantes do MRE – Fonte CCEE.



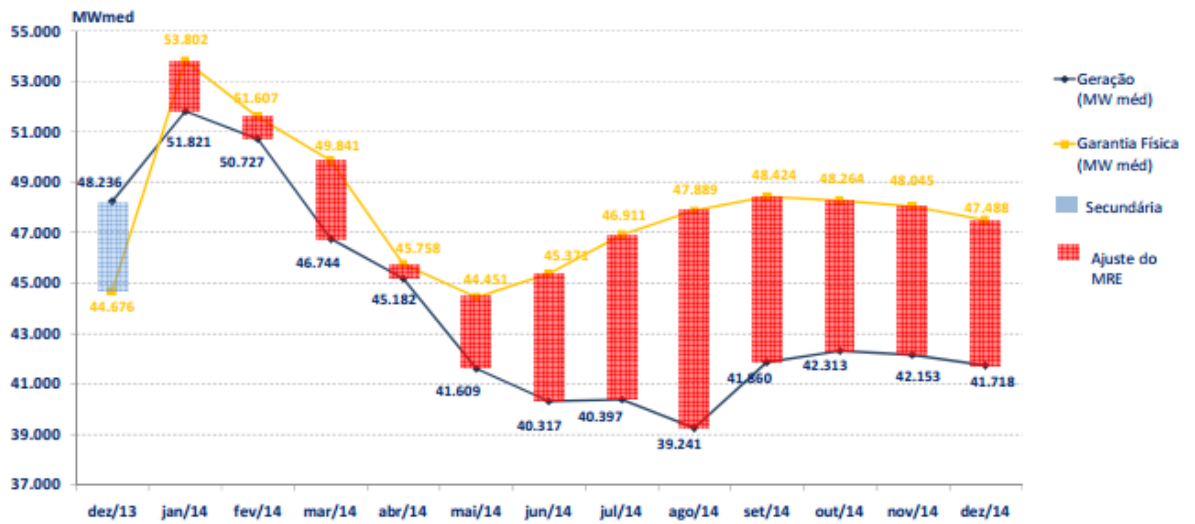


Figura 1 – Geração e Garantia Física e MRE – 2014 – Fonte CCEE

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram o comportamento da geração e a garantia física das usinas participantes do MRE dos anos de 2014, 2013 e 2012 respectivamente. Nota-se condições sistêmicas mais favoráveis nos anos de 2013 e 2012.

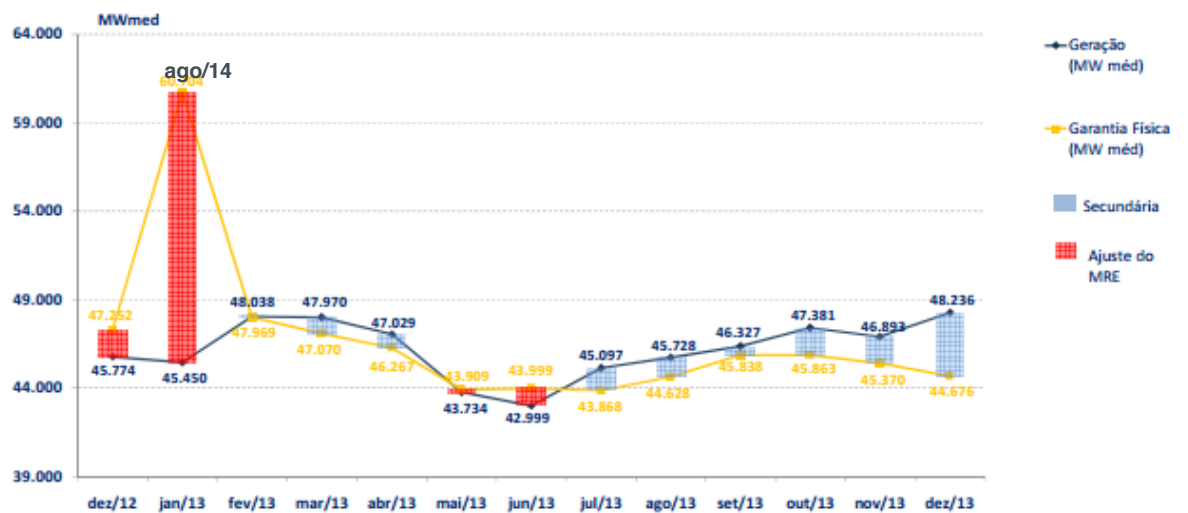


Figura 2 – Geração e Garantia Física e MRE – 2013 - Fonte CCEE

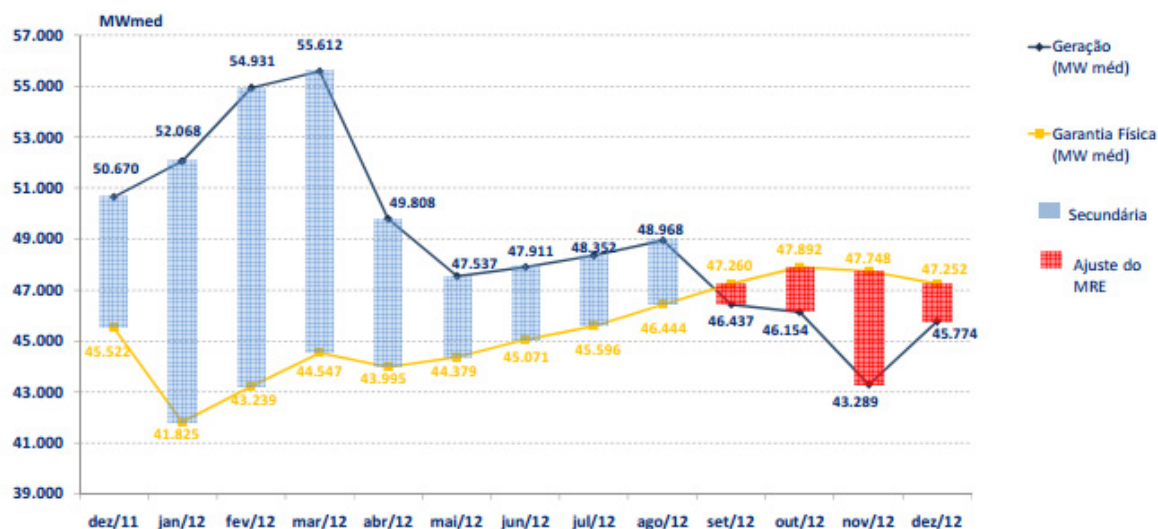


Figura 3 – Geração e Garantia Física e MRE – 2012 - Fonte CCEE

### 3 | CASO ELETRONORTE – MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DO GSF

Em maio de 2014, a previsão de compra no mercado de curto prazo da Eletronorte era de R\$ 1,2 bilhão. Entretanto, com a manutenção das condições hidrológicas desfavoráveis, a previsão foi revisada e indicou um resultado negativo de R\$ 2,2 bilhões.

A Eletronorte, dentre as alternativas estudadas, adotou aquela que mais mitigaria o resultado negativo no mercado de curto prazo, ou seja, realização de leilão público para compra e venda de energia, na modalidade “SWAP“, de 200 MW médios, como forma de reduzir os impactos financeiros entre agosto e dezembro/14, sendo compensados entre janeiro/2016 e dez/2018. Estes valores escolhidos foram baseados na liquidez do mercado de energia elétrica e na disponibilidade de energia da Eletronorte no médio prazo. Sendo assim, a Eletronorte receberia os 200 MW no período de agosto a dezembro de 2014 e devolveria certa quantidade de energia no período de 2016 a 2018. Como ilustrado na Figura 4, esta operação apresenta características de financiamento, sendo o ano de 2015, período de carência.

Ago/14	Dez/14	Jan/15	Dez/15	Jan/16	Dez/16	Jan/17	Dez/17	Jan/18	Dez/18
ELETRONORTE RECEBE (MW)		CARÊNCIA			ELETRONORTE ENTREGA (MW)				

Figura 4 – Operação de Swap de Energia

#### 3.1 Estruturação do Leilão de Compra e Venda de Energia - SWAP

No dia 29/08/2014 o edital e os anexos do leilão foram divulgados no sítio na Eletronorte na internet.

Os valores de preço máximo e energia contratada máxima foram divulgados para

os Proponentes habilitados no leilão conforme a seguir:

### **Fornecimento de Energia pelo PROPONENTE**

- Período de fornecimento: de 1º de agosto de 2014 a 31 de dezembro de 2014;
- Tipo de Fonte de Energia: convencional
- Energia Contratada: 200 MW médios (duzentos megawatts médios);
- **Preço Máximo: 720,00 R\$/MWh (setecentos e vinte reais por megawatt hora),**
- Flexibilidade: não há;
- Sazonalização e Modulação: flat;
- Submercado: Norte;

### **Fornecimento de Energia pela ELETRONORTE**

- Período de fornecimento: de 1º de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2018;
- Tipo de Fonte de Energia: convencional
- **Energia Contratada Máxima: 153,00 (cento e cinquenta e três) MW médios,**
- Preço: R\$ 162,60/MWh (cento e sessenta e dois reais e sessenta centavos por megawatt-hora);
- Flexibilidade: não há;
- Sazonalização e Modulação: flat;
- Submercado: Norte

O leilão foi realizado no dia 3 de setembro de 2014, contou com seis proponentes interessados e o montante alvo a ser contratado pela Eletronorte foi totalmente atendido.

Para esta operação não houve desembolso de recursos financeiros, ou seja, houve somente a troca de energia aos valores contratados objeto do leilão. Os montantes financeiros estão atrelados ao Registro de Energia Elétrica na CCEE, e são equivalentes para ambas as partes, não havendo qualquer desembolso ou transferência de fundos (a exceção dos pagamentos de tributos) e de acordo com o artigo 368 do Código Civil.

A energia contratada é faturada mensalmente através de documentos de

cobrança, emitidos nos termos da legislação vigente, inexistindo quaisquer desembolsos de numerário ou transferência de fundos em virtude do estabelecido no contrato.

Nesta operação, cada Parte Fornecedora é responsável pela emissão dos documentos fiscais e/ou de cobrança pertinentes, e pelo recolhimento dos tributos e contribuições sociais incidentes sobre o fornecimento de energia (PIS/COFINS, etc), de acordo com a legislação tributária Federal, Estadual e Municipal em vigor.

### 3.2 Análise do Leilão de Compra e Venda de Energia - SWAP

A Figura 5 ilustra a projeção de compra de energia elétrica no Mercado de Curto Prazo (MCP) antes e após a realização do leilão de swap de energia, além de registrar a despesa realizada em 2014.

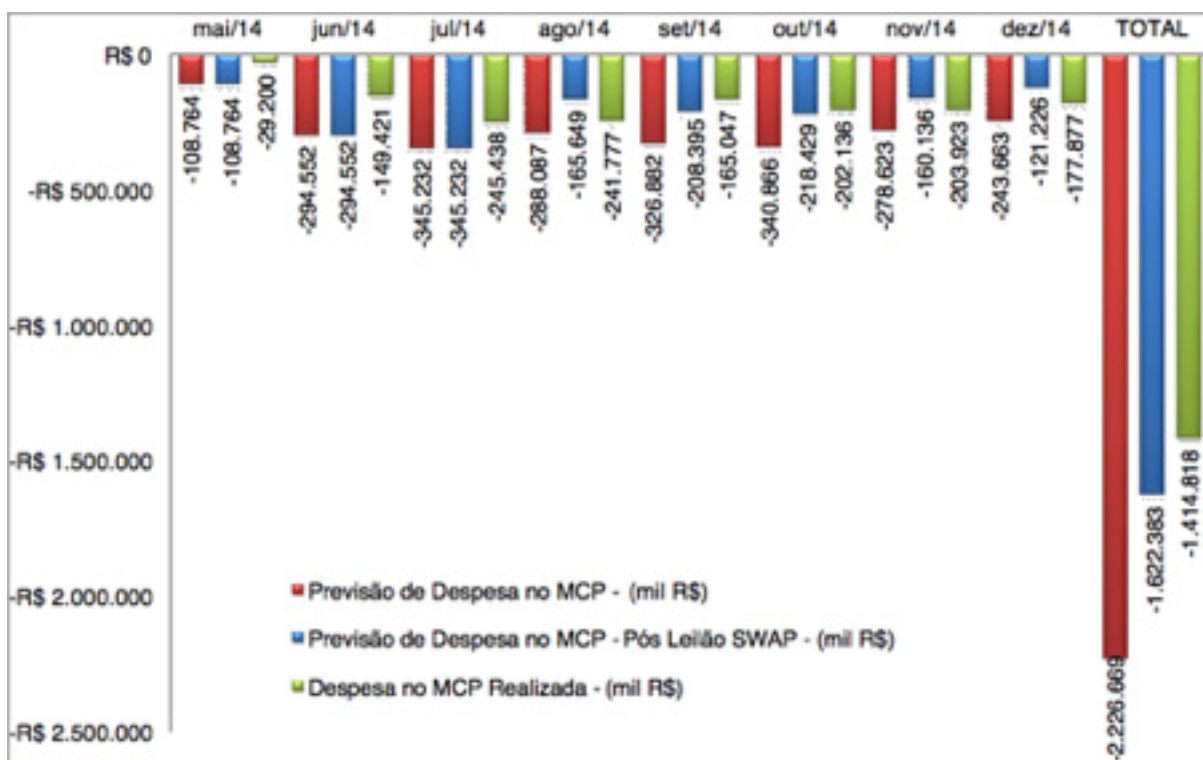


Figura 5 – Projeção de despesa no MCP em 2014

A redução de compra no MCP estimada com a operação de swap de energia foi de R\$ 600,00 milhões, sendo que a redução de compra realizada ficou acima dos R\$ 800,00 milhões.

## 4 | CONCLUSÃO

A alternativa adotada pela Eletronorte para a mitigar parte da despesa no mercado de curto prazo em 2014 apresentou resultados satisfatórios do ponto de vista comercial e estratégico, pois, a redução de compra de energia no MCP ficou em torno de R\$ 800,00 milhões, representando 36,5%. A operação de swap de energia representou a troca de um risco elevado em 2014, por um risco relativamente

menor no período de 2016-2018, além de não onerar o caixa da empresa no mesmo montante financeiro, uma vez que, não houve desembolso de recursos financeiros (excetuando-se os pagamentos de tributos pelas partes temporalmente quando da emissão das faturas), situação que contribuiu para a conservação do caixa da empresa neste período energético crítico que trouxe grandes despesas financeiras para muitos agentes do setor.

## REFERÊNCIAS

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Regras de Comercialização Versão 2015.1.0.**

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – **InfoMercado N° 90 – Fevereiro/2015, InfoMercado N° 78 – Fevereiro/2014 e InfoMercado N° 66 – Fevereiro/2013.**

CHAMADA PÚBLICA:LEILÃO DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA NA MODALIDADE"SWAP"001/2014.[http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/modulos/destaques/destaque\\_0151.html?uri=/modulos/home\\_Destaques.html](http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/modulos/destaques/destaque_0151.html?uri=/modulos/home_Destaques.html)

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - **DECRETO N° 5.163 DE 30 DE JULHO DE 2004** - Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências

## O CUSTO E A ESTRUTURA DE CAPITAL PARA A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA: ASPECTOS METODOLÓGICOS E APLICAÇÕES

**Luiz Claudio Gutierrez Duarte**

GPM/Unilasalle

**Washington Blanco**

GPM

**RESUMO:** Um dos assuntos mais importantes em finanças corporativas é o custo de capital. Este é dividido em custos específicos de capital próprio e de terceiros. O custo de capital influencia diretamente nas decisões de investimento das empresas e no cálculo do valor justo das ações no mercado de capital. Particularmente, no setor de energia elétrica, o custo de capital exerce sua importância, entre outras situações, na determinação de tarifas para os segmentos com estrutura de monopólio natural como a distribuição e a transmissão de energia elétrica, como também nos planejamentos de operação e expansão (otimização energética). Portanto, tal métrica passa a ser foco de preocupação tanto de empresas do setor de energia elétrica quanto de seu órgão regulador que é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Logo o cálculo do Custo de Capital, nos diversos segmentos da Indústria de Energia Elétrica Brasileira (IEEB), merece um tratamento que seja adequado para todos os agentes. O presente trabalho traça um breve histórico a respeito da taxa de desconto no ambiente da IEEB, discute sua influência no planejamento e apresenta uma forma de calcular o Custo Médio Ponderado

de Capital para concessionárias de energia elétrica. Neste caso, faz-se uma comparação com o resultado da Quarta Revisão Tarifária Periódica.

**PALAVRAS-CHAVE:** WACC, Custo de Capital, CAPM, GCAPM, Estrutura de Capital

### 1 | INTRODUÇÃO

A prestação de serviços de energia elétrica em quantidade e qualidade adequada, com preços justos, necessita de vultosos investimentos que, pela sua própria natureza, são irreversíveis e arriscados. Por outro lado, em razão da própria dinâmica do modelo econômico vigente, a postergação de investimento no setor pode gerar custos enormes do ponto de vista social. As transformações estruturais que passou a IEEB nos últimos 20 anos, seguindo uma tendência mundial, implicou na gradativa mudança do Estado outrora “empresário”, munido de uma perspectiva econômica de bem estar social, para “regulador/fiscalizador” com um pensamento de menor interferência na economia. Esta nova estrutura da IEEB acarretou na necessidade de novos diplomas legais, num processo de privatização de empresas pertencentes aos governos federal e estadual, bem como na criação (ou substituição) de entidades relacionadas a comercialização,

monitoramento, operação, planejamento e regulação. Cabe observar que a IEEB não pode ser tratada como uma *commodity* onde o preço é estabelecido pelas forças de mercado mas, ao mesmo tempo, deve apresentar um conjunto de regras objetivas, pragmáticas, robustas e transparentes. Isto possibilitará atrair o investidor privado disposto a aplicar o seu capital num setor que apresenta, dependendo do segmento escolhido, um retorno esperado de longo prazo.

Desta maneira, um tema que tem sido amplamente debatido é o Custo de Capital. Tal assunto, no campo das finanças corporativas, é ainda bastante controverso. A presente proposta de Informe Técnico (IT) tem a sua contribuição focada ao aspecto metodológico bem como sua aplicabilidade em segmentos da IEEB. Deve ser chamada atenção para o fato de que o custo de capital não se concentra apenas nas diretorias financeiras das empresas, mas também tem sua importância no planejamento (expansão e operação) e na comercialização de energia elétrica. Além dessa introdução, este artigo está dividido em mais três partes: o item 2 apresenta de forma expedita conceitos e teorias relacionados a tomada de decisão sob risco, bem como a técnica a ser utilizada para o cálculo do custo de capital. Já na parte 3 é descrito o atual desenho institucional da IEEB, bem como um breve histórico sobre a taxa de desconto e suas aplicações no planejamento. A parte 4 está reservada para um estudo de caso aplicado ao segmento de distribuição. Isto permite comparar o resultado do custo de capital com o encontrado pela Quarta Revisão Tarifária Periódica. Finalmente, uma pequena conclusão é apresentada no item 5.

## 2 | CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1 Binômio Retorno-Risco

O retorno de um ativo pode ser definido como o total de ganhos ou prejuízos de um investimento durante um determinado período de tempo. No ideograma chinês a palavra risco apresenta duas faces (Damodaran, 2009, p. 24): crise (perigo) e oportunidade (solução). Formalmente, refere-se a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo. Portanto, se um investimento apresentar uma maior faixa de possíveis retornos, pode-se considerar que ele é mais arriscado do que aquele que apresenta uma menor variabilidade. As métricas utilizadas para o retorno e risco são a média aritmética e o desvio padrão, respectivamente.

Quanto ao comportamento têm-se os seguintes tipos (Gitman, 2002): avesso, indiferente ou propenso ao risco. No primeiro caso, os investidores só assumirão um maior risco caso tenham a esperança de que receberão um retorno mais alto. Para os investidores indiferentes ao risco não existe mudança no retorno quando o risco varia. Já os investidores propensos ao risco estão dispostos a diminuir seus retornos, a fim de assumir riscos maiores.

Nas Finanças Neoclássicas, base do presente estudo, supõe-se que os

investidores são conservadores e desejam maximizar suas riquezas. Para isso, tentam maximizar o retorno ou minimizar os riscos de suas aplicações. Logo, caso tenham que optar entre dois ativos que tenham o mesmo desvio padrão, escolherão aquele com maior retorno. Caso a escolha seja entre dois ativos com o mesmo retorno, optarão por aquele com menor desvio padrão.

## 2.2 Teoria de Carteira de Markowitz

Busca relacionar o risco com o retorno esperado do ativo. Seu objetivo é usar a noção de risco para formar um conjunto de ativos financeiros que maximize o retorno para um dado nível de risco ou que minimize o risco para um determinado nível de retorno (princípio de dominância).

Markowitz transformou a escolha tradicional de ações em um procedimento de seleção do que ele denominou carteiras eficientes. Eficiência significa maximizar a saída em relação à entrada ou minimizar a entrada em relação à saída. A partir dos ativos selecionados é possível observar as melhores relações de risco e de retorno possível. Diante disso, os investidores racionais selecionarão o portfólio que melhor se adapte ao seu perfil. Porém, aqueles que estiverem abaixo da fronteira de eficiência não são escolhidos pelo investidor racional, pois estes não darão o maior retorno possível dado um risco ou um menor risco possível dado um retorno.

A Figura 1 apresenta o critério de eficiência proposto por Markowitz. Se fixar o risco ( $s_m$ ) a carteira de maior retorno esperado será  $R_m$  ou vice-versa. Portanto, portfólios que atendem o processo mencionado anteriormente estarão indicados pela fronteira eficiente. Cabe observar que o ramo menor é eliminado em razão do princípio de dominância.

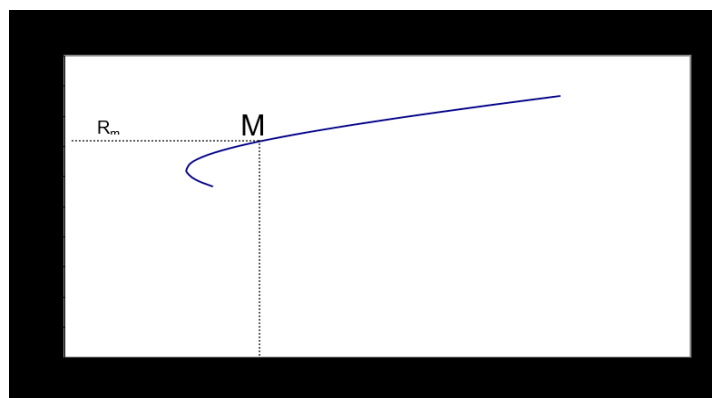


Figura 1 – Diversificação e Fronteira Eficiente

Segundo Gitman (2002) e Ross, Westerfield & Jaffe (1995) o conceito estatístico do coeficiente de correlação é a base do processo de diversificação que é usado para desenvolver uma carteira eficiente de ativos. A Figura 2 mostra a importância desta métrica. A medida que aumenta o número de ativos na carteira, o efeito proveniente da correlação faz com que haja uma diminuição do risco da carteira. Verifica-se então que existem duas parcelas de risco: a primeira é chamada de risco específico (diversificável) o qual está associada a eventos aleatórios de um ativo (greves, perda



de clientes) e que pode ser eliminado por meio da diversificação. A segunda é chamada de risco sistêmico (risco não diversificável) e está relacionada a fatores que afetam todas as empresas (guerra, planos econômicos, eventos políticos) e não pode ser eliminado ao modalizar um conjunto de ativos. Sendo assim, para o analista financeiro as preocupações devem se concentrar na análise do risco sistêmico.

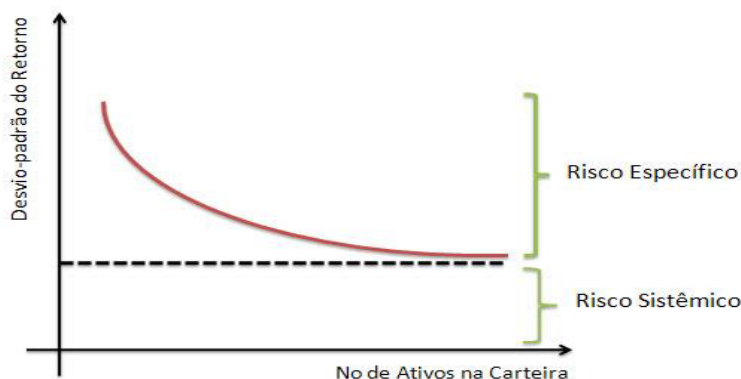


Figura 2 – Efeito da Diversificação na Redução do Risco

### 2.3 Custo Médio Ponderado de Capital

Determinar o custo de capital de uma empresa é uma das tarefas mais complicadas em avaliação de empresas. Esse custo é fundamental para trazer fluxos de caixas futuros projetados para valor presente. Além disso, exerce algumas outras funções como avaliar se um projeto deve ser aceito ou não e como referência para taxa de retorno sobre o investimento (ROI – *Return on Investment*). Em relação a sua estrutura, pode-se dividi-la em capital de terceiros e capital próprio. É difícil encontrar empresas que sejam financiadas totalmente por capital próprio ou por capital de terceiros. Logo, segundo Costa, Costa e Alvim (2011), a grande maioria das empresas é financiada por um *mix* de capital de terceiros e capital próprio, o chamado Custo Médio Ponderado de Capital (WACC – *Weighted Average Cost of Capital*). O valor do WACC pode ser obtido de acordo com a fórmula:

$$WACC = K_d \times (1-t) \times D/C + K_e \times E/C,$$

onde:

$K_d$  - custo da dívida;

$t$  – alíquota de imposto;

$D/C$  - Capital de terceiros / Capital total;

$K_e$  - custo de capital próprio;

$E/C$  - Capital próprio / Capital Total.

Percebe-se então que para determinar o WACC é importante definir os quatro parâmetros principais da fórmula, quais sejam: custo de capital de terceiros, custo de

capital próprio, alíquota tributária aplicável e estrutura de capital.

## 2.4 Custo de Capital de Terceiros

Segundo Damodaran (2002): “O custo da dívida mede o custo atual, pela empresa, da contratação de empréstimos para financiar seus projetos.”. Para Costa, Costa e Alvim (ibidem), uma das alternativas para se obter o valor do custo da dívida ( $K_d$ ) é usar a combinação de taxa livre de risco ( $R_f$ ) mais um spread de risco dado pela classificação de risco de crédito da empresa. Essa classificação é fornecida por uma agência especializada nesse serviço. Além disso, deverá ser somado o risco país para que o custo de capital de terceiros esteja em moeda doméstica:

$$K_d = R_f + \text{risco de crédito} + \text{risco país.}$$

A Tabela 1 apresenta o critério de classificação de risco das três agências de rating mais importantes. Assim, as empresas são classificadas segundo o grau de risco de que não paguem suas dívidas no prazo fixado.

Moody	Fitch Ratings	Standard & Poors	Significado
Aaa	AAA	AAA	Mais alta qualidade
Aa	AA	AA	Alta qualidade
A	A	A	Qualidade média alta
Baa	BBB	BBB	Qualidade média
Ba	BB	BB	Predominantemente especulativo
B	B	B	Especulativo, baixa classificação
Caa	CCC	CCC	Inadimplimento alto
C	C	C	Mais baixa qualidade, sem interesse
-	D	D	Inadimplente, em atraso, questionável

Tabela 1 – Classificação de Riscos

O uso do capital de terceiros proporciona uma economia fiscal para a empresa já que as despesas financeiras geram uma redução do pagamento que, no caso do Brasil, são o Imposto de Renda (IR) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Logo, quanto maior for essa despesa financeira, menor será o pagamento de IR e CSLL. Entretanto, este benefício da alavancagem deve ser usado de maneira prudente.

## 2.5 Estimativa do Capital Próprio

Existem diversos modelos para estimar o custo do capital próprio. Por ser subjetivo, observa-se muitos debates sobre qual é o melhor método a ser utilizado. Portanto, nesse tópico será apresentado e discutido, do ponto de vista conceitual, alguns desses modelos.

### 2.5.1 Modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model)

O CAPM é o principal modelo para se calcular a taxa de desconto para o acionista. Ele foi criado por Sharpe, Lintner e Mossin em 1964. O modelo se baseou na Teoria de Carteiras de Markowitz (cf. 2.2) e apresenta as seguintes hipóteses (Costa, Costa e Alvim, 2011; Póvoa, 2012):

- a. Todos os investidores têm informação completa, logo não existirão preferências privilegiadas;
- b. Inexistência de custo de transação, impostos ou impedimentos para se realizar negociações;
- c. Todos os ativos de riscos estão sendo negociados no mercado;
- d. Os investidores têm aversão ao risco e ao montar sua carteira irão tomar decisões com base no retorno esperado e na variância do retorno;
- e. Possibilidade de eliminação total do risco específico da ação, a partir da construção de uma carteira eficiente de ativos.

Dada a possibilidade de diversificação assumida pelo modelo, os investidores podem eliminar os riscos específicos, restando apenas o risco sistêmico (não diversificável), representado pelo índice  $\beta$ , como será visto a seguir. Esse risco deve ser recompensado e seu tamanho dependerá de quanto o retorno da empresa está correlacionado com o retorno do mercado. Quanto maior for essa correlação, maior será o risco não diversificável e, portanto, maior o custo de capital próprio.

O modelo pode ser apresentado pela fórmula:  $K_e = R_f + \beta_i (R_m - R_f)$ , onde:  $(R_m - R_f)$  é o prêmio de risco do mercado de ações. Esta equação deixa claro que o investidor ao aplicar em ativo de risco deseja receber, no mínimo, a rentabilidade que auferiria em um investimento com risco baixo, mais um prêmio – pelo fato de estar se arriscando. Segundo Damodaran (2002), um ativo livre de risco é aquele que o investidor já conhece o retorno esperado. Para que ele seja considerado sem risco é necessário que apresente as seguintes características (Costa, Costa e Alvim, 2011): inexistência de risco de inadimplência; não existência de risco do investidor não poder reinvestir e continuar a obter as mesmas taxas de juros; promessa em pagar uma remuneração pré-fixada, sem risco de corrosão pela inflação no tempo.

De acordo com as características apresentadas acima, percebe-se que o emitente que está mais próximo de garantir esses riscos é o governo. No Brasil, ainda existe certa dificuldade em se obter um título que sirva de referência para a taxa livre de risco. Alguns autores indicam a Caderneta de Poupança ou o Certificados de Depósitos Interbancários (Camacho e Lemme, 2002). Já Póvoa (2012) apresenta a Nota do Tesouro Nacional B (NTN-B) como referencial. Enquanto Costa, Costa e Alvim (2011) criticam o uso tanto da Taxa Selic quanto a Taxa de Juro de Longo Prazo (TJLP). A primeira pode apresentar alta volatilidade por ser um título de curto prazo. Já a TJLP

é uma taxa específica para indexar contratos de financiamento.

Para Póvoa (2012), o prêmio de risco do mercado é quanto o investidor exige de diferencial sobre o ativo livre de risco para aplicar num investimento de renda variável, ou seja, com maior risco. É a diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado diversificada e a taxa livre de risco. A lógica por trás de um prêmio de risco positivo é simples: os investidores são avessos ao risco e exigem maior retorno em um fluxo mais arriscado do que em situações de menos risco. Contudo, é importante ressaltar que o retorno do mercado é usado como *proxy* de renda variável.

O coeficiente Beta é uma métrica de risco que mede quanto do retorno é afetado pelo risco de mercado (Costa, Costa e Alvim, 2011). Seu valor é obtido pelo coeficiente angular da reta de regressão linear entre o retorno de uma ação (variável dependente) e o retorno da carteira de mercado (variável independente), para uma determinada janela do passado escolhida, cujo comportamento acredita-se que se repetirá no futuro. Logo, uma ação com beta igual a 1 tende a oscilar com total sintonia com o mercado acionário. Para ações com beta maior do que 1, acredita-se que os ganhos (ou as perdas) serão maiores do que os do mercado. Por fim, para ações com beta menor do que 1, normalmente apresentam ganhos menores do que a média quando o mercado está em alta e perdas menores do que a média quando o mercado está em baixa.

Fama e French (1992) apontam diferença significativa entre o retorno médio observado e o retorno esperado calculado de acordo com o modelo CAPM, quais sejam: ações de pequenas empresas possuem retornos maiores do que os previstos pelo CAPM (efeito tamanho); ações de empresas que apresentam um baixo valor para a relação entre o valor contábil do patrimônio líquido e seu valor de mercado têm retornos maiores do que o estimado pelo CAPM (efeito valor).

As críticas endereçadas ao CAPM fez com que fossem construídas derivações dos modelos, com destaques: CAPM-zero-Beta (Black, 1993), D-CAPM (Estrada, 2002) e o GCAPM (Fan, 2003). O presente artigo utilizará o GCAPM.

### *2.5.2 Modelo GCAPM (Global Capital Asset Pricing Model)*

O modelo GCAPM possui a mesma ideia básica do modelo CAPM, porém parte do princípio que há uma certa dificuldade de determinação do prêmio de risco de mercado em países emergentes. Para isso, é utilizado parâmetros dos Estados Unidos acrescentando o Prêmio de Risco Brasil. Assim, o modelo GCAPM pode ser escrito como:

$$K_e = R_{fEUA} + \beta_i (\text{Prm}_{EUA} + \text{Prp}), \text{ onde:}$$

- $R_{fEUA}$  - Taxa livre de risco nos EUA.
- Beta - medida de risco sistemático da empresa.

- $Prm_{EUA}$  - Prêmio de risco histórico de mercado americano.
- $Prp$  - Prêmio de risco país.

A partir da fórmula acima, pode-se observar que o prêmio de risco-país é adicionado ao prêmio de risco de mercado para poder ser multiplicado pelo Beta. Damodaran (2007) sugere que ao colocar o prêmio de risco país dentro dos parênteses é uma tentativa de captar a diferenciação de empresas que possuem betas diferentes. Porém, uma outra maneira de se calcular o GCAPM é adicionar o prêmio de risco país ao custo de capital próprio. Assim, o modelo também pode ser escrito como:  $K_e = R_{fEUA} + \beta_i Prm_{EUA} + Prp$ .

No modelo adaptado, a função do prêmio de risco país é garantir ao investidor um prêmio adicional ao prêmio de mercado já que ele alocará capital em um país cuja economia ainda não está madura. Segundo Damodaran (ibidem), o cálculo do prêmio de risco país pode ser calculado da seguinte forma:

$Prp = \text{Spread de Default} \times (\sigma_{\text{mercado acionário do Brasil}} / \sigma_{\text{título soberano do Brasil em US\$}})$ , onde  $\sigma$  é o desvio padrão anualizado calculado com base nos retornos de cada mercado.

### 2.5.3 Outros Modelos

O modelo APT (Arbitrage Pricing Theory), criado por Stephen Ross em 1976, utiliza a ferramenta de regressão múltipla para eliminar os fatores que não tem significância estatística para o modelo, restando apenas aqueles que devem permanecer na composição da regressão. Assim, o modelo é construído sobre os pilares da arbitragem. O princípio é que existem relações causais de movimento do preço de um ativo com uma ou mais variáveis relevantes (são mensuradas através de regressão múltipla). Entretanto, essas relações mudam constantemente e seus resultados dependerão do “humor” do mercado. O custo de capital próprio é igual ao resultado do somatório ponderado de cada um dos prêmios de riscos mais a taxa livre de risco. Enquanto o APT restringe a dados históricos de preços, os modelos multifatoriais incluem também dados macroeconômicos (nível de produção industrial, mudanças no spread, alterações na taxa real de retorno, etc.). Já os modelos *proxy* trabalham com variáveis que possam explicar as diferenças entre retornos sobre diferentes ações a partir de fatores específicos da empresa, quais sejam: capitalização de mercado de uma companhia, índice valor patrimonial/preço, momento dos preços, etc.

## 2.6 Estrutura de Capital

A expressão do WACC supõe que a estrutura de capital permanece constante ao longo do tempo. Entretanto, o trade-off entre risco e retorno possibilita que a empresa busque otimizar a sua estrutura, isto é, verifica qual o menor WACC possível que minimize a relação entre capital próprio e de terceiros (E/D). Póvoa (2012) apresenta alguns fatores que influenciam as decisões sobre a estrutura de capital: risco de

negócio, posição tributária da empresa, flexibilidade financeira e perfil da administração (conservador x agressivo). Cabe destacar que a estrutura de capital, apesar da simplicidade da relação matemática, não é uma ciência exata e sua estimativa, tal como o WACC, não possui uma resposta cientificamente correta (Póvoa, *ibidem*).

### **3 | A INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA (IEEB)**

Nos últimos 20 anos a IEEB sofreu três transformações. A primeira estava associada a passagem de um “Estado Empresário” para um “Estado Fiscalizador” a partir de diversos instrumentos legais que criaram uma entidade reguladora (Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel), desverticalizou a cadeia de suprimento em quatro segmentos (geração, transmissão, distribuição e comercialização), criou um órgão responsável pela coordenação e operação do Sistema Interligado Nacional (Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS). Cabe observar que estes diplomas legais também incentivaram a competição na geração e comercialização. Já a transmissão e distribuição continuaram com uma estrutura de monopólio natural, mas com a maioria das distribuidoras estatais sendo transferidas para investidores privados. A crise ocasionada pelo racionamento em 2001 fez com que fosse desenvolvido um novo arranjo que diminuiu a interferência do pensamento econômico, baseado na escola neoclássica (lógica do mercado), para uma opção de uma maior interferência do Estado a partir de três pilares: garantia de segurança do suprimento de energia elétrica, promoção da modicidade tarifária e universalização de atendimento. Para a consecução desses objetivos foram criadas uma entidade responsável pelo planejamento (Empresa de Pesquisa Energética – EPE), uma instituição responsável pela segurança energética (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE) e um órgão relacionado a comercialização de energia elétrica (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE). Por fim, a Lei no 12.783, de 11 de janeiro de 2013, cujo destaque está relacionado a prorrogação das concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Tal diploma legal em princípio permitiu uma redução média das tarifas reguladas em torno de 20%. Entretanto, esta medida populista ocasionou um rombo no setor elétrico e um grande aumento tarifário.

Na pequena descrição organizacional da IEEB, apresentada no parágrafo anterior, a questão do custo de capital é de fundamental importância. Entretanto, antes de apresentar a sua influência em algumas situações vale mostrar uma sintética análise sobre a questão da taxa de desconto na IEEB.

#### **3.1 Breve Histórico**

Por volta de 1966 os Estudos do Comitê Energético da Região Centro Sul, promovidos pela CANAMBRA<sup>1</sup>, concluíram que 9% a.a. era um valor aceitável como

---

<sup>1</sup> Formada por duas empresas canadenses (Montreal Engineering e G.E.Grispen and Associates) e uma empresa norte-americana (Gibbs and Hill). Estas firmas tinham como tarefa a execução do potencial hidráulico e do mercado de energia elétrica da Região Sudeste. Já a supervisão dos trabalhos era realizado por uma equipe brasileira.

taxa de remuneração do capital e, portanto, muito próximo da mínima legal de 10% a.a., fixada pelo Código de Águas de 1934. Isto levou, intuitivamente, que fosse adotado o valor de 10% a.a. como a taxa de desconto para selecionar projetos de expansão.

Brito e Kantz (1980) apresentam um estudo sobre o custo de capital básico do setor de energia elétrica no período 1972-1976 chegando a valores que, dependendo da empresa, oscilavam entre 13 e 17,5% a.a. No final dos anos 80 e início dos anos 90 são feitos vários artigos sobre o tema. Tanto Becker e Maurer (1989) quanto Bruneti (1989) criticam o valor de 10% a.a. sinalizado pelo Plano 2010 pois este, segundo os autores, estaria subestimando a taxa de desconto. O trabalho de Calou (1990) propõe um valor de 13,64% a.a.

No final do século XX destacam-se dois trabalhos. Pinhel (1996) chega a um valor de 9,4% a.a., enquanto que a Secretaria de Energia/Elektrobras (1997), ao contrário dos estudos anteriores, apresenta o valor para cada segmento: geração - entre 12% a.a. e 15% a.a.; transmissão – entre 10% a.a. e 12% a.a.; distribuição entre 11% a.a. e 13% a.a. Este estudo tenta refletir a premissa fundamental da nova IEEB, conforme já comentado, a desverticalização de suas atividades. Observa-se que os resultados obedecem o *trade-off* risco x retorno, isto é, a geração sinaliza taxas de desconto superiores à transmissão e à distribuição em razão de apresentar maiores riscos, principalmente os decorrentes da demanda, que os outros segmentos. A transmissão possui riscos menores do que a distribuição pois, por um lado, o processo de determinação de custos de novos investimentos é via licitação, sendo então repassados por fórmula regulamentar. Adicionalmente, o segmento de transmissão não está exposto às inadimplências dos clientes, como acontece com os agentes de distribuição, uma vez que suas receitas são recebidas diretamente do ONS. Ressalta-se que os estudos mencionados são os primeiros a utilizar a metodologia do WACC.

O estudo do Dresdner Kleinwort Benson (2000) chega a taxas de desconto da ordem de 12% a.a. (a preço constante) e 18% a.a. (a preço nominal). Finalmente, nos últimos 10 anos as contribuições se concentraram nos segmentos regulados da IEEB, isto é, transmissão e distribuição. A razão disso vem do fato de que a metodologia do WACC é utilizada pela Aneel para definir a taxa de desconto a ser usada nas revisões tarifárias para concessionárias de transmissão e distribuição de energia elétrica. Rocha, de Bragança e Camacho (2006) apresentam faixas de valores, quais sejam: 13,4%-15,2% a.a. (nominal) e 10,6% – 12,3% a.a. (real). Um estudo apenas para distribuidoras de energia elétrica do Sul indica um WACC anual nominal e real de 15,70% e 12,71%, respectivamente (Andrade e Vieira, 2007). A estimativa do custo de capital para o segmento de geração foi desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (2013) e chega a valores de WACC de 9% a.a. (antes de impostos) e 7% a.a. (após os impostos). Por fim, na Quarta Revisão Tarifária Periódica, a Aneel informa um WACC real regulatório, para empresas com alíquotas de IRPJ/CSLL de 34%, no valor de 12,26% a.a. (antes do imposto) e 8,09% a.a. (após imposto).

## 3.2 Influência da Taxa de Desconto no Planejamento da Expansão

### 3.2.1 – Custo de Geração

Tem como objetivo verificar a competitividade de um empreendimento sendo que seu cálculo é proveniente da razão entre o somatório dos custos anuais (\$/ano) incorridos e os benefícios energéticos (MWh/ano). A Tabela 2 apresenta uma análise de sensibilidade em relação a taxa de desconto de um empreendimento hidroelétrico com capacidade instalada de 20 MW. Observa-se que a comparação econômica é influenciada diretamente pelo custo de capital.

Taxa de Desconto Anual	R\$/MWh*
10%	42,87
15%	60,76
20%	79,32
25%	98,08

Tabela 2 – Custo de Geração

\* Investimento de R\$56,95 milhões, O&M de R\$0,57 milhões, 35 anos e 17,24 MWa.

### 3.2.2 – Dimensionamento Energético Econômico

Define os principais parâmetros de um aproveitamento hidrelétrico que tem influência direta no seu desempenho energético (níveis de armazenamento, potência instalada e quedas de turbina). A escolha do dimensionamento ótimo pode ser calculada a partir do Valor Presente Líquido (VPL). A Tabela 3 apresenta o estudo de escolha da potência instalada de um empreendimento hidroelétrico localizado no Sistema Interligado. Verifica-se que a simples passagem para uma taxa de desconto anual de 14% faz com que o empreendimento se situe na faixa de uma Pequena Central Hidroelétrica e, portanto, pode usufruir dos benefícios aí advindos.

$\Delta VPL$ ( $10^6$ R\$)				
Potência (MW)	Energia (MW médio)	Custo Total ( $10^6$ R\$)	12% a.a.	14% a.a.
26	14,85	31,31	-	-
28	15,51	32,36	1,02	0,73
30	16,09	33,60	0,58	0,33
32	16,59	35,03	0,15	-0,08

Tabela 3 – Escolha de Potência Instalada

## 4 | ESTUDO DE CASO

O estudo apresenta o cálculo do WACC com vista a comparação com o valor que consta nos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET), módulo 2, submódulo 2.4 (Custo de Capital). Cabe destacar que a estimativa do custo de capital próprio foi realizada pelo modelo GCAPM e não pela técnica *bottom-up* beta setorial utilizada



pela Aneel.

#### 4.1 Estimativas do Custo de Capital Próprio e de Terceiros

Para a definição da amostra de empresas brasileiras no setor de energia elétrica foram consideradas aquelas que tivessem ações negociada na Bolsa de Valores de São Paulo desde 2007. Das 38 empresas que atendem o requisito acima, foram selecionadas 10, por apresentarem as ações com maior liquidez, com negociação em todos os meses.

O S&P 500 foi considerado para utilização como *proxy* do índice de mercado global. As séries de preços mensais foram obtidas a partir do Sistema Económica. Com a obtenção desses dados, foi possível calcular os betas das empresas os quais foram estimados por meio da regressão linear do retorno em dólar de cada ação e o retorno do S&P 500.

Para a taxa livre de risco foi escolhida a *Treasury Bond* de dez anos em razão de ser a mais utilizada pelos analistas, apesar de alguns problemas relacionados ao prazo (não tão longo) e risco de reinvestimento. Entretanto, estas desvantagens são equilibradas pela alta liquidez Póvoa (2012). Foi considerado o rendimento médio do ano de 2016 cujo valor, obtido no site do Damodaran em 10/03/2017, foi de 2,45% a.a.

Cabe observar que a utilização da média aritmética, como medida de avaliação do desempenho histórico para o cálculo do retorno esperado, deve-se ao fato de que essa métrica atribui ponderações iguais para qualquer evento ocorrido no passado, bem como captura a volatilidade apresentada pelo retorno das ações ao longo do período escolhido. Além disso, dada a hipótese de aversão a risco, a utilização da média aritmética se sobressai, pois apresenta um resultado superior ao da média geométrica. Isso acarretará em um custo de capital próprio maior e por consequência em uma estimativa, por exemplo, do VPL mais conservadora sob a ótica do acionista. O prêmio de risco de mercado para o estudo é a média aritmética dos prêmios de riscos cujo resultado, no período de 1928 e 2016, indicou o valor de 5,18% a.a. obtido no site do Damodaran.

Com relação ao prêmio de risco do país cabe comentar que existem controvérsias (cf. 2.4.2) em relação na maneira de incorporar a exposição ao risco-país ao custo de capital próprio. Portanto, considerou-se as seguintes abordagens:

- a. Global 1 – acrescenta o prêmio de risco país ao custo de capital próprio para todas as empresas em um mercado emergente. Sua grande desvantagem é o pressuposto de que todas as empresas estejam expostas ao risco país na mesma proporção, conforme expressão abaixo:

$$GCAPM_1 = RF + \text{Prêmio pelo risco país} + \text{Beta} \times \text{Prêmio de risco de mercado}.$$

- b. Global 2 – escalona o risco país ao beta, isto é, o beta também irá medir a exposição ao risco país. Porém, se essa exposição foi diferente de outras exposições ao risco macroeconômico, essa abordagem falhará. Logo, sua

expressão é dada por:

$$GCAPM_2 = RF + \text{Beta} \times (\text{Prêmio de risco de mercado} + \text{Prêmio pelo risco país}).$$

As reformas atualmente em curso (gastos públicos, previdência, tributária) estão refletindo melhorias, ainda que de maneira cautelosa em função do momento político, nas expectativas econômicas como, por exemplo, no comportamento do Embi + Risco Brasil. Este índice, criado pelo JP Morgan, tem como base os bônus emitidos pelos países emergentes. Observa-se que o Embi + Risco Brasil apresenta uma tendência de queda. Diante disso, foram considerados dois cenários: o primeiro com valor de 2,5% a.a. (reformas aprovadas) e o segundo 4,0% a.a. (reformas adiadas).

Para calcular o valor real do custo de capital próprio das empresas pelo GCAPM é necessário levar em consideração a inflação americana (CPI - *Consumer Price Index*). Neste caso, a estimativa baseou-se em informações do CPI, do *Federal Reserve* (Banco Central Americano) e do site do Damodaran. A resultante foi uma inflação estimada de 2,3% a.a.

Em relação ao risco de crédito suas estimativas estão baseadas nas mesmas situações apresentadas para o risco país. Na hipótese otimista (reformas aprovadas), espera-se que o Brasil mantenha o conceito atual (Ba2 no conceito Moody's) o que representa um spread de 3,47% a.a. No cenário pessimista, considera-se uma expectativa, no médio prazo, de piora no rating com elevação do spread para 4,13% a.a.

A participação de capital de terceiros teve seu valor fixado em 48,76%, conforme estabelecido pela Aneel, para cálculo do WACC no período 03/2015 a 12/2017.

## 4.2 Resultado

A Tabela 4 apresenta as estimativas do WACC, para as duas situações, em contraponto com aquelas provenientes da Quarta Revisão Tarifária Periódica.

Descrição	Global 1	Global 2	Aneel
Taxa Livre de Risco	2,45%	2,45%	5,64%
Beta Médio	0,84	0,84	0,70
Alíquota Marginal de Impostos	34,00%	34,00%	34%
Alavancagem	48,76%	48,76%	48,76%
Prêmio de risco de Mercado	5,18%	5,18%	7,56%
Risco país	2,50% - 4,00%	2,5% - 4,00%	2,62%
Taxa Livre de Risco	2,45%	2,45%	5,64%
Risco de Crédito	3,47% - 4,13%	3,47% - 4,13%	3,37%
Risco País	2,50% - 4,00%	2,50% - 4,00%	2,62%
Inflação Americana (CPI)	2,30%	2,30%	2,41%
Custo de Capital Próprio (real)	6,83% - 8,30%	6,44% - 8,21%	12,26%
WACC Real após Impostos	8,87% - 10,69%	8,66% - 10,64%	8,09%
WACC Real antes dos Impostos	13,13% - 15,83%	12,82% - 15,76%	12,26%

Tabela 4 – WACC para Empresas de Energia Elétrica

Em relação a tabela acima os seguintes comentários são pertinentes:

- a. O WACC antes e depois dos impostos indicados pela Quarta Revisão Tarifária Periódica estão próximos do limite inferior das duas abordagens. Entretanto, testes estatísticos deverão ser realizados para verificar a irrelevância da diferença;
- b. O Retorno sobre o Investimento (ROI) é um indicador que mede o retorno total do capital investido por acionistas e credores da empresa. Observa-se que o ROI médio das empresas que compõem o Índice do Setor Elétrico (IEE) da BM&FBOVESPA apresentou o valor de 9,04% a.a. nos últimos 12 meses e 13,60% a.a. no período estudado. Tais resultados são superiores ao WACC após os impostos indicado pela Aneel. No estudo em tela, o ROI médio se situa entre ou superior as duas abordagens;
- c. O Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE) calcula a rentabilidade dos recursos aplicados pelos acionistas. O ROE médio das empresas do IEE resultou em 19,56% a.a. nos últimos 12 meses e de 17,86% a.a. no período estudado. Estes superam o custo de capital próprio tanto das abordagens quanto da Aneel. Tal diferença representa um spread econômico. Este nada mais é que a efetiva remuneração paga aos acionistas.

#### 4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo destacar a importância do tema para a IEEB, bem como contribuir para a discussão sobre a determinação do WACC para as concessionárias de energia elétrica. Assim, sem entrar de forma mais aprofundada nos aspectos metodológicos, assumiu-se o GCAPM como o melhor estimador para o custo de capital próprio em vez da técnica *bottom-up* beta setorial utilizada pela Aneel. Mesmo assim, verifica-se que os limites inferiores de WACC Real após Impostos, para os dois cenários estudados, se aproximam daquele constante da Quarta Revisão Tarifária Periódica. Cabe destacar a importância de novos estudos tanto em relação aos custos específicos de capital próprio e de terceiros quanto da melhor forma de apresentar a estrutura de capital (*Pecking Order*, *Trade-off* ou *Market Timing*). Por fim, espera-se que a aprovação das reformas econômicas, junto com as boas práticas de governança corporativa e contínuo desenvolvimento metodológico, possam contribuir para uma remuneração de capital que se coadune com o binômio risco-retorno presente na IEEB.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, P.H.A. & Vieira, S.F.A. - **Remuneração de Capital das Distribuidoras de Energia Elétrica: uma Análise do Setor Sul do Brasil**. 2007.

BECKER, J. & MAURER, L. - O Plano 2010 e o Custo de capital. **São Paulo Energia**, Ano VI, no 48, jan./1989.

- BLACK, F. *Beta and return*. **Journal of Portfolio Management**, v.20, p. 8-18, 1993.
- BRITO, N. & KANTZ, L. C. - Custo de capital e subsídios: o setor de energia elétrica no período 1972-1976. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, p. 133-161, abr./jun. 1980.
- BRUNETI, L. C- Custo de Capital Próprio no Setor Elétrico. **São Paulo Energia**, São Paulo, p. 9-13, mar. 1990.
- CALOU, S. M. - Metodologia para Determinar a Taxa de Desconto. **São Paulo Energia**, São Paulo, p. 33-36, Ano VII, no 60, fev./1990.
- CAMACHO, P.T. & LEMME, C.F. - **Determinação do Custo de Capital Próprio para Avaliação de Projetos de Empresas Brasileiras no Exterior**. 2002.
- COSTA, L.G.T.A., COSTA, L.R.T.A. & ALVIM, M.A. - **Valuation: manual de avaliação e reestruturação econômica de empresas**. 2a Edição, Editora Atlas: São Paulo, 2011.
- DAMODARAN, A. - **A Face Oculta da Avaliação**. Editora Makron Books: São Paulo, 2002.
- DAMODARAN, A. - **Avaliação de Empresas**. 2a Edição, Editora Pearson: São Paulo, 2007.
- DAMODARAN, A. – **Gestão Estratégica do Risco: uma referência para a tomada de riscos empresariais** . Editora Bookman: Porto Alegre, 2009.
- DAMODARAN, A. - <http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets>. Acesso em 10/03/2017.
- DRESDNER KLEINWORT BENSON – **Taxa de Desconto: Apresentação Final ao Comitê Executivo (COEX) MAE**. 2000.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) – **Taxa de desconto aplicada na avaliação das alternativas de expansão**. Rio de Janeiro. Dez. 2013.
- ESTRADA, J. – **Mean and semivariance behavior (II): the D-CAPM**. Barcelona: IESE Business School. 2002.
- FAMA, E.F. & FRENCH, K. – **The cross-section expected stock returns**. *Journal of Finance*. v. 47, p. 427 – 465, June, 1992.
- FAN, S. C. - **General Capital Asset Pricing Model (GCAPM): A Microeconomic Theory of Investments**. Fan Asset Management LLC, 2003.
- GITMAN, J.G. - **Princípios de Administração Financeira**. 7a Edição, Editora Harbra: São Paulo, 2002.
- PINHEL, Antônio Carlos Costa. - **Estudo da Taxa de Desconto para o Setor Elétrico Brasileiro. Eletrobrás**. Área de Estudos Econômicos e Planejamento Econômico-Financeiro. Informação Técnica no 002/96, Fev. 1996.
- PÓVOA, A. - **Valuation: como precificar ações**. Editora Elsevier: Rio de Janeiro, 2012.
- ROCHA, K.; DE BRAGANÇA, G.F. & CAMACHO, F. – Custo de Capital de Distribuição de Energia Elétrica – Revisão Tarifária 2007-2009. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro. V. 13. N 25. Jun. 2006.
- ROSS, A.R., WESTERFIELD, R.W. & JAFFE, J.F. - **Administração Financeira**. Editora Atlas: São Paulo, 1995.
- SECRETARIA DE ENERGIA/ELETROBRÁS – **Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro** – Sumário Executivo – Estágio VII – dez.1997.

## A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO RESULTADO DO APROVEITAMENTO DO CAPITAL INTELECTUAL PROTEGIDO PELO DIREITO DA PROPIEDADE INTELECTUAL – UM VETOR DE AUMENTO DE RECEITA EM POTENCIAL

**Fernando da Silva Jansen**

**RESUMO:** O presente trabalho almeja demonstrar a importância do aproveitamento Sistemático do Capital Intelectual para a Sustentabilidade Empresarial. Trata-se da identificação de alternativas para desenvolvimento empresarial, advindas da inovação, cuja viabilidade decorre das garantidas jurídicas relacionadas à Proteção da Propriedade intelectual. Essas garantias são asseguradas por um Arcabouço Legal composto por legislações domésticas e internacionais, que se configura, no cenário internacional, como uma plataforma para o desenvolvimento. Dessa forma, é latente a percepção do capital intelectual como vetor de aumento de receita, em potencial, especialmente para as empresas do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) após a edição da lei 12.783/2013.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação Tecnológica, Arcabouço Legal para o Desenvolvimento, Capital Intelectual, Vetor de Aumento de Receita

### 1 | INTRODUÇÃO

A inovação vem se consolidando nos últimos anos como o elemento propulsor para economia mundial de tal forma que, se torna inconcebível a compreensão do

desenvolvimento econômico e social sem levar em consideração os indicadores vinculados à Pesquisa e Desenvolvimento dos diversos segmentos da economia. Dessa forma, é palpável a compreensão da sustentabilidade empresarial, intrinsecamente ligada à inovação, que por sua vez é alavancada pelo valor agregado decorrente da proteção garantida por legislações domésticas e internacionais à Propriedade Intelectual.

Nesse sentido, é importante a compreensão da inovação como um elemento fundamental para a dinâmica da economia global, conforme demonstra Key (2012, p. 43).

“A inovação está impulsionando a economia mundial. Um produto incrível é lançado nos Estados Unidos, no Reino Unido, no Japão ou na Alemanha, e graças em grande medida à Internet, logo está sendo vendido nos quatro cantos do mundo. Tão logo o produto ou processo mais recente chega ao mercado alguém já o está incrementando; adaptando-o para novas aplicações ou para novos mercados demográficos ou geográficos, ou nichos de mercados; tornando-o melhor, mais sofisticado, mais simples, mais barato, mais bonito, “mais verde”, melhorando-o de alguma maneira benéfica e simples”.

Diante desse cenário, principalmente com advento do desenvolvimento tecnológico e informacional dentro do conceito de sustentabilidade, e, em virtude da dinâmica

evolutiva em face da inovação em curto espaço de tempo, impulsionada pelo propósito das empresas em sair na frente e dominar o mercado com soluções inovadoras, que na maioria das vezes resultam em *mudanças de conceitos e rompimento de paradigmas*, torna-se, imprescindível discutir toda e qualquer inovação desenvolvida no âmbito empresarial, não apenas com o foco nas necessidades operacionais ou voltado para os processos produtivo, mais também como potencial fonte de receita e negócios almejando gigantesco mercado externo.

Dessa forma, é de extrema importância o aproveitamento do capital intelectual como uma das formas de crescimento de uma empresa, e aumento do portfólio, pois, em todo qualquer setor, existe inúmeras possibilidades ou necessidades de melhorias de produtos ou processo com o potencial de diminuição de perdas operacionais, redução de custos, aumento de produtividade, e conseqüentemente o aumento de receita, sem falar em valor agregado ao produto decorrente do emprego do capital intelectual, e até mesmo ao surgimento de novos produtos.

## 2 | A INOVAÇÃO E A ECONOMIA GLOBAL

A inovação exerce um papel crucial na dinâmica evolutiva da economia em escala global. Desse modo, diferentemente, de cenários em que a economia de um país era predominantemente auferida ao seu produto interno bruto, já a algumas décadas a economia não mas se configura em torno do patrimônio material, e sim comporta uma cifra expressiva de um patrimônio intangível, conforme explica Key (2012, p. 43)

“(…)

Antigamente, a capacidade de produção de um país determinava a sua ascendência na economia global: quanto maior o produto interno bruto(PNB) de um país, maior a sua participação no mercado global. As coisas não são mais assim. Hoje, os países que dominam a economia mundial são aqueles que produzem mais idéias. Em outras palavras, quanto mais *Propriedade Intelectual* um país controla, maior a sua fatia da torta do mercado global.”

Esse patrimônio intangível auferido, a participação na economia, pelo controle de propriedade intelectual, tem suas raízes no Direito Internacional e na sua consignação pelas legislação dos países signatários. De outro modo, esse incremento massivo da propriedade intelectual na parcela da economia, nos últimos anos, se dá em grande parte pela estrutura legal de proteção, ou seja, o direito internacional da Propriedade Intelectual, bem como o incentivo proporcionado pelas legislações domésticas ao desenvolvimento através da inovação.

Nesse sentido, é a abordagem, acerca da Propriedade Intelectual, de Barbosa (2010), como um capítulo do Direito Altissimamente Internacionalizado, que demonstra o valor econômico dos bens imateriais, tanto no aspecto macroeconômico, quanto no contábil e tributário, bem como a relação entre propriedade Intelectual e Poder

Econômico. Dessa forma, a propriedade intelectual, não tem somente influencia na economia, mas também em consequência dessa, no poder que dela decorre. Nesse contexto, pode-se elencar o poder econômico de países, tradicionais, como Estados Unidos, Alemanha e Japão, sem fugir do gigante e emergente poder da China.

### **3 | ARCABOUÇO LEGAL PARA O DESENVOLVIMENTO**

Diante do avanço do desenvolvimento tecnológico e informacional nas últimas décadas, é de extrema importância o estudo da propriedade intelectual como um arcabouço Legal e imprescindível para a preservação do patrimônio intelectual, ou intangível, que contribui para o crescimento do país. Entretanto, o estudo da propriedade intelectual no cenário empresarial, requer uma compreensão, além dos processos que permeiam a cadeia produtiva, e tenha uma abordagem voltada para a estrutura legal que vai dos incentivos ao desenvolvimento e à inovação, à proteção jurídica.

Dessa forma, é imprescindível, a compreensão dessa estrutura legal, como base do desenvolvimento empresarial, ou como base de aumento de portfólio e fonte de receita alternativa para empresas de diversos setores produtivos, em especial, as empresas do setor elétrico, cuja receita está condicionada às regras estabelecidas na Lei 12.783/2013, mais especificamente, no que diz respeito a renovações de concessões.

Para compreensão dessa estrutura legal principalmente de proteção, se faz necessário, partir de entendimento conceitual acerca da Propriedade Intelectual.

#### **3.1 Conceito de Propriedade Intelectual**

O conceito de Propriedade intelectual pode ser trabalhado Segundo os ensinamentos de Serpa (2013, p. 1), afirmando que a “Propriedade intelectual é gênero, que tem como espécies a propriedade industrial e os direitos autorais”. Para, autora a propriedade industrial é discutida no direito empresarial, a qual protege a técnica e cujo registro é constitutivo da proteção, já os direitos autorais estão na alçada do direito civil, os quais protegem a obra em si e cujo registro é declaratório.

De forma mais específica e abrangente, destaca-se o conceito da Propriedade Intelectual da Convenção da Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI (WIPO em inglês), que define como Propriedade Intelectual, a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações dos artistas intérpretes e às execuções de radiodifusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico.

Neste sentido, é possível constatar que o tema Propriedade Intelectual está inserido, ainda que de forma desconhecida para os agentes, nos mais diversos setores da economia. Isso implica, na percepção da importância da atividade inventiva e inovadora para o desenvolvimento, sobre tudo econômico.

### 3.2 Legislação Internacional

Em uma breve abordagem histórica sobre a Propriedade Intelectual no direito internacional, verifica-se a preocupação, por parte dos países da Europa, em proteger as invenções desde o século XVIII, “com a elaboração de direitos exclusivos sobre a materialização de ideias de produção e reprodução de bens” (GOYANES, 2007, p.4). Esse movimento é decorrente do início da produção em série no berço da revolução industrial e evoluiu através de acordos bilaterais e convenções (uniões) até a consolidação do *Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS em inglês)*, em 1994, no âmbito da *Organização Mundial do Comércio – OMC (em inglês, International Trade Organization - ITO)*, no final da segunda metade do século passado.

No século XIX, diante da ausência de instituições voltadas para a tutela administrativa e jurisdicional e das reivindicações de garantias eficaz de proteção dos interesses dos autores e inventores, pelas legislações domésticas, foram adotadas a Convenção de Paris em 20 de março de 1883 e a Convenção de Berna em 09 de setembro de 1886, conforme explica Polido (2013, p. 23),

“No campo da propriedade intelectual, a criação da União de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial de 1883 e da União de Berna para Proteção das Obras Literárias e Artísticas de 1886, deixou um legado importante para o Direito Internacional. Consequências factíveis das revoluções tecnológicas e o surgimento de importantes potências industriais evidenciaram o retrato embrionário da cooperação entre Estados,(...)”

Dada a importância da institucionalização e da internacionalização da Proteção dos Direitos da Propriedade intelectual, após a criação da ONU com a Declaração de São Francisco de 1945, os trabalhos das secretarias da União de Paris e da União de Berna foram unificados, ainda que mantendo suas estruturas originais, na Conferência de Estocolmo de 1967. Neste momento foi estabelecida a criação da Organização Mundial da Propriedade Intelectual – OMPI (WIPO, em inglês), com sede em Genebra, que incorporava os trabalhos das secretarias Internacionais das Uniões, sendo reconhecida como Agência Especializada das Nações Unidas em 17 de dezembro de 1974.

Paralelamente ao estabelecimento e consolidação da OMPI, ocorriam as rodadas de negociações do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT em inglês), que se estendia desde a proposta de criação de um acordo bipolar para a redução recíproca das tarifas de comércio de bens, iniciada pelos Estados Unidos e os aliados de guerra em 1942, culminando com a primeira rodada de negociações do acordo



GATT, em Genebra, em 1947, até a rodada Uruguai, em 1994, que através do tratado de Marrakesh, foi estabelecida a Organização Intergovernamental denominada de Organização Mundial do Comércio – OMC (OIT, em inglês).

Com a criação da OMC, através de uma cláusula, foi consolidado o mais importante instrumento multilateral para a globalização das leis de Propriedade Intelectual e com um poderoso mecanismo de execução, o acordo *TRIPS*. Um Instrumento que classifica como espécies de propriedade intelectual o direito do autor, as marcas, as indicações geográficas, as patentes, os desenhos industriais e as topografias de circuitos integrados em todo o mundo, e estabelece os mínimos padrões no âmbito do direito internacional relacionado a patentes, o que ensejou a criação de Leis sobre a matéria na maioria dos países membros, um total de 148 países, respeitando suas especificidades e soberania de cada país.

Diante do regime internacional de proteção dos direitos de propriedade intelectual e do amplo conceito desses direitos, que se tornaram cada vez mais abrangentes, e vinculantes aos países signatários, verifica-se que a análise sistematizada de todo arcabouço legal da propriedade intelectual é imprescindível para avaliação dos benefícios da garantia de proteção aos direitos de autor e inventor, e para identificação de como essa proteção pode contribuir para o aumento do patrimônio intelectual do país.

A esse respeito, vale destacar o desempenho dos Países desenvolvidos e emergentes, nas últimas décadas, com relação ao número de pedidos de patentes, mais especificamente, a China que se apresenta no topo do Ranking no ano de 2012, seguida de Japão, Estados Unidos e Alemanha, segundo indicadores do banco mundial (The World Bank).

### **3.3 O Direito da Propriedade Intelectual e a Inovação no Brasil**

O Brasil, desde os primeiros momentos dessa evolução, vem se destacando com a recepção de tratados internacionais e criação de leis, que se identificam com o regime internacional e visam proteger a atividade criativa, conforme segue abaixo:

a) DECRETO N. 923, DE 28 DE JUNHO DE 1884 (CONVENÇÃO DE PARIS EM 1883) - Promulga a convenção, assinada em Paris a 20 de Março de 1883, pela qual o Brasil e outros Estados se constituem em União para a proteção da propriedade industrial, bem como adere a revisão de Haya de 1925, em 1929, a revisão de Estocolmo de 1967, em 1992, e por fim, a revisão de Estocolmo de 1994, no mesmo ano.

b) DECRETO Nº 75.699, DE 6 DE MAIO DE 1975 (CONVENÇÃO DE BERNA DE 1886) - Promulga a Convenção de Berna para a Proteção das Obras Literárias e Artísticas, de 9 de setembro de 1886, revista em Paris, a 24 de julho de 1971.

c) DECRETO No 1.355, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1994 (OMC/TRIPS) - Promulga a Ata Final que Incorpora os Resultados da Rodada Uruguai de Negociações Comerciais Multilaterais do GATT.

d) LEI Nº 9.279, DE 14 DE MAIO DE 1996 - Regula direito e obrigações relativos à propriedade industrial.

e) LEI Nº 9.456, DE 25 DE ABRIL DE 1997 - Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências.

f) LEI Nº 9.609, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998 - Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências.

g) LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998 - Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

Dentre, os diplomas legais, podemos destacar a adesão do Brasil ao acordo TRIPS no âmbito da OMC, e conseqüentemente a criação da Lei de Propriedade Industrial com objetivo de implementar os padrões mínimos estabelecidos no acordo, viabilizando assim as garantias mínimas de proteção, em nível nacional.

De certa forma, esse arcabouço legal, por meio das garantias legais e sua respectiva proteção jurídica aos resultados de pesquisa e desenvolvimento, se configura como instrumento para o desenvolvimento econômico do país, nesse sentido, os institutos da propriedade intelectual podem trazer impactos econômicos positivos para a sociedade (Locatelli; Gastmann, 2011).

Esse desenvolvimento econômico e tecnológico decorre do aumento da atividade de Pesquisa e Desenvolvimento nas Instituições Públicas e Privadas nos mais diversos setores da economia. Entretanto, no Brasil, esse ramo ainda se caracteriza de forma predominantemente nas Instituições Públicas, ao contrário de países como Estados Unidos e Coréia em que a Pesquisa e Desenvolvimento predominam nas Instituições de Pesquisas e Empresas Privadas. Nesse contexto, destaca-se como uma das características dessa dissonância, dentre outras, a atuação dos pesquisadores predominantemente em instituições Públicas, ou seja, *enquanto nesses países, a maioria dos doutores estão empregados nas indústrias, no Brasil isso ocorre com apenas uma pequena fração de nossos doutores* (BEIRÃO, 2011).

### **3.4 Legislação de Incentivo à Inovação**

Além do fomento à inovação por intermédio das garantias advindas dos Direitos de Propriedade intelectual, há de se ressaltar a importância da política de incentivo

a inovação no âmbito nacional. Trata-se da criação de Leis, nas últimas décadas, que visam incentivar a cultura inovadora nas empresas e viabilizar investimentos em pesquisas e desenvolvimento.

Dessa forma, é possível elencar, dentre outras, a Lei nº 9.991/ 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica; a Lei nº 10.973/ 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências; a Lei nº 11.196/ 2005 (Lei do Bem) – que dentre outras providências, dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica; o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte que institui, no mínimo, 20% (vinte por cento) dos recursos destinados à inovação para o desenvolvimento de tal atividade nas microempresas ou nas empresas de pequeno porte”; e, Lei nº 11.484/2007, que dispõe sobre os incentivos às indústrias de equipamentos para TV 5

Digital e de componentes eletrônicos semicondutores e sobre a proteção à propriedade intelectual das topografias de circuitos integrados, entre outros incentivos.

De um modo geral, ações governamentais, contribuem positivamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, por intermédios das políticas nacionais de incentivos a inovação tecnológica, entretanto, as empresas brasileiras ainda possuem indicadores de inovação tecnológica e de gastos com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) bastante inferiores aos observados nos países desenvolvidos, e mesmo aos de outros países em desenvolvimento.

Para Spiewak (2013), “A maioria das empresas brasileiras não aproveita o sistema da Propriedade Intelectual, tampouco acredita na inovação tecnológica como fonte de competitividade”. Isso implica na necessidade de uma maior integração das instituições governamentais, bem como maior ousadia do Estado no objetivo de alavancar o esforço tecnológico do setor produtivo, e principalmente, a absorção das políticas de incentivo a inovação por parte das empresas privadas.

#### **4 | O CAPITAL INTELECTUAL NAS EMPRESAS**

O Capital Intelectual é o material intelectual que pode agregar valor às empresas e representar um diferencial competitivo em relação aos concorrentes, atualmente vem sendo muito importante para o desenvolvimento das Organizações. É um conjunto de benefícios intangíveis que se configura por meio do conhecimento, da informação, da propriedade intelectual, da experiência, dentre outros, que se pode explorar como fonte de receita para o desenvolvimento empresarial. De outra forma, o capital intelectual é um gerador de riquezas para o ser humano, e um ativo privilegiado para as empresas.

Segundo Antunes e Martins (2005), Capital Intelectual é o somatório do conhecimento proveniente das habilidades aplicadas (conhecimento tácito) dos

membros da organização com a finalidade de trazer vantagem competitiva, materializado em bons relacionamentos com clientes e no desenvolvimento de novas tecnologias.

Nesse sentido, os fatores que mais se destacam diante da concorrência são a incorporação de inovações e melhorias aos produtos e serviços, resultando em produtos de alta qualidade com custo reduzido e ampliação da gama de soluções especializadas e ajustadas às necessidades dos clientes.

No entanto, apesar da contribuição das políticas de incentivos a inovação e a crescente tendência da cultura inovadora por parte de instituições de ensino e pesquisas, e empresas públicas e privadas que adotam políticas internas de incentivos a inovação tecnológica, não parece predominante o aproveitamento sistêmico do capital intelectual dentro das empresas dos diversos setores da produção industrial. Em outras palavras, as empresas de um modo geral, concentram energias em seus processos finalísticos, tendo como fonte de receita o seu produto principal, sem que haja uma atenção especial para a potencial fonte de receita advinda de melhorias de processos e produtos de toda a cadeia produtiva, em decorrência da Proteção da Propriedade intelectual.

Por outro lado, cabe salientar, que há uma crescente tendência da cultura de inovação na indústria advinda de necessidades de melhorias em processos, redução de custo, soluções de falhas entre outras, em grande parte, de caráter espontâneo em decorrência da especialização da mão de obra, ou seja, quanto mais especializado o processo produtivo, maior a gama de melhorias e soluções atrelado a ele, dada a capacidade criativa e inovadora de profissionais dos mais variados setores da tecnologia na indústria, estimulados pela gama de oportunidade de melhoria e criação no setor.

Essa tendência tem um reflexo diretamente no desempenho empresarial, pois, espontâneo ou por meio de políticas internas de incentivo a inovação, as melhorias, soluções e inovações atreladas ao processo produtivo, incidem positivamente nos indicadores empresariais.

Uma das características do aproveitamento do capital intelectual consiste na implementação de políticas de incentivo a inovação dentro das organizações, sendo que os resultados advindos da adoção dessas políticas são responsáveis, em grande parte, pelo destaque de empresas de diversos setores no ranking das empresas mais inovadoras do Brasil, como exemplo, o destaque da ELETROBRAS ELETRONORTE na 17ª posição entre as 20 empresas mais inovadoras no ano de 2010, segundo levantamento da revista Época NEGÓCIOS, da Editora Globo, cabe aqui enaltecer o fato que esta empresa foi a única empresa estatal e também a única do Setor Elétrico a ser premiada.

## **5 | VETOR DE AUMENTO DE RECEITA PARA AS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO**

No setor elétrico após a edição da Lei 12.783/2013, houve significativas

mudanças nas receitas das empresas que renovaram concessões, antecipadamente, em especial, a geração de energia elétrica, onde a empresa deixa de vender sua energia elétrica a preços de mercado, passando a estar sujeita a tarifa regulada, tendo dessa forma, um patamar de rentabilidade mais baixo. “Em outras palavras, antes da vigência da MP 579 e após a reforma do modelo setorial em 1995, entendia-se que a atividade de geração de energia elétrica não devia se submeter às tarifas, por não ser serviço público em sentido estrito” (MENESES; SANTOS, 2014).

Dessa forma, essas empresas deixam de explorar o potencial econômico da produção de energia elétrica, cujo resultado depende da capacidade e dos meios de produção, e passam a ser remuneradas pela operação e manutenção dos ativos, segundo “a metodologia adotada pela ANEEL ao longo dos anos, e que tem buscado a chamada eficiência na prestação do serviço público, visando à modicidade tarifária”(DIEESE, 2013).

De qualquer forma, diante da nova legislação, é forçosa a necessidade de medidas adotadas pelas empresas, no sentido de adequar-se aos ditames da Lei e manter a sustentabilidade empresarial, visando à eficiência operacional e dentre outras a redução de custo. Nesse sentido, cabe salientar que, as empresas geradoras e transmissoras terão um desafio constante, o de se adequar a uma nova realidade de revisão tarifária, onde as receitas serão reajustadas pela ANEEL a cada cinco anos.

Esse desafio remete a avaliação de uma sistemática de aproveitamento do Capital Intelectual como uma alternativa para a sustentabilidade das empresas do setor elétrico. Para isso, é necessária a compreensão da importância da cultura inovadora não somente no âmbito da Pesquisa e desenvolvimento, mas também inserida nas etapas do processo.

Portanto, os incentivos à inovação no âmbito empresarial não deve ter como objeto apenas o projeto de P&D, mas também a conscientização da gestão dos processos produtivos, onde líderes precisam compreender as tendências inovadoras e perceber seu potencial, de forma a possibilitar a identificação de possibilidade de aumento na participação da empresa no mercado, por meio de ativos intangíveis - Propriedade Intelectual - resultante de cada processo.

### 5.1 A Inserção de Pesquisa e Desenvolvimento no setor Privado

Nos últimos anos o Brasil vem se destacando com o crescimento do volume de Pesquisa e Desenvolvimento e inovação. No entanto, nossos indicadores ainda estão baixos se comparados à quantidade de pedidos de patentes e volume de investimentos dos países desenvolvidos ou até mesmas economias emergentes como a china e a que desponta nos últimos anos, como demonstra a Revista de Audiências Públicas do senado federal (2012),

“Ao se comparar a proporção, em relação ao PIB, do investimento em pesquisa e desenvolvimento no Brasil com os números de nações da OCDE e de outros países da América Latina e do **Brics**, percebe-se que o país só está acima de

México, Argentina, Chile, África do Sul e Rússia, ficando muito distante de China e Coreia do Sul, por exemplo, nações que iniciaram muito recentemente o salto de desenvolvimento industrial. A China tornou-se, em 2011, o segundo maior investidor mundial em P&D.

(...)

A grande diferença entre o Brasil e os outros países desses grupos é o volume de investimento em pesquisa e desenvolvimento feito pela iniciativa privada. O 0,55% do PIB aplicado pelas empresas brasileiras está longe dos 2,68% investidos pelo setor privado da Coreia do Sul ou dos 1,22% da China, por exemplo. Quando se comparam os investimentos públicos, no entanto, os gastos do Brasil estão na média das nações mais desenvolvidas: o 0,61% do PIB brasileiro está próximo do percentual investido pelo conjunto dos países da OCDE (0,69%)”.

A revista atenta também para o fato de que as empresas arcam com até 75% dos investimentos em P&D no mundo, no Brasil, o Estado dispõe da metade. Nesse sentido, percebe-se que quando maior a participação do setor privado em Pesquisa e Desenvolvimento maior é a participação na economia global. Nesse sentido é o cenário demonstrado por Strauss (2009), pelo qual, evidencia o desenvolvimento da China, elencando o aumento de número de pessoas empregadas no campo de pesquisa e desenvolvimento (P&D), passando de 781.000, em 1986, para 1.035.00, em 2002. Onde os gastos com P&D já ultrapassavam 60 bilhões de dólares, tornando-a o terceiro do mundo em investimentos, segundo o mesmo, “Isto também é demonstrado pela mudança dos empregados em P&D das instituições de pesquisas oficiais para a indústria, representada por um aumento de 154.00, em 1991, para 351.000, em 1999. Em 2001, a indústria já cobria 60% dos gastos em P&D”.

Nesse sentido, percebe-se a necessidade de ações governamentais, urgente, de incentivo ao setor privado em pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, as empresas precisam explorar mais o arcabouço legal que engloba as leis de Propriedade intelectual e de incentivo à inovação, com o objetivo de identificar as possibilidades legais de aumento de receita com inovação, e que, conseqüentemente se configuram como um diferencial competitivo.

A esse respeito, verifica-se a possibilidade de criação de Centros de Pesquisa e Desenvolvimento Multidisciplinar, de modo que atenda de forma integrada diversos setores do processo produtivo, com ênfase no aproveitamento de ideias (inovações, melhorias) intrínseca ao processo que podem se converterem em soluções que atendam as necessidades de mercado.

## 5.2 Aproveitamento Sistemático do Intelecto Criativo

É importante a adoção de política sistemática de incentivo a inovação que proporcione a disseminação da cultura inovadora com base na cultura dos países desenvolvidos, a disseminação da legislação vigente que trata da propriedade intelectual, a captação de ideias, a flexibilidade de avaliação dos potenciais inovadores e praticidade na formalização do conteúdo inovador, tendo como resultado uma redução do tempo de identificação das ideias e melhorias até o lançamento do produto final.

Essa sistemática deve absorver ao máximo o potencial inovador e as oportunidades de inovação inseridas no processo, de forma a evitar a frustração das ideias antes mesmo de serem apreciadas pelos setores especializados, evitando o desperdício criativo, como o relatado por Spiewak(2013), onde observa que “é incompatível que a 6ª maior economia mundial não valorize a enorme capacidade do intelecto criativo brasileiro, que poderia ser um enorme ativo inovador...”

Dessa forma o aproveitamento sistemático do capital intelectual, em especial a capacidade de inovação dentro da empresa pode refletir no aumento da receita através do incremento de novos produtos no mercado oriundos de necessidades operacionais de cada setor produtivo, consolidando assim a Propriedade Intelectual como um vetor de aumento de receita. Contudo, esse aproveitamento deve ser sistematizado através da adequação ou criação de setores, áreas ou departamentos integrados e especializados na captação de ideias, análise de viabilidade (Técnica, econômica e Financeira) e, principalmente, desenvolvimento.

Ademais, a sistemática de aproveitamento do Capital Intelectual tem como elemento fundamental, a experiência adquirida ao longo do tempo, o Know How e potencial inovador e de aperfeiçoamento por parte da mão de obra de cada setor ou processo produtivo. Esses elementos são responsáveis em grande parte pelas melhorias empregadas em determinados processos e que tem como consequências, impactos positivos nos indicadores empresariais, no entanto, não são devidamente explorados técnica e economicamente pela empresa ou organização.

Nesse sentido, cabe ressaltar, que a etapa de Captação de ideias dentro do processo, não deve visar apenas a aplicabilidade da inovação/modificação ou melhoria, com o foco no processo, tendo como critério o resultado nas reduções de perdas e custos, mas principalmente, no potencial inovador e econômico, este último advindo do potencial de aplicabilidade nas empresas do Setor Elétrico e nos diversos setores da produção industrial, explorando assim a Propriedade Intelectual e proporcionando o aumento do patrimônio intangível.

Com relação ao desenvolvimento como etapa da sistemática de aproveitamento do capital intelectual, é importante salientar a importância da integração da Pesquisa e Desenvolvimento com o processo produtivo de forma a proporcionar intercâmbio dentro do quadro funcional, proporcionado estreitamento entre as necessidades técnicas pertinentes a cada processo e o potencial criativo e de desenvolvimento, da mão de obra e Pesquisadores, respectivamente.

Portanto, em resumo, o Aproveitamento Sistemático do Capital Intelectual, na especialização da Pesquisa e Desenvolvimento integrada ao processo com o objetivo de explorar as necessidades, em termos de Melhorias e aperfeiçoamento, e o potencial criativo e inovador da mão de obra dos diversos setores, criando Produtos e Soluções que atendem as necessidades internas e de mercado, se configurando dessa forma como uma fonte de receita.

## 6 I – CONCLUSÃO

Procurou-se, por meio deste trabalho, elencar uma breve demonstração da importância da inovação para o desenvolvimento, no sentido amplo, sobretudo econômico, no que diz respeito à Sustentabilidade Empresarial, com base nas garantias jurídicas proporcionadas pelo Arcabouço Legal que envolve as Legislações acerca Propriedade intelectual, no âmbito nacional e internacional, que por sua vez se configuram em instrumento de estímulo tanto para a Pesquisa e Desenvolvimento, quanto para os Investimentos no setor.

Ante o exposto, e, em contra partida aos desafios encarados pelas empresas do Setor elétrico Brasileiro (SEB), após a edição da Medida Provisória 579, posteriormente convertida na Lei 12.783 de 2013, a Inovação, a Pesquisa e Desenvolvimento e o Capital Intelectual internalizado, podem se configurar como vetor de aumento de receita, contribuindo, através da Propriedade intelectual, com a parcela do patrimônio intangível empresarial. Dessa forma, é possível conceber, inovação no sentido amplo, como diferencial para Competitividade e Sustentabilidade empresarial, e potencializada pelas garantias Legais e pelo Intelecto Criativo, em potencial, dentro dos mais variados processos produtivos.

## REFERÊNCIAS

- (1) SPIEWAK, Benny. **Empresas brasileiras não aproveitam o sistema da Propriedade Intelectual**. Portal IPEA 50 Anos - TN Petróleo (RJ), 20 de maio de 2013, 10h19. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18222&Itemid=1](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=18222&Itemid=1)>. Acesso em: 25 fev. 2015.
- (2) STRAUS, Joseph. **O Impacto da Nova Ordem Mundial no Desenvolvimento Econômico: O Papel dos Regimes dos Direitos de Propriedade Intelectual**. In: IDS – Instituto Dannemann Siemsen de Estudos Jurídicos e Técnicos (Org). Propriedade Intelectual: Plataforma para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Renovar, 2009, p. 123- 154.
- (3) SERPA, Flávia de Araújo. **Notas introdutórias sobre a propriedade industrial**. Jus Navigandi, Teresina, ano 18, n. 3536, 7 mar. 2013. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/23908>>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- (4) WIPO/OMPI – **Organização Mundial da Propriedade Intelectual**. Disponível em: <<http://www.wipo.int/about-ip/en>> Acesso em: 21 nov. 2014.
- (5) LOCATELLI, Liliansa; GASTMANN, Gabriella Sucolotti. **Propriedade Intelectual: Da Proteção Jurídica ao Desenvolvimento Econômico**. Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI. Vol.7, N.12: p.122-135, Maio/2011. Disponível em: <[http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero\\_012/artigos/artigos\\_vivencias\\_12/n12\\_11.pdf](http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_012/artigos/artigos_vivencias_12/n12_11.pdf)> Acesso em: Nov. 2014.
- (6) KEY, Stephen. **Uma Simples Idéia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Cultrix, 2013.
- (7) POLIDO, Fabrício Bertini Pasquot. **Direito internacional da propriedade intelectual – fundamentos, princípios e desafios**. 1. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2013.
- (8) BARBOSA, Denis Borges. **Tratado da Propriedade Intelectual**. São Paulo: Saraiva, 2010.



- (9) DIEESE. **Boletim do setor Elétrico** - maio 2013. DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Sócioeconômico. Maio 2013. N.0. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/boletimsetoreletrico/2013/boletimSetorEletricoN0.pdf>> Acesso em: 09 mar. 2015
- (10) MENEZES, Rosani; SANTOS, Rodrigo Machado. **Natureza Jurídica das Concessões de Geração Prorrogadas**. Diário do Comércio. 08 de março de 2014. Disponível em: [http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=natureza\\_juridica\\_das\\_concessoes\\_de\\_geracao\\_prorrogadas&id=131632](http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=natureza_juridica_das_concessoes_de_geracao_prorrogadas&id=131632). Acessado em: 09 mar. 2015.
- (11) BRASIL. **DECRETO N. 9233** - DE 28 DE JUNHO DE 1884 (CONVENÇÃO DE PARIS EM 1883). Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=58957&norma=74813>>
- (12) BRASIL. **DECRETO Nº 75.699**, DE 6 DE MAIO DE 1975 (CONVENÇÃO DE BERNA DE 1886). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/D75699.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D75699.htm)>
- (13) BRASIL. **DECRETO No 1.355**, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1994 (OMC/TRIPS). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/Antigos/D1355.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D1355.htm)>
- (14) BRASIL. **LEI Nº 9.279**, DE 14 DE MAIO DE 1996.
- (15) BRASIL. **LEI Nº 9.456**, DE 25 DE ABRIL DE 1997.
- (16) BRASIL. **LEI Nº 9.609**, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998.
- (17) BRASIL. **LEI Nº 9.610**, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998.
- (18) BRASIL. **LEI Nº 11.484**, DE 31 DE MAIO DE 2007.
- (19) BRASIL. **LEI No 8.958**, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1994.
- (20) BRASIL. **LEI No 10.973**, DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004.
- (24) BRASIL. **LEI Nº 11.196**, DE 21 DE NOVEMBRO DE 2005.
- (25) BRASIL. **LEI COMPLEMENTAR Nº 123**, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2006.
- (26) BANCO MUNDIAL – **The World Bank**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/products/wdi>> Acesso em: 10 Mar 2015.
- (27) GOYANES, Marcelo. **Tópicos em propriedade intelectual: marcas, direitos autorais, designs e pirataria**. 1. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2007.
- (28) BEIRÃO, Paulo. **Brasil precisa investir para se inserir no contexto dos países desenvolvidos**. Mosaico, Entrevista exibida em 13/02/2011 no “Programa Canal Livre” da Bandeirantes com o Ministro da Ciência e Tecnologia, Aloizio Mercadante. Disponível em: <[http://www.mosaico.com.br/?canal=1&pg=show\\_noticias\\_informativa&in=171&path=Noticias](http://www.mosaico.com.br/?canal=1&pg=show_noticias_informativa&in=171&path=Noticias)> Acesso em: 10 Mar. 2015.
- (29) ANTUNES, M. T. P.; MARTINS, E. **Capital intelectual: verdades e mitos**. Revista Contabilidade & Finanças - USP, v. 13, n. 29, p. 41-54, 2002. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/24101/capital-intelectual--verdades-e-mitos/i/pt-br>> Acesso em: 10 Mar. 2015.
- (30) SENADO FEDERAL. **Investimento em pesquisa e desenvolvimento no Brasil e em outros países: o setor privado**. Revista de Audiências Públicas do senado federal. Ano 3 - n 12 - setembro 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/inovacao/ciencia-tecnologia-e-inovacao-no-brasil/investimento-em-pesquisa-e-desenvolvimento-no-brasil-e-em-outros>>

países-o-setor-privado.aspx> Acesso em: 12 Mar. 2015.

## GESTÃO DE CUSTOS EMPRESARIAIS NO NEGÓCIO TRANSMISSÃO

**Ana Rita Xavier Haj Mussi**  
**Marcos Paulo Boaventura Severino**  
**Rezende**

**RESUMO:** O negócio de Transmissão é considerado como prestação de serviço público mediante concessão, remunerada pela disponibilidade de ativos via Receita Anual Permitida - RAP. AMP 579/2012 estabeleceu que as transmissoras, com contratos vincendos em 2015, poderiam optar por renovar a concessão por 30 anos, mediante redução da RAP. O maior contrato da Copel, responsável por 85,6% dos ativos e 82,7% da RAP do negócio, foi submetido à MP. Na decisão da Companhia pela aceitação das novas condições considerou-se entre outros a redução dos custos no negócio Transmissão em 30%. As ações para a gestão dos custos empresariais serão tratadas neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transmissão, Serviço Público, Gestão, Custos Fixos, Custos Variáveis

### 1 | INTRODUÇÃO

O negócio de Transmissão no setor elétrico é considerado como prestação de serviço público mediante concessão. Tem característica de baixo risco operacional, cuja receita é previsível e sem inadimplência. Vencida a etapa de construção, os passivos

socioambientais são relativamente pequenos, limitando-se, muitas vezes, à preservação da faixa de segurança das LTs. As concessões de transmissão são remuneradas pela disponibilidade de ativos através de Receita Anual Permitida - RAP ao concessionário, definida conforme a legislação vigente. A RAP visa remunerar o concessionário pela gestão da concessão (operação e manutenção, aspectos socioambientais e fundiários, entre outros) e remuneração dos investimentos (construção), com reajuste anual, conforme previsão contratual, e submetida à revisão tarifária a cada 4 ou 5 anos. A MPV 579/2012, de 11.09.2012, estabeleceu que todas as concessionárias, com contratos de concessão vincendos em 2015, poderiam optar por renovar a concessão por 30 anos “já” em 01.01.2013, mediante aceitação de nova Receita Anual Permitida - RAP, estabelecida pelo Ministério de Minas e Energia - MME.

Para o caso da Copel GeT, o maior contrato de concessão, o CC 060/2001, responsável por 85,6% do volume de ativos e com receita equivalente a 82,7% do total de RAP do negócio Transmissão, foi submetido a essa Medida Provisória, cabendo à direção da Copel decidir por sua renovação, ou não, conforme as novas regras do Poder Concedente. A decisão da

diretoria, validada pelo Conselho de Administração da Companhia, foi pela renovação do contrato, que concedeu mais 30 anos de operação e a consequente redução de RAP de R\$ 304,8 milhões/ano para R\$ 127,9 milhões/ano (redução de 58%).

Na decisão da Companhia pela aceitação das novas condições considerou-se entre outros a recomendação de redução de PMSO no negócio Transmissão em 30%.

Desde então, muito se tem realizado para a redução dos custos gerenciáveis (PMSO) e é possível verificar os resultados nos indicadores estratégicos estabelecidos e acompanhados pela alta administração da Companhia.

A forma tradicional de gestão de custos aborda os custos conhecidos, tais como os nominados de PMSO: P de pessoal, M de material, S de serviço e O de outros. Uma abordagem complementar, que já está sendo tratada pelas organizações de alto desempenho, é cuidar também dos custos invisíveis, que permeiam a organização e afetam os resultados de forma implacável, dificultando muitas vezes a gestão dos custos mencionados.

Este trabalho apresentará a evolução dos custos do negócio transmissão da COPEL e ações que vem sendo tomadas para a gestão dos custos fixos e variáveis.

No que diz respeito aos custos invisíveis, a partir de uma metodologia que demonstra que há muitos custos invisíveis mapeados nas organizações, demonstra-se que, através de diálogos e reflexões, tais custos necessitam ser reconhecidos e tratados nas equipes como existentes no ambiente de trabalho, para que melhores resultados possam ser obtidos nas organizações.

Dessa forma, espera-se contribuir para o resultado do SNPTEE e plantar as sementes que produzirão frutos que apoiarão as lideranças e gestores a vencer os desafios na obtenção de alto desempenho na gestão dos custos nas empresas.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

Considerando o entendimento de que o SNPTEE dá a oportunidade de realizar trabalhos que contribuam para a gestão do conhecimento, no sentido de guardar a memória de fatos relevantes na história do setor elétrico, este trabalho fará um “passeio” pelos últimos anos trazendo a evolução da atividade do negócio transmissão na COPEL.

Para isso será necessário retroceder a 2010/2011 quando grupos de trabalho identificaram a necessidade de redução dos custos, como estratégia da Companhia, e 2012/2013 com a nova realidade para o principal contrato de concessão do negócio transmissão, que teve sua receita reduzida de 58%, por lei federal.

A gestão dos custos, sempre salutar em qualquer negócio empresarial, torna-se imperiosa para a obtenção de resultados positivos da Companhia, principalmente quando se tem a receita de um negócio reduzida de forma brusca e quando os objetivos estratégicos, definidos na condução das atividades, são conhecidos.

Dessa forma, a gestão dos custos será abordada considerando-se os custos fixos e variáveis visíveis e mapeados na organização e os custos invisíveis que necessitam ser conhecidos pela liderança para a obtenção dos melhores resultados na condução das estratégias de negócio.

## 2.1 Redução dos Custos - PMSO

Entre as diretrizes estratégicas corporativas, a Copel apresenta no mapa estratégico corporativo a “excelência em custos, processos e qualidade”. A primeira perspectiva tem o objetivo de “maximizar o valor para o acionista de forma sustentável”, enquanto a segunda objetiva “aumentar a eficiência operacional”, “ser excelente em gestão de OPEX e CAPEX” e “garantir o equilíbrio financeiro da RAP”.

Desde novembro de 2011, mediante interna, a Companhia instituiu um Programa de Otimização dos Recursos Operacionais a partir da criação de um grupo de trabalho, cujo objetivo principal era desenvolver e recomendar à Diretoria ações e iniciativas de curto, médio e longo prazo, voltadas à otimização dos recursos operacionais de Pessoal, Material, Serviços de Terceiros e Outros (PMSO), com fins de garantir o equilíbrio econômico-financeiro dos seus negócios (geração, transmissão, distribuição e telecomunicações).

Assim, dados foram tratados dos vários negócios da Companhia e ações foram sendo adotadas nas diretorias para a redução dos custos.

A evolução real dos custos de PMSO - Transmissão a partir de 2004 guarda uma particularidade para o caso da Transmissão, em função da cisão da Copel Transmissão em 2007 e respectivas divisões de seus ativos entre a Copel DIS e a então Copel GER.

Pelos dados verifica-se que houve redução tanto dos ativos quanto dos custos associados à atividade transmissão; entretanto, a redução dos custos foi bastante inferior à redução dos ativos físicos. Os custos de 2010 foram 16,71% inferiores aos custos de 2005 (atualizados), enquanto que os ativos em 2010, medidos em MVA, eram 46% inferiores aos de 2005.

Percebe-se claramente que a decisão de 2007 desequilibrou os custos de transmissão, em função de equipes mínimas necessárias para as atividades de transmissão em subestações da Rede Básica e linhas de transmissão: os ganhos de escala nesse negócio, em função das atividades nas instalações classificadas como Demais Instalações de Transmissão – DIT deixaram de existir e somente o acréscimo de novos ativos nesse negócio é que permitiria o retorno do equilíbrio para o referido negócio.

Pelos indicadores da Companhia, no período 2004 a 2010, a produtividade da atividade Transmissão caiu a uma taxa anual média de 7,4%. O cálculo de produtividade considerou os custos operacionais como insumos e a capacidade instalada de transformação em MVA como produto.

COMPONENTES	TRA						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PESSOAL	84.645	92.483	96.838	99.374	67.854	83.229	74.301
MATERIAL	7.222	6.828	4.943	5.604	3.248	4.583	4.515
SERV TERCEIROS	17.632	19.448	22.383	18.780	16.203	15.856	17.185
OUTROS	4.564	5.380	8.271	5.509	5.839	11.267	7.387
<b>Total Geral</b>	<b>114.063</b>	<b>124.139</b>	<b>132.435</b>	<b>129.267</b>	<b>93.143</b>	<b>114.935</b>	<b>103.389</b>
<b>QUADRO FUNCIONAL</b>	<b>835</b>	<b>910</b>	<b>970</b>	<b>1.092</b>	<b>550</b>	<b>567</b>	<b>654</b>

FIGURA 1 – Evolução dos Custos de PMSO – Transmissão – 2004 - 2010

Vale ressaltar que o número de empregados dos negócios Transmissão foram obtidos da seguinte forma: os empregados lotados diretamente na atividade transmissão, além daqueles lotados na administração central, para estes adotou-se o critério de distribuição com base no rateio financeiro.

A fim de verificar o desempenho da atividade na Copel com outras empresas de transmissão, buscaram-se relatórios da Aneel, que permitissem alguma comparação com o PMSO. Para comparação com a Copel foram escolhidas empresas de transmissão de energia elétrica de grande porte, tais como CTEEP e Eletrosul. Assim, os resultados da relação do PMSO/KM de Linha de transmissão e do PMSO/MVA instalado com outras empresas do encontram-se nos gráficos 1 e 2, respectivamente.

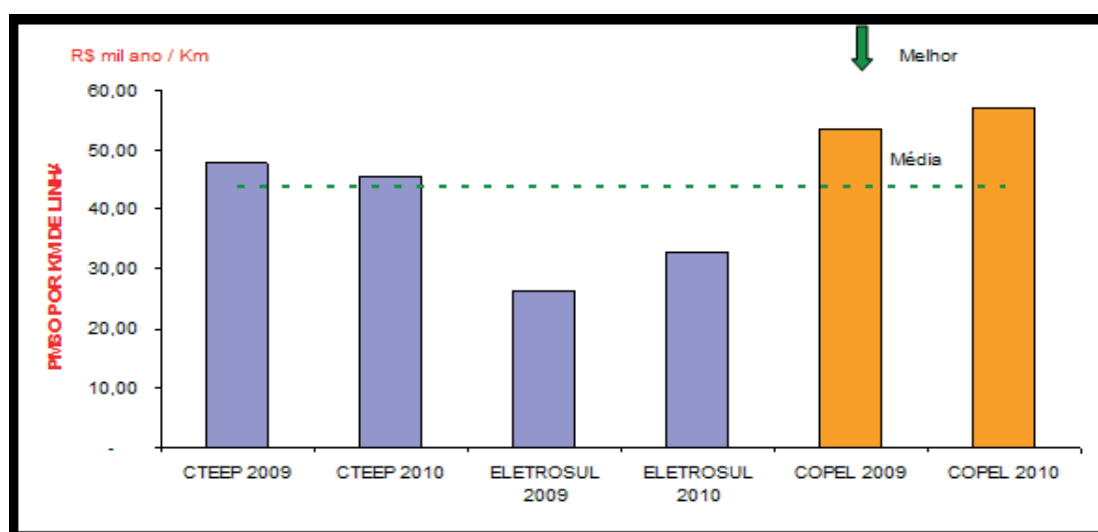


FIGURA 2 – Gráfico 1: PMSO por Comprimento de Linha (km)

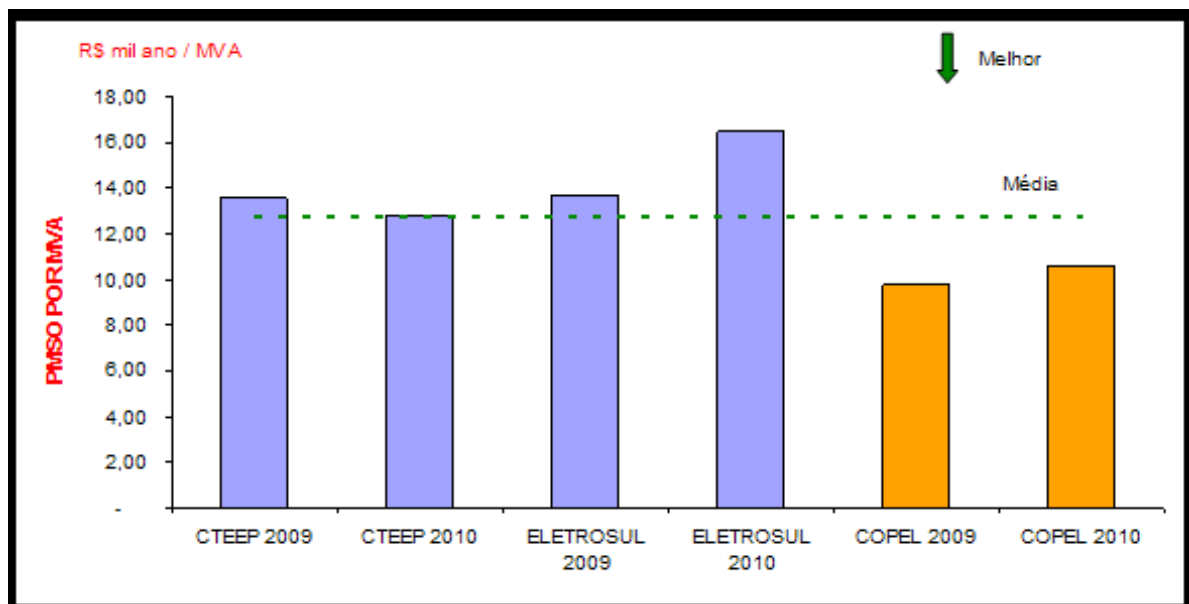


FIGURA 3: Gráfico 2 - PMSO por Capacidade Instalada de Transformação (MVA)

Segundo a Nota Técnica ANEEL 177/2010 anteriormente à cisão, a Copel Transmissão detinha um dos melhores índices de eficiência do segmento em termos de custos operacionais medidos pelos referenciais seguintes: MVA, Km de Linha, N° Transformadores e N° Módulos.

Assim, o grupo de trabalho criado no âmbito da Diretoria, pode concluir que no cenário desenhado a partir de Notas Técnicas da Aneel já havia a identificação da necessidade de adequação dos custos do negócio transmissão a fim de cumprir os objetivos preconizados no planejamento estratégico. No entanto, enquanto discussões estratégicas para essa adequação ocorriam na Companhia, ocorreu a publicação da MP 579/2012 configurando-se como uma verdadeira “bomba” para o negócio transmissão.

É o que trataremos na sequência deste trabalho.

## 2.2 Medida Provisória - MP 579/2012

Em 12 de setembro de 2012, foi publicada a Medida Provisória 579 que dispunha sobre a prorrogação das concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, alcançadas pela lei 9.074 de 1995.

De acordo com esses atos legais, as companhias que possuíam contratos de concessões de geração, transmissão e distribuição de energia, vencidas entre 2015 e 2017, tinham a opção de prorrogar os prazos de concessão, a critério do poder concedente, uma única vez pelo prazo de até 30 anos, desde que aceitassem ter o vencimento antecipado de seus atuais contratos para dezembro de 2012.

A referida prorrogação estava vinculada à aceitação de determinadas condições estabelecidas pelo poder concedente, tais como:

- a. receita fixada conforme critérios estabelecidos pela ANEEL;

- b. submissão aos padrões de qualidade do serviço fixados pela ANEEL; e
- c. concordância com os valores estabelecidos como indenização dos ativos vinculados à concessão..

Essa proposta de prorrogação das concessões atingiu os contratos de concessão 045/1999 de geração que compreende as usinas Gov. Parigot de Souza (GPS), Mourão (MOU), Chopim I (CIM) e Rio dos Patos (RPA) e o contrato de concessão 060/2001 de transmissão.

### 2.2.1 Contrato de Concessão de Transmissão 060/2001

Em 2012, a Copel GeT possuía a concessão de 2022,9 km de linhas de transmissão (LTs), sendo que 1731,6 km de LTs estavam abrangidas no Contrato de Concessão 60/2011, o que representava 85,6% do volume de ativos. Em termos de RAP, Em termos de RAP, a Copel GeT recebia R\$ 368,7 milhões/ano como remuneração por todos os ativos de transmissão; entretanto R\$ 304,8 milhões/ano estavam vinculados ao Contrato de Concessão 60/2001, o que representava 82,7% da receita do negócio Transmissão.

Tal RAP, estabelecida pela Resolução 1313/2012, pela renovação proposta pelo Poder Concedente, que previa mais 30 anos de operação dos ativos, seria reduzida de R\$ 304,8 milhões/ano para R\$ 127,9 milhões ano (redução de 58%), uma das menores reduções aplicadas aos agentes do setor atingidos.

Em 1º de novembro de 2012, o MME emitiu a Portaria 580 estabelecendo o valor da indenização que as transmissoras fariam jus, definindo à Copel GeT o montante calculado pela Aneel através da Nota Técnica 396/2012 de R\$ 893.922.937,78. A Portaria estabelecia ainda que esse valor poderia ser recebido pela transmissora à vista ou em parcelas mensais até o vencimento da concessão vigente com correção pelo IPCA mais WACC de 5,59% real ao ano.

COPEL G&T	BASE LÍQUIDA	BASE REAJUSTADA OUTUBRO/2012	VNR RESIDUAL
1ª REVISÃO TARIFÁRIA BASE DOS PREÇOS: JUNHO/2005	518.763.112,78	718.214.703,21	452.037.827,88
2ª REVISÃO TARIFÁRIA BASE DOS PREÇOS: JUNHO/2009	309.536.115,20	376.349.625,80	310.814.906,45
VNR DAS AUTORIZAÇÕES APÓS A 2ª REVISÃO	-	140.669.751,44	131.070.203,45
TOTAL	828.299.227,98	1.235.234.080,45	893.922.937,78

FIGURA 4: Indenização dos ativos proposta pelo MME

Em 02 de dezembro de 2012, a Companhia assinou Termo Aditivo 03 ao contrato de concessão de transmissão nº 060/2001. A indenização homologada para os ativos em operação após maio de 2000 seria recebida em 30 parcelas mensais atualizadas pelo IPCA e remunerada pelo Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) de 5,59% real ao ano, sendo a primeira parcela recebida em janeiro de 2013.



Com a promulgação da Lei nº 12.783 em 11 de janeiro de 2013, ocorreu a conversão da MP 579 em lei e foram estabelecidas as diretrizes para a indenização destes ativos.

Negociações durante a tramitação da MP 579 possibilitaram que o projeto de lei de conversão da medida incluísse o pagamento pelas modernizações e ampliações realizadas em instalações da chamada Rede Básica do Sistema Existente; assim, a redação do artigo 15 da Lei 12.783 é praticamente idêntica ao da medida provisória.

De 2013 até o início de 2017, encontrava-se pendente o estabelecimento pela Aneel do valor indenização que a Copel GeT faria jus pelos ativos não indenizados e sujeitos à MP 591/2012, que alterou a MP/579/2012 no que diz respeito às indenizações, relativas às instalações de transmissão.

As apresentações da diretoria da Copel GeT realizadas em 2012 e 2013, para divulgação das análises realizadas e decisão do Conselho de Administração da Copel em relação à MP 579/2012, esclareciam o que foi considerado como redução dos custos na decisão de aceitar as condições do Governo Federal para continuar com a principal concessão de transmissão da Copel.



#### Considerando:

- Uma redução do custeio de Pessoal, Materiais, Serviços de Terceiros e Outros de 30% entre 2013 e 2014 sobre um montante de R\$ 124.660 mil/ano
- Deságio de 25% no leilão em 2015

Nesse cenário, a diretoria da Companhia sinalizou a necessidade de contenção e redução dos custos classificados em PMSO e a renovação da concessão do contrato 060/2001 em função da MP 579/2012. Muitas iniciativas na gestão dos custos foram adotadas e esse será o que será abordado no trabalho a partir daqui.

## 2.3 Gestão dos Custos

### 2.3.1 Gestão dos Custos Visíveis – Fixos e Variáveis dos Grupos PMSO

Os custos relacionados a Pessoal, Material, Serviços e Outros (PMSO) são considerados gerenciáveis e por essa razão devem ser tratados pelos gerentes das unidades organizacionais da empresa.

As rubricas em que podem ser estratificados os custos que compõem o grupo Pessoal são: Remuneração, Benefícios, Encargos Sociais (INSS, FGTS, 13o Salário), Horas Extras, Periculosidade, Sobreaviso, Dupla Função, PSDV, Gratificação para instrutor, Treinamento, Prêmios e Bonificações, Outros gastos com pessoal.

É possível identificar que nesse grupo há itens que não são totalmente gerenciáveis devido ao seu aspecto legal, decorrente de legislação trabalhista ou de Acordo Coletivo; no entanto, itens como Horas Extras, Sobreaviso e Periculosidade podem ser tratados como passíveis de serem trabalhados pelos gestores das equipes.

Normalmente eles são resultados de processos gerenciáveis, como por exemplo, a contratação de um empregado, a identificação de uma tarefa a ser realizada na área de risco, com um tempo de duração que pode implicar na realização de horas extraordinárias, ou ainda, a definição de que deverá haver empregados em sobreaviso, para mitigação de risco no atendimento do serviço de energia elétrica.

Diz-se que os custos são visíveis e gerenciáveis porque eles podem ser facilmente medidos e classificados (por isso são visíveis) e dependem da autorização de um gestor para acontecerem.

O segundo grupo de custos diz respeito a Material, estratificado nas seguintes rubricas: Veículos, Material Elétrico, Manutenção Civil, Lanches e Refeições, Hospedaria, Limpeza/Conservação/Zeladoria, Ferramental/Equipamentos, Telecomunicação, Combustível e lubrificantes, Segurança – EPI, Manutenção Áreas Verdes, Segurança Patrimonial, CIPA, Eventos externos, Materiais Diversos, Uso e consumo administrativos.

Trata-se de custos visíveis porque se relacionam a itens que foram adquiridos, de acordo com procedimentos estabelecidos pela empresa, para serem utilizados na realização dos serviços prestados pela Companhia.

Como no caso de Pessoal, as aquisições foram realizadas seguindo um determinado rito, com a avaliação/aprovação dos gestores conforme nível de competência. Dessa forma, diz-se que esses custos são gerenciáveis, pois dependeram de algum ou vários empregados para acontecerem.

O terceiro grupo, chamado SERVIÇOS, refere-se ao conjunto de contratação de Terceiros para a realização das atividades que apoiam as empresas na prestação do serviço público. As rubricas que compõem este grupo são: Telecomunicação, Energia Elétrica – consumo próprio, Manutenção Civil, Segurança Patrimonial, Lanches e Refeições, Manutenção, Consultoria, Manutenção Áreas Verdes, Limpeza/Conservação/Zeladoria, Transporte, Viagem, Veículos, Apoio Administrativo, Publicações Legais, Água e Esgoto, Reprografia, Jurídicas, Hospedagem, Alimentação, Correios e Telégrafos, Roçada/Podas – Operacionais, CIPA, Treinamento, Auditoria, Hidrometria, Taxas e Despesas com Importação, Gráfica.

Novamente, como se trata de aquisição de algo, no caso serviços prestados por Terceiros, também ocorreu um processo para sua aquisição, com a definição de que o mesmo seria necessário e especificação para viabilizar o contrato. Dessa forma, trata-se de um custo gerenciável, porque depende de alguém autorizar sua realização.

O último grupo trata de OUTROS custos, estratificado nas seguintes rubricas: Veículos, Seguros, Doações e Contribuições, Taxas e Contribuições, Propaganda e Publicidade, Aluguéis Imóveis, Tributos, Pedágio, Eventos Externos, Revistas e Publicações, Matéria Prima e Insumos para produção de energia elétrica, Indenizações, Bolsa Auxílio Estagiário, Recuperação de Despesas, Não operacional, Multas, Créditos Incobráveis, Arrendamento e Aluguéis, Outros.

Neste caso, há um misto de situações a serem consideradas, pois alguns desses

custos são realizados para a prestação do serviço público inerente à concessão, como por exemplo o pagamento de taxas para compartilhamento de subestações de outras concessionárias, IPTU, etc.. Da mesma forma, como alguns custos de Pessoal, aqui também há componentes deste grupo, que independem da ação gerencial. Os impostos terão que ser pagos, assim, como taxas regulatórias, como ONS, mas diz-se que são gerenciáveis, porque tiveram origem em uma ação gerencial, por exemplo, de manter a concessão, por exemplo; ou um acidente de trabalho, que implique em um pagamento decorrente de ação trabalhista.

Na gestão dos custos visíveis do PMSO, a estratégia da liderança nas atividades de Operação e Manutenção do negócio transmissão foi identificar para cada grupo os itens de maior peso. A partir desse “pareto” identificar as alternativas que seriam possíveis de serem adotadas.

Como se pode constatar na Tabela 2, o maior resultado no conjunto de custos PMSO se dá por atuação na componente PESSOAL.

A característica de uma empresa que possui concessão de prestação de serviço público de transmissão de energia é a de ter empregados capacitados para a execução desse serviço especializado. São anos de formação do quadro técnico, de forma que o item pessoal próprio acaba por se sobressair nos custos fixos desse negócio.

Para redução dos custos trabalhou-se na gestão das horas extraordinárias; no entanto, os resultados não foram expressivos em função de que há muitas atividades nesse negócio que são aprovadas somente para finais de semana, feriados e madrugadas, o que implica em maiores custos na realização das atividades. Entretanto, boas práticas foram implementadas de forma a conseguir redução nos custos associados.

Alternativas aos procedimentos de sobreaviso foram implementadas, a fim de continuar mitigando o risco da prestação dos serviços nos horários não administrativos, mas com menor custo para a Companhia.

Os valores mais relevantes na gestão dos custos de Pessoal foram decorrentes da redução de pessoal, ou sucessão de empregados que merecidamente se aposentaram e deram lugar a novas contratações, com valores iniciais de salário de menor valor. Algumas atividades também foram descontinuadas pelo uso de novas tecnologias, de forma que algumas contratações não mais se fizeram necessárias.

Em paralelo, buscou-se não agregar novos custos, como por exemplo decorrentes de estruturas organizacionais com maior número de gerentes. Entendeu-se em 2013, como sendo necessário avaliar uma melhor forma de desenvolver as atividades, buscando redução de custos através da otimização dos recursos de transmissão e geração.

No grupo de aquisição, quer seja Material, como Serviços de Terceiros, várias iniciativas foram adotadas no sentido de buscar redução de custos.

Realizando-se um “pareto” dos respectivos custos, identificou-se o item *segurança patrimonial* com o de maior relevância para ser tratado. Um grupo multidisciplinar foi

formado para tratar o assunto e alternativas foram identificadas na gestão desse custo.

Como resultado e interação entre áreas da GET e sua diretoria, para mitigar riscos, inicialmente não avaliados, optou-se por buscar uma alternativa que implicou em redução estimada de custos da ordem de 15%.

	<b>MENSAL</b>	<b>ANUAL</b>
<b>ATUAL</b>	R\$ 481.291,02	R\$ 5.775.492,24
<b>GT</b>	R\$ 349.204,90	R\$ 4.190.458,80
<b>PROPOSTA</b>	R\$ 405.419,92	R\$ 4.865.039,04
<b>Diferença (Prop-GT)</b>	R\$ 56.215,02	R\$ 674.580,24
<b>Diferença (Prop-GT)</b>	R\$ 75.871,10	R\$ 910.453,20

Tabela 1 – Estimativa de redução de custos com a contratação de Segurança Patrimonial em instalações de Transmissão (\*)

(\*) – Referência junho/2014.

Os custos referentes aos serviços de telecomunicações também foram tratados com igual cuidado. Verificaram-se custos existentes de serviços que não eram mais necessários para o negócio transmissão e alguns que estavam sendo indevidamente direcionados para a GeT, quando deveriam estar sendo cobrados da Copel DIS. Ajustes foram feitos e redução de valores aconteceram.

No grupo Outros, houve pouca atuação, principalmente pelo fato de muitos desses custos serem decorrentes de legislação e regras do setor.

Como resultado desse trabalho, foi solicitado um relatório dos custos PMSO de 2012 até os dias atuais, à área organizacional responsável, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

#### Anos 2012 a 2016 - Acumulados

<b>Custos TRA Total</b>					<i>em R\$</i>
<b>Depto</b>	<b>2012 Acumulado</b>	<b>2013 Acumulado</b>	<b>2014 Acumulado</b>	<b>2015 Acumulado</b>	<b>2016 (*) Acumulado</b>
Pessoal	133.771.247	108.977.975	91.273.440	98.393.528	132.553.421
Materiais	4.590.769	3.609.727	3.862.259	3.400.526	4.757.060
Serviços de Terceiros	20.978.086	18.185.538	20.368.661	20.494.107	21.779.694
Outros	11.532.569	11.755.832	14.779.154	16.606.334	10.252.904
<b>Total</b>	<b>170.872.671</b>	<b>142.529.072</b>	<b>130.283.514</b>	<b>138.894.495</b>	<b>169.343.079</b>

Tabela 2 – Evolução dos custos PMSO – Negócio Transmissão

Ressalvam-se as premissas do estudo:

1. Os valores demonstrados neste relatório foram obtidos junto à base BW-SAP.
2. Para a composição dos custos de PMSO, foram feitas as seguintes considerações:
  - a. Apenas custos da Empresa 1100 (Copel GeT)
  - b. Apenas Custos Gerenciáveis: Pessoal (incluídos PLR, Participação Atuarial e PSDV); Material; Serviços de Terceiros; Outros (exceto Carvão Figueira);
  - c. Desconsiderados Custos Não Gerenciáveis: Depreciação/Amortização; Encargos (Conexão e Uso); Insumos para produção de energia elétrica; PROINFA; Provisões/Reversões; Taxa Fiscalização.
3. Somente valores apropriados nos centros de custos subordinados ao negócio de Transmissão.
4. Os custos foram segmentados por negócios conforme critérios de rateio da Contabilidade.
5. Os valores referentes ao ano de 2016 são preliminares.

### *2.3.2 Gestão dos Custos Invisíveis*

Uma forma simplificada de definir os custos invisíveis é compará-los aos custos conhecidos e visíveis.

Assim, pode-se dizer que os custos visíveis são aqueles facilmente identificáveis e que podem ser classificados, conforme apresentado anteriormente; sendo que, por trás de cada grupo de custos visíveis há outro grupo de custos invisíveis. Não é possível informar se o grupo de custos invisíveis é maior ou menor que o grupo de custos visíveis; tão pouco pode-se informar o quanto afeta a organização.

Os custos invisíveis ou ocultos, como tratam alguns autores, possuem uma natureza subjetiva, que depende de várias situações em que a organização se encontra inserida: citam-se o momento político do país, estado ou município, da cultura das equipes, do humor dos trabalhadores, do clima organizacional, da forma de gestão da organização, ...etc..

Para facilitar a abordagem, os custos visíveis foram tratados neste trabalho por primeiro e os resultados alcançados na gestão dos mesmos puderam ser coletados e informados.

No que diz respeito aos custos invisíveis, um cuidado que vem sendo adotado desde o início de 2016 nas reuniões de trabalho dos departamentos com a Superintendência de Transmissão de Energia – STR, está na abordagem dos custos invisíveis presentes nas equipes de trabalhos.

A partir do Programa de Gestão Avançada – APG – realizado junto à Amana-

Key, vislumbrou-se a necessidade de trabalhar algo mais do que a gestão dos custos visíveis, provenientes das planilhas, cujos dados são coletados pelos sistemas de informática.

*“As organizações necessitam de um trabalho de gestão mais biológico, atenta aos propósitos, à cultura dos empregados e sua participação ampla nos resultados (não segregada por órgãos).”*

Ideias para “disturbar” a organização foram trabalhadas no APG, algumas podem ser visualizadas na Figura 5.

- Preparar todos os colaboradores para serem responsáveis pela implantação de uma nova cultura na organização. Elaborar uma fase de educação para assegurar que o novo propósito esteja internalizado.
- Trabalhar a gestão da mudança em todo o quadro da empresa para que todos os funcionários possam de fato passar a fazer algo diferente para atingirem um resultado diferente.
- Instaurar uma cultura em que todos na equipe executem suas atividades com disciplina e interesse.

FIGURA 5 – Ideias com foco numa gestão biológica

Nesse sentido, teve início a partir de março de 2016 uma prática gerencial de trabalhar os custos invisíveis com os empregados do negócio transmissão.

Trimestralmente, após a verificação dos dados e resultados trimestrais das equipes, que é apresentado pelo gerente da área à superintendência, um diálogo entre os participantes acontecia de forma estruturada e definida pela liderança. Nesse diálogo, os participantes podiam expor suas opiniões sobre a reunião ou outro assunto desejado, a partir de cartas de um baralho especial, que cita custos invisíveis. As cartas eram escolhidas de forma aleatória pelos participantes, para uma dinâmica em que o empregado apresenta o custo invisível, faz uma breve descrição do que entende se tratar esse custo e avalia se o mesmo está presente na organização, na área ou na equipe.

Entende-se que aquilo que não se conhece não é possível de ser reconhecido, não sendo conhecido, não pode ser combatido se for algo pernicioso à organização e a felicidade de cada um.

A partir do momento em que os empregados participantes vão conhecendo os custos invisíveis, abre-se um diálogo mais profundo nas equipes, buscando-se entender as situações que podem trazer resultados negativos, que geram clima organizacional desagradável, cansaço e desânimo nas equipes e conseqüentemente agregando custos aos processos, difíceis de serem combatidos.

Ressalva-se que durante a realização do APG na Amana-Key, foi realizado um trabalho que buscou identificar naquele grupo a percepção de quais eram os custos mais presentes nas organizações, conforme apresenta-se na Figura 6. Esse trabalho de identificar a criticidade dos custos não foi realizado na Copel.

Entretanto, tais custos foram distribuídos nas reuniões da STR e muitos deles foram percebidos pelos empregados como presentes nas equipes, ou nas áreas, ou ainda na Companhia; necessitando serem tratados de forma idêntica aos custos visíveis para que se possa realmente buscar melhores resultados e cumprimento das estratégias planejadas.

CARTA	DESCRIÇÃO DA CARTA	VEZES CITADAS
42	Custo do excesso de reuniões	15
48	Custo da lentidão, da demora para decidir e agir	15
9	Custo da politicagem, das fofocas, das "ações subterrâneas"	14
11	Custo da desconfiança e dos controles excessivos	14
23	Custo da falta de ética, da cultura de obter vantagens à custa de outros	13
12	Custo da "cultura do medo", que paralisa as pessoas	12
24	Custo da desmotivação, da falta de pique das pessoas	12
44	Custo dos malentendidos e da comunicação deficiente	12
1	Custo da falta de respeito nos relacionamentos humanos	11
3	Custo da lacuna entre discurso e prática genuína	11
5	Custo do "fazer as coisas no piloto automático"; sem estar presente de corpo e alma	11
6	Custo da apatia, da postura de não ligar, de não se importar	11
13	Custo das disputas por poder e espaço	11
18	Custo dos boicotes e das resistências a tudo que é novo	11
22	Custo da ausência de cooperação, da má vontade em ajudar	11
50	Custo da ação fragmentada, sem levar em conta o todo	11

FIGURA 6 – Exemplo de Custos Invisíveis nas Organizações

### 3 | CONCLUSÃO

É possível identificar que o negócio transmissão sofreu na última década alguns reveses, que não permitiram trazer os resultados esperados em um bom negócio empresarial. A cisão da Copel Transmissão quebrou um equilíbrio existente entre os custos fixos e a gestão dos respectivos ativos; assim como a Medida Provisória 579/2012, ainda pendente de retorno de valores financeiros à Companhia, impôs a necessidade de esforços adicionais na redução dos custos para a prestação dos serviços públicos de transmissão de energia.

A gestão dos custos visíveis e gerenciáveis, conhecidos como PMSO, foi determinante para se conseguir a redução dos gastos aos níveis esperados pela diretoria da Copel na renovação do contrato 060/2001 junto ao poder concedente. Ao final do ano de 2016, constata-se que os custos gerenciáveis PMSO alcançaram a meta desejada de 30% de redução, com um certo tempo de atraso, visto que a meta desejada deveria ter ocorrido ao final de 2014.

Nesse caso, ressalva-se que os custos do negócio transmissão avaliados em 2016 não guardam a mesma proporção do que foi analisado em 2012, uma vez que

atualmente há custos indiretos que são direcionados para esse negócio que não existiam àquela época, visto a alteração na estrutura organizacional da Companhia.

Para se ter uma organização cada mais saudável e de alto desempenho é necessário lançar mão de uma gestão que enxergue a organização como um organismo vivo, biológico como são os seres humanos. Nesse ambiente será possível tratar os custos invisíveis da Companhia com o mesmo cuidado como são tratados os custos do grupo PMSO, sendo esse ambiente um requisito para o sucesso que a Copel deseja ter nos próximos anos.

## REFERÊNCIAS

- (1) COPEL/ PROGRAMA CORPORATIVO PARA OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS OPERACIONAIS – Relatório DEGC 007/2012 – r2
- (2) COPEL / RELATÓRIO DE CUSTOS – NEGÓCIO TRANSMISSÃO – SGT/DEFG/VOCG
- (3) AMANA-KEY/ Custos Invisíveis mais críticos nas organizações, Ideias para perturbar as organizações - outubro/2015
- (4) COPEL/ GT Vigilância na DGT – Relatório Executivo –SGT/CGGT – abril/2013
- (5) COPEL / Estudo comparativo para contratação de vigilantes e porteiros para atendimento nas subestações – SGT – maio 2014.
- (6) COPEL / Relatório Técnico - Ativos do Contrato de Concessão de Transmissão 060/2001/ R00 - DGT – 11/03/2013
- (7) COPEL / Apresentação MP 579 - Perspectivas Estratégicas & Financeiras – Lindolfo Zimmer, 30/11/2012
- (8) COPEL / Parecer da DGT quanto à renovação da Concessão 60/2001 – Negócio de Transmissão de Energia da Copel Geração e Transmissão S.A.(Copel GeT) – 20/11/2012



## GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM GARANHUNS-PE

### **Rosalva Raimundo da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco  
Recife-PE.

### **José Romenik de Almeida**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco  
Recife-PE.

### **Marcela Caroline S F Azevedo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco  
Recife-PE.

### **Maria Claudjane J. L. Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco  
Recife-PE.

**RESUMO:** O avanço tecnológico melhora a capacidade evolutiva da nossa espécie em vários aspectos, entretanto esse avanço desenfreado gerou um acúmulo de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs), que descartados inadequadamente promovem danos a saúde pública e ao meio ambiente. Um dos grandes desafios da sociedade moderna é o gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estimula a aplicação do sistema de logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social. Desse modo, o objetivo desse trabalho é identificar

os problemas socioambientais causados pelos REEEs no contexto local, relatando a situação do gerenciamento a partir do comércio logístico da cidade de Garanhuns-PE. Foi aplicado um questionário quantitativo aos comerciantes para avaliar a ocorrência da aplicação da logística reversa no município. Nossos resultados indicam que na cidade de Garanhuns não ocorre um gerenciamento adequado para os REEE, os lojistas desconhecem a legislação, especialmente no que tange a PNRS. O município carece de informações quanto aos riscos ambientais gerados, bem como a correta destinação dos REEEs. Os resultados foram aproveitados para uma campanha de educação ambiental, para sensibilizar a população, os comerciantes e os governantes, sobre os riscos do descarte indevido desses resíduos para o homem e o ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixo Eletroeletrônico, Logística Reversa, Saúde Pública.

**ABSTRACT:** Technological advancement improves the evolving capacities of our species in many respects, however this unbridled advance has generated an accumulation of waste electrical and electronic equipment (WEEEs), which discarded improperly promote damage to public health and the environment. One of the great challenges of modern society is the management of electronic waste. The National

Solid Waste Policy encourages the application of reverse logistics system as a tool for economic and social development. The aim of this work is to identify the environmental problems caused by WEEEs in the local context, reporting the status of management from the logistics trade in the city of Garanhuns-PE. A quantitative questionnaire was applied to WEEEs traders to evaluate the occurrence of the application of reverse logistics in the city. Our results indicate that in the city of Garanhuns is not an appropriate management for WEEE, shopkeepers are unaware of the legislation, especially when it comes to PNRS. The municipality lacks information about the environmental risks posed, as well as the proper disposal of WEEEs. The results were leveraged to an environmental education campaign to raise awareness, traders and governments, about the risks of improper disposal of these residues to humans and the environment. **KEYWORDS:** Electrical and Electronic Waste, Reverse Logistics, Public HealthManagement.

## 1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia tem proporcionado avanços importantes nas áreas da medicina, agricultura, telefonia entre outras, causando uma mudança constante no ciclo de consumo da população, influenciando na atualização dos equipamentos obtidos, seja nas residências ou no ambiente de trabalho, setores públicos ou privados. Renovar os equipamentos eletrônicos tornou-se mais que uma necessidade, um hábito (Souza et al. 2017). O consumo excessivo e muitas vezes desnecessário da sociedade atual, tem promovido o aumento na produção de resíduos sólidos, com consequente descarte inadequado desses resíduos, sobretudo dos equipamentos elétricos e eletrônicos (REEEs). Que contêm diversas substâncias tóxicas que podem causar problemas sérios ao meio ambiente e também a população (Moguel, 2007). A rapidez de obsolescência dos materiais elétricos e eletrônicos aumenta progressivamente e muitas vezes eles tornam-se “ultrapassados” antes mesmo de saírem das lojas, o que representa um grande problema para empresas, sociedade e meio ambiente (Borges e Abinee, 2007; Souza et al. 2017; Rocha e Souza, 2017). Quando descartado de forma inadequada, junto ao lixo comum, podem ser um potencial desastre para o meio ambiente, por conter diversos contaminantes tóxicos (Xavier e Carvalho, 2014; Santos, Nascimento e Neutz, 2014). Além disso, os REEEs podem terminar nas mãos de recicladores informais para extração de materiais como ouro e cobre, por meio da incineração, ocasionando a liberação de gases tóxicos e inviabilizando o reaproveitamento dos demais materiais constituintes desses resíduos (United Nations Environment Programme, 2009).

Apesar da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) estabelecer, entre outros assuntos, sobre a obrigatoriedade da coleta e destinação correta dos materiais produzidos por parte dos fabricantes, no tocante ao lixo eletrônico há um alerta sobre o aumento no acúmulo desse tipo de resíduo, sem que haja uma destinação final adequada. A ineficiência da destinação dos REEEs pode estar relacionada ao

despreparo dos responsáveis por grandes setores logísticos, que não conseguem aplicar ferramentas sustentáveis nos seus empreendimentos, minimizando assim os impactos gerados. Portanto, devemos considerar que o descarte correto dos resíduos sólidos seja para sua reciclagem, reutilização e redução favorece principalmente o tripé: social, ambiental e econômico (Rocha e Souza, 2017). A preocupação com os REEEs é crescente e vem desafiando gestores de diversas áreas pela abrangência dos impactos gerados, além disso, quando se trata de cuidar do meio ambiente para uma boa qualidade de vida. A responsabilidade deve ser compartilhada entre todos os envolvidos no processo, ou seja, governo, sociedade e mercado para que os interesses individuais sejam coletivizados e objetivado ao bem comum (Ferreira, 2018; Rocha e Souza, 2017).

A cidade de Garanhuns, agreste pernambucano, possui um centro comercial desenvolvido, e no bairro Santo Antônio encontram-se a maioria das lojas de Eletroeletrônicos da cidade. Garanhuns, pelo seu diversificado comércio e oferta de serviços, tem no turismo um importante fator de desenvolvimento. A sua economia se baseia em determinados períodos do ano no turismo, além da agricultura e pecuária, sendo responsável pela maior capitação de leite do estado de Pernambuco, possuindo assim grandes indústrias de laticínios. Há uma grande carência entre a população e as empresas locais do município para lidar com o gerenciamento dos REEEs, além de um desinteresse do mercado secundário de materiais para os resíduos eletrônicos (sucatas), tendo como consequência o descarte inadequado desses resíduos nos locais de destinação de resíduos domiciliares. Estes REEEs, quando descartados em lixo comum podem poluir solos, rios e o ar, além disso, quando são encaminhados aos aterros sanitários ocupam mais espaços podem, inclusive, tornar-se tóxicos.

Nesse sentido se faz necessário discutir um modelo de gestão sustentável que adote a Logística Reversa (LR) e a educação ambiental continuada para a recuperação de materiais embutidos em equipamentos elétricos eletrônicos, que além de desimpactar o meio ambiente poderá gerar renda, ou seja, sustentabilidade. A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010). Já a educação ambiental é o processo por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Brasil, 1999).

Diante do exposto este trabalho tem por objetivo identificar os problemas socioambientais causados pelos REEEs no contexto local, relatando a situação do gerenciamento destes equipamentos a partir do comércio logístico da cidade de Garanhuns-PE. Para isso temos como objetivos específicos: Identificar os principais

tipos de resíduos produzidos, bem como qual é a destinação dos REEEs no bairro de Santo Antônio; Quais os processos utilizados e volumes processados ou comercializados nas empresas estudadas; Verificar as dificuldades encontradas para a implantação do sistema de logística reversa; Sensibilizar e instigar os comerciantes locais sobre a importância da logística reversa e dos perigos do descarte inadequado dos REEEs para o meio ambiente e a saúde pública; além de apontar soluções para a gestão dos setores envolvidos com Equipamentos Eletroeletrônicos e o descarte e destinação correta dos mesmos.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Local de estudo**

O estudo foi desenvolvido no centro comercial da cidade de Garanhuns – Pernambuco, por ser o bairro que ficam as maiores concentrações de lojas de Equipamentos de Eletroeletrônicos. O município está localizado no Agreste Meridional de Pernambuco, possui 135.138 mil habitantes segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013). A concentração urbana é de 89,14% de habitantes e possui área territorial de 472,46 km<sup>2</sup>. Localizado no Planalto da Borborema a uma média de 896m, a cidade é distante 230 km do Recife, capital do Estado de Pernambuco.

### **2.2 Levantamento, identificação e destinação final dos REEEs**

Foram realizadas visitas a Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL) de Garanhuns para fazer o levantamento e a identificação dos comerciantes de materiais elétricos e eletrônicos do município, bem como identificar os comerciantes e os locais onde são realizados consertos a tais equipamentos. Foram visitadas 35 lojas, onde a identificação da loja e do entrevistado foi preservada. Cada loja recebeu uma numeração para que facilitasse no momento da análise. O questionário de caráter quantitativo foi respondido por um funcionário da loja responsável pelo setor de gerenciamento. Neste questionário, procurou-se identificar os principais REEEs gerados e como os mesmos são descartados pelo estabelecimento.

Também foi verificado junto aos órgãos municipais a existência de gerenciamento de REEEs em Garanhuns, além dos principais problemas alegados pelas empresas locais para adotar práticas sustentáveis, bem como a existência de parcerias entre prefeitura e associações de catadores.

### **2.3 Sensibilização sobre a correta destinação dos REEEs**

Todas as informações coletadas na etapa anterior do trabalho foram interpretadas para nortear a formulação de panfletos utilizados para sensibilizar e informar a população dos riscos do descarte incorreto dos REEEs, assim como incentivar o setor logístico quanto à importância em aderir ao sistema de logística reversa tanto para

o meio ambiente como para a qualidade de vida da população que fica exposta a esse tipo de resíduo quando não descartado corretamente. Os panfletos também contribuirão na sensibilização dos governantes e fornecedores dessas empresas, pois a logística reversa é uma ação de responsabilidade compartilhada.

## 2.4 Análise estatística

As amostras das lojas entrevistadas foram calculadas através do software EPINFO, na guia Inquérito à população ou desenho de estudo descritivo, com amostragem aleatória (não Cluster). O bairro de Santo Antônio -centro da cidade, possui uma 'população' de 74 lojas cadastradas na CDL que trabalham com algum tipo de Equipamento Eletroeletrônico (EEE). Com nível de confiança de 95%, o tamanho da amostra selecionado foi de 35 lojas, com limite de confiança de 5%.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Levantamento e identificação dos REEEs

De acordo com os resultados obtidos a maioria das lojas (29%) comercializam entre 50 e 75 EEE mensalmente, além disso, aproximadamente 17% das lojas vendem mais de 350 EEE o que demonstra que o centro comercial de Garanhuns apresenta um considerável destaque econômico (Tabela 1).

Nº de EEE	Percentual (%) de lojas
< 50	23%
50 -75	29%
76 -100	6%
101-150	8%
151-200	6%
201-350	11%
>350	17%

Tabela 1. Quantidade média de Equipamentos Eletroeletrônicos comercializados mensalmente pelo comércio de Garanhuns, Pernambuco, em 2015.

Elaborado pelos autores.

Nas 35 lojas que fizeram parte da pesquisa, os produtos mais comercializados são Celulares (31%), receptores (14%) e TVs (11%), esses produtos são vendidos em sua maioria por lojas de pequeno porte que compõem a maioria das lojas encontradas no Bairro Santo Antônio. Equipamentos como refrigerador (6%) e fogão (3%) são representados por um número reduzido de lojas, mas estão dentro do grupo de grande porte, com uma média de 500 produtos vendidos mensalmente (Figura 1).

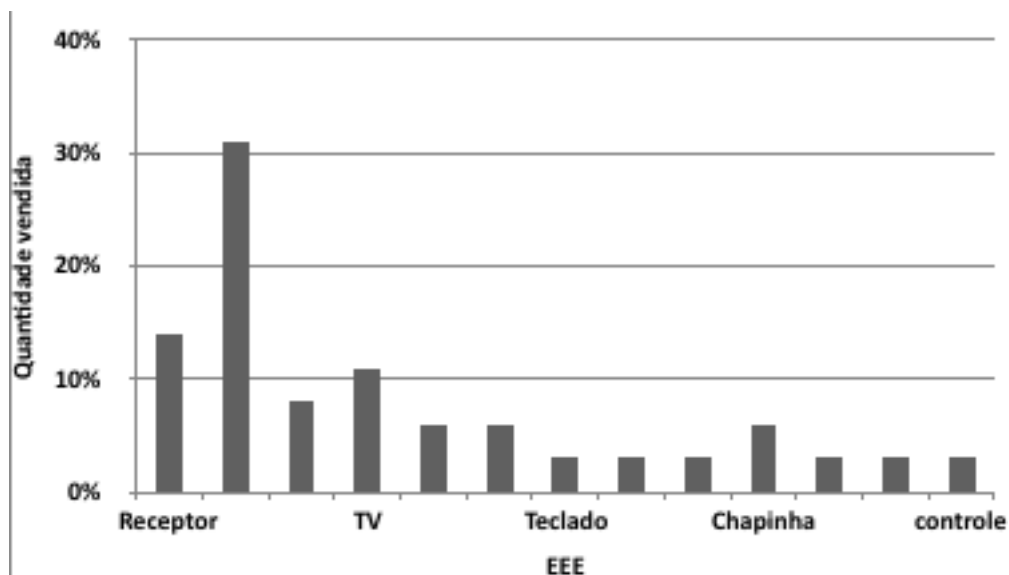


Figura 1. Equipamentos Eletroeletrônicos mais vendidos pelos comerciantes de Garanhuns, Pernambuco, 2015.

Elaborado pelos autores

### 3.2 Destinação final dos REEEs

No centro comercial da cidade a destinação dos REEEs ocorre principalmente por recolhimento pela assistência do fabricante do produto (26%), e pelo recolhimento por parte das empresas fornecedoras (17%), entretanto aproximadamente 14% do total de REEE são descartados no lixo comum, 17% informaram que enviam para um depósito da própria empresa, pois não sabem o que fazer com o resíduos, quando não há mais espaço no local, descartam no lixo que é recolhido pela prefeitura, enquanto que 11% dos entrevistados não sabe qual destino correto dar aos seus REEE (Tabela 2). Estes números são preocupantes, visto que esses resíduos possuem substâncias tóxicas que podem causar diversos impactos no meio ambiente e na saúde da população. De acordo com a política Nacional de Resíduos Sólidos, o destino adequado dos REEE deve ser feita a partir da responsabilidade compartilhada envolvendo a implantação de sistemas de logística reversa, onde os fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores e demais responsáveis envolvidos na cadeia produtiva possuem suas atribuições, no que tange a diminuição do volume e dos impactos dos resíduos gerados (BRASIL, 2010).

Destino dos REEE descartados	Porcentagem (%)
Associação de catadores para reciclagem	6%
Recolhimento pela empresa fornecedora	17%
Lixo comum	14%
Doação das peças a terceiros para reuso	9%
Recolhimento pela assistência técnica	26%
Depósito próprio, pois não sabem como descartar	17%
Não sabe	11%

Tabela 2. Destino dos Resíduos de Equipamento Eletroeletrônico da cidade de Garanhuns, Pernambuco, 2015.

Elaborado pelos autores

Ao serem questionados sobre o que era Logística Reversa (LR), apenas 11% dos entrevistados afirmaram conhecer, enquanto que a maioria dos entrevistados (89%), afirmaram não saber do que se tratava esse sistema. Entretanto, apesar da maioria não conhecer a LR, aproximadamente 29% dos entrevistados afirmaram praticar o sistema de logística reversa em seu estabelecimento comercial.

Aproximadamente 71% dos comerciantes afirmaram que nenhum cliente jamais procurou a loja para descartar seu REEE, ou para saber como deveria fazê-lo. Este resultado demonstra à falta de orientação da população de como proceder com equipamentos danificados ou obsoletos.

Além disso, a pequena parcela da população que procura as lojas para proceder ao descarte correto, encontra resistência dos comerciantes em aceitar o EEE obsoleto. Das 35 empresas entrevistadas a maioria (28%) dos lojistas não aceitam receber o REEE da população, todavia 23% solicita que o cliente o encaminhe para a assistência técnica do produto e outros 17% dos lojistas afirmam recolher o resíduo e encaminhá-lo para os fornecedores/assistência, entretanto não sabem afirmar qual a destinação final desse resíduos, apenas 26% afirmaram aceitar o REEE da população (Tabela 3). Por falta de conhecimento e orientação da população, o destino desses resíduos é o lixo comum. Essa atitude contribui para a poluição visual da cidade, além da poluição do solo e das águas, em virtude dos componentes tóxicos desses resíduos. Observa-se que o descarte dos REEEs no centro comercial de Garanhuns não é satisfatório. De acordo a Lei 12.305/2010 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) os comerciantes são obrigados a realizar a logística reversa dos resíduos eletrônicos vendidos, incentivando a parceria com lojistas que precisam de empresas especializadas na coleta, separação, armazenamento, transporte e destinação dos resíduos, pois o mesmo pode ser uma fonte de renda para muitas pessoas que trabalham em associações de catadores, que contribuem para uma destinação adequada desses equipamentos, evitando que esses resíduos prejudiquem o meio ambiente e a saúde das pessoas.

<b>Atitude</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Aceita o Resíduo	26%
Aceita o Resíduo somente com a nota fiscal de compras	3%
Não aceita o resíduo	28%
Solicita que o cliente encaminhe o descarte para a assistência técnica do produto	23%
Recolhe o resíduo e encaminha para os fornecedores/assistência	17%
Não sabe	3%

Tabela 3. Atitude dos lojistas quanto à logística reversa dos equipamentos elétricoeletrônicos obsoletos ou danificados na cidade de Garanhuns, Pernambuco, 2015.

Elaborado pelos autores

### 3.3 Percepção dos lojistas sobre os REEEs

A percepção dos entrevistados quanto ao perigo do descarte inadequado dos REEE é um dado preocupante. Apesar de 65% dos entrevistados afirmarem que o descarte inadequado pode causar algum tipo de poluição ambiental, apenas 9% dos entrevistados acreditam que o descarte indevido desses equipamentos poderia causar danos a saúde humana, enquanto 20% afirmaram não saber dos prejuízos que os REEEs causam quando colocados em locais inapropriados (Tabela 4). Quando questionados sobre a quantidade de resíduos eletroeletrônicos gerados por dia, todos os entrevistados afirmaram não saber estimar uma quantidade média de REEEs gerada no seu estabelecimento. Estes resultados demonstram a total falta de controle e orientação tanto aos lojistas como a população no geral, no que se refere ao descarte desses equipamentos. Segundo Pinheiro et al. (2009) os principais metais pesados encontrados nesses equipamentos são mercúrio, chumbo e cádmio, altamente prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente. Quando os equipamentos eletroeletrônicos são descartados incorretamente no lixo comum, essas substâncias tóxicas são liberadas e penetram no solo, contaminando lençóis freáticos e, aos poucos, animais e seres humanos.

Quando perguntado aos lojistas da existência de algum tipo de programa ou incentivo, por parte dos órgãos governamentais, para o recolhimento dos REEEs dos consumidores, todos os entrevistados afirmaram não haver nenhum tipo de política pública de incentivo para que os lojistas recolham esses resíduos do consumidor. O que demonstra a falta de conhecimento sobre os diversos documentos que incentivam a gestão de REEEs, como a cartilha do SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (2012), intitulada “Gestão de Resíduos sólidos: Uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micros e pequenas empresas.”

Efeitos do descarte de REEE	Porcentagem (%)
Poluição Ambiental	65%
O REEE demora a decompor	6%
Prejudica a saúde das pessoas	9%
Não sabe ou não quis responder	20%

Tabela 4. Percepção dos lojistas da cidade sobre os efeitos do descarte inadequado dos equipamentos eletroeletrônicos, Garanhuns-PE, 2015.

Elaborado pelos autores

### 3.4 Implantação da Logística Reversa

Vários motivos foram citados pelos lojistas para a ausência da implantação e funcionamento de um eficiente sistema de logística reversa no município, entre eles



os mais citados foram a falta de orientação adequada (34%), seguido da falta de estrutura física (31%) (Figura 2). Porém, vale salientar que aproximadamente 14% dos entrevistados afirmaram desconhecer da Lei que trata dos incentivos fiscais financeiros e creditícios, ou seja, a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) em seu Art. 8 (IX). Também são motivos de empecilhos para a inserção do sistema de logística reversa a falta de implantação de coleta seletiva nos municípios (12%), a falta de tempo (3%) e falta de parceria (3%). Campos & Oliveira (2009) ressaltam a necessidade de se implementar melhorias na gestão de REEE dentro dos centros urbanos, principalmente com a definição de políticas eficientes para a redução dos potenciais impactos ambientais e que considerem a participação efetiva de produtores e importadores de equipamentos eletroeletrônicos; consumidores e usuários, dos envolvidos nas atividades de coleta e também; dos envolvidos nas atividades de disposição final (Prefeituras Municipais e empresas públicas e privadas).

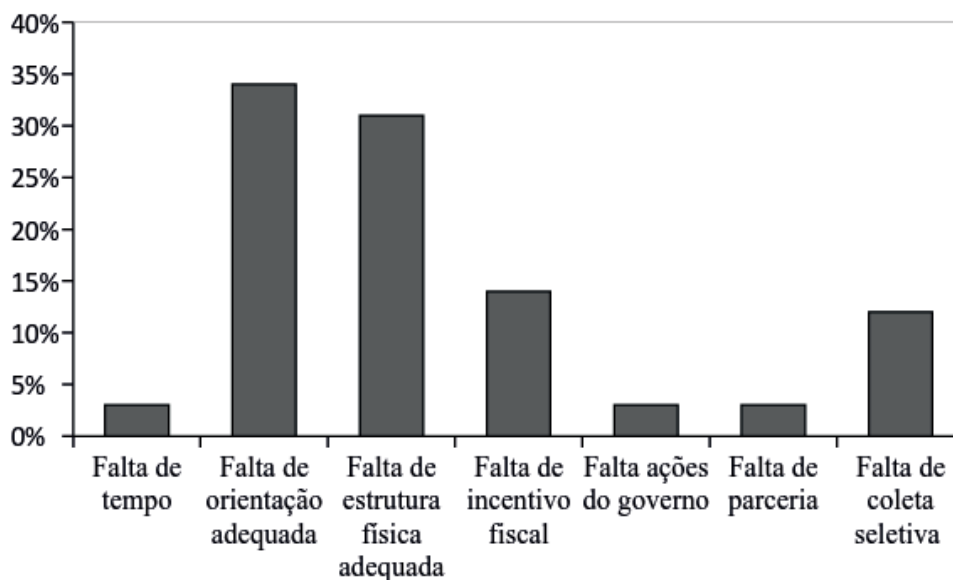


Figura 2. Principais motivos para a ausência da implantação da Logística Reversa no município de Garanhuns, Pernambuco

Elaborado pelos autores

### 3.5 Sensibilização sobre a correta destinação dos REEEs

Com os resultados foi construído um panfleto para sensibilização da população, dos comerciantes e governantes sobre a importância da gestão adequada dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, assim como o cumprimento do que preconiza a PNRS 12.305/2010 sobre a responsabilidade compartilhada dos REEE, pois quando lidamos com esse tipo de resíduos muitos cuidados devem ser tomados quanto a disposição e destino que devem ser dados, pois são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população. O estímulo para a logística reversa, é um dos pontos principais da PNRS, e este fica comprometido pela limitação de conhecimento sobre a legislação (Castro et al. 2017). Para ajudar a população da cidade, principalmente no bairro Santo

Antônio, que é onde funciona a maioria das lojas que trabalham com equipamentos Eletroeletrônicos, foi construído e distribuído panfletos com os resultados encontrados na pesquisa a fim de que os principais responsáveis pelo gerenciamento de REEE tomem atitudes positivas que possam melhorar sua gestão, aperfeiçoando suas práticas diárias, dando a devida atenção que esses resíduos merecem, incentivando-os à responsabilidade compartilhada estimulada pela PNRS, pois quando esta é praticada os empecilhos da aplicação da logística reversa são amenizados e mais plausíveis de acontecer.

#### 4 | CONCLUSÃO

A problemática dos REEEs gira em torno da insuficiência de informações por parte dos comerciantes sobre a Logística Reversa, somado a inércia da população em descartar corretamente seus REEEs, como demonstra nossos resultados. Além disso, a falta de incentivos estatais a fim de promover e elevar as políticas ambientais, bem como, criar estruturas que viabilizem a logística reversa em Garanhuns, apesar da existência da Lei 12.305/2010 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que institui a responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos aos comerciantes ou distribuidores e fabricantes ou importadores.

Por todo exposto fica evidenciado que o caminho para mudança do descarte incorreto no município passa primordialmente por um processo constante de educação ambiental. Sendo difundido o princípio da sustentabilidade para coexistir de forma harmoniosa com os EEE. Outra contribuição importante seria uma maior fiscalização por parte das autoridades municipais junto aos lojistas dos dispositivos contidas na lei 12.305/2010, bem como o incentivo a criação de cooperativas de reciclagens voltadas ao REEEs, tendo em vista sua crescente importância econômica, o que seria duplamente benéfico porque além de manter o meio ambiente equilibrado seria um instrumento de inserção social ao gerar empregos.

#### REFERÊNCIAS

BORGES, André. Lixo eletrônico vira montanha de problemas. **Revista eletrônica Computerworld** - Edição 421, Nov. 2004. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/negocios/2004/11/29/idgnoticia.2006-05-15.6833940980>>. Acesso em: 07 Jan 2015.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

BRASIL. LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Sessão I, p. 1.

CASTRO, Ahiram B. C.; LIMA, Ulisandra R.; SANTOS, Suênia D. T.; BEZERRA, Caroline M. C.

Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um estudo de caso sobre o descarte de toneres de impressoras em uma empresa privada do Nordeste do Brasil. **Revista gestão & sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 666-678, 2017.

CAMPOS, Luiz F. L.; OLIVEIRA, Marcio de. Gestão do Resíduo Tecnológico Gerado pela Tecnologia da Informação. **Revista Eletrônica Machado Sobrinho**, Juiz de Fora, v. 1, n. 4, p.1-13, 2011.

FERREIRA, Arildo. Gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios do Paraná. **Revista Capital Científico**. Paraná, v. 16, n. 2, p. 105-119, 2018.

SOUZA, Fernando H. N.; SOARES, Ilton A.; LUCAS, Lizandra E. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma Instituição de ensino superior. **Revista gestão & sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 361- 377, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260600&search=Ilnifogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>> 24 Abr 2015.

MOGUEL, Guillermo J. R. **Diagnóstico sobre lageneración de basura electrónica. Instituto Politécnico Nacional México**. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D.F., 2007. (tradução nossa). Disponível em: <[http://www.inecc.gob.mx/descargas/diag\\_basura\\_electronica.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/diag_basura_electronica.pdf)>. 18 Abr 2015.

ROCHA, Adilson; DE SOUZA, Fernando Rodrigo. Obsolescência programada de produtos eletroeletrônicos: dimensão social, ambiental econômica. **South American Development Society Journal**, [S.l.], v. 3, n.7, p. 50 - 67, 2017.

SANTOS, Carlos A. F. dos. NASCIMENTO, L. F. M. do; NEUTZLING, Daiane M. A Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a Sustentabilidade: As Práticas de Descarte dos Usuários Organizacionais. **Revista Capital Científico**, Paraná, v. 12, n. 1, p. 78-96, 2014.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Gestão de resíduos sólidos**: uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas. São Paulo: Instituto Envolverde : Ruschel & Associados, 2012

PINHEIRO, Eualdo L; MONTEIRO, Márcio A. FRANCO, Rosana G. F. Plano de **Gerenciamento Integrado de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (PGIREEE)**. Fundação Estadual e Meio Ambiente, Belo Horizonte, 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Recycling - From e-waste to resources** - Final Report, 2009. Disponível em: <[HTTP://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste\\_publication\\_screen\\_FINALVERSION-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf)>. 24 Abr 2015.

XAVIER, Lúcia H.; CARVALHO, Tereza C. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

## METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO CONSIDERANDO A INSERÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA EM LARGA ESCALA NA MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL

### **Sérgio Pinheiro dos Santos**

Companhia Hidrelétrica do São Francisco,  
Departamento de Planejamento da Expansão  
Recife – Pernambuco

### **Fernando Rodrigues Alves**

Companhia Hidrelétrica do São Francisco,  
Departamento de Planejamento da Expansão  
Recife – Pernambuco

### **Antônio Roseval Ferreira Freire**

Companhia Hidrelétrica do São Francisco,  
Departamento de Manutenção de Subestações  
Recife – Pernambuco

### **Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino**

Universidade Federal do Pernambuco,  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Recife – Pernambuco

### **Otoni Nóbrega Neto**

Universidade Federal do Pernambuco,  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Recife – Pernambuco

### **Pedro Alves de Melo**

Consultor Recife – Pernambuco

instalada já contratada é superior à capacidade hidrelétrica instalada na região. Assim, faz-se necessário um aperfeiçoamento no processo de planejamento da expansão da oferta de energia elétrica, visando considerar de forma mais detalhada algumas das características específicas da geração eólica, especialmente, a sua variabilidade em escala diária e horária, cujos efeitos se propagarão por todo o Sistema Interligado Nacional. Este aperfeiçoamento procura explicitar os requisitos de flexibilidade operacional para o sistema planejado de forma a garantir a otimização energética e a segurança elétrica do SIN no momento da operação. Neste capítulo é apresentada uma proposta para a inclusão no processo atual de planejamento da expansão da geração de uma nova etapa relativa à alocação das usinas na curva de carga, para cada um dos subsistemas interligados. Com isto, será possível, no momento do planejamento, identificar questões associadas à flexibilidade operacional do sistema, minimizando os riscos de dificuldades para a otimização energética e a segurança elétrica do SIN no momento da operação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento integrado, Geração Eólica, Otimização Eletroenergética, Flexibilidade Operacional.

**RESUMO:** A inserção crescente da geração eólica na Matriz Elétrica Brasileira, com destaque para a Região Nordeste, que, com uma capacidade instalada superior a 10 GW, com potencial para atingir 26 GW, mostra a importância desta fonte para o futuro energético do país. É importante destacar que a capacidade

## 1 | INTRODUÇÃO

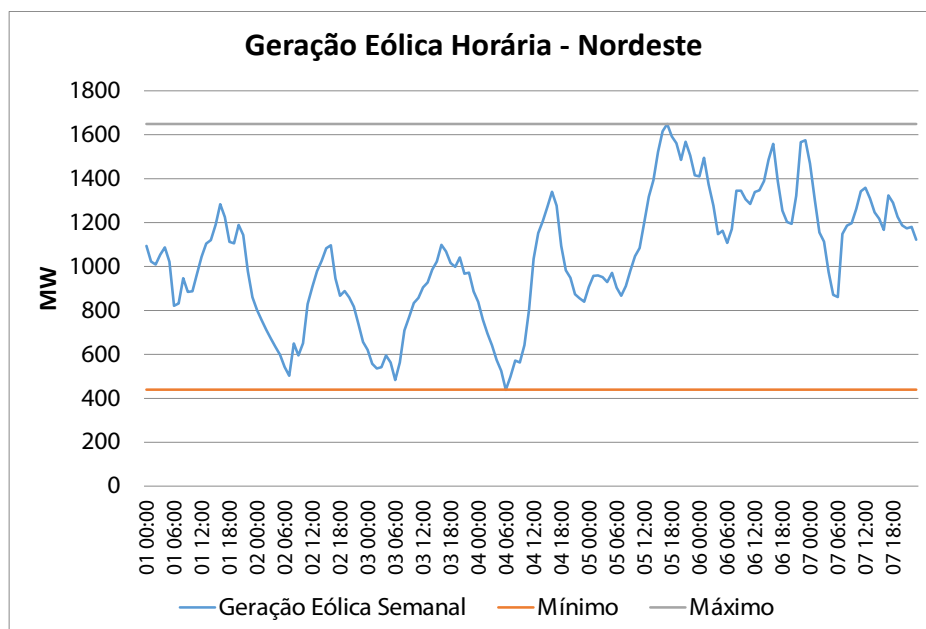
A complementaridade entre as fontes de geração renováveis, tais como a geração eólica, solar, e/ou a biomassa, e a geração hidroelétrica proporciona um notável ganho de capacidade de suprimento (CÉSAR et al., 2012), no entanto, a inserção de fontes não controláveis como a eólica e solar, poderá ocasionar um aumento nas variações (efeitos de rampa) em todos os horizontes (NYISO, 2010) (OLIVEIRA, 2014), impactando nos requisitos de confiabilidade, despachabilidade e desempenho do sistema de transmissão (LASHER, 2013) (CEÑA, 2013) (AHLSTROM, 2013).

Diversos estudos de integração que foram conduzidos com o objetivo de ajudar a entender e quantificar estes impactos (ELA et al., 2010) (HAGERTY, 2012), basicamente, consistem em simular o sistema futuro com grande penetração de eólica e avaliar impactos na rede e custos operacionais adicionais. Os estudos mostram que é necessária maior flexibilidade para a absorção dos efeitos de rampa (associados a erros de previsão dos ventos) e com participação ativa desses agentes na manutenção dos níveis de qualidade de energia adequados (CIGRE WG8, 2009) (BPA, 2007) (BPA, 2012) (BPA, 2011).

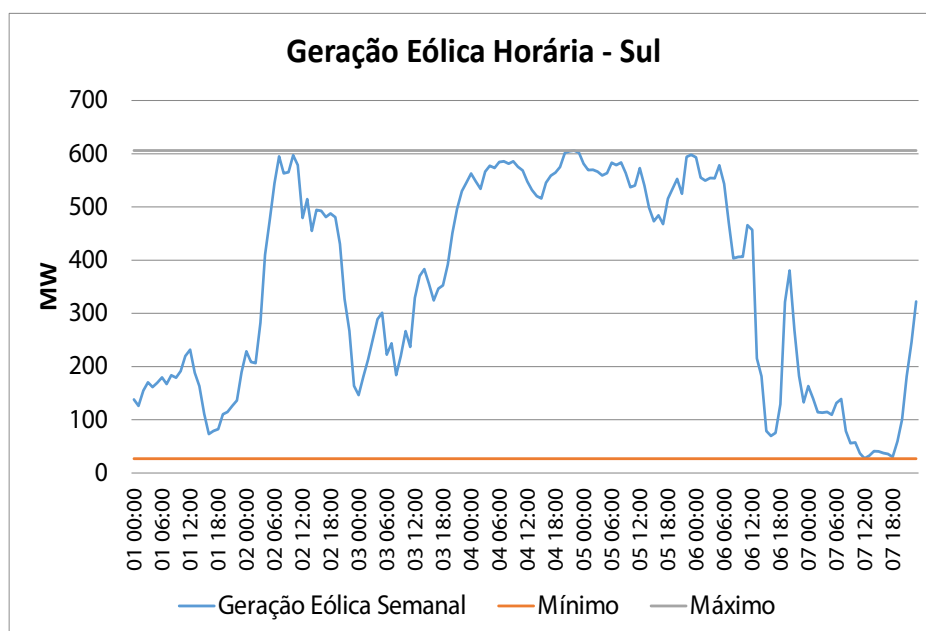
No Brasil, a variabilidade da geração eólica atual não parece, ainda, ser motivo de grande preocupação por parte do ONS, devido à capacidade instalada atual ser relativamente pequena. Naturalmente, com o crescimento desta capacidade, será necessário, em certas ocasiões, o desligamento de geradores para manter o equilíbrio carga-geração no sistema em operação.

Se tais geradores forem térmicas a gás ou a carvão, esta possibilidade de liga-desliga em períodos curtos de tempo poderá afetar a integridade, a vida útil e a economicidade da operação dessas usinas. Portanto, medidas técnicas e regulatórias serão necessárias para adequação dos despachos de geração segundo a ordem de mérito para garantir a operação econômica do SIN.

Assim, um fator de incentivo ao crescimento da participação da geração eólica no SIN será a flexibilidade operacional do sistema futuro (MCINTOSH, 2008), definida no momento do planejamento de forma a garantir a otimização energética e a segurança elétrica no momento da operação.



(a)



(b)

FIGURA 1 - Geração Eólica Agregada – Região Nordeste (a) e Sul (b).

É importante observar os elevados “swings” na geração eólica agregada que poderão ocorrer no dia a dia da operação, mostrando que flexibilidade operacional do sistema planejado deve passar a ser uma preocupação do planejamento da expansão do sistema, conforme Figuras 1 (a) e (b) obtidas a partir de dados do ONS para uma semana do mês de setembro de 2014.

Propõe-se uma análise integrada das questões de geração e transmissão, visando uma regulamentação técnico-econômica que possibilite a repartição dos custos e benefícios da geração eólica entre todos os agentes do mercado.

O restante do capítulo está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresentará a proposta de aperfeiçoamento do planejamento da expansão. Já na Seção 3 será

demonstrado um estudo de caso em decorrência da aplicação da metodologia e na Seção 4 as considerações finais.

## **2 | PROPOSTA DE APERFEIÇOAMENTO NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO**

As datas de necessidade dos novos empreendimentos de geração e da ampliação da capacidade de transmissão entre os subsistemas interligados, que compõem o SIN, são estabelecidas de forma indicativa, segundo os critérios de custos marginais de operação e de expansão e para um risco de déficit inferior a 5,0%, podendo ser reavaliadas em função de novas condições de mercado e de políticas de governo para o setor elétrico. Este conjunto de empreendimentos constitui o Plano de Expansão Ajustado, segundo a ótica energético-econômica.

Como resultados deste plano são apresentadas, a nível mensal, as metas energéticas obtidas a partir de uma representação a subsistemas equivalentes. Nesta representação a geração eólica, que está cada vez mais importante como uma opção para a expansão da oferta sistêmica, é indicada de forma simplificada, como uma fonte não despachável e exógena ao processo de otimização. Embora nesse nível de análise esta abordagem seja perfeitamente aceitável, com o aumento da participação desta fonte geradora é importante a introdução no processo de planejamento de uma etapa adicional, que consiste na análise da alocação das usinas na curva de carga de cada subsistema interligado.

Com isto, será possível verificar a factibilidade da inserção dos montantes previstos para esta fonte no futuro, quando se considera a realidade do dia a dia da operação. Os despachos de referência associados à alocação das usinas na curva de carga são indicadores suficientes da otimização físico-operativa do sistema de geração planejado.

### **2.1 Análise Energética**

A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo sugerido para a análise energética, ressaltando-se que a proposta está centrada nas ferramentas de análise energética já existentes usadas no dia a dia do setor. A seguir são apresentadas de forma resumida as principais etapas.

## Processo de Análise da Expansão da Oferta de Energia Elétrica Considerando Cenários de Expansão da Geração Eólica para o Sistema Interligado Nacional

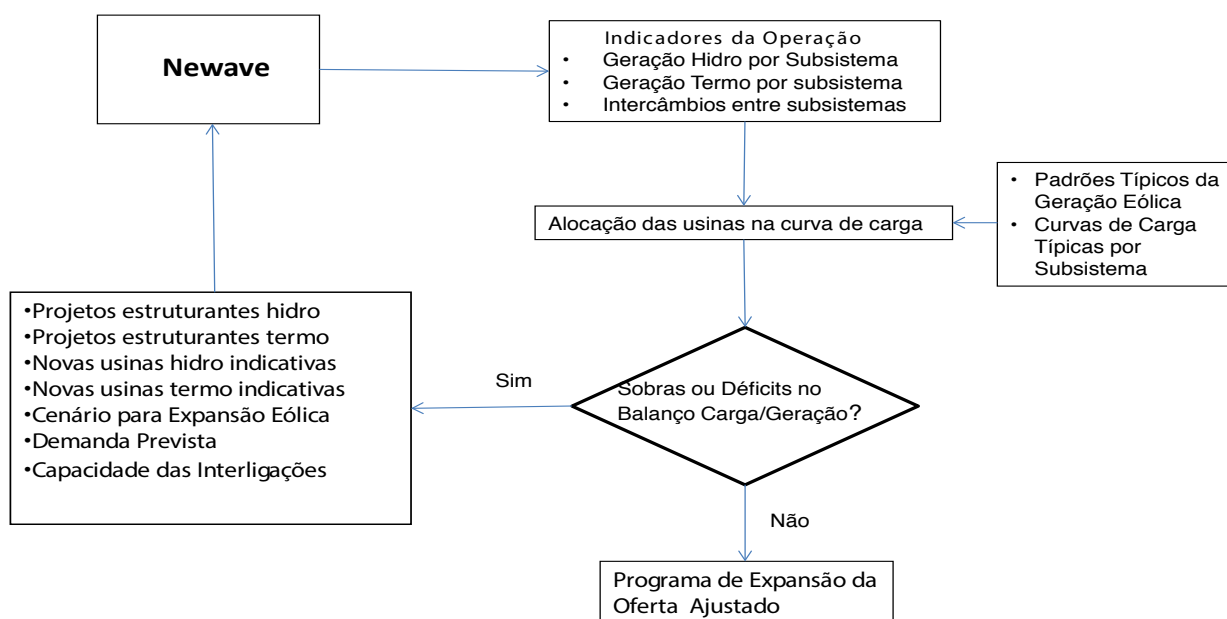


FIGURA 2 – Processo de Análise da Expansão da Oferta de Energia Elétrica considerando cenários da expansão da geração eólica para o Sistema interligado nacional.

- Considerar os cenários que sejam representativos da composição do Parque Gerador em um determinado instante, definidos pelo MME;
- Obter para cada um desses cenários, os principais parâmetros, representativos da dinâmica da operação do sistema de geração, tais como: intercâmbio entre subsistemas, geração hidráulica e geração térmica, por subsistema. Para isso, é usado o Modelo NEWAVE, através de simulações dinâmicas em base mensal. Nessas simulações as fontes, eólica, biomassa, PCH e solar são representadas como geração externa, considerando seu comportamento típico em termos sazonais;
- Simular com esses parâmetros, comumente chamados de metas energéticas, obtidas de uma representação a Subsistemas Equivalentes, a alocação das usinas na curva de carga, obtendo-se despachos para dois períodos típicos do ano (período úmido e período seco). São elaborados despachos horários e uma representação a usinas individualizadas. As fontes eólica, biomassa, PCH e solar são representadas, também como geração externa, através do seu comportamento típico, em um ciclo diário.
- Nessa etapa é considerado um aspecto da geração que é determinante para a expansão da transmissão, a questão da flexibilidade das usinas de poder variar o despacho ao longo do dia para acompanhar a curva de carga do sistema, levando em conta as seguintes restrições, dentre outras:
  - Geração hidráulica mínima obrigatória para atender as restrições de va-



ção mínima a jusante das usinas hidrelétricas;

- Variação máxima de vazão a jusante das usinas hidrelétricas ao longo de um ciclo diário;
- Inflexibilidade da geração hidráulica das usinas da região Norte;
- Nível de flexibilidade das usinas termelétricas ao longo de um ciclo diário;
- Nível de inflexibilidade das usinas a biomassa (bagaço de cana e biomassa florestal) ao longo de um ciclo diário;
- Limites de intercâmbio entre subsistemas.

## 2.2 Análise Elétrica

Simular, com os despachos de referência obtidos na etapa anterior, o desempenho da rede elétrica, usando os modelos de análise de redes em regime permanente (ANAREDE) e dinâmico (ANATEM). Para todos estes despachos devem ser consideradas as rotas existentes, bem como as rotas candidatas planejadas. As obras de transmissão associadas aos vários cenários de fontes de geração serão escolhidas com base nos indicadores de desempenho de rede previamente de definidos. Nesta análise, cujo processo é mostrado na figura a seguir, cabe destacar a formação dos “clusters eólicos”. Como se trata de uma visão sistêmica com foco nos elementos da Rede Básica e não em conexões específicas, os clusters eólicos representam conjuntos de plantas eólicas cujo efeito no desempenho elétrico do sistema pode ser obtido por uma fonte equivalente conectada a determinada barra da Rede Básica. Na formação destes clusters é fundamental o conhecimento e a sensibilidade com a operação da rede elétrica da região Nordeste.

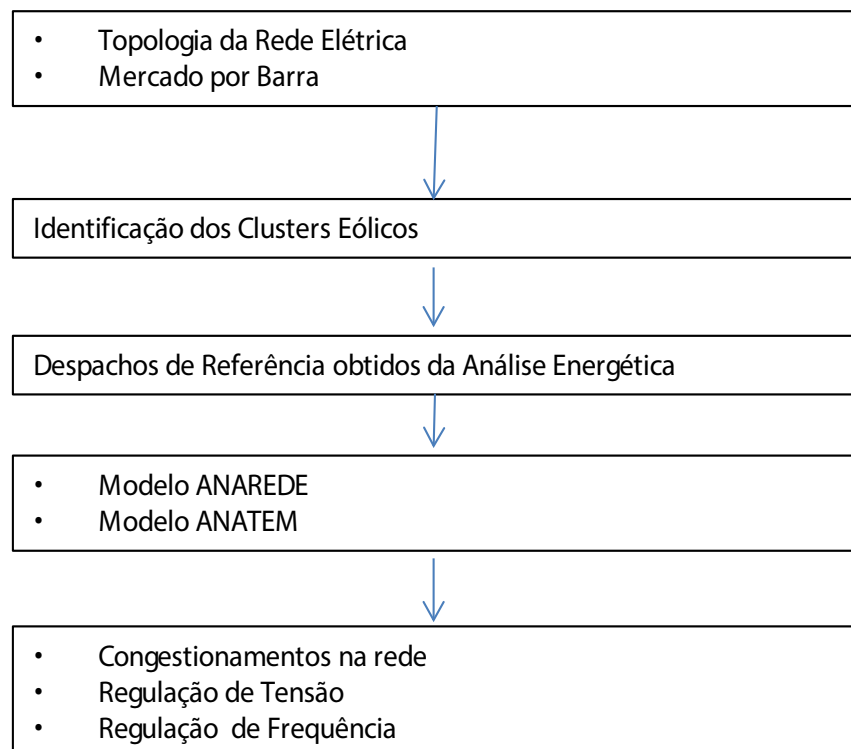


FIGURA 3 - Processo de Análise Elétrica.

### 3 | APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ALOCAÇÃO NA CURVA DE CARGA: ESTUDO DE CASO

#### 3.1 Premissas

Para demonstrar a aplicação da metodologia foram realizados dois estudos de casos para o ano de 2019, no período úmido (março) e seco (setembro). São mostrados apenas os resultados da região Nordeste onde os impactos serão mais significativos, entretanto, como há um acoplamento energético através do intercâmbio respeitando-se as metas energéticas, estes impactos se propagam para o restante do sistema interligado.

Os indicadores da otimização energética (as metas energéticas), geração hidro, geração térmica e intercâmbio, foram obtidos a partir de simulações com o modelo NEWAVE, usando dados do PMO – Janeiro de 2015 publicado pela CCEE.

Os dados para a etapa de alocação das usinas na curva de carga tais como: modulação da geração hidro, modulação da geração térmica, padrão típico da geração eólica e curva de carga típica, foram obtidos do Programa Diário de Produção – PDP, elaborado pela CHESF, para uma semana dos meses de março e setembro de 2014. Estes dados foram extrapolados para o ano de 2019, conforme expansão prevista no Programa Mensal da Operação PMO – Janeiro de 2015 elaborado pelo ONS. Já o atendimento ao Balanço Carga – Geração será feito através do intercâmbio. Isto é, despacha-se a geração hidro, a geração térmica, em seguida sobrepõe-se à soma destas a geração eólica, sendo o intercâmbio considerado para o fechamento do balanço.

MWmed	Cenário			
	Crítico		Favorável	
	Março	Setembro	Março	Setembro
G. Hidráulica	3.832	3.671	8.212	6.346
G. Térmica	2.737	3.556	619	619
G. Eólica	3.467	6.461	3.467	6.461
Mercado NE	12.298	12.048	12.298	12.048
Recebimento NE	2.262	-1.640	0	-1.379

TABELA 1 - Valores obtidos na etapa de otimização energética com o modelo NEWAVE.

#### 3.2 Alocação na curva de carga - região Nordeste, ano 2019, período úmido (Mês de Março)

Nas Figuras 4 e 5 são mostrados os resultados da alocação na curva de carga para o mês de março de 2019, considerando um cenário hidrológico crítico e um cenário hidrológico favorável, respectivamente.

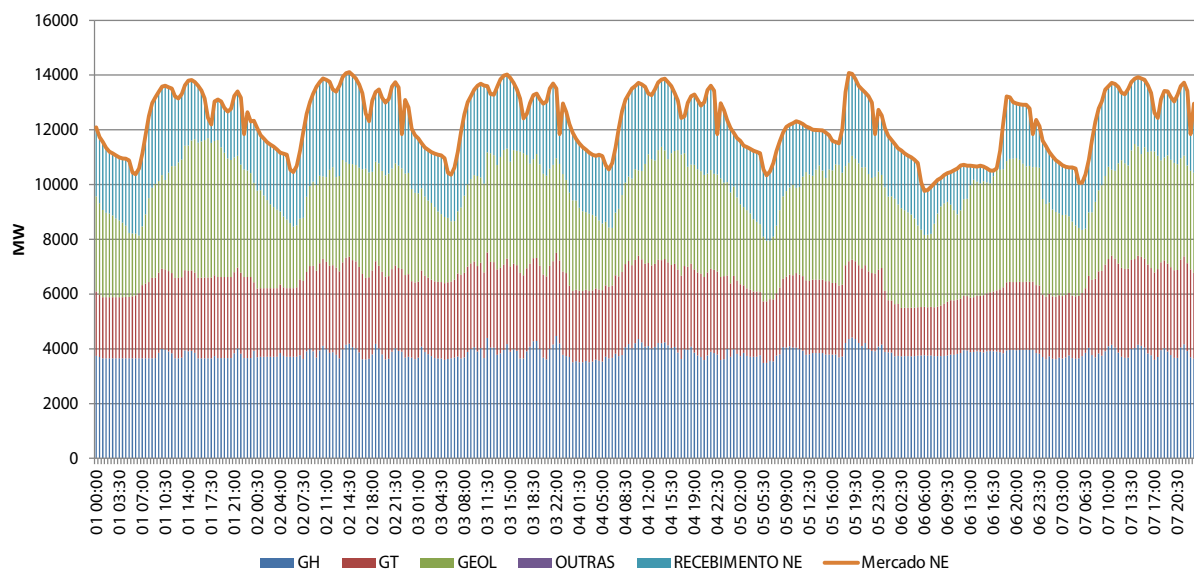


FIGURA 4 – Alocação na curva de carga da região Nordeste – Mês de Março – Cenário Hidrológico Crítico.

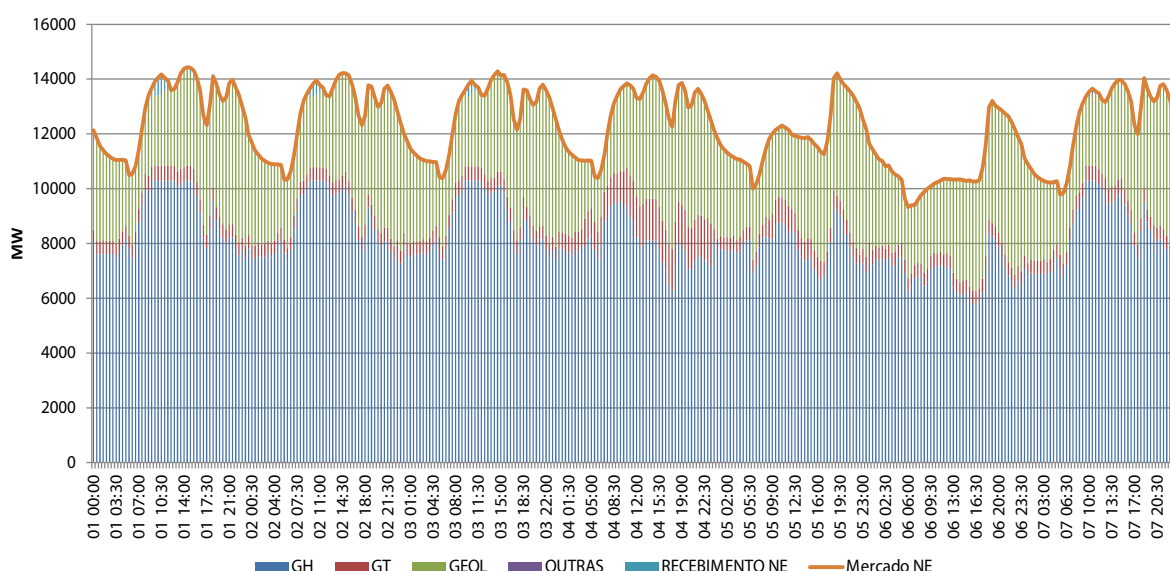


FIGURA 5 – Alocação na curva de carga da região Nordeste – Mês de Março – Cenário Hidrológico Favorável.

No período úmido de um cenário hidrológico crítico, a geração hidráulica permanecerá no mínimo, limitada pelas restrições hidráulicas e faixas operativas das unidades geradoras, enquanto a geração térmica é limitada pela meta energética. Nesse caso, o intercâmbio passa a seguir as variações da carga.

Neste mesmo período, de um cenário hidrológico favorável, em alguns momentos a geração hidráulica foi limitada pela capacidade máxima e a geração térmica mínima pela inflexibilidade. Nessa situação o intercâmbio foi alterado para o atendimento dessa carga.

### 3.3 Alocação na curva de carga - região Nordeste, ano 2019, período seco (Mês de Setembro)

Na Figura 6 é mostrada a alocação na curva de carga para o mês de setembro de 2019 em um cenário hidrológico crítico e na figura 7 a alocação considerando um cenário hidrológico favorável.

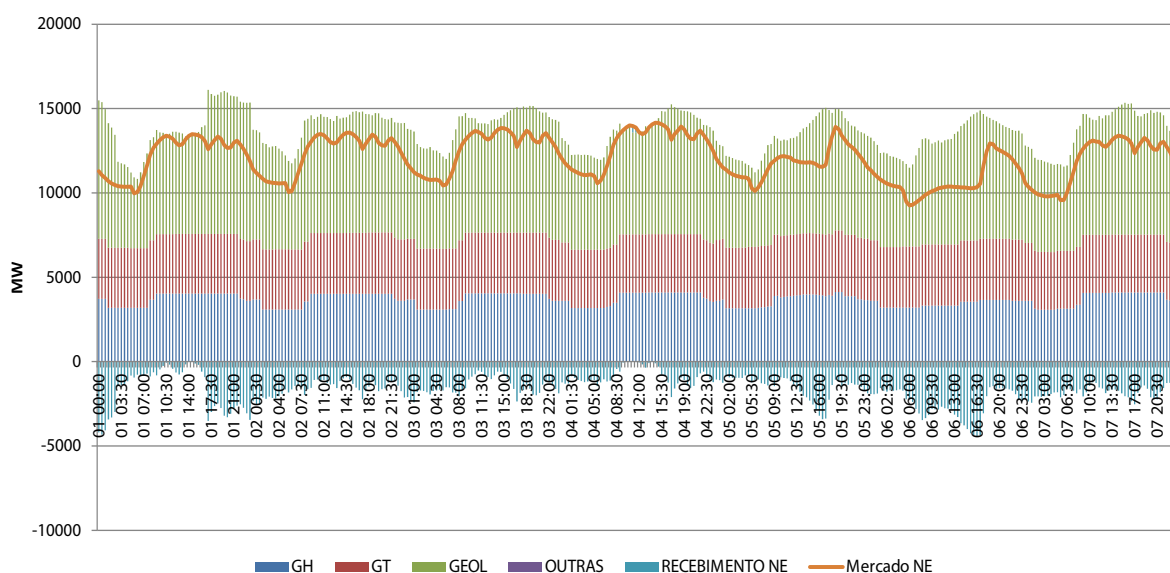


FIGURA 6 – Alocação na curva de carga na região Nordeste para o ano 2019, mês de setembro, cenário crítico (Período seco).

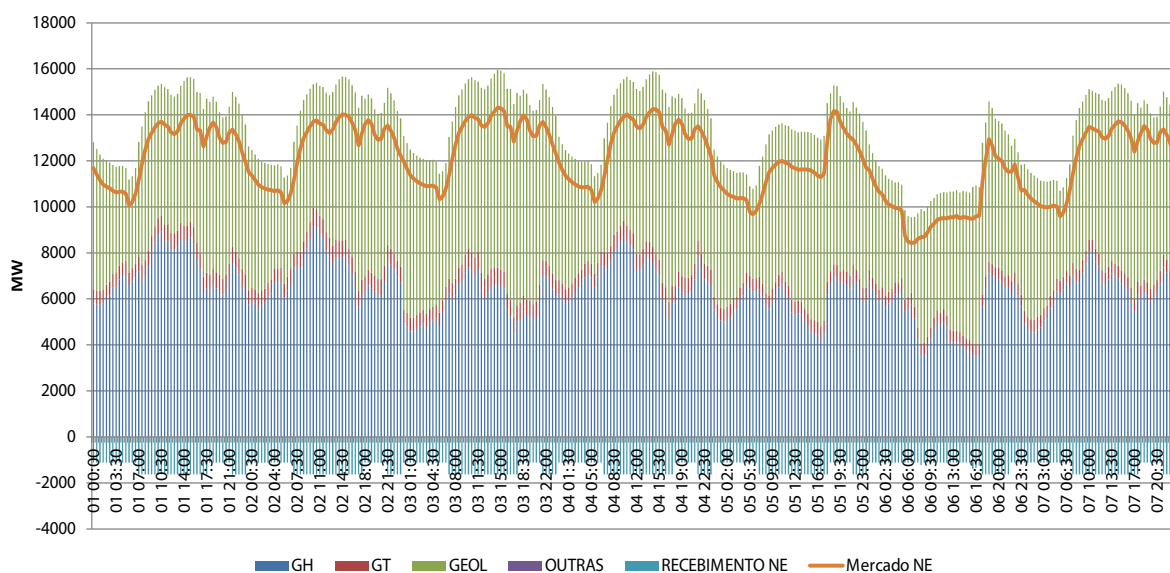


FIGURA 7 – Alocação na curva de carga na região Nordeste para o ano 2019, mês de setembro, cenário favorável.

Em um cenário Hidrológico crítico, as gerações hidráulica e térmica atendem às metas energéticas. Quanto às respectivas modulações para atender a curva de carga, a

geração hidro foi limitada pelas restrições hidráulicas e faixas operativas das unidades geradoras e a geração térmica pela inflexibilidade. A geração eólica complementa o atendimento a carga da região e gera excedentes exportáveis da ordem de 5.000 MW. No cenário hidrológico favorável as gerações hidro e termo atendem às metas energéticas. A geração eólica complementa o atendimento a carga da região e gera excedentes exportáveis, que poderiam ter sido reduzidos não fosse a inflexibilidade térmica.

### 3.4 Análises do sistema de transmissão

Nas Figuras 8 e 9 é mostrada uma comparação para os meses de março e setembro dos valores de intercâmbio esperados em 2019 e já realizados em 2014. Cabe observar dois aspectos importantes para o planejamento das interligações. O primeiro é a esperada tendência de crescimento da região Nordeste como exportadora à medida que expande a geração eólica na região. O segundo são as significativas variações nos intercâmbios em curtos intervalos de tempo, o que representa um desafio para o desempenho elétrico do sistema. Além disso, esse aspecto representará um importante desafio para a gestão da operação pelo ONS, já que significarão reprogramações frequentes nos demais subsistemas, especialmente, os subsistemas receptores dos grandes blocos de geração eólica exportados pela região Nordeste.

Nessas figuras ressalta-se, também, a necessidade de avaliar, entre outros aspectos, o controle dinâmico de frequência e estabilidade de tensão. A análise elétrica proposta vem a complementar os estudos de dimensionamento dos empreendimentos, onde são escolhidos cenários limites para determinação das alternativas mais econômicas e equipamentos adicionais.

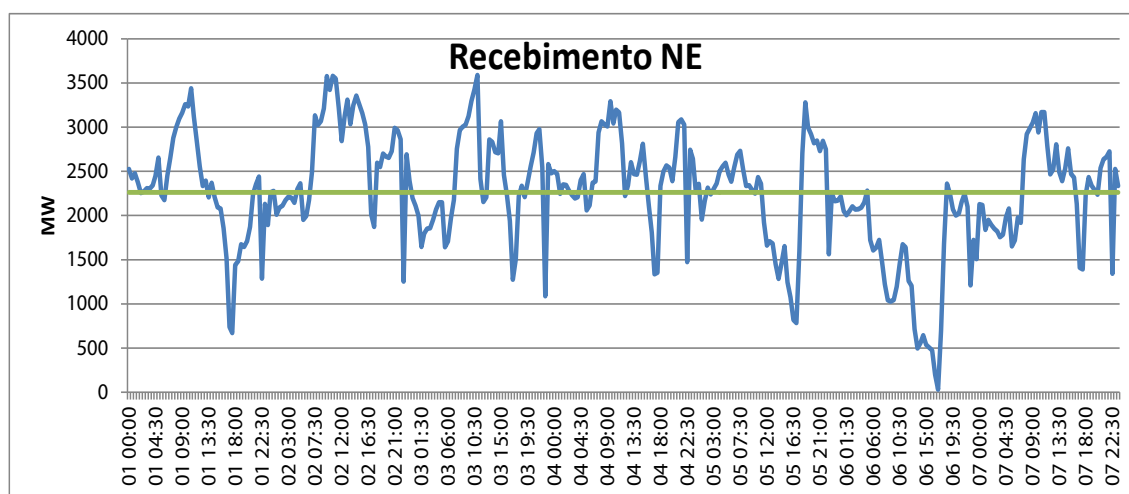


FIGURA 8 – Intercâmbio para região Nordeste para o ano 2019, mês de março, cenário crítico.

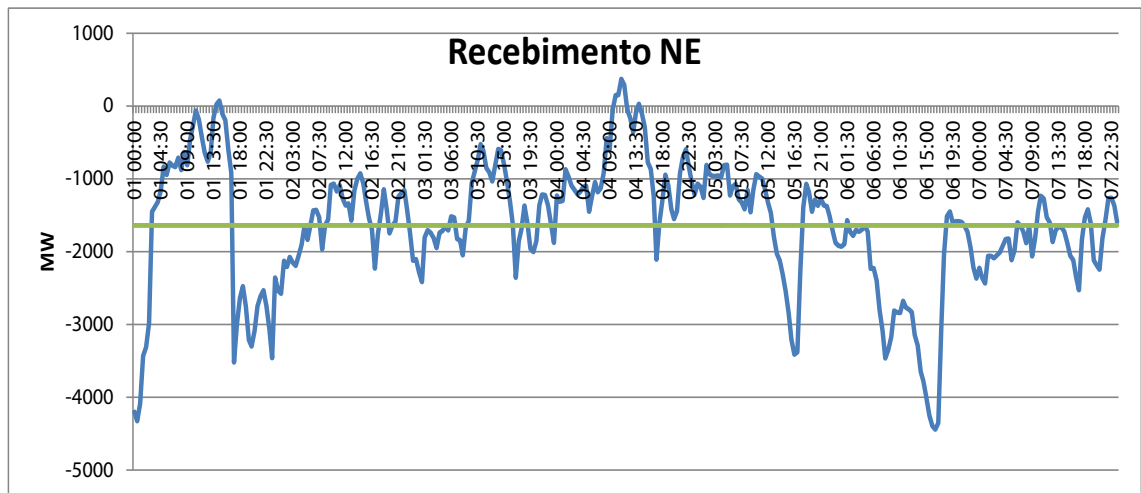


FIGURA 9 – Intercâmbio para região Nordeste para o ano 2019, mês de setembro, cenário crítico.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o extraordinário potencial eólico existente no país, um dos grandes desafios do planejamento da expansão da oferta de energia elétrica no Brasil é definir, no momento do planejamento, recursos de geração com flexibilidade operacional que incentivem a expansão da geração através de fontes renováveis e garantam a otimização e a segurança do sistema planejado, no momento da operação.

Nos cenários críticos e favorável para o mês de março serão frequentes as reprogramações de intercâmbio para atender o balanço energético. Já no mês de setembro, a geração total na região excede o mercado, sendo necessária capacidade de transmissão das interligações. Neste contexto será imprescindível avaliar a capacidade de absorção de energia nos sistemas receptores. Isto mostra a importância dessa análise no momento do planejamento.

Entretanto, este estudo tem um caráter qualitativo, pois, não é trivial nem o objetivo deste trabalho obter com precisão as curvas de carga e de geração eólica para este horizonte de análise. Há necessidade de um aprofundamento em nível regional como também uma análise mais ampla, considerando as restrições de recebimento em outros subsistemas.

Devido as grandes distâncias do SIN, recomenda-se uma absorção local dessas variações momentâneas da geração com fontes renováveis, podendo ser realizado pelo aumento da flexibilidade térmica local, ou instalação de hidrelétricas específicas para o fornecimento de potência, como a segunda etapa de Luiz Gonzaga (1.000 MW) e Xingó (2.100 MW) ou pela construção da usina de Paulo Afonso V (2.400 MW).

Os aspectos energéticos relacionados a inserção da eólica parecem bem equacionados. No entanto, sob o ponto de vista de potência o tema ainda necessita de um maior aprofundamento. Estudos estão sendo conduzidos com uma abordagem mais ampla, como previsão de curvas de geração e carga, controle dinâmico de

frequência, estabilidade de tensão e nível de curto-circuito.

## REFERÊNCIAS

AHLSTROM, MARK. **Evolution of Forecasting, Operations and Market Design for Wind Integration**. NAWEA 2013 Symposium Boulder, Colorado August 7, 2013.

BPA. **Northwest Wind Integration Action Plan**. Policy Steering Committee; Bonneville Power Administration – BPA – USA, March 2007.

BPA. **Wind Integration Program: Balancing the Future**. Bonneville Power Administration – BPA – USA. Initial Discussions, June 2012.

BPA.. **How BPA supports Northwest wind power Discussions**; Bonneville Power Administration – BPA – USA. May 2011.

CEÑA, ALBERTO. **Spanish Experience on wind energy integration into the grid**, Dirección técnica. Rio de Janeiro, October 1st, 2013.

CÉSAR, THIAGO C., PEDRO DAVID A. M-S., PEREIRA, AMARO O., SOUZA, RONALDO A., CARVALHO, RENATA N. F. Regularização do suprimento de energia – o papel da complementaridade. **Anais do XXI SNTPEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – GPL VII**, Florianópolis, 2011.

CIGRE WG8. **Technical Brochure on Grid Integration of Wind Generation**, Working Group 08 of Study Committee C6. International Conference on Large High Voltage Electric Systems. July 2009.

ELA, ERIK, et al. **Evolution of operating reserve determination in wind power integration studies**. Power and Energy Society General Meeting, IEEE, 2010.

HAGERTY, J. MICHAEL. **The Role of Hydroelectric Generation in Electric Power Systems with Large Scale Wind Generation**, Massachusetts Institute of Technology, June 2012.

LASHER, WARREN.. **A Transmission Planning Case Study for Wind Integration – CREZ in ERCOT**, System Planning Electric Reliability Council of Texas, Inc. - NAWEA – 2013 Symposium.

MCINTOSH, JIM. **Wind Generation Integration**; NERC MRC/Alberta Electric System Operator. Meeting May 6, 2008.

NYISO. **Wind Generation Study**, NYISO – New York State Energy Research and Development Authority, August 2010. Disponível em: <http://www.uwig.org>. Acesso em 16 de maio de 2018..

OLIVEIRA, JOSÉ FRANCISCO ARTEIRO DE. Increasing Wind Power Generation Penetration Degree in Brazil: a Challenge for the Brazilian Interconnected Power System. **Anais do 5º Brazil WindPower**, Rio de Janeiro, 2014

## GRUPO GPT GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS COMPARAÇÃO DE CÁLCULO DE PRODUÇÃO EÓLICA UTILIZANDO WASP, OPENWIND E WINDSIM EM TERRENO COMPLEXO NA BAHIA, BRASIL

**Daniel Agnese Ramos**  
(CEPEL)

**Vanessa Gonçalves Guedes**  
(CEPEL)

**Angelo Alberto Mustto Cabrera**  
(PUC-RJ)

**Sérgio Roberto Ferreira Cordeiro de Melo**  
(CEPEL)

**Wady Abrahao Cury Netto**  
(FURNAS)

**Tulio Anselmo dos Santos Valentim**  
(FURNAS)

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo com três programas disponíveis no mercado: WASP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*), OpenWind e WindSim. Para as três ferramentas computacionais foram utilizadas as mesmas entradas para o modelo digital do terreno, o mapa de rugosidade e os dados de vento, advindos da mesma campanha de medição – dados anemométricos de cinco torres de medição. Como resultados, são apresentados os mapas de velocidade do vento e a estimativa da energia produzida. São apresentados também mapas de diferenças dos resultados de velocidade do vento obtidos pelos três programas na área de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Eólica, Estudo de Produção Energética, WASP, CFD.

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a exploração de recursos renováveis foi gradativamente viabilizada, representando, atualmente, uma parcela significativa da produção de energia elétrica de determinados países - dentre os quais se destacam Portugal, Alemanha, Noruega e Dinamarca.

Visando expandir o uso de energias renováveis em sua matriz energética, o Brasil tem incentivado a instalação de complexos eólicos através de algumas bem-sucedidas iniciativas nos últimos anos, tais como o Proinfa, os Leilões de Energia e as linhas de financiamento do BNDES. Hoje conta-se com 9,71 GW de potência instalada e mais 3,17 GW em construção segundo dados da Aneel.

Uma das etapas de prospecção e avaliação do potencial de parques eólicos é o estudo da estimativa de geração de energia eólica. Nessa etapa é importante produzir uma malha de recurso eólico na região em que se pretende instalar os aerogeradores. Essa malha, por sua vez, consiste na extrapolação horizontal dos valores de velocidade e direção do vento para diversos pontos do terreno a partir dos dados medidos, por exemplo, em uma torre anemométrica – há opções mais modernas do que essa solução via torre, tais como LIDAR e



SODAR.

Existem alguns modelos utilizados para cálculo do recurso eólico, e os principais são: os modelos físicos simplificados com implementação numérica mais simples e os modelos de turbulência mais robustos com implementação numérica via CFD (*Computational Fluids Dynamics*). Os principais pacotes computacionais que utilizam modelos mais simplificados são o WAsP (modelo linearizado) e o OpenWind (*Mass Consistent Model*). O WAsP foi por muito tempo o modelo para o cálculo do escoamento de vento mais aceito pela indústria eólica. O modelo WAsP em uma primeira etapa utiliza as informações de topografia, rugosidade e obstáculos para levar o vento para uma camada considerada de fluxo livre. Já em uma segunda etapa realiza o retorno com o valor do vento da camada de fluxo livre para região próxima ao solo. O modelo WAsP não considera as não-linearidades na modelagem do escoamento de vento, afetando o resultado principalmente em terrenos com topografia complexa. A alternativa para lidar de uma forma mais adequada com as não-linearidades da dinâmica do escoamento do vento é a utilização das equações de conservação de massa e de momentum para o cálculo de velocidade. O cálculo da conservação de *momentum* utiliza o método de RANS (*Reynolds averaged Navier-Stokes*) para o qual é necessário o uso de uma modelagem para a turbulência. Esse tipo de abordagem é conhecida como CFD (*Computational Fluid Dynamics*) e pode hoje ser encontrada em alguns *softwares* comerciais, entre eles o WindSim e MeteodynWT. Outra opção simplificada de modelagem é a utilizada pelo OpenWind. Trata-se de uma otimização para minimizar um funcional que é a diferença entre as componentes da velocidade medida e a velocidade estimada, usando como restrição a equação da conservação da massa, na forma de multiplicadores de Lagrange. Essa formulação evita a solução das equações de Navier-Stokes e apresenta excelentes resultados, principalmente para terrenos planos.

O estudo apresentado neste trabalho é de fundamental importância porque avalia metodologias de cálculo de produção energética amplamente utilizadas no mercado eólico brasileiro. Como a potência gerada é função do cubo da velocidade do vento, é imprescindível avaliar as incertezas inerentes às simulações de escoamento dos programas de cálculo de produção energética. Ou seja, erros significativos nos cálculos de escoamento que, por conseguinte, fornecem avaliações de potencial eólico inadequadas geram erros ainda maiores nos cálculos de produção energética, podendo assim inviabilizar um projeto.

## 2 | METODOLOGIA

Para o estudo que segue foram realizadas todas as etapas anteriores à própria simulação das ferramentas computacionais, tais como o tratamento dos dados brutos de vento, o estudo de correlação de longo prazo do vento observado nas torres anemométricas – via uma técnica de MCP (*Measure Correlate Predict*) linear – e

o tratamento das informações georreferenciadas de topografia e rugosidade. Essa etapa anterior à própria simulação do recurso do vento local – alvo do estudo deste trabalho – é de suma importância para garantir a qualidade dos resultados produzidos pelos modelos de cálculo do campo de velocidades médias do escoamento, uma vez que cada uma das ferramentas é altamente dependente das informações do relevo e do vento medido e, portanto, erros nessas etapas preliminares seriam capazes de invalidar qualquer comparação *a posteriori* dos resultados dos 3 diferentes programas em questão: WAsP, OpenWind e WindSim. A Figura 1 ilustra o resultado final, obtido no tratamento das informações topográficas, do modelo digital de terreno, bem como a localização das 5 torres anemométricas que foram usadas no estudo do vento de longo prazo via MCP. As informações visualizadas na Figura 1, acrescidas do mapa de rugosidade e da curva de potência da máquina utilizada no projeto, representam todas as entradas que foram fornecidas nas ferramentas computacionais analisadas. Logo, esse estudo preliminar assegura a qualidade da comparação dos resultados que serão apresentados na próxima seção no que se refere à comparação do modelo de cálculo do regime dos ventos, uma vez que todos os parâmetros de entrada para tal cálculo foram controlados.

A próxima etapa do estudo desenvolvido foi o cálculo do recurso eólico em cada ferramenta anteriormente citada, fazendo uso dos mesmos dados de entrada e do mesmo refino de malha – 100 m de resolução espacial horizontal. Para cada modelo testado houve uma demanda computacional diferente. É válido destacar que para uma mesma área processada o modelo mais robusto (WindSim) levou, aproximadamente, 8 h em cada etapa de cálculo – a metodologia empregada nessa ferramenta realizou duas rodadas de simulação até se chegar no refino de malha adequado, fato que diminuiu o esforço computacional sem prejudicar o resultado [1] – ao passo que os modelos mais simples (OpenWind & WAsP) levaram em média menos que 1 h para o cálculo do regime dos ventos, denominado como WRG (*Wind Resource Grid*).

Dessa forma, uma vez obtido o WRG resultante de cada modelo, foi otimizado um arranjo de aerogeradores para um projeto eólico típico, isto é, considerando todas as formas de restrições consideradas em projetos submetidos à leilões de energia no Brasil para a definição da área onde seria permitido o posicionamento de aerogeradores. A otimização realizada foi pautada na técnica de busca exaustiva e tinha como principais limitantes os seguintes parâmetros: um fator de capacidade mínimo e uma perda por efeito esteira máxima. Portanto, a otimização atuou no sentido de adicionar o máximo possível de aerogeradores, respeitando a área permitida e sendo apenas limitada pela condição do vento informada – a ideia dessa otimização de arranjo de turbinas eólicas foi observar o quanto um projeto eólico, planejado de acordo com a estimativa de produção energética, pode se alterar caso haja uma entrega de um recurso eólico diferente, que, por sua vez, pode estar superestimado ou subestimado e impactar financeiramente no projeto em operação.

Por fim, foram analisados os 3 resultados de produção energética e estudados

os mapas de diferenças das velocidades do vento. No estudo do mapa de diferenças foi adotado o modelo mais robusto (WindSim) como referência e, por conseguinte, os mapas de diferença obtidos referentes ao WRG do WindSim indicam valores positivos quando o vento simulado nesse *software* é superior em magnitude aos demais. As subseções que seguem no presente capítulo explicam, brevemente, o conceito físico e matemático por trás das 3 ferramentas analisadas no trabalho.

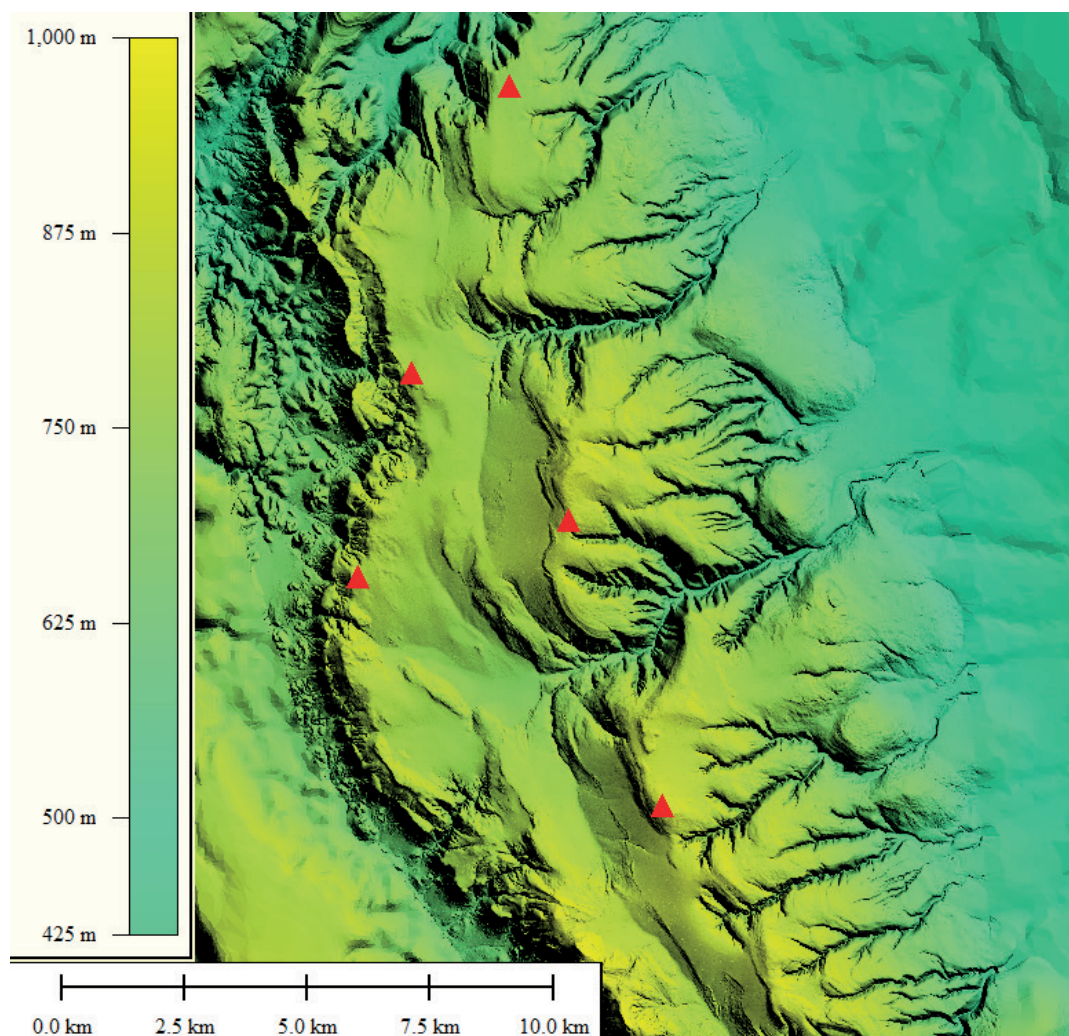


Figura 1 – Relevo e localização das torres anemométricas

## 2.1 WindSim (CFD)

As equações mais gerais que regem o escoamento na camada limite atmosférica – dada a hipótese de fluido newtoniano – são as equações de Navier-Stokes. As equações expressam os princípios físicos de conservação da massa, do momento e da energia. O *software* WindSim CFD resolve as equações de transporte não-lineares para massa, momento e energia através do método de Volumes Finitos.

O método de Volumes Finitos discretiza as equações analíticas sobre cada volume finito. Em particular, o WindSim resolve as equações RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) as quais são deduzidas da equação de Navier-Stokes substituindo as variáveis instantâneas por uma soma da própria média da variável com sua flutuação.

Desta forma, a turbulência é modelada e somente as variáveis médias são calculadas. Estas equações não são lineares e, portanto, a única maneira de resolvê-las é usar um método iterativo. WindSim usa um núcleo constituído pelo *solver* Phoenics [2].

WindSim resolve as equações RANS para modelar o campo de velocidade na área de estudo. Esta metodologia de cálculo parte das condições de contorno iniciais especificadas pelo usuário e chega a uma solução de estado estacionário (que reflete uma solução média no tempo). Esta solução tem uma distribuição de vento e turbulência para o domínio inteiro. As equações de RANS são dadas por:

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$U_i \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \nu \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) - (\overline{u'_i u'_j}) \right) \quad (2)$$

onde  $U$  é a velocidade média,  $x$  é a componente da posição,  $P$  é a pressão,  $\rho$  é a densidade,  $\nu$  é a viscosidade cinemática e os índices  $i$  e  $j$  definem vetores unitários. O problema do fechamento de turbulência é obtido relacionando as tensões de Reynolds com a velocidade média através da viscosidade turbulenta, como se segue:

$$(\overline{u'_i u'_j}) = -\nu_T \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) + \frac{2}{3} \delta_{ij} TKE \quad (3)$$

onde  $\nu_T$  é a viscosidade turbulenta e  $TKE$  é a energia cinética turbulenta [3]. A Energia Cinética Turbulenta por unidade de massa é definida como:

$$\frac{TKE}{m} = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) = \bar{\epsilon} \quad (4)$$

O WindSim utiliza o cálculo da Energia Cinética Turbulenta (TKE) para obter resultados de intensidade de turbulência (TI):

$$TI = \frac{\sqrt{\frac{2}{3} TKE}}{U} \quad (5)$$

A energia cinética turbulenta ( $\bar{\epsilon}$ ) pode ser estimada através da equação de conservação da energia dada por:

$$\frac{\partial \bar{\epsilon}}{\partial t} = \frac{g}{\bar{\theta}_v} (\overline{w' \theta_v'}) - \overline{u' w'} \frac{\partial \bar{\sigma}}{\partial z} - \frac{\partial \overline{w' \bar{\epsilon}}}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{w' p'}}{\partial z} - \epsilon \quad (6)$$

(I)      (II)      (III)      (IV)      (V) (VI)

onde o termo (I) é o armazenamento ou a taxa de variação da TKE; o termo (II) é

a produção de empuxo (*buoancy*) ou termo de consumo; o termo (III) é o cisalhamento mecânico; o termo (IV) é o transporte da TKE por turbilhonamento (*turbulent eddies*); o termo (V) é como a TKE é transportada pelas perturbações da pressão; e o termo (VI) é a dissipação viscosa da TKE.

## 2.2 OpenWind

O Openwind utiliza uma modelagem chamada *Mass Consistent Model* [4, 5] que resolve o campo de velocidades do escoamento de uma região com relevo acidentado, demandando pouco esforço computacional.

O modelo baseia-se em encontrar um vetor  $U = (u(x, y, z), v(x, y, z), w(x, y, z))$  que minimize o funcional  $J$  definido por:

$$J = \iiint_V [\alpha_1(u - u_0)^2 + \alpha_2(v - v_0)^2 + \alpha_3(w - w_0)^2] dx dy dz \quad (7)$$

Submetido à seguinte restrição:

$$G = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

onde  $U_0 = (u_0(x, y, z), v_0(x, y, z), w_0(x, y, z))$  é o campo de velocidades medidas.

Dessa forma, o processo descrito acima utiliza uma abordagem matemática para simplificar o modelo físico, isto é, resolver o campo de velocidades sem a necessidade de resolver uma equação de transporte, como a equação de Navier Stokes, gerando resultados satisfatórios com pouca demanda computacional.

## 2.1 WASP

O WASP (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) é baseado num modelo linearizado das equações governantes do escoamento, as equações Navier-Stokes [6]. A modelagem do escoamento baseia-se na solução de equações simplificadas, onde os efeitos não lineares foram desprezados, proporcionando desta forma resultados rápidos e precisos quando considerado o escoamento médio.

## 3 | RESULTADOS

Como descrito anteriormente, a seção que segue irá explicitar os resultados obtidos nas otimizações de arranjo de máquinas (Tabela 1) e do próprio estudo das diferenças entre as velocidades fornecidas nos 3 WRGs estudados. As figuras a seguir (Figuras 2 a 4) ilustram os 3 mapas de diferenças de velocidade do vento descritos anteriormente na metodologia do trabalho. A primeira figura (Figura 2) ilustra o resultado obtido para a diferença entre a modelagem via CFD do *software* WindSim confrontada com o resultado de vento despachado pelo modelo linearizado do WASP – é importante notar que valores negativos indicam o quanto o WASP superou o modelo

mais robusto em valor de média anual de velocidade de vento.

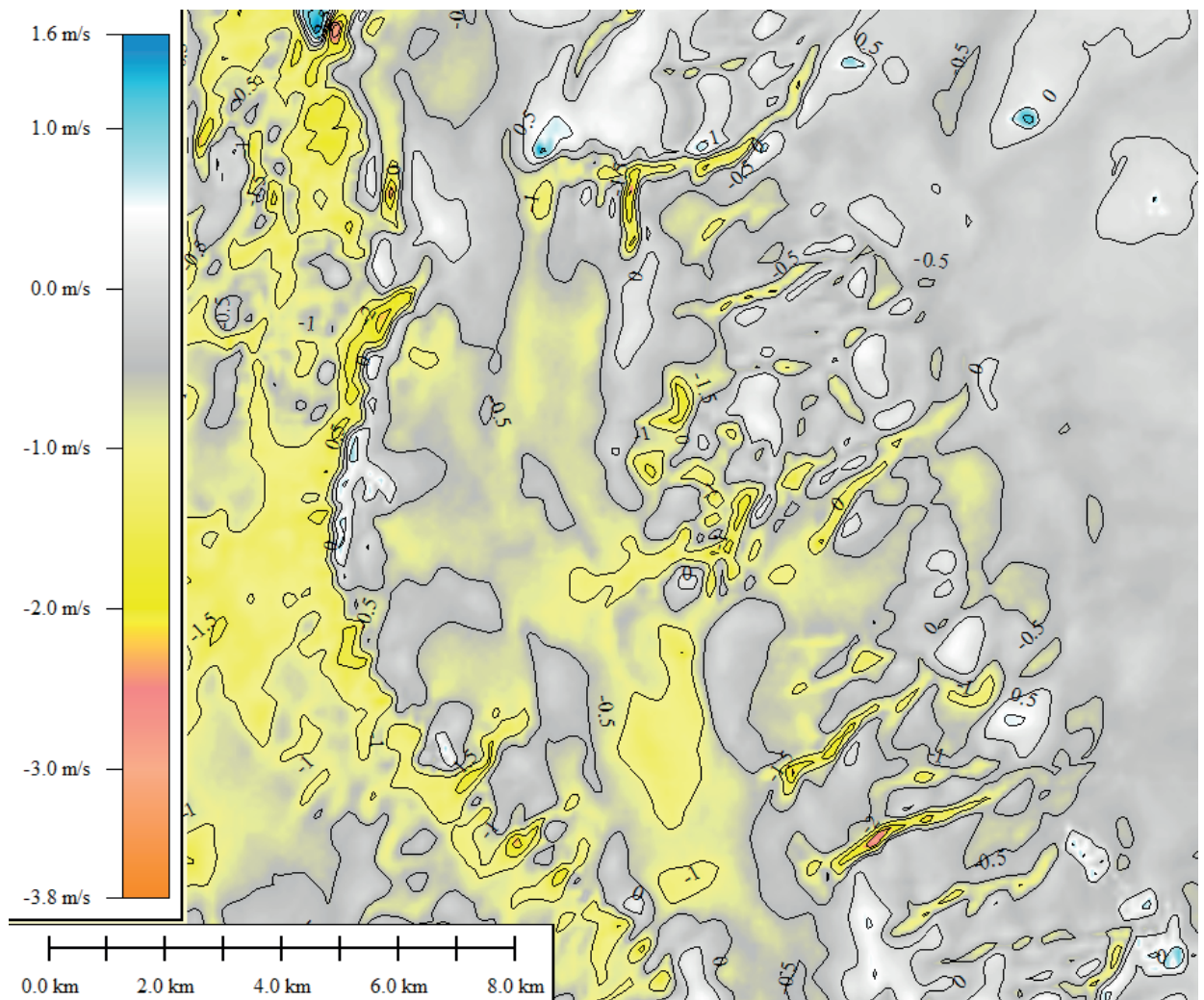


Figura 2 – Mapa de diferenças da velocidade do vento (WindSim – WASP)

Ainda referente à Figura 2 é válido comentar que o modelo linear do WASP diferiu muito do modelo mais robusto calculado via CFD na região onde a orografia era mais acidentada, chegando a diferenças da ordem de 3.8 m/s – aproximadamente 47 % do valor da média de velocidade do vento calculado no mesmo ponto no WindSim – em algumas regiões do domínio estudado. Esse resultado é mais um indicativo que o modelo linear adotado pelo *software* não é adequado para estudos de projetos localizados em regiões de orografia complexa.

A Figura 3 ilustra o caso que os modelos mais simples e que requerem menos demanda computacional são confrontados – nesse caso valores negativos de velocidade de vento indicam situações que o WASP obteve médias de velocidade de vento superiores ao OpenWind. Nesse estudo ainda observa-se focos de grande diferença de velocidade de vento – também da ordem de 3 m/s, representando erros percentuais da ordem de 40 % – e uma discordância menos acentuada no lado esquerdo da malha, onde a orografia é bem mais acidentada como é possível observar na Figura1.

Ainda referente a análise do WASP, é interessante notar que ambos os mapas de diferença indicam uma predominância dos valores mais altos obtidos nessa ferramenta,

o que indica uma tendência que, para regiões montanhosas, esse modelo superestime o recurso eólico da região simulada.

Por fim, foram confrontados os WRGs do WindSim contra o despachado pelo OpenWind – mantendo a referência no WindSim, isto é, valores negativos de velocidade do vento indicam quando o modelo do OpenWind despachou resultados superiores em magnitude de média anual de velocidade de vento. Nessa última análise foi importante notar regiões de prevalência do modelo mais robusto (WindSim) fora da montanha e regiões de prevalência do modelo simplificado (OpenWind) – ainda que sem a linearização do WAsP – nas regiões de orografia complexa. Esta constatação corrobora para o fato que modelos mais simples tendem a superestimar o vento nas regiões com uma topografia mais acidentada, visto que tais modelos não são capazes de capturar certos fenômenos do escoamento que um modelo mais robusto é capaz de enxergar, tais como pontos de estagnação e separação do escoamento – fenômenos muito mais impactantes no estudo de áreas localizadas em montanhas.

A forma como as diferenças dos 3 WRGs simulados impacta em um projeto eólico é reportada na Tabela 1. Nessa tabela é possível notar que dado uma mesma área de projeto – já descontadas as restrições para alocação de máquinas – configuram-se 3 projetos significativamente diferentes quanto ao dimensionamento obtido após as rodadas de otimização.

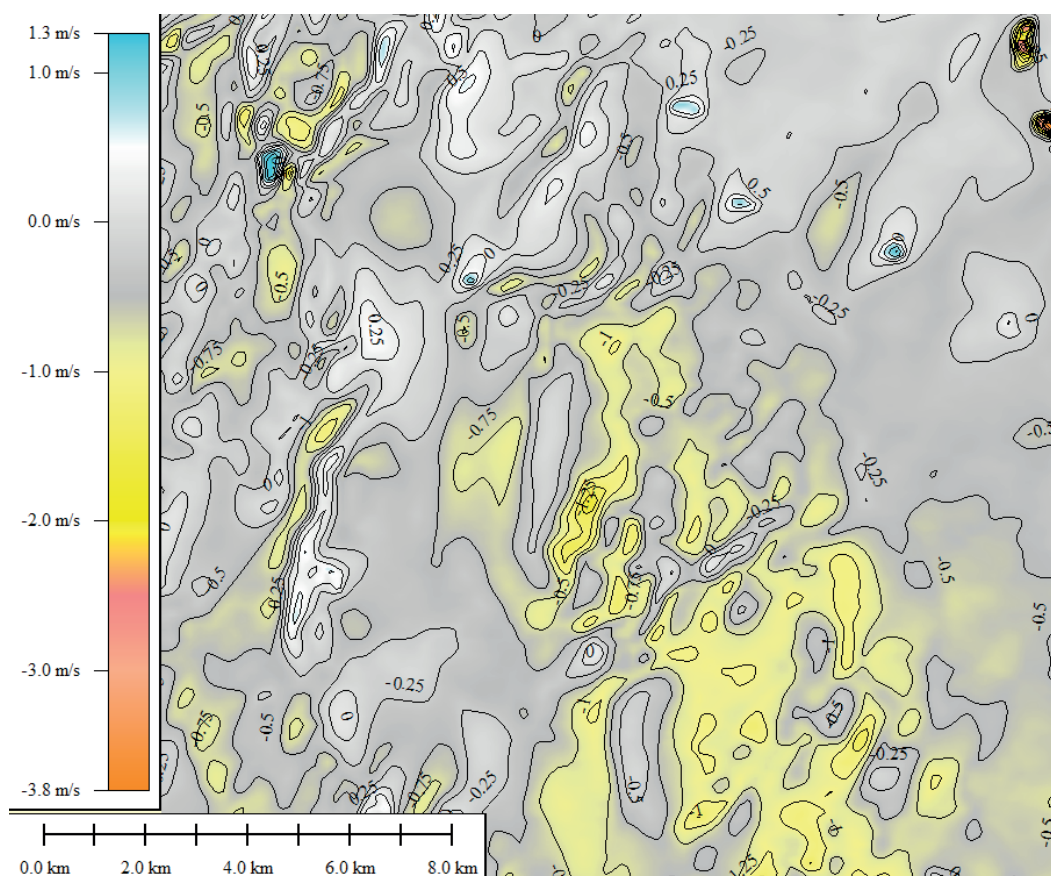


Figura 3 – Mapa de diferenças da velocidade do vento (OpenWind – WAsP)

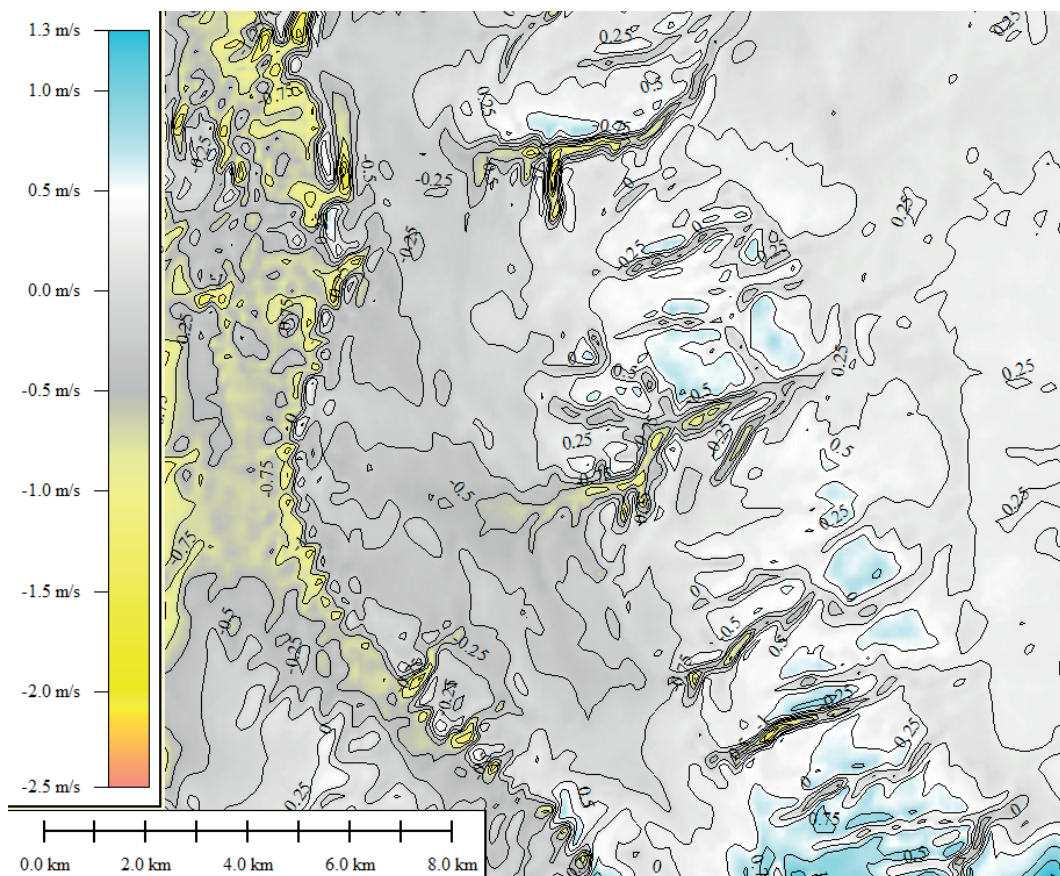


Figura 4 – Mapa de diferenças da velocidade do vento (WindSim – OpenWind)

Modelo	Número de Aerogeradores	Potência Instalada (MW)	Produção Energética P50 (GWh)	Fator de Capacidade P50
Wasp	177	371.7	1850.72	56.80 %
OpenWind	168	352.8	1684.37	54.46 %
WindSim	164	344.4	1647.89	54.58 %

Tabela 1 – Resultado das Otimizações

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados do trabalho demonstraram que há uma grande diferença entre modelos na hora de tratar um escoamento em situações mais complexas, fato que, por sua vez, é imposto pela característica do relevo sob a qual o projeto eólico é planejado.

Mediante a análise do resultado do modelo simples do WAsP, é possível notar uma diferença de, aproximadamente, 11 % em relação à estimativa de produção referente ao WRG do WindSim e 9 % em relação à estimativa referente ao WRG do OpenWind. Portanto, há um indício significativo que um projeto considerando o WRG do WAsP, nessas condições, estaria superdimensionado.

Em relação ao modelo também simplificado do OpenWind, não se detecta uma tendência tão acentuada de superestimar o recurso do vento de regiões montanhosas. Entretanto, também é possível notar que essa metodologia simples não captura certos fenômenos e aponta um erro menor em magnitude, mas uniforme ao longo de boa parte



da malha, quando comparado ao CFD. Tal constatação fica evidente no resultado das otimizações, onde foi possível alocar mais máquinas usando o WRG do OpenWind – devido ao recurso do vento, dentro da área de interesse para posicionamento de aerogeradores, variar menos e justificar a inserção de mais turbinas no *layout* do projeto do parque eólico.

Por fim, é interessante notar que os resultados das simulações foram de acordo com o que era esperado *a priori*, considerando apenas a descrição matemática dos modelos, e que para trabalhos futuros ainda é necessário repetir essa metodologia de análise para localidades e projetos diferentes.

## REFERÊNCIAS

Ramos, D.A., Guedes, V.G. e Mustto, A.A., 2016, Development of a Methodology to Make Improvements on a CFD-Based Model - Use of Nesting in a Complex Terrain in an Inner Area of Ceará, Brazil, Brazil Windpower 2016, Rio de Janeiro, Brazil.

Theodoropoulos, P. e Deligiorgi, N., Windsim CFD Model Validation in a Mixed Coastal & Mountainous Region with Complex Terrain.

Wallbank, T., 2008, WindSim Validation Study – CFD validation in Complex terrain.

Bilal, M., Birkelund, Y., Homola, M. e Virk, M.S., 2016, Wind over complex terrain – Microscale modelling with two types of mesoscale winds at Nygårdsfjell, Renewable Energy, Vol. 99(2016), pp. 647- 653.

Brower, M., Zack, J. W., Bailey, B., Schwartz, M. N., e Elliot, D. L., 2004, Mesoscale Modeling as a Tool for Wind Resource Assessment And Mapping, 14th Conference on Applied Climatology.

Jackson, P. S. e Hunt, J. C. R. Turbulent wind flow over a low hill, 1975, Q. J. R. Meteorol. Soc., pp. 101:929.

## A INFLUÊNCIA, SOB O ASPECTO DE CURTO-CIRCUITO, DE GERADORES EÓLICOS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.

**Eloi Rufato Junior**

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba – PR

**Lucas Marino Bianchessi Sganzeta**

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba – PR

**Willian Da Veiga**

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná  
Curitiba – PR

**RESUMO:** Com o aumento da geração eólica, o estudo técnico referente ao comportamento do sistema eólico frente a perturbações é cada vez mais necessário, uma vez que o Operador Nacional do Sistema define diretrizes e requisitos mínimos de operação e de transmissão da energia no Sistema Interligado Nacional. Diante disso, o presente trabalho apresenta um estudo da contribuição de aerogeradores nas correntes de curtos-circuitos, que podem ocorrer nas centrais de geração eólica, sendo elaborada a modelação de uma central de geração eólica, implementada em simulações em ferramenta computacional, sob condições de falta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia eólica, gerador eólico, curto-circuito, eficiência energética.

**ABSTRACT:** With the increase of wind generation, technical study regarding the behavior of the wind power system against disturbances is increasingly necessary, since the National System Operator defines guidelines and minimum requirements for the operation of transmission of energy in the National Interconnected System. New work and results, regarding the diversification of the Brazilian electrical matrix, have been presented. Therefore, this work presents a study of the contribution of wind turbines in the currents of short circuits that can occur in wind power plants. The modeling of a wind power plant, implemented in simulations in computational tool, under fault conditions is elaborated.

**KEYWORDS:** wind energy, wind generator, short circuit.

### 1 | INTRODUÇÃO

O número de parques eólicos no Brasil tem aumentado significativamente nas últimas décadas, bem como sua capacidade instalada. Isso se deve ao crescente valor dos preços da geração de energia por fontes não renováveis e por fontes hídricas, utilizadas em grande escala em todo o mundo. Por isso é constante o investimento em fontes alternativas de energia para diversificar a matriz energética brasileira.

Parte dessa energia é gerada a partir de aerogeradores, convertendo a força dos ventos em energia elétrica sob forma de força eletromotriz.

Com o aumento da capacidade instalada e o grande potencial eólico que o Brasil possui, faz-se cada vez mais necessário o estudo e o aprimoramento dos conhecimentos sobre aerogeradores, e como eles se comportam quando são conectados ao Sistema Elétrico de Potência – SEP – e no momento da ocorrência de defeitos, como o curto-circuito, nas redes e linhas de transmissão que interligam os aerogeradores ao SEP.

A ampliação da capacidade de gerar energia elétrica, a partir da fonte eólica no Brasil, foi iniciada em 2002, com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que estimulou o desenvolvimento de fontes alternativas de energias destinadas a diversificar a matriz energética do país, 3.300 MW de capacidade distribuída entre as fontes contempladas, 1.423 MW foram de projetos de geração eólica elétrica. Foi registrada a existência de 51 parques eólicos, totalizando 926 MW de potência instalada, correspondentes a 40 projetos deste programa até 2010 (NEVES, 2014 apud Renergy, 2010). Com o PROINFA, a geração eólica continua recebendo incentivos através de mecanismos de contratação regulada habilitados pelo MME (Ministério de Minas e Energia), para a contratação de energia elétrica através de leilões (Leilão de Energia de Reserva - LER 2009, Leilão de Energia de Fontes Alternativas - LFA 2010, LER 2010 e 2011, e LFA 2012), que permitiria aumentar até 5.300 MW de potência eólica instalada, para o horizonte de 2013, e 8.802,1 MW até 2017, conforme mostra a Figura 1.

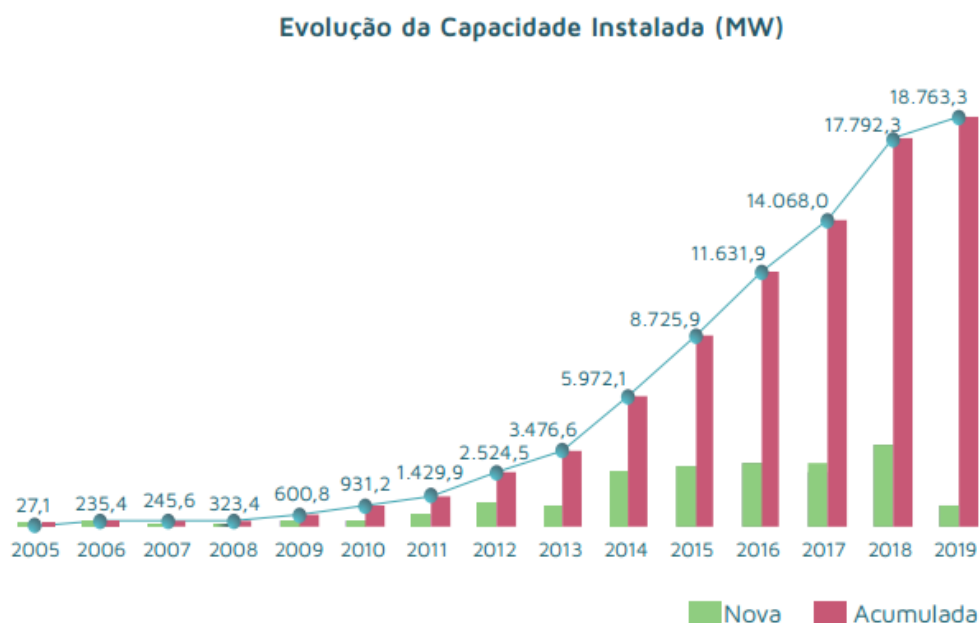


FIGURA 1 – Evolução da capacidade eólica instalada no Brasil.

Fonte – ABEEólica (2015).

A participação da geração de energia eólica no Brasil ainda é pequena comparada à geração hidroelétrica e as gerações por fontes não renováveis. Segundo a ANEEL, em 2003, eram apenas 6 centrais eólicas operando no Brasil, totalizando cerca de

22.075 kW (quilowatt) de capacidade instalada, e mais 92 empreendimentos eólicos autorizados a iniciarem suas construções, podendo agregar ao setor mais 6.500 MW (megawatt).

Com esse aumento significativo na última década da capacidade instalada de parques eólicos e a previsão da expansão desta capacidade, torna-se importante o estudo elétrico de plantas eólicas, mais especificamente, aqueles relacionados as contribuições dos aerogeradores nos frequentes curtos-circuitos que ocorrem no SEP, colaborando, assim, com a engenharia de proteção de centrais de geração eólica.

## 2 | DISCUSSÃO E RESULTADOS

A Figura 2 mostra a central de geração eólica (CGE) na qual este estudo é baseado, esta central é composta por 11 unidades geradoras de 2,7 MW e tensão de saída igual a 1.000 V, totalizando 29,7 MW de capacidade instalada e 16,0 MW de garantia física de energia. Ela alimenta a subestação 2 (SE2), a qual recebe energia elétrica de mais 5 centrais geradoras.

Para cada aerogerador há um transformador trifásico elevador de 1.000/34.500 V, com ligação estrela aterrada no lado de 1.000 V e triângulo no lado de 34,5 kV, com potência de 4 MVA. As unidades geradoras SH-01 a SH-05 e SH-06 a SH-11, estão agrupadas ao fim de linhas de 1.100 m e 110 m, respectivamente. Na SE2 é realizado a elevação da tensão de 34,5 kV para 138 kV, através de um transformador trifásico de três enrolamentos, com ligações estrela aterrada nos lados de 138 kV e 34,5 kV e delta no enrolamento terciário (compensação de harmônicos), com potência de 80 MVA, visto a subestação ser alimentada por mais CGEs.

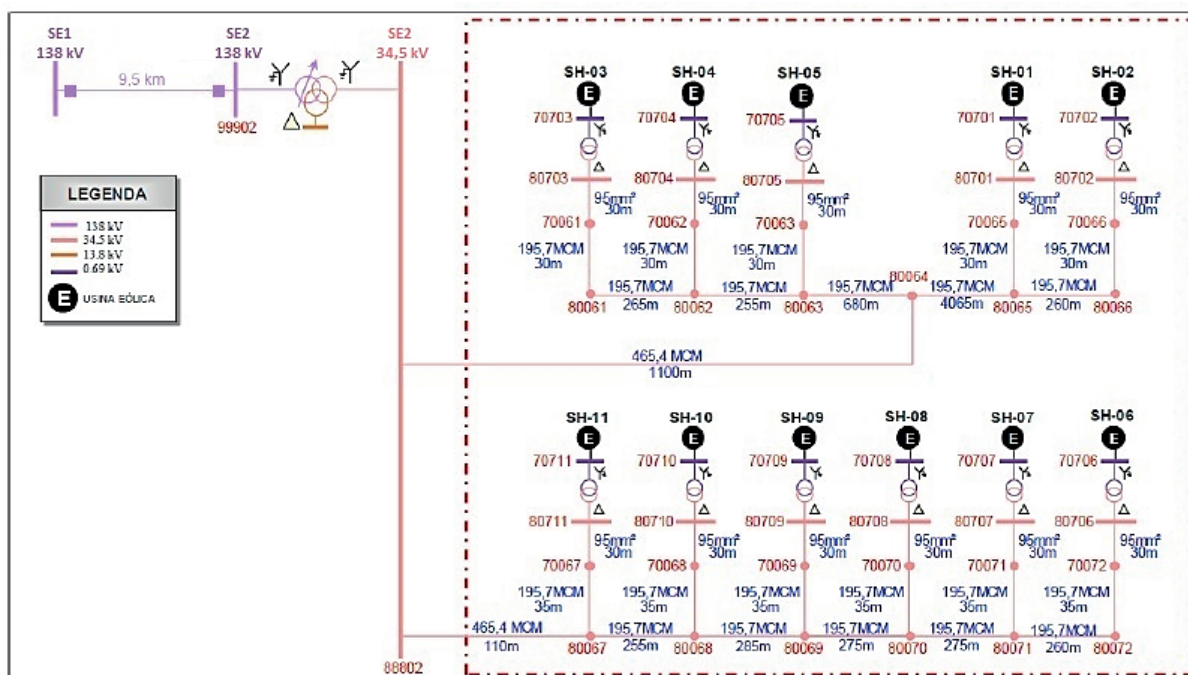


FIGURA 2 – Estrutura da central de geração eólica em estudo.

Fonte - Autoria própria.

Para o caso em estudo considerou-se os aerogeradores do tipo gaiola de esquilo e duplamente alimentado utilizados em sistemas de aerogeração, apresentados a seguir.

## 2.1 - Gerador de indução em gaiola de esquilo (GIGE)

Consiste em um gerador assíncrono de velocidade fixa, conectado diretamente a rede por meio de um soft-starter, utilizado para diminuir a corrente de magnetização da máquina durante a partida. Para compatibilizar a baixa velocidade de rotação do eixo das pás com a velocidade exigida pelo rotor do gerador, utiliza-se uma caixa de engrenagens designada a multiplicar o valor da rotação da turbina. Neste tipo de aerogerador emprega-se também um banco de capacitores na saída do enrolamento do estator, destinados a controlar o consumo de potência reativa da rede mostrado na Figura 3.

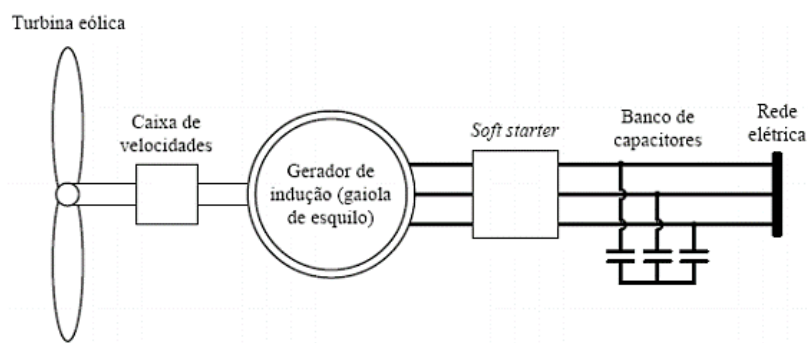


FIGURA 3 – Gerador de indução em gaiola de esquilo.

Fonte. Carvalho (2006).

## 2.2 - Geradores de indução duplamente alimentados (GIDA)

Consiste em um gerador de indução de velocidade variável, esta configuração em velocidade variável desagrega a velocidade de operação do gerador da frequência de operação da rede elétrica, ao qual a central está conectada. Assim, o gerador pode ser controlado para adaptar a velocidade rotacional para a velocidade momentânea do vento, a fim de melhorar a eficiência da geração. Nessa tecnologia de indução duplamente alimentada faz-se o uso de conversores de potência, CA-CC-CA, entre o rotor e a rede elétrica, para conseguir um maior controle sobre as potências injetadas na rede, sendo que o estator destes geradores está conectado diretamente a rede conforme esquema da Figura 4. Durante a ocorrência de curtos-circuitos próximos ao gerador, elevadas correntes podem ser induzidas nos enrolamentos do rotor, devido a isso, é utilizado um tipo de proteção chamado crowbar, composto de resistências em série ligadas ao rotor.

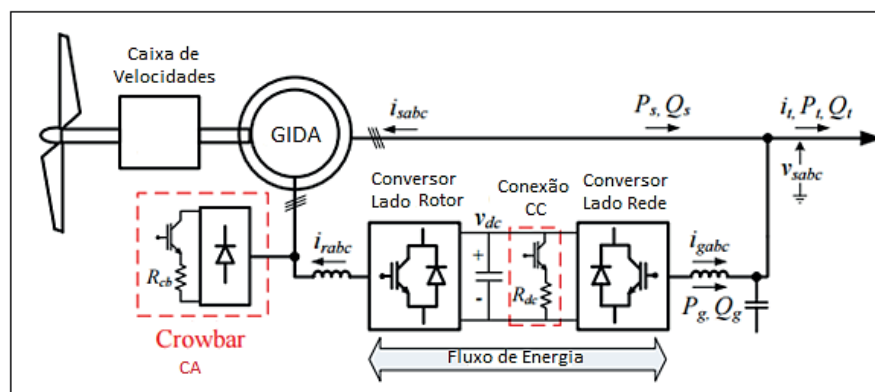


FIGURA 4 – Gerador de indução duplamente alimentado.

Fonte – Howard (2013).

## 2.3 - Considerações

Para se realizar as análises de influências dos aerogeradores tipo GIGE e tipo GIDA, foram feitas as seguintes considerações para simplificação da implementação da CGE em estudo:

- Os aerogeradores SH-01 a SH-11 estão agrupados ao fim das linhas de maior distância do barramento da SE2, isso é, ao fim de uma linha de 5,5 km estão agrupados os aerogerados SH-01 a SH-05, os aerogeradores SH-06 a SH-11, por sua vez, estão agrupados ao fim de uma linha de 1,5 km;

- As impedâncias  $R1\%=0,098$ ,  $X1\%=0,2309$ ,  $R0\%=0,196$  e  $X0\%=1,1545$  foram adotadas para todas as linhas de 34,5 kV da simulação;

- As turbinas dos aerogeradores GIGE e GIDA fornecem potência nominal aos geradores com ventos de 10 m/s;

- Foram simulados dois sistemas para a mesma CGE, um composto apenas por aerogeradores tipo GIGE e outro por aerogeradores tipo GIDA.

Quanto as condições de perturbação, foi considerada uma falta a 100 m do lado de 34,5 kV do transformador do aerogerador 7 (SH-07), realizando as simulações para as seguintes condições de falta:

- Falta fase-terra, com resistência de aterramento de  $0,00001 \Omega / 40 \Omega / 100 \Omega / 1000 \Omega$ ;
- Falta fase-fase-terra, com resistência de aterramento de  $0,00001 \Omega$

Para a simulação destas condições de falta o método de simulação adotado foi o modelo contínuo (tipo fasor), onde as tensões e correntes senoidas são substituídas por quantias fasoriais (numeros complexos), isso é, as tensões e correntes são exibidas com base nos seus valores de pico, na frequência nominal do sistema (60 Hz), devido às características da simulação.

## 2.4 Simulações em Aerogeradores Gige

Os aerogeradores de 2,7 MW usam geradores de indução com rotor em gaiola de esquilo. O enrolamento do estator é conectado diretamente a rede de 60 Hz e o rotor é movido por uma turbina eólica com ângulo de ataque variável. Este ângulo de ataque é controlado com o fim de limitar a potência de saída do gerador, ao seu valor

nominal, para ventos superiores a velocidade nominal (10 m/s). Para gerar energia, a velocidade do GIGE tem que estar ligeiramente acima da velocidade síncrona. A velocidade varia entre 1 e 1,007 pu aproximadamente.

A potência reativa absorvida pelos GIGEs é parcialmente compensada pelo banco de capacitores conectados no barramento de saída em baixa tensão de cada aerogerador (1,465 Mvar). O resto de potência reativa requerida para manter a tensão no barramento B34 em, aproximadamente, 1 pu é provida pelo STATCOM de 3 Mvar.

Nesta simulação o sistema é observado durante 20 s. Inicialmente a velocidade do vento é ajustada em 9 m/s e então é elevada para 10 m/s no tempo  $t = 3$  s para os aerogeradores 1 e 6,  $t = 5$  s para os aerogeradores 2 e 7,  $t = 7$  s para os aerogeradores 3 e 8,  $t = 9$  s para os aerogeradores 4 e 9,  $t = 11$  s para os aerogeradores 5 e 10 e  $t = 13$  s para o aerogerador 11, visto que, ao se aplicar a velocidade de vento nominal, num mesmo instante de tempo sobre todos os geradores, o sistema perde a estabilidade com a potência ativa caindo para um valor próximo a zero e a potência reativa se elevando rapidamente.

A falta é aplicada pelo período de 9 ciclos (0,15 s) em  $t=15$  s. As curvas características de funcionamento da central de geração eólica, sem ocorrência de falta são apresentadas nas Figuras 5 e 6.

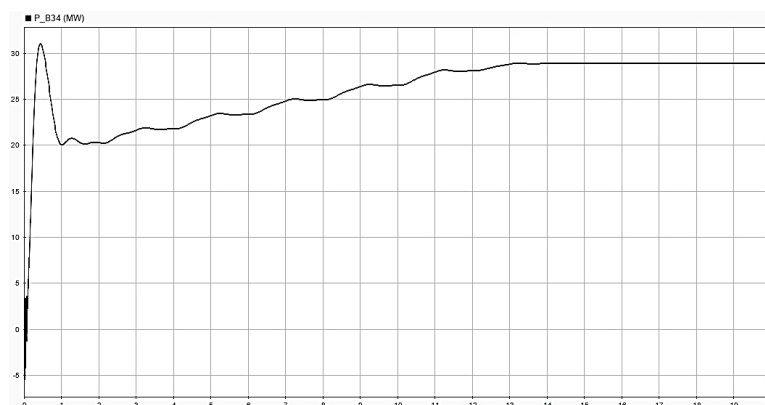


FIGURA 5 - Potência ativa no barramento B34 – GIGE

Fonte – Autoria Própria

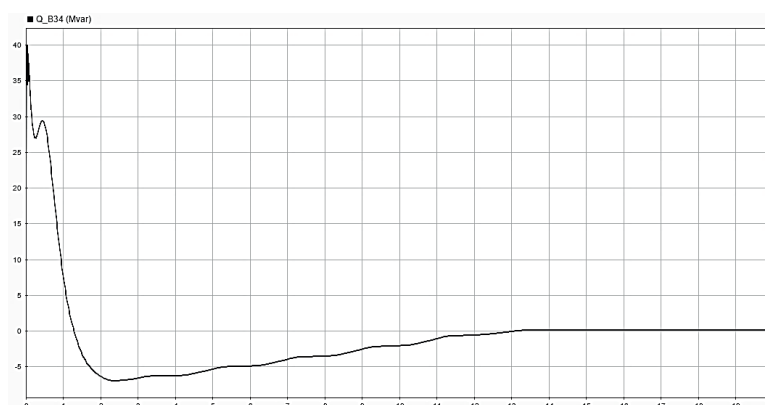


FIGURA 6 - Potência reativa no barramento B34 - GIGE

Fonte – Autoria Própria

Observa-se o valor da potência ativa estabilizando em 28,71 MW a partir de  $t=13$

s, um valor muito próximo a capacidade de geração da CGE (29,7 MW), já a potência reativa assume um valor próximo a zero devido a compensação fornecida pelo banco de capacitores e pelo STATCOM. A corrente e tensão de sequência positiva possuem valores próximos a 1 pu. A corrente da linha do aerogerador 07 se estabilizou em 62 A.

Nessas condições foram realizadas as simulações com ocorrências de falta para o parque eólico composto de aerogeradores tipo GIGE. As análises são realizadas observando a potência ativa (MW) e a potência reativa (Mvar) no barramento B34, as tensões de fase (V) e as correntes de falta (A) no ponto de curto.

Devido ao método de simulação adotado representam-se as ondas senoidais de tensão e corrente em função de seus valores de pico, gerando gráficos lineares. Desta maneira, a tensão de fase de uma linha de 34,5 kV será exposta graficamente com um valor constante de 28,169 kV (tensão de pico de uma fase). O comportamento do sistema no barramento de 34,5 kV, em situação de falta com resistência de aterramento  $0,00001 \Omega$ , está apresentado nas Figuras 7 a 9.

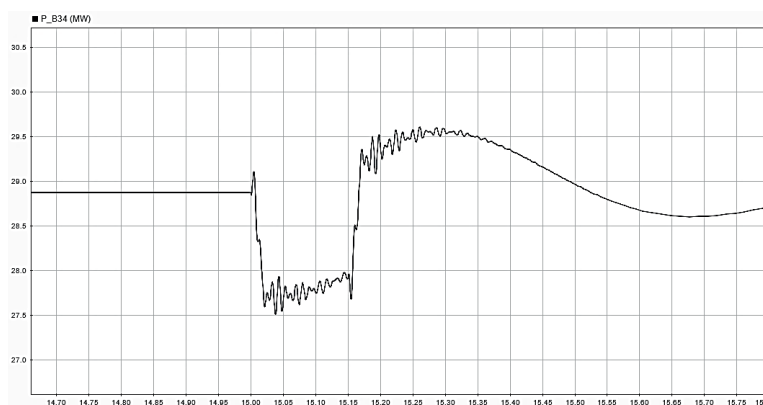


FIGURA 7 - Curva da potência ativa para falta fase-terra ( $0,00001 \text{ Ohm}$ ) GIGE

Fonte – Autoria Própria

Nesse caso, de curto-circuito próximo ao real (resistência de aterramento igual a zero), observa-se na Figura 7 uma pequena queda na potência ativa, chegando a 27,5 MW, em um intervalo de tempo muito curto, cerca de 0,04 s. A potência ativa volta a estabilidade em  $t=16,5 \text{ s}$ . A Figura 8 apresenta o aumento de aproximadamente 9,5 Mvar da potência reativa durante o curto circuito.



FIGURA 8 - Curva da potência reativa para falta fase-terra ( $0,00001 \text{ Ohm}$ ) GIGE

Fonte – Autoria Própria



Para a fase A, onde ocorre a falta, a tensão cai a zero, enquanto que para as fases B e C há a elevação da tensão até aproximadamente 40 kV, em  $t=15,15$  s. As tensões sofrem pequenas oscilações até estabilizarem em seus valores nominais no tempo de 15,4 s. A corrente de falta para este caso se eleva a um valor máximo de 900 A, ver Figura 9.

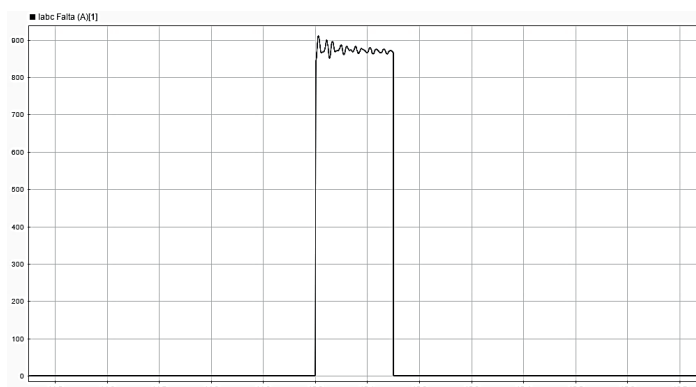


FIGURA 9 - Curva da corrente de falta para fase-terra (0,00001 Ohm) GIGE

Fonte – Autoria Própria

## 2.5 - Simulações com Aerogerador Giga

A tecnologia do GIDA permite extrair a máxima energia do vento para baixas velocidades de vento otimizando a velocidade da turbina, enquanto minimiza o estresse mecânico durante rajadas de vento. A velocidade da turbina otimizada, que produz a energia mecânica máxima para uma determinada velocidade de vento, é proporcional a velocidade do vento e regida por uma curva que determina o funcionamento do aerogerador, uma vez que o GIDA é controlado para segui-la.

A falta é aplicada no GIDA pelo mesmo período do GIGE de 9 ciclos (0,15 s) em  $t=15$  s. As curvas características de funcionamento da central de geração eólica, sem ocorrência de falta, mostrados na Figura 10.

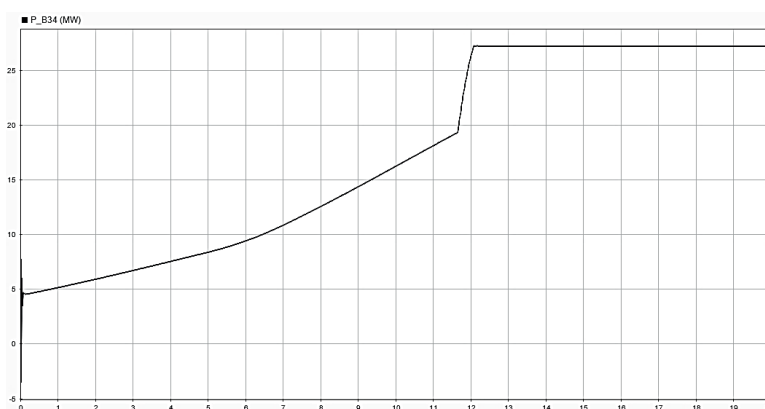


FIGURA 10 - Potência ativa no barramento B34 - GIDA

Fonte – Autoria Própria

Neste caso é o valor da potência ativa se estabiliza em 27,20 MW a partir de  $t=12,5$  s, um valor um pouco menor do que o observado na simulação para o GIGE,

devido a carga resistiva de 150 kW colocada na saída de cada aerogerador. Nesta CGE não foi necessário o uso de um banco de capacitores para cada aerogerador, também não foi utilizado o STATCOM para realizar a regulação de tensão na linha de 34,5 kV. A corrente de sequência positiva se estabiliza em 0,91 pu.

O comportamento do sistema GIDA no barramento de 34,5 kV, em situação de falta com resistência de aterramento  $0,00001 \Omega$ , são mostrados nas curvas das Figuras 11 e 12.

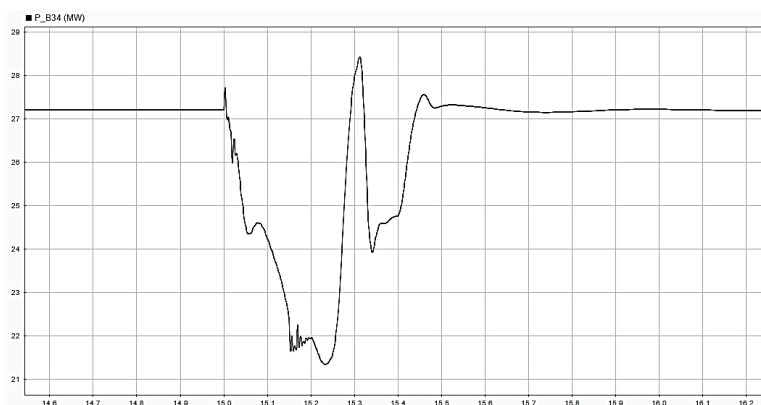


FIGURA 11 - Curva da potência ativa para falta fase-terra ( $0,00001 \Omega$ ) GIDA

Fonte – Autoria Própria

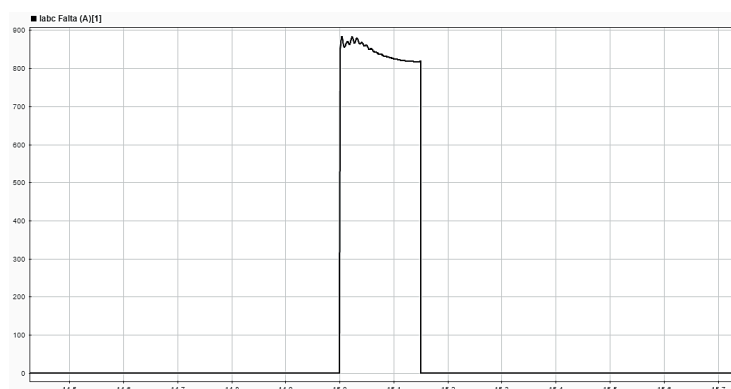


FIGURA 12 - Curva da corrente de falta para fase-terra ( $0,00001 \Omega$ ) GIDA

Fonte – Autoria Própria

Assim como no GIGE, a potência ativa para o curto-circuito com resistência de aterramento próxima a zero mostra as maiores distorções dentre os curtos realizados. Porém, verifica-se também a mudança de comportamento das potências ativa e reativa, aquela mostrada na Figura 11, em relação ao comportamento exibido na simulação para o tipo GIGE. Devido ao sistema controle presente no tipo GIDA, a queda da potência ativa ocorre mais lentamente, não caindo abruptamente como no caso do GIGE, ainda assim, apresenta uma maior queda de potência ativa ao final do curto, em  $t = 15,15$  s, do que a exibida na simulação para o tipo GIGE.

Para a simulação com o GIGE, a potência ativa oscila com uma variação de 0,5 MW até  $t = 16,5$  s, ver Figura 7. Já com o GIDA, a potência ativa cai mais 0,5 MW

depois do fim da falta e, em  $t = 15,32$  s, tem um pico de 28,4 MW, voltando a cair para se estabilizar após  $t = 15,6$  s. A potência reativa tem um comportamento semelhante, após o fim do curto a potência reativa cai a -5 Mvar, em  $t = 15,3$  s, se elevando a um valor máximo de 2,2 MVar, para então se estabilizar em  $t = 16,4$  s.

## 2.6 Resultados

Realizando uma comparação de todos os casos de curto circuito simulados, as tabelas 1 e 2 mostram os valores obtidos.

EM REGIME I = 62 A	Valores de Corrente em A		Variação %	
	GIGE	GIDA	GIGE	GIDA
Curto Monofásico 0,0001 $\Omega$	910	892	1367,74	1338,71
40 $\Omega$	552	550	790,32	787,10
100 $\Omega$	270	268	335,48	332,26
1000 $\Omega$	28,5	28	-54,03	-54,84
Curto Bifásico 0,0001 $\Omega$	1980	1810	3093,55	2819,35

Tabela 1 – Tabela comparativa dos valores de corrente de curto-circuito do GIGE e do GIDA

Fonte – Autoria Própria

	EM REGIME V = 28,169 kV	Valores de Tensão em kV			Variação %	
		Fase A	Fase B	Fase C	Fase B	Fase C
GIGE	Curto Monofásico 0,0001 $\Omega$	0	39,7	39,4	40,94	39,87
	40 $\Omega$	0	42,5	47,5	50,88	68,63
	100 $\Omega$	0	46,2	50	64,01	77,50
	1000 $\Omega$	0	49	49,1	73,95	74,31
	Curto Bifásico 0,0001 $\Omega$	0	0	38,8	---	37,74
GIDA	Curto Monofásico 0,0001 $\Omega$	0	39,5	39,5	40,23	40,23
	40 $\Omega$	0	41,7	47,5	48,04	68,63
	100 $\Omega$	0	46,1	50	63,66	77,50
	1000 $\Omega$	0	49	49,1	73,95	74,31
	Curto Bifásico 0,0001 $\Omega$	0	0	44,7	---	58,69

Tabela 2 – Tabela comparativa dos valores de tensão de curto-circuito do GIGE e do GIDA

Fonte – Autoria Própria

A partir destas tabelas podem-se estabelecer algumas considerações sobre os sistemas, como:

- Tanto para a simulação da CGE com geradores tipo GIGE quanto para a CGE com geradores tipo GIDA, funcionando em regime, a tensão e a corrente no barramento de 34,5 kV, tem seu valor próximo de 1 pu. Ambas as simulações chegam a aproximadamente 29,7 MW de potência ativa e 0 Mvar de potência reativa, quanto ao GIDA, devido a carga colocada na saída de cada aerogerador, a potência ativa se mantém em 27,2 MW. As correntes nas linhas onde foram aplicadas as faltas eram de

aproximadamente 60 A para os dois tipos de aerogeradores;

- A CGE composta de aerogeradores tipo GIGE, obteve os maiores valores de pico, para as correntes de curto-circuito, principalmente para a falta bifásica, a qual teve uma variação percentual maior de 3000%. Para os outros tipos de curto-circuito, os resultados mostraram uma discrepância de 2 a 30% das variações de corrente encontradas para a CGE tipo GIDA;

- A potência ativa durante o período de curto-circuito, em ambos os geradores, decaiu, tendo as maiores quedas nas menores resistências, com menor oscilação para as maiores resistências. Em contrapartida, a potência reativa gerada aumentou durante o período de curto-circuito, como esperado, já que nessas condições a produção de reativo da rede é elevada, tendo menores oscilações para os maiores valores de resistência de aterramento;

- No período pós- defeito, a CGE com o tipo GIDA teve as curvas de potência, tanto ativa como reativa, com maiores oscilações, contudo, retornou ao período de estabilidade mais rapidamente do que a CGE com o tipo GIGE, em torno de milissegundos.

### 3 | CONCLUSÕES

Como é imprescindível dispor-se de parâmetros construtivos e operacionais, reais, para a realização de uma simulação que descreva o comportamento mais próximo do prático de um sistema de geração eólica, foram realizadas as simulações adotando um conjunto de informações provindas de muitos estudos, em conjunto com valores que a própria ferramenta computacional Simulink fornece e considerações realizadas para a simplificação da implementação do caso em estudo.

Desse modo, as simulações efetuadas mostraram que uma máquina de indução com rotor bobinado, quando duplamente alimentada pela rede (diretamente no estator e através de conversores no circuito rotórico, GIDA) é a mais recomendada a operar como gerador de turbinas eólicas, devido ao seu maior controle de potência gerada e também de potência reativa da rede, realizado pelos conversores rotóricos, do que o gerador de gaiola de esquilo. Dado que, o gerador GIDA consegue manter os níveis de potência reativa da linha próximos de zero, enquanto o GIGE precisa de agentes externos como bancos de capacitores e STATCOMs para o controle e refinamento da potência reativa e conseqüentemente tensão e corrente.

Sob outra perspectiva, em parques eólicos compostos de geradores do tipo GIDA, nota-se nas simulações a maior rapidez do sistema em se estabilizar após o curto-circuito e voltar a entregar potência nominal a subestação. Todavia, também se verificou maiores oscilações no período de curto e de pós-curto para as potências ativa e reativa, no barramento B34.

Similarmente, mesmo com variações máximas muito próximas umas das outras,

as simulações com aerogeradores tipo GIDA e aerogeradores tipo GIGE revelam comportamentos diferentes, durante e pós-falta, entre suas tensões e entre suas correntes. Visto que, o método de simulação adotado apenas permitiu a análise com base nos valores máximos das ondas senoidais, não é possível inferir com precisão o quanto essas ondas de tensão e corrente diferem entre os tipos GIDA e GIGE, entretanto, estes comportamentos revelados através dos gráficos das simulações apontam para existência de diferentes contribuições dos aerogeradores estudados na operacionalidade do sistema elétrico de potência, frente a situações de falta.

Estes resultados realçam a necessidade e importância do estudo da influência da inserção da matriz eólica ao SIN, quanto ao seu comportamento em variadas condições, visando auxiliar o processo de diversificação da matriz elétrica brasileira, como previsto para os próximos anos. Dado que, o desempenho dinâmico global do SIN pode ser impactado fortemente, no que se refere a estas interligações. Dessarte, estudos como este serão cada vez mais necessário para o desenvolvimento do conhecimento e da tecnologia envolvida na elaboração de projetos, construção e proteção de grandes centrais de geração eólica.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). **Boletim Anual da Geração Eólica**. 2015.

CARVALHO, B. C. **Desenvolvimento de modelo computacional de sistemas eólicos utilizando geradores síncronos para estudos de desempenho no contexto da qualidade da energia elétrica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

HOWARD, D. F. **Short-Circuit Currents in Wind-Turbine Generator Networks**. Tese de Doutorado. Georgia Institute of Technology. December, 2013.

NEVES, P. S. **Interligação da geração eolielétrica com o sistema elétrico de potência**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2014.

## PLATAFORMA DE AQUISIÇÃO E CONTROLE IOT INTEGRADO A SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

### Caio Castro Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia, Núcleo de Sistemas Ciberfísicos  
Belém – Pará

### Joice Machado Martins

Universidade Federal Rural da Amazônia, Núcleo de Sistemas Ciberfísicos  
Belém – Pará

### Layse Pereira do Nascimento

Universidade Federal Rural da Amazônia, Núcleo de Sistemas Ciberfísicos  
Belém – Pará

### João Vitor Natal Silva Quincó Maciel

Faculdade Estácio de Belém, Departamento de Engenharia de Controle e Automação  
Belém – Pará

### Otávio Andre Chase

Universidade Federal Rural da Amazônia, Núcleo de Sistemas Ciberfísicos  
Belém – Pará

### José Felipe Souza de Almeida

Universidade Federal Rural da Amazônia, Núcleo de Sistemas Ciberfísicos  
Belém – Pará

**RESUMO:** Neste artigo é proposto a construção de um gerador fotovoltaico monofásico de pequeno porte, integrado a uma plataforma de aquisição e controle de dados conectada à internet, através de IoT (Internet of Things). Para o desenvolvimento do sistema é utilizada

uma placa fotovoltaica, um conversor de tensão e um inversor de potência no bloco de geração e condicionamento. As análises de dados são feitas através de um sistema computacional embarcado, que realiza a leitura dos sinais dos sensores, recepção e transmissão de dados pelo módulo de conexão Wi-Fi, e o envio de sinais de controle a dispositivos atuadores. Os dados processados pela placa microcontrolada são disponibilizados localmente e remotamente em uma Application Programming Interface (API).

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerador Fotovoltaico, IoT, API, Sistema Embarcado.

**ABSTRACT:** This application proposes the construction of a small single-phase photovoltaic generator. The PV system structure is integrated to a data acquisition and control platform in connecting Internet of Things (IoT). The system development uses a photovoltaic plate, a voltage converter and a power inverter in the generation and conditioning block. An embedded system processes the data associated with performs the reading of the sensor signals, reception and data transmission by the Wi-Fi connection module, and sending control signals to actuators. The data processed by the microcontroller board is made available locally and remotely in an Application Programming Interface (API).

**KEYWORDS:** Photovoltaic Generator, IoT, API,

## 1 | INTRODUÇÃO

Questões relacionadas ao meio ambiente vem ganhando mais destaque ao longo dos anos, as medidas tomadas na sociedade atual buscam visar o equilíbrio entre o interesse econômico humano e a manutenção dos recursos naturais. Diante a isto, procurou-se também desenvolver tecnologias no setor de energia elétrica em que os impactos ambientais fossem minimizados, com o objetivo de aproveitar os recursos naturais e usá-los de forma racional. Objetivando isto foram desenvolvidas as energias renováveis, onde é possível aproveitar as correntes eólicas, a radiação solar, a corrente das marés, entre outras, e posteriormente transformar a energia obtida em eletricidade. A energia solar fotovoltaica é considerada a grande aposta das energias renováveis no Brasil devido sua localização geográfica que proporciona altos índices de radiação incidente, impulsionado por este fato em 2012 entrou em vigor a resolução normativa N°482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Esta lei propôs as condições a serem atendidas para que consumidores pudessem ter amparo legal na geração de energia elétrica a partir de fontes de energias renováveis. Esta resolução proporcionou ainda que, ao se fornecer energia elétrica excedente para a rede de distribuição da concessionária, originam-se créditos e, além disso, descontos na conta de energia do consumidor baseado nos créditos gerados (ANEEL, 2012).

Todavia, a resolução normativa N° 687/2015 também da ANEEL é a que está em vigor no país atualmente e altera a resolução N° 482/2012, trazendo conceitos atualizados sobre minigeração e microgeração distribuída, além de citar o sistema de compensação de energia elétrica e geração compartilhada (Aneel, 2015). Já a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) dispôs a NBR 16149:2013, em que estabelece os parâmetros técnicos relacionados a variáveis de geração elétrica como: tensão, corrente, frequência, distorção harmônica, entre outros (ABNT, 2013).

No manual apresentado por Pinho e Galdino (2014) é ressaltado que os geradores fotovoltaicos podem atuar como fonte complementar ou secundária à rede elétrica em que estão conectados. Alguns sistemas conectados à rede são associados a dispositivos com o objetivo de monitorar e armazenar dados remotamente, durante a operação da geração e condicionamento de sinal. Desse modo, possibilita que o usuário possa ter acesso a informações e controle em tempo real, proporcionando assim, uma melhor detecção a falhas.

Visando um desenvolvimento energético mais sustentável e eficiente através da energia solar, este projeto apresenta uma plataforma de geração de energia elétrica grid tie inteligente, controlando basicamente todos os processos envolvidos na geração. Portanto, este sistema é alimentado por energia fotovoltaica ou pela rede elétrica, utilizando de um microcontrolador como UCP (Unidade Central de Processamento) integrados a uma API IoT. Assim, todo processo é monitorado via comunicação remota

por uma plataforma desenvolvida para os sistemas operacionais Android e iOS.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Gerador FV

Para a construção de sistemas fotovoltaicos é necessário determinar o material da célula geradora de eletricidade, e podem ser constituídas de diferentes tipos de elementos, o desenvolvimento deste trabalho contou com um módulo fotovoltaico que utiliza células de silício policristalino, é importante frisar que a sua eficiência energética e custo-benefício são compensatórios se comparados com outros. A tabela 1 descreve as especificações do módulo.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Potência	20Wp
Voltagem de Circuito Aberto	20,5Vdc
Voltagem de Potência Máxima	16,5Vdc
Corrente de Potência Máxima	1,21 <sup>a</sup>
Temperatura Nominal da Célula Operacional	43°C
Dimensão	430x540x34mm
Valor de Saída	+/- 10%

Tabela 1 - Especificações elétricas do módulo H200 da Helios Technology para as condições de teste radiancia de 100mW/cm<sup>2</sup>, temperatura da célula 25°C e AM 1,5.

A partir dos dados técnicos característicos do módulo, verificou a necessidade da utilização de um circuito de condicionamento (conversor DC - DC) de sinal, pois o circuito inversor – detalhado posteriormente – utiliza em sua entrada tensões que podem variar de 11 a 15Vdc. Este conversor de tensão do tipo DC-DC regula o sinal proveniente do módulo para que esteja dentro da faixa de tensão nominal de entrada do inversor. Para desempenhar essa função, utilizou-se um regulador de tensão modelo LM2596 com conversor do tipo Step Down, pois possui a característica de baixar a tensão, oscilador interno de frequência fixa de 150kHz. Isto permite reduzir a corrente para 3A, podendo ajustar a tensão de saída entre 1,5V a 35V, tendo como entrada valores entre 3,2V a 40V. Pode-se ressaltar também, o fato de disponibilidade de desligamento devido a efeito térmico e proteção de limite de corrente.

Fica a cargo do inversor de potência interligar o arranjo fotovoltaico à rede elétrica. Este dispositivo é responsável pela transformação da tensão de corrente contínua (DC) em tensão de corrente alternada (AC), constituem também um ponto no qual se dá o fluxo de potência, sendo responsável por dar maior eficiência ao sistema.

Vale ressaltar que, tais dispositivos abrangem mecanismos de rastreamento que detectam o ponto de máxima potência (MPP). Este processo é realizado por meio



de um conversor DC ligado em série com o inversor, para assim, ajustar a tensão de entrada do inversor à tensão correspondente ao MPP. Em seu trabalho, Almeida (2012) afirma que os inversores utilizam materiais semicondutores executando funções de chaves estáticas para efetuar a comutação responsável pela conversão DC-AC. A Tabela 2 apresenta dados técnicos do inversor utilizado.

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Potência Máxima	400W
Tensão de Entrada DC	11 A 15V
Tensão de Saída AC	127V
Frequência	60Hz ± 3Hz
Eficiência	> 80%

Tabela 2 – dados técnicos do Inversor de Potência.

O inversor utilizado, transforma 12Vdc para 127Vac gerando uma onda de saída com o formato senoidal de baixa distorção harmônica, monofásico e compatível com a rede elétrica convencional brasileira.

Para que o sistema pudesse processar os dados da geração fotovoltaica, foram conectados a este equipamento sensores e atuadores, podendo detectar e atuar em falhas ou anormalidades que possam ser prejudiciais ao sistema, de forma automática. A Figura 1 ilustra o modelo do sistema desenvolvido para esta aplicação.

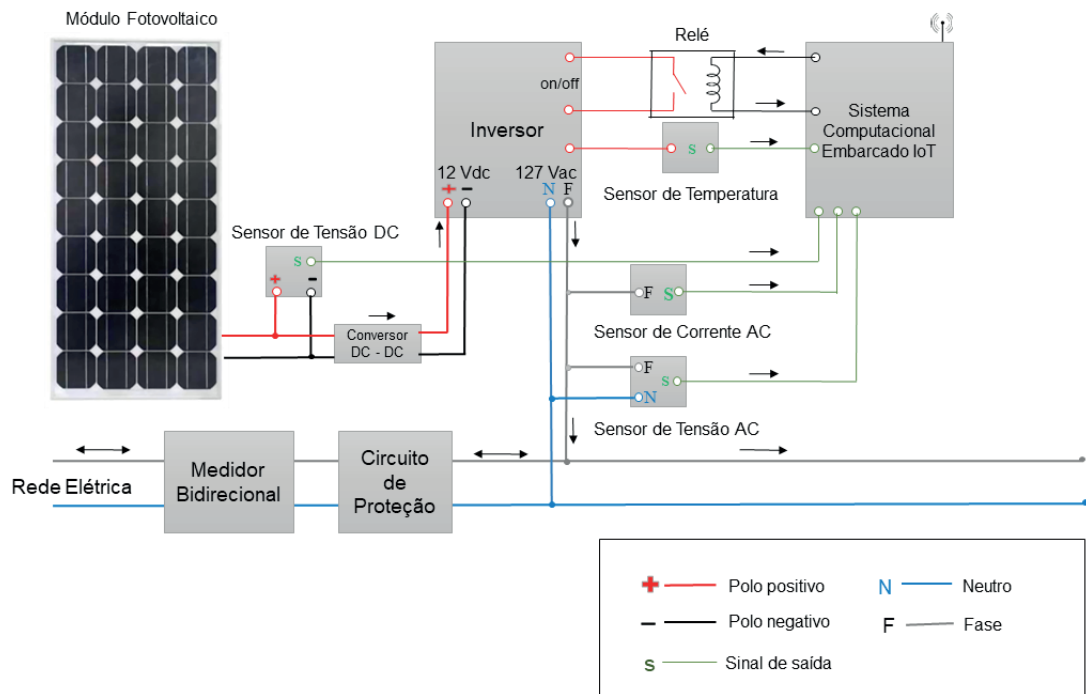


Figura 1 – Gerador Fotovoltaico Integrado a Sistema IoT.

Os sensores e atuadores também desempenham funções como detecção de dados da temperatura do inversor para evitar superaquecimento. As demais funções do sistema são executadas por um sistema computacional embarcado de aquisição,

processamento e controle de variáveis baseado em IoT.

## 2.2 Aquisição, Processamento e Controle

O dispositivo utilizado para a aquisição de dados foi o Arduino Mega que é uma placa microcontroladora baseada no ATmega2560 onde possui 54 pinos de entrada/saída digitais, 16 entradas analógicas, 4 UART's (portas seriais) e principalmente uma conexão USB que fica responsável pela comunicação direta com a IDE do próprio controlador, vale ressaltar que a plataforma do arduino é open source facilitando assim a implementação da lógica de programação. O sensor analógico LM35 fica responsável pela verificação da temperatura do inversor de potência, onde apresenta uma faixa de leitura de  $-55$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , este dispositivo se mostra necessário de forma a evitar o superaquecimento do inversor.

Outra ferramenta de medição usada no sistema foi o sensor de tensão DC, que realiza a medição da saída de tensão do painel para aquisição de dados pelo microcontrolador. Este sensor analógico é capaz de ler tensões entre 0 e 25V. No entanto, a placa Arduino opera em suas portas de entradas analógicas com até 5V, sendo necessário realizar divisão de tensão usando dois resistores de precisão para a leitura das medidas. O módulo fotovoltaico funciona com tensão de potência máxima de 16,5V, o circuito divisor de tensão deve operar em até 5V na saída (Volt) para não danificar a porta de leitura do microcontrolador, dessa forma o primeiro resistor foi mantido em  $30\text{K}\Omega$ , e utilizando técnicas de resolução de circuitos obtêm-se o segundo resistor igual  $7,5\text{K}\Omega$ , mantendo essas características é possível relacionar proporcionalmente o valor analógico percebido pelo microcontrolador em um valor correspondente a tensão medida. Através dessas aferições podemos determinar o acionamento e desligamento do circuito inversor por meio de um modulo relé, com a intenção de proteger contra baixa e alta tensão na entrada.

Outro sensor aplicado foi o sensor de corrente AC RMS (Root Mean Square) não invasivo SCT – 013 que realiza medições de 0 a 100 A, com a intenção de melhorar a resolução das medidas foi estipulado uma faixa de operação de 0 a 30 A, sendo assim encontrou-se a necessidade de utilizar um resistor de carga no valor de  $330\Omega$ . Este sensor de corrente AC é utilizado em conjunto com o sensor analógico de tensão AC do modelo P8, que possui um optoacoplador isolando o sinal AC de entrada do sinal DC de saída, através de um circuito integrado garantindo assim as medições de potência gerada pela saída do inversor. Outra função designada a esses dois sensores, é a detecção de falhas e suas medições podem acelerar o processo de atuação evitando avarias no sistema.

Para visualização dos dados local, um LCD 20x4 em conjunto com módulo serial I2C foi instalado, desta forma a sua operação utiliza menos portas do microcontrolador, além do mais uma chave seletora foi empregada para que desligue o LCD enquanto não está sendo visualizado, proporcionando assim redução no consumo de energia

do sistema.

Por fim, com a utilização do módulo relé com sinal de controle de 5V pode-se controlar a atuação, funcionando como uma chave magnética de forma segura em até 10 A. Isto permite que entre em operação toda vez que alguma anormalidade for detectada e faça o desligamento do equipamento que se encontra em estado crítico.

## 2.3 Aplicação IoT

A IoT, objetiva a integração entre o mundo virtual e o mundo real, ou seja, todos os equipamentos eletrônicos que possuem acesso à internet de forma direta ou com auxílio de outro dispositivo, criando assim uma rede de sensores conectados a um digital cloud, as informações obtidas são processadas e retornadas ao usuário (Afonso e Pereira, 2015).

A comunicação IoT proposta foi desenvolvida para monitorar e controlar basicamente todos os processos envolvidos em um sistema fotovoltaico, com acionamento remoto. Um sistema de controle IoT necessita de acesso à internet como pré-requisito de seu funcionamento, para isto, usou-se como base o microcontrolador ATmega2560, um módulo Wi-Fi ESP8266 conectado a um modem/roteador e um aplicativo para acesso a informações e controle. O protocolo de comunicação utilizado foi baseado em MQTT (Message Queue Telemetry Transport) protocolo padrão para desenvolvimento desse tipo de aplicação. Esse protocolo foi escolhido pelo fato de poder operar de forma assíncrona entre os dispositivos. Tendo em vista o modo de operação, o fluxo de dados acontece pela porta 8443 (SSL) do roteador, os dados processados são enviados para o módulo de conexão Wi-Fi com seu firmware configurado no modo de operação client/acesspoint, isto permite realizar a conexão com o servidor localizado em digital cloud, os quais podem ser acessados remotamente em um dispositivo mobile. Os dados monitorados por este sistema são: tensão DC (entrada do inversor) e AC (saída do inversor), corrente alternada RMS e potência de entrada e de saída do inversor. Desse modo foi possível programar o microcontrolador com as configurações necessárias de funcionamento com uso da interface gráfica Blynk. A figura 2 apresenta a ilustração do sistema IoT.

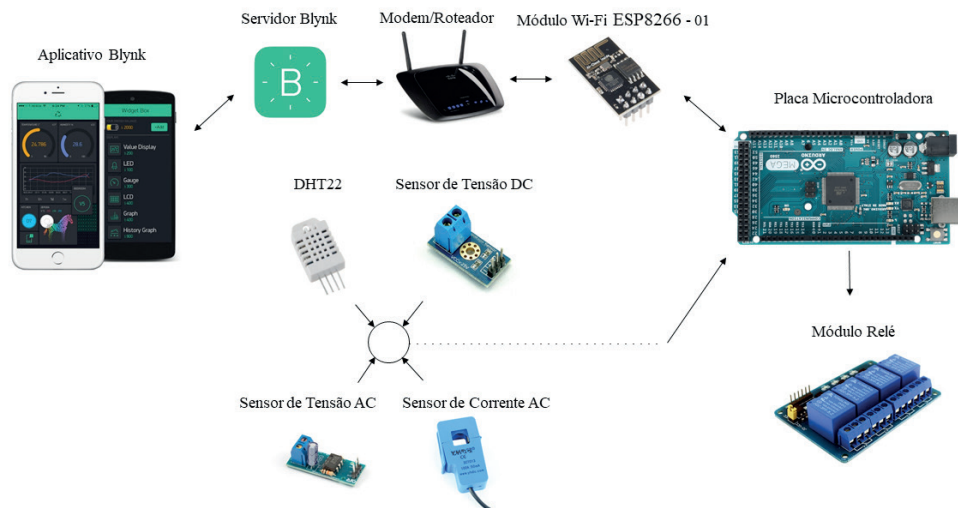


Figura 2 – Sistema de Aquisição e Controle IoT.

O acesso a plataforma de aquisição e controle, pode ser feito de forma simultânea entre diferentes dispositivos, mantendo a sincronia nas ações executadas pelos usuários. A conexão do aplicativo é flexível e segura, sendo realizada através de um código de autenticação de 32 caracteres e permissão do administrador do sistema. Dessa maneira, limita o acesso somente aos usuários cadastrados para utilizar a sistema. Outras características que valem ser ressaltadas é a não restrição no número de acessos, desde que o usuário possua o código de autenticação, permissão do administrador e acesso à internet, possibilidade de manutenção ou alteração do aplicativo remotamente e capacidade de integração dos dados com outros programas.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Gerador FV

Posicionou-se dois refletores de 700W de potência somada a um metro de distância do painel fotovoltaico, os mesmos foram ajustados em 1704 lux de incidência sobre as células fotovoltaicas. Na Fig. 3 podemos visualizar como o módulo fotovoltaico se comportou durante as 50 medições realizadas.

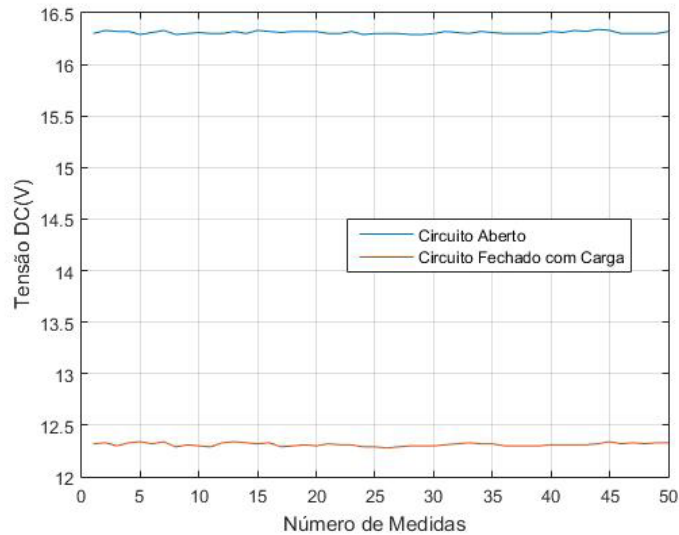


Figura 3 – Resposta em tensão do módulo fotovoltaico (circuito aberto e fechado com carga).

A tensão em circuito aberto obteve valor médio de 16,3092Vdc e a tensão de circuito fechado com carga obteve valor médio de 12,3128Vdc, essa diferença entre as tensões é ocasionada pelo fato da tensão de circuito aberto possuir corrente nula e resistência tendendo ao infinito (Pereira, 2012). Essa característica, associadas às informações elétricas do painel fotovoltaico, apresentou uma diferença de aproximadamente 4Vdc em relação as médias das tensões. Ao obter as medidas, regulou-se o potenciômetro do conversor DC–DC step down para que as tensões na saída do painel não ultrapassem 18Vdc, com a finalidade de proteger a entrada do inversor que opera até 15Vdc, e tensão ideal de operação na entrada com valor 12Vdc. Foram realizadas medições nos terminais de entrada e saída do inversor de forma simultânea e seus resultados são apresentados na Fig. 4.

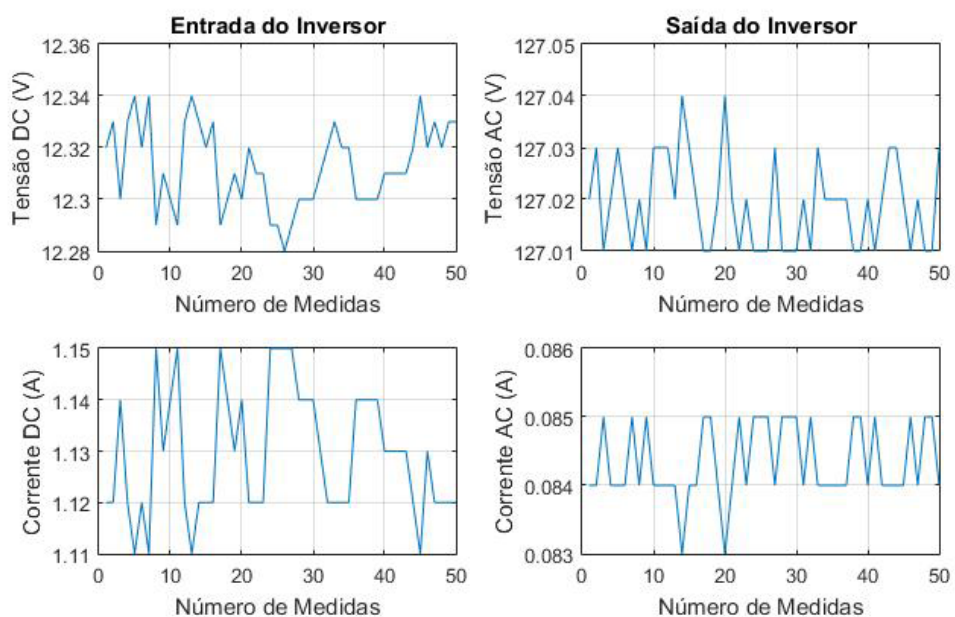


Figura 4 – Gráficos de medição simultânea na entrada e na saída do inversor.

Ao analisar os gráficos das variáveis de entrada do inversor, percebe-se uma oscilação entre os valores obtidos, essa variação se dá por conta das características elétricas do painel fotovoltaico, no entanto as medidas oscilam entre valores muito próximos que ao serem analisados em maior escala não apresentam grande significância para o protótipo proposto. As variáveis de saída foram medidas com o sensor de tensão AC e sensor de corrente AC descritos anteriormente, a análise gráfica das variáveis de saída do inversor mostra estabilidade de sinal, em contrapartida foi constatado queda de potência da entrada em relação a saída. Essa redução se dá por conta de perdas internas, incluindo efeito Joule, amenizadas através do controle de temperatura com o sensor de temperatura e dois coolers. Nesse contexto, verificou-se a potência de entrada e de saída com o intuito de determinar a eficiência real de operação. A Fig. 5 apresenta as medidas obtidas.

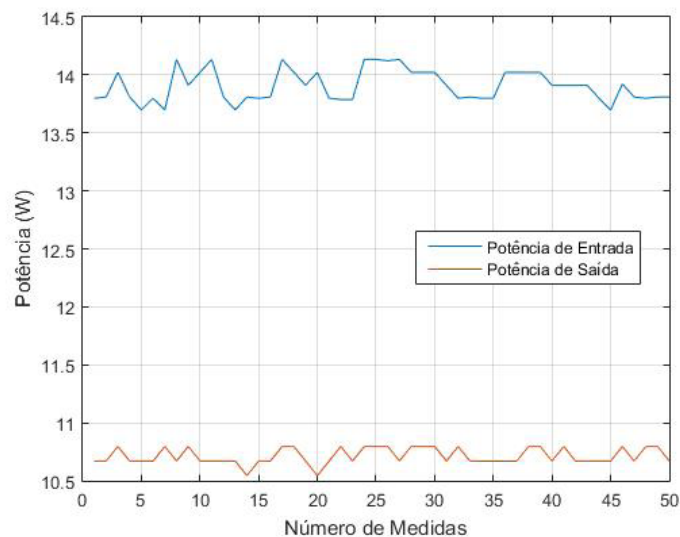


Figura 5 – Potência de entrada e de saída do inversor.

A potência média de entrada mostra valor de 13,9059W e a potência média de saída apresenta valor de 10,7128W. Esses dados mostram a eficiência média do inversor obtendo aproximadamente 77,04% em relação a potência. A eficiência calculada mostra-se abaixo da especificação de valores nominais do dispositivo, no entanto, apresentou sinal relativamente estável com desvio padrão muito pequeno (0,0701). Tendo em vista essa característica do dispositivo, verificou-se que, mesmo a eficiência abaixo de 80%, o sistema apresentou estabilidade de sinal, tanto na corrente quanto na tensão. A potência média de entrada mostra valor de 13,9059W e a potência média de saída apresenta valor de 10,7128W. Esses dados mostram a eficiência média do inversor obtendo aproximadamente 77,04% em relação a potência. A eficiência calculada mostra-se abaixo da especificação de valores nominais do dispositivo, no entanto, apresentou sinal relativamente estável com desvio padrão muito pequeno (0,0701). Tendo em vista essa característica do dispositivo, verificou-se que, mesmo a

eficiência abaixo de 80%, o sistema apresentou estabilidade de sinal, tanto na corrente quanto na tensão.

### 3.1 Sistema de Controle IoT

O aplicativo desenvolvido recebe os dados e envia sinal de controle para atuação em falhas ou conexão e desconexão do circuito inversor. A interface gráfica contou basicamente com três telas (Figura 6), a primeira é de configuração e identificação de usuário, a segunda com caixas gráficas mostrando separadamente as variáveis analisadas, a terceira e última tela mostra os gráficos construídos em forma de live, ou seja, os sensores medem os dados e, em cerca de 12ms esses dados são dispostos nos gráficos. Ao todo o aplicativo gera dois gráficos, um para registrar a entrada do inversor e outro medindo a saída. Assim, os dados são armazenados em digital cloud, em banco de dados, com capacidade de registrar 1 ano de informação. Isto é feito de tal forma que, não há necessidade de exportar os resultados para outros programas, nessa tela também há opções on/off, que controlam o acionamento do inversor, além de registrar a eficiência na conversão de potência e a temperatura do dispositivo.

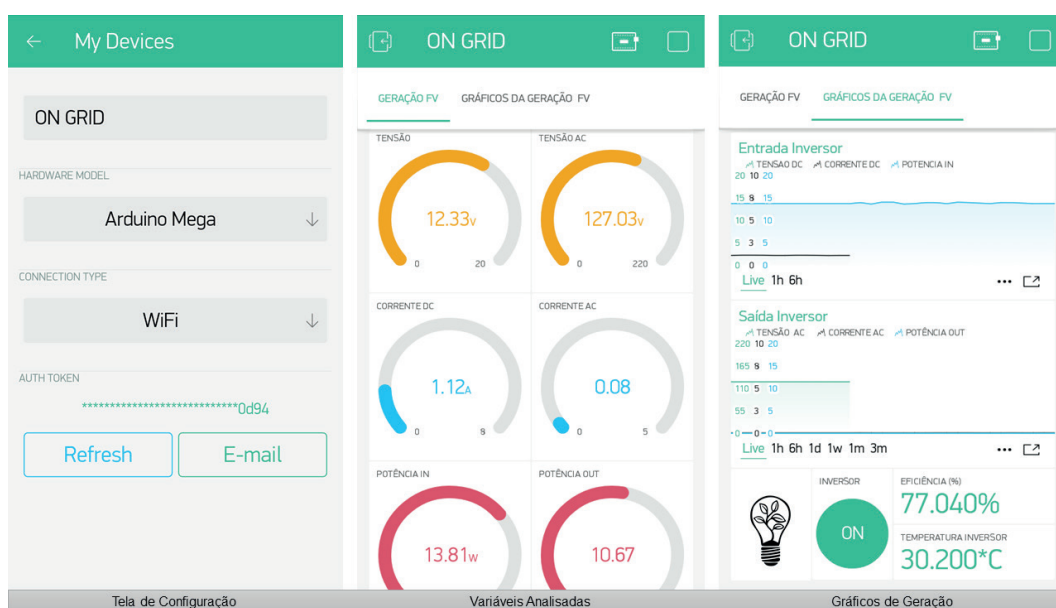


Figura 6 – Aplicativo Desenvolvido Utilizando Tecnologia Blynk.

Um detalhe importante a ser ressaltado, é a estabilidade que o servidor mostrou a esse tipo de aplicação, pois apresentou tempo de resposta média em 9ms e velocidade estável em 29,43Mb/s. Com relação ao tempo de atuação em falhas ou superaquecimento do inversor, envolvendo os processos eletromecânicos e computacionais, ficou em média 833ms, mostrando performance satisfatória em relação a rapidez de atuação tendo em vista a arquitetura desenvolvida.

## 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho foi desenvolvido para servir de um protótipo de baixo custo e baixa potência, relacionado a produção de energia elétrica através de fontes renováveis utilizando sistemas computacionais IoT. No decorrer dos experimentos foi analisado o comportamento das variáveis envolvidas na geração, apresentando dados satisfatórios. Portanto, o uso desse protótipo mostra-se viável em relação a estabilidade apresentada, bastando realizar os ajustes necessários para sua utilização em sistemas de geração de maior potência. Contudo, como é um sistema que opera com ferramentas que usam IoT, aplica-se apenas a localidades que contam com acesso à internet. Quanto ao aplicativo usado para monitorar os dados enviados, este mostrou-se muito eficaz e de fácil acesso ao usuário.

Outro fato que evidencia a relevância desse projeto está relacionado a energia derivada de raios solares trazer uma proposta onde se aproveita o que a natureza oferece, isso permite uma melhor qualidade ambiental e assegura a manutenção do planeta para as futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16149**, 1 de março de 2013.

Afonso, B. S.; Pereira, R. B.; Pereira, M. F.; **Utilização da Internet das Coisas para o desenvolvimento de ministação de baixo custo para monitoramento de condições do tempo em áreas agrícolas**. Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) – Regional de Mato Grosso, [S.l.], v. 6, p. 183-189, nov. 2015. ISSN 2447-5386. Disponível em: <<http://anaiserimt.ic.ufmt.br/index.php/erimt/article/view/50/52>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Almeida, M. P. **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. 2012. 161 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Energia. Universidade de São Paulo. 2012.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 482**, 17 de abril 2012.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 687**, 24 de novembro de 2015.

Pereira, F. M. C. **Conversor CC/CC elevador para painéis fotovoltaicos**. 2012. 89 p. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Pinho, João Tavares; Galdino, Antônio Marcos. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.



## DETERMINAÇÃO DE PROCESSOS PARA LEVANTAMENTO PRÁTICO DAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

### **Jaqueline Oliveira Rezende**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU),  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Uberlândia – MG

### **Sebastião Camargo Guimarães Júnior**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU),  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Uberlândia – MG

**RESUMO:** A energia solar fotovoltaica é uma fonte alternativa de energia muito promissora, a qual converte diretamente a energia solar em energia elétrica. Esta energia é obtida através de painéis fotovoltaicos, os quais são caracterizados por uma curva característica IV que relaciona os valores de corrente elétrica e tensão que o mesmo fornece em determinadas condições ambientais. Este trabalho tem como objetivo determinar um método simples e prático para a obtenção das curvas características, pois com estas é possível dimensionar corretamente a aplicação dos painéis fotovoltaicos e, assim, aumentar a eficiência da energia solar fotovoltaica. Para a determinação dos métodos simples foram realizados ensaios com o painel através de dois métodos distintos com o objetivo de traçar a curva característica com os dados coletados em cada método e comparar os resultados encontrados para analisar se o método proposto apresenta resultados

coerentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curva característica, energia solar fotovoltaica e fontes alternativas de energia.

**ABSTRACT:** Photovoltaic solar energy is an alternative energy source very promising, which directly converts solar energy into electrical energy. This energy utilizes photovoltaic panels, which are characterized by a curve relating the values of electrical current and a voltage provide under certain environmental conditions, this curve is called a characteristic curve. The objective of this study aims to establish a simple and practical method to obtain the characteristic curves, so that with these curve it is possible correctly to design the application of photovoltaic panels and thus increase the efficiency of the characteristic photovoltaic solar energy. For the determination of the characteristic curve simple tests were performed with the panel by two different methods for the purpose of draw the characteristic curve with the data collected by each method and compare the results to analyze the proposed method provides consistent results.

**KEYWORDS:** Characteristic curve, photovoltaic solar energy and alternative energy sources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A dependência do homem em relação à energia elétrica é notória, cada vez mais o ser humano necessita utilizar a energia elétrica em suas atividades do dia-a-dia. Dessa forma, o considerável aumento da demanda de energia elétrica deve-se principalmente devido ao constante aumento da população mundial, ao crescimento do poder de compra por grande parte da população, a invenção cada vez maior de equipamentos que necessitam de energia elétrica para funcionarem e a dependência das pessoas com estes novos equipamentos.

Para suprir a demanda de energia elétrica os principais recursos energéticos utilizados atualmente por grande parte da população constituem nos combustíveis fósseis, os quais são o petróleo, o gás natural e o carvão mineral (Confederação Nacional das Indústrias). Estes combustíveis fósseis são utilizados principalmente em usinas termoelétricas, as quais contribuem substancialmente com a degradação do meio ambiente. Os principais problemas ambientais causados por essas fontes de energia são a chuva ácida, a destruição da camada de ozônio e a contribuição para o aumento do efeito estufa.

Dessa forma, devido principalmente aos problemas ambientais que as tradicionais fontes de energia causam e a preocupação com o considerável aumento da demanda de energia elétrica as fontes alternativas de energia estão cada vez mais sendo estudadas e empregadas para obter energia sem degradar o meio ambiente. Essas fontes de energia são reconhecidas por utilizarem recursos naturais e inesgotáveis para obtenção de energia elétrica, ou seja, são fontes de energia que praticamente não causam impactos ambientais e não são consideradas fontes finitas, sendo estas renováveis com o tempo.

Uma das fontes alternativas de energia que está sendo amplamente estudada é a energia solar fotovoltaica. A energia solar fotovoltaica utiliza a energia proveniente do sol para a obtenção direta de energia elétrica. Para realizar essa conversão de energia são utilizadas células fotovoltaicas, as quais são constituídas de material semicondutor. Uma única célula fotovoltaica fornece pouca energia sendo que para se conseguir a tensão e corrente elétrica suficientes para alimentar um sistema, é necessário o agrupamento dessas através de ligações em série e em paralelo formando um painel fotovoltaico (Grupo de Trabalho de Energia Solar).

Os painéis fotovoltaicos são descritos através de suas curvas características, as quais contêm os valores de corrente elétrica e tensão que o painel fornece em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar. Por meio dessas curvas é possível identificar os valores máximos de corrente, tensão e potência que o painel fotovoltaico fornece. Assim, traçando essas curvas para as condições reais de temperatura ambiente e radiação solar do local onde será instalado o painel é possível determinar os valores de corrente, tensão e potência que o mesmo fornece nessas condições e projetar de maneira correta a sua aplicação.

Dessa forma, as curvas características são de extrema importância para a utilização adequada do painel fotovoltaico, pois traçando as curvas para as condições ambientais do local onde será utilizado o painel fotovoltaico pode-se através destas projetar adequadamente sua instalação contribuindo para aumentar a eficiência da energia solar fotovoltaica. Assim, é necessário que se determine processos para a obtenção das curvas características de forma simples e prática, contribuindo para que as mesmas sejam amplamente utilizadas no projeto da energia solar fotovoltaica.

## 2 | CARACTERÍSTICAS DO PAINEL FOTOVOLTAICO

O painel fotovoltaico possui como principal característica a sua representação através de circuito equivalente, o qual possibilita através deste determinar equações que descrevem o comportamento elétrico do mesmo. Além disso, uma importante particularidade do painel fotovoltaico são as curvas características, as quais descrevem o desempenho de corrente elétrica e tensão fornecidos pelo painel através de gráficos.

Os valores de tensão e corrente elétrica fornecidos pelos painéis possuem seus valores influenciados de forma direta pela radiação solar e temperatura ambiente. Assim, para uma melhor compreensão das curvas características é necessário compreender como as condições ambientais interferem nos valores de tensão e corrente do painel. A seguir serão detalhadas as principais características dos painéis fotovoltaicos.

### 2.1. Circuito Equivalente

O painel fotovoltaico pode ser representado através de três circuitos equivalentes distintos, os quais são o modelo simplificado, o modelo com duas resistências e o modelo com dois diodos. Cada forma de representar o painel possui suas equações que auxiliam na determinação dos parâmetros que compõem o circuito equivalente. Para realização deste trabalho foi considerado o modelo simplificado e o mesmo pode ser observado na Figura 1.

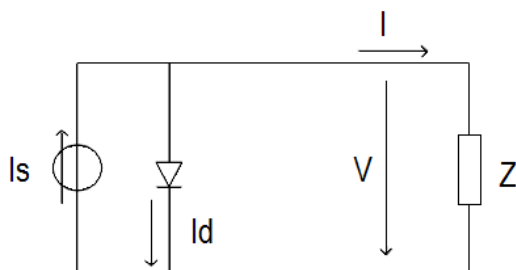


Figura 1: Circuito equivalente simplificado do painel fotovoltaico.

No circuito equivalente a fonte de corrente  $I_s$  representa a corrente elétrica gerada devido à radiação solar incidente, o diodo corresponde a uma característica do material semicondutor, a corrente  $I$  representa a corrente que o painel fornece, a tensão  $V$  é o valor de tensão que o painel entrega e a impedância  $Z$  corresponde à carga conectada

ao painel (C. Camus e E. Eusébio).

As equações para determinar os parâmetros do circuito equivalente do painel fotovoltaico serão descritas a seguir.

$$V_{tr} = \frac{KT_r}{q} \quad [V] \quad (1)$$

Onde:

$V_{tr}$  - Potencial térmico de referência;

$K$  - Constante de Boltzmann;

$T_r$  - Temperatura absoluta na condição de teste padrão

$q$  - carga elétrica do elétron.

$$V_t = \frac{KT}{q} \quad [V] \quad (2)$$

Onde:

$V_t$  - Potencial térmico;

$K$  - Constante de Boltzmann;

$T$  - Temperatura absoluta;

$q$  - carga elétrica do elétron.

$$m = \frac{V_{maxr} - V_{car}}{V_{tr} \cdot \ln \left( 1 - \frac{I_{maxr}}{I_{ccr}} \right)} \quad (3)$$

Onde:

$m$  - Fator de idealidade do diodo;

$V_{maxr}$  - Tensão máxima de referência;

$V_{car}$  - Tensão de circuito aberto de referência;

$V_{tr}$  - Potencial térmico de referência;

$I_{maxr}$  - Corrente máxima de referência;

$I_{ccr}$  - Corrente de curto-circuito de referência.

$$m' = \frac{m}{\text{número de células do painel}} \quad (4)$$

Onde:

$m'$  - Fator de idealidade equivalente do diodo;

$m$  - Fator de idealidade do diodo.

$$I_{or} = \frac{I_{ccr}}{e^{\frac{m \cdot V_{car}}{V_{tr}}} - 1} \quad [A] \quad (5)$$

Onde:

- $I_{or}$  - Corrente inversa máxima de saturação do diodo na referência;
- $I_{ocr}$  - Corrente de curto-circuito de referência;
- $V_{car}$  - Tensão de circuito aberto de referência;
- $m$  - Fator de idealidade do diodo;
- $V_{tr}$  - Potencial térmico de referência.

$$I_o = I_{or} \cdot \left( \frac{T}{T_r} \right)^3 \cdot e^{\frac{\varepsilon}{m} \left( \frac{1}{V_{tr}} - \frac{1}{V_t} \right)} \quad [A] \quad (6)$$

Onde:

- $I_o$  - Corrente inversa máxima de saturação do diodo;
- $I_{or}$  - Corrente inversa máxima de saturação do diodo na referência;
- $T$  - Temperatura ambiente;
- $T_r$  - Temperatura ambiente de referência;
- $\varepsilon$  - Banda de energia do silício;
- $m'$  - Fator de idealidade equivalente do diodo.;
- $V_{tr}$  - Potencial térmico de referência;
- $V_t$  - Potencial térmico.

$$I_{cc} = I_{ocr} \cdot \left( \frac{G}{G_r} \right) \quad [A] \quad (7)$$

Onde:

- $I_{cc}$  - Corrente de curto-circuito;
- $I_{ocr}$  - Corrente de curto-circuito de referência;
- $G$  - Radiação solar incidente;
- $G_r$  - Radiação solar de referência.

$$I_{cc} = I_{ocr} \cdot \left( \frac{G}{G_r} \right) \quad [A] \quad (8)$$

Onde:

- $I$  - Corrente do painel fotovoltaico;
- $I_{cc}$  - Corrente de curto-circuito;
- $I_o$  - Corrente inversa máxima de saturação do diodo;
- $V$  - Tensão de saída do painel fotovoltaico;
- $m$  - Fator de idealidade do diodo;
- $V_t$  - Potencial térmico.

$$P_{\max} = V_{\max} \cdot I_{\max} \quad [W] \quad (9)$$

Onde:

$P_{\max}$  - Potência máxima;

$V_{\max}$  - Tensão máxima;

$I_{\max}$  - Corrente máxima.

## 2.2. Curva Característica

O painel fotovoltaico pode ter suas características de funcionamento expressas por meio da curva característica. Assim, este gráfico é formado por infinitos pontos de tensão e corrente que representam os pontos de operação do painel fotovoltaico. As curvas indicam valores de tensão e corrente que o painel fotovoltaico fornece em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar e também permite que se conheçam os valores de potência, uma vez que, esta é o produto da tensão e corrente.

O gráfico da curva característica é traçado entre duas condições de operação do painel fotovoltaico, que são curto-circuito e circuito aberto do painel. Quando o dispositivo se encontra em curto-circuito este apresenta o maior valor de corrente e zero de tensão e potência, e estando em circuito aberto o mesmo produz a tensão máxima e zero de corrente e potência.

Os principais pontos de operação do painel fotovoltaico serão descritos a seguir (M. T. Tolmasquim).

- $I_{cc}$  – corrente de curto-circuito: é a máxima corrente que o painel fotovoltaico pode fornecer em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar;
- $V_{ca}$  – tensão de circuito aberto: é o máximo valor de tensão que o painel fotovoltaico pode fornecer em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar;
- $I_{mp}$  – corrente de máxima potência: é a corrente em que o dispositivo fotovoltaico fornece a potência máxima em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar. Esta corrente é considerada a corrente nominal do painel fotovoltaico;
- $V_{mp}$  – tensão de máxima potência: é o valor de tensão em que o dispositivo fornece a maior potência em determinadas condições de radiação solar e temperatura ambiente. Este valor de tensão é considerado a tensão nominal que o painel fotovoltaico fornece;
- $P_{mp}$  – potência máxima de pico: é o maior valor de potência que o painel fotovoltaico pode fornecer em determinadas condições de radiação solar e

temperatura ambiente. Além disso, este valor é o ponto da curva característica no qual o produto da tensão e corrente é máximo.

A Figura 2 ilustra os principais pontos da curva característica IV.

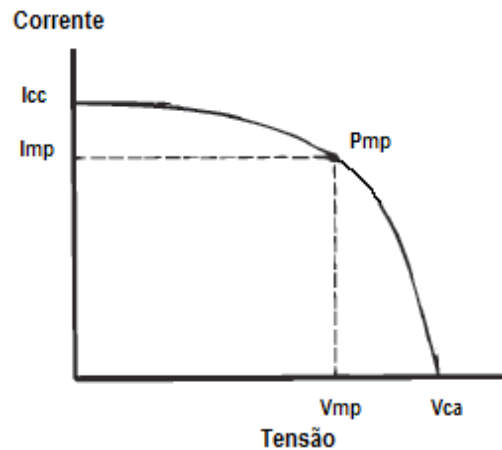


Figura 2: Curva característica IV.

### 2.3. Fatores que Interferem no Funcionamento do Painel Fotovoltaico

Os fatores que interferem significativamente no desempenho dos painéis fotovoltaicos são a radiação solar e a temperatura ambiente (F. Kininger).

O painel apresenta aumento de sua eficiência quando há o aumento da radiação solar e essa eficiência diminui à medida que a radiação solar também diminui. Com o aumento da radiação solar incidente há o aumento da potência de saída ( $P$ ) do painel, a tensão de circuito aberto ( $V_{ca}$ ) varia muito pouco, a corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) varia linearmente e a corrente inversa de saturação ( $I_0$ ) varia. A Figura 3 ilustra a influência da radiação solar na curva característica IV.

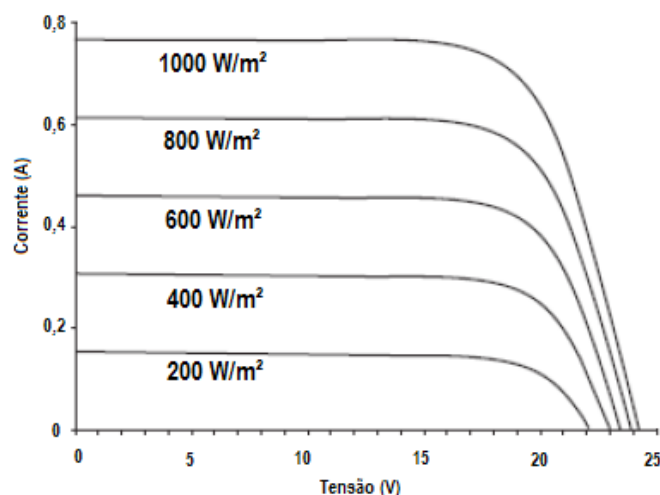


Figura 3: Curva característica IV com variação da radiação solar.

A temperatura ambiente possui influência oposta à eficiência dos dispositivos fotovoltaicos comparado com os efeitos da radiação solar nos mesmos. Quando há aumento da temperatura ambiente a eficiência dos painéis fotovoltaicos diminui

e ocorrendo a diminuição da temperatura ambiente há a elevação da eficiência do dispositivo. O aumento da temperatura ambiente faz com que a potência de saída ( $P$ ) da do painel fotovoltaico decresça, a tensão de circuito aberto ( $V_{ca}$ ) também decresça, a corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) varia muito pouco e a corrente inversa de saturação ( $I_o$ ) varia. A variação da curva característica devido à variação da temperatura ambiente pode ser vista na Figura 4.

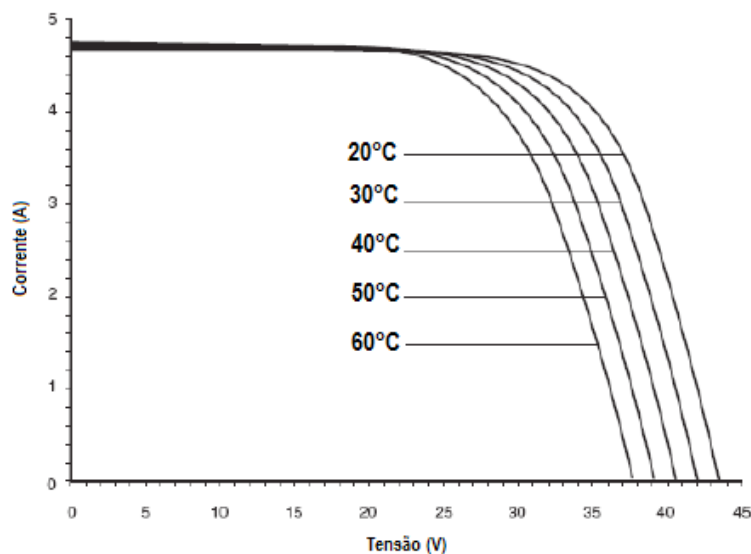


Figura 4: Curva característica IV com variação da temperatura.

### 3 | DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS

O comportamento elétrico do painel fotovoltaico, como descrito anteriormente, é influenciado pela radiação solar e temperatura ambiente. Ao adquirir um painel solar os fabricantes destes disponibilizam os valores de tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito, potência máxima, tensão de máxima potência e corrente de máxima potência que o painel fornece nas condições de teste padrão (STC – *Standart Test Conditions*). Estas condições de teste padrão se referem à radiação solar de  $1000 \text{ W/m}^2$ , temperatura ambiente de  $25^\circ\text{C}$  e massa de ar de 1,5.

Dessa forma, os dados disponíveis pelos fabricantes dificilmente podem ser usados como referência para dimensionar a aplicação dos painéis fotovoltaicos, uma vez que, muitas vezes no local da instalação dos mesmos os valores de temperatura ambiente e radiação solar são diferentes das condições padrão. Assim, é de grande necessidade que se trace as curvas características nas condições ambientais do local que será utilizado a energia solar fotovoltaica.

Com a finalidade de determinar um procedimento simples de obter as curvas características foram realizados ensaios com o painel solar fotovoltaico por meio de dois métodos distintos. A realização destes tem como objetivo comparar as curvas obtidas com os dados coletados no primeiro e segundo método e determinar se os resultados encontrados são coerentes e corretos.

Para que as curvas características obtidas pelos dois métodos distintos pudessem



ser comparadas com as mesmas condições de temperatura ambiente e radiação solar, os ensaios relativos a cada método foram realizados em sequência. Assim, realizava-se o ensaio utilizando o primeiro método, o qual possui duração de aproximadamente quinze minutos, e em seguida realizava-se o ensaio com o segundo método, com duração de aproximadamente cinco minutos. Nos dois tipos de ensaios foi utilizado o mesmo painel fotovoltaico, para que a diferença deste não interferisse nas curvas características obtidas.

A seguir serão descritos os dois métodos utilizados na realização dos ensaios.

### 3.1 Primeiro Método

O primeiro método proposto tem como objetivo ser simples e prático na obtenção da curva característica, possibilitando que este possa ser amplamente utilizado. Os ensaios deste método utilizam equipamentos de medições simples e fáceis de obterem para coletar os dados necessários para traçar a curva característica do painel fotovoltaico. Com os dados obtidos nos ensaios e utilizando as equações do circuito equivalente do painel, a curva neste método foi traçada através do *software* Matlab.

Nos ensaios através do primeiro método foram utilizados os seguintes equipamentos: painel solar fotovoltaico, suporte para o painel, reostato, multímetro, bússola e termômetro infravermelho. Para se obter o valor da radiação solar neste método o ideal é utilizar o equipamento piranômetro. Porém, devido à impossibilidade de adquirir estes dados com o piranômetro disponível no laboratório e, também, devido o código utilizado para gerar as curvas características não necessitar dos valores de radiação, esta foi obtida com o equipamento Mini-KLA.

A montagem dos equipamentos para o primeiro método pode ser observada na Figura 5 a seguir.

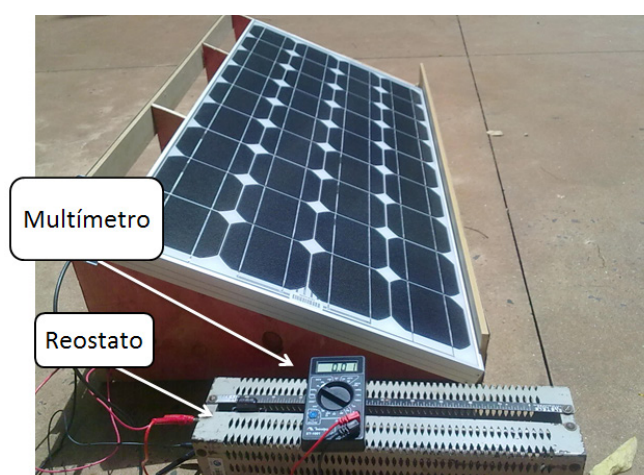


Figura 5: Ensaio com o primeiro método.

Para realizar as medições primeiramente foi posicionado o painel no suporte do mesmo, com orientação para o Norte Verdadeiro, uma vez que, nesta posição o painel recebe a maior quantidade de radiação solar. Assim, com multímetros coletaram-se os valores de tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito. Em seguida, foi conectado aos terminais do painel um reostato, com a finalidade de variar a carga

conectada ao painel e obter vários valores de tensão e corrente elétrica.

### 3.2. Segundo Método

O segundo método utilizado para obter as curvas características foi usado como referência para validar as curvas obtidas com o primeiro método, pois este método utiliza para coletar os dados um equipamento próprio para medições de painéis fotovoltaicos. Esse equipamento é chamado Mini-KLA e quando conectado aos terminais no painel traça imediatamente a curva característica do mesmo e fornece os valores de tensão de circuito aberto, radiação solar e temperatura ambiente. As curvas obtidas com esse método são transferidas para o computador através do *software* MiniLes 2.3, o qual é fornecido pelo fabricante do equipamento Mini-KLA.

Os equipamentos utilizados nos ensaios com o segundo método foram: painel solar fotovoltaico, suporte para o painel, Mini-KLA, sensor de radiação solar Si-01TC-T e bússola. A Figura 6 ilustra a montagem dos equipamentos utilizando o segundo método.



Figura 6: Ensaio com o segundo método.

Para as medições com o segundo método também foi posicionado o painel fotovoltaico no suporte com orientação para o Norte Verdadeiro. Em seguida, conectou-se o equipamento Mini-KLA aos terminais do painel e o sensor de radiação solar Si-01TC-T foi conectado ao Mini-KLA. O sensor pertence ao Mini-KLA e este é o responsável por realizar as medições de radiação solar e temperatura ambiente do local.

## 4 | CÁLCULO TEÓRICO

Com as equações do circuito equivalente do painel solar fotovoltaico é possível realizar o cálculo teórico do valor de corrente elétrica que o painel solar fornece em determinadas condições de temperatura ambiente e radiação solar. Assim, para realizar o estudo do painel fotovoltaico utilizado nos ensaios práticos foram realizados os cálculos teóricos para os dados coletados durante os ensaios realizados.

Para realizar os cálculos teóricos é necessário conhecer as características elétricas do painel nas condições de teste padrão fornecidas pelos fabricantes e os

dados obtidos através dos ensaios.

As características elétricas do painel fotovoltaico Sanmodule SW 75 do fabricante Solar World, o qual foi utilizado em todos os ensaios, são:

- Potência máxima de pico ( $P_{mp}$ ) = 75 W<sub>p</sub>
- Tensão de circuito aberto ( $V_{ca}$ ) = 21,7 V
- Tensão de máxima potência ( $V_{mp}$ ) = 17,3 V
- Corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) = 4,80 A
- Corrente de máxima potência ( $I_{mp}$ ) = 4,35 A

Os valores coletados nos ensaios de tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito, radiação solar e temperatura ambiente, realizado no dia 4 de novembro de 2011, são:

- $V_{ca} = 18,7$  V
- $I_{cc} = 5,25$  A
- $G = 907$  W/m<sup>2</sup>
- $T = 338$  K

Assim, os cálculos utilizando as expressões do circuito equivalente do painel fotovoltaico, serão mostrados a seguir.

Cálculo do potencial térmico de referência, utilizando a equação 1.

$$V_{tr} = 0,0257V \quad (10)$$

Cálculo do fator de idealidade do diodo, utilizando a equação 3.

$$m = 72,33 \quad (11)$$

Cálculo do fator de idealidade equivalente do diodo, utilizando a equação 4.

$$m' = \frac{72,33}{36} = 2 \quad (12)$$

Cálculo do potencial térmico, utilizando a equação 2.

$$V_t = 0,0291 V \quad (13)$$

Cálculo da corrente inversa máxima de saturação do diodo na referência, utilizando a equação 5.

$$I_{or} = 4,087 \times 10^{-5} A \quad (14)$$

Cálculo da corrente inversa máxima de saturação do diodo, utilizando a equação 6.

$$I_0 = 1,518 \times 10^{-4} A \quad (15)$$

Cálculo da corrente de curto-circuito, utilizando a equação 7.

$$I_{cc} = 4,35 A \quad (16)$$

Cálculo da corrente de saída do painel fotovoltaico, utilizando a equação 8.

$$I = 4,16 A \quad (17)$$

Dessa forma, através dos cálculos teóricos pode-se observar que o painel fornecerá uma corrente elétrica de 4,16 A, quando este atingir uma tensão de 15 V. Esta tensão foi escolhida para o cálculo da corrente através da curva característica IV.

## 5 | CURVA CARACTERÍSTICA

Para determinar um processo simples de obter as curvas características dos painéis fotovoltaicos foram propostos dois métodos distintos, os quais foram descritos anteriormente. Nestes métodos foi estabelecido qual seria a maneira de realizar os ensaios dos respectivos métodos, com a finalidade de obter de forma distinta as curvas características.

Determinado os procedimentos a serem utilizados em cada método foi possível realizar os ensaios com o painel fotovoltaico. Nesses ensaios foram coletados os dados necessários para traçar a curva característica, como os valores de tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito. As curvas de ambos os métodos não puderam ser traçadas no mesmo gráfico devido o equipamento Mini-KLA disponibilizar as curvas apenas em arquivos para leitura.

Foram realizados diversos ensaios com o painel através dos dois métodos propostos para verificar quais as melhores condições de realizar os mesmos. Assim, observou-se que para obter valores válidos de tensão e corrente é necessário que a temperatura ambiente e a radiação solar permaneçam praticamente constantes durante a realização dos ensaios, para que a variação destes valores não interferisse nas curvas características obtidas.

Dessa forma, foram obtidas vinte curvas características de cada método para serem comparadas e analisadas. A seguir será apresentada uma curva característica de cada método, obtidas com dados coletados nos ensaios realizados no dia 24 de outubro de 2011. Neste dia a radiação solar registrada foi de 891 w/m<sup>2</sup> e temperatura ambiente de 67,2°C.

Com a realização do ensaio através do primeiro método obteve-se o valor de tensão de circuito aberto de 18,34 V e corrente de curto-circuito de 5,04 A. A Figura 7 ilustra a curva traçada com os dados coletados nesse ensaio através do *software* Matlab.

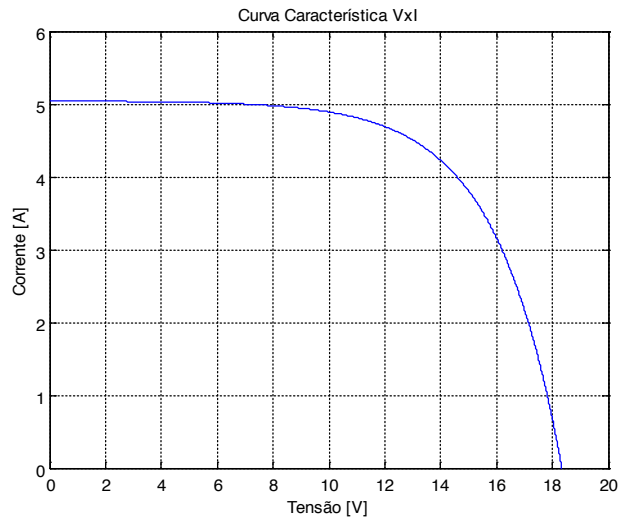


Figura 7: Curva característica obtida com o primeiro método.

Utilizando o segundo método no ensaio com o painel fotovoltaico observou-se uma tensão se circuito aberto de 18,60 V e uma corrente de curto-circuito de 5,07 A. A curva obtida nesse método pode ser observada na Figura 8.

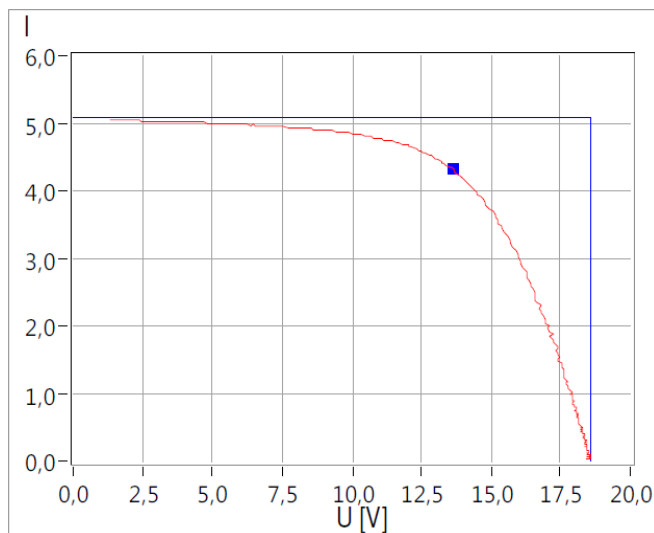


Figura 8: Curva característica obtida com o segundo método.

Com a análise das curvas características pode-se observar que as curvas traçadas a partir dos dados do primeiro método e as curvas obtidas com o equipamento Mini-KLA, no segundo método, são muito semelhantes. A Tabela I mostra os valores de tensão e corrente coletados em cada método bem como o erro percentual relativo entre as duas medições.

	$V_{ca}$	$I_{cc}$	$V_{mp}$	$I_{mp}$
<b>1º Método</b>	18,34 V	5,04 A	13,91 V	4,26 A
<b>2º Método</b>	18,6 V	5,07 A	13,6 V	4,32 A
<b>Erro Percentual</b>	1,39 %	0,59 %	2,28 %	1,39 %

TABELA I: Erro Percentual entre os Valores de Tensão e de Corrente

A diferença entre as curvas características e também os valores de tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito medido em ambos os métodos ocorre devido os ensaios com os dois métodos não serem realizados de forma simultânea. Como ocorre um pequeno intervalo de tempo (aproximadamente quinze minutos) entre a realização dos ensaios com o primeiro e o segundo método as condições ambientais variam e mesmo que essa mudança seja pequena interfere diretamente nos valores de tensão e corrente fornecidos pelo painel fotovoltaico.

## 6 | CONCLUSÃO

Obtido as curvas características foi possível analisá-las e também comparar os valores de tensão e correntes medidos através dos dois métodos. Com a análise das curvas características observa-se que as curvas referentes ao primeiro método e as curvas do segundo método são muito semelhantes e os valores de tensão e correntes descritos pela curva são praticamente os mesmos, tendo uma diferença de apenas alguns décimos nestes valores.

Com a realização deste trabalho foi possível verificar que os dados obtidos com o primeiro método que utiliza equipamentos de medições simples são muito próximos dos valores fornecidos com o segundo método, que utiliza um equipamento de medição próprio para painel fotovoltaico. Dessa forma, pode-se concluir que os dados coletados com o primeiro método são corretos e verdadeiros e estes podem ser utilizados para determinar adequadamente a aplicação dos painéis fotovoltaicos e, assim, contribuir para aumentar a eficiência da energia solar fotovoltaica.

Espera-se com este trabalho que as curvas características possam ser amplamente determinadas e utilizadas na aplicação dos painéis fotovoltaicos contribuindo com a eficiência destes. Pois, como o primeiro método obtém dados válidos para a determinação da curva característica e este utiliza equipamentos de medições simples, tornam-se mais simples a obtenção dessas curvas.

## REFERÊNCIAS

C. Camus e E. Eusébio. **Gestão de Energia – Energia Solar**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2006.

Confederação Nacional das Indústrias. **Matriz Energética: Cenários, Oportunidades e Desafios**. Acedido em 4 de janeiro de 2012, em <http://www.cni.or.br>.

F. Kininger. **Photovoltaic Systems Technology**. Universitat Kassel. Kassel, 2003.

Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2004.

M. T. Tolmasquim. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

## ANALISE DO PAYBACK DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

### **Samara Iasmim Schardong**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Santa Rosa – Rio Grande do Sul

### **Andréia Balz**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Santa Rosa – Rio Grande do Sul

### **Fábio Augusto Henkes Huppés**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Santa Rosa – Rio Grande do Sul

### **Mauro Fonseca Rodrigues**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Santa Rosa – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A busca por alternativas de geração de energia renovável traz a discussão de um dos métodos de geração de energia elétrica, ainda pouco aproveitada no Brasil, as fontes fotovoltaicas, que podem suprir boa parte da demanda em crescimento. Assim, é importante ressaltar os benefícios que a instalação de fontes de geração fotovoltaica podem ocasionar aos usuários que implantem o sistema em suas residências. A pesquisa em questão busca através de um estudo de caso de uma residência unifamiliar, analisar a viabilidade de instalação por meio de uma análise de custo-

benefício e o tempo de retorno da instalação de energia fotovoltaica em uma casa padrão, comparando os resultados entre os sistemas monofásico, bifásico e trifásico. Os resultados obtidos na análise apresentam o tempo de retorno, verificando se ele ocorre antes de 20 anos de utilização. O sistema que apresentou menor tempo de retorno foi o monofásico. Além disso, o estudo traz resultados referentes ao Valor Presente Líquido (VPL) e a TIR (Taxa Interna de Retorno) para os três sistemas em análise.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Fotovoltaica; Tempo de retorno; Gerador Fotovoltaico.

**ABSTRACT:** The search for alternative renewable energy generation brings the discussion of one of the methods of electric power, still little used in Brazil, is through photovoltaic sources, which can supply a good part of the growing demand. Thus, it is important to highlight the benefits that the installation of photovoltaic generation sources can cause to the users that implant the system in their residences. The research in question seeks, through a case study of a single family dwelling, to analyze the feasibility of installation, through a cost-benefit analysis and the time of return, of the installation of photovoltaic energy in a standard house, comparing the between single-phase, two-phase and three-phase systems.

The results obtained in the analysis, were seek to present the time of return, verifying if it occurs before 20 years of use. The system that presented the least return time was the single phase. In addition, the study presents results regarding the Net Present Value (NPV) and the IRR (Internal Rate of Return) for the three systems under analysis. **KEYWORDS:** Photovoltaics; Response Time; Photovoltaic Generator.

## 1 | INTRODUÇÃO

O consumo energético no mundo se baseia principalmente em fontes consideradas não renováveis, ou seja, o petróleo, carvão mineral e o gás natural. A busca por fontes renováveis de energia se desencadeou devido ao avanço do aquecimento global, causado, principalmente, devido aos combustíveis fósseis e ao processo de escassez destes, que irá ocorrer futuramente. (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

As energias renováveis são aquelas que possuem ciclos de renovação natural, sendo uma delas provenientes da energia solar, considerada como uma fonte primária. Nessa categoria se encontram a energia eólica, de biomassa e a solar, ou seja, fontes de energia que se regeneram de forma cíclica em um tempo reduzido. (PACHECO, 2006). Além disso, o processo de aproveitamento energético dessas fontes é instantâneo, ou seja, ou ela é convertida no momento da ocorrência ou é totalmente perdida (FARRET, 2010).

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), a energia solar não é renovável, mas sim inesgotável, sendo dessa forma, uma das alternativas para geração de energia mais promissora da atualidade. A demanda de energia elétrica vem crescendo a cada ano, principalmente devido ao aumento do uso de aparelhos de ar-condicionado. Esse crescimento na demanda de energia se mostra principalmente no verão, no horário das 12 e 15 horas, horário esse, que coincide com a disponibilidade de uma elevada radiação solar, essencial para a geração fotovoltaica. (PEREIRA, 2017).

Nesse sentido, o presente trabalho em estudo busca analisar a energia fotovoltaica e sua viabilidade de instalação, analisando o custo-benefício, e o tempo de retorno do investimento (PayBack), quando instalado o sistema de geração em uma residência unifamiliar. Considerando um gerador implantado na cidade de Três de Maio – RS em uma casa de padrão e consumo médio e ainda comparar esse PayBack para os sistemas mono, bi e trifásico.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Potencial Fotovoltaico no Brasil

Segundo Pacheco (2006), o Brasil possui um ótimo índice de radiação solar,



principalmente se tratando da Região Nordeste, com altos valores de geração solar fotovoltaica, devido à sua localização. No entanto, os painéis possuem perda de eficiência com aquecimento, o que faz zonas de clima temperado, como o Sul, também terem um potencial significativo. No Brasil, a pior área de irradiação solar é ainda 40% superior à melhor área da Alemanha. (RODRIGUES, 2013).

Atualmente, a Alemanha é uma das pioneiras quando o quesito é utilização de energia solar distribuída, isso porque na década de 90 promoveu um programa que visava à instalação de painéis fotovoltaicos conectados à rede em cerca de 1.000 telhados, chegando a 2.250 equipamentos, sendo que a potência por telhado alcançou 2,6 kW, atingindo mais de 40 cidades. (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

Outro país que criou seu próprio programa de instalação foi os Estados Unidos, cujo programa previa 1.000.000 de telhados solares até o ano de 2010, incluindo geração fotovoltaica, aquecimento de água e aquecimento de piscina. (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

A principal dificuldade encontrada ao tentar expandir e tornar popular o setor solar no mercado é o fato de que os custos iniciais são bastante elevados. Porém, é importante analisar que em longo prazo, os painéis fotovoltaicos podem ser economicamente viáveis, e apresentar vantagens, levando em consideração que não é necessário pagar a taxa de transmissão à concessionária, ou seja, é uma fonte livre de impostos, na maioria dos Estados brasileiros. (CABRAL, 2012).

Os geradores solares que são integrados às edificações, tem uma geração descentralizada de energia elétrica, injetando na rede elétrica pública qualquer energia gerada, a fim de compensar em períodos noturnos ou quando a energia fotogerada é insuficiente para atender a instalação consumidora. (PEREIRA, 2017).

A Figura 1 ilustra um mapa que apresenta o rendimento energético anual máximo, em todo o Brasil, e a partir dela pode-se ver que a Região Noroeste do Rio Grande do Sul, pode gerar cerca de 1450 a 1500 kWh/kWp.ano, admitindo uma taxa de desempenho de 80% para os geradores fixos e pela distribuição da população brasileira. (PEREIRA, 2017).

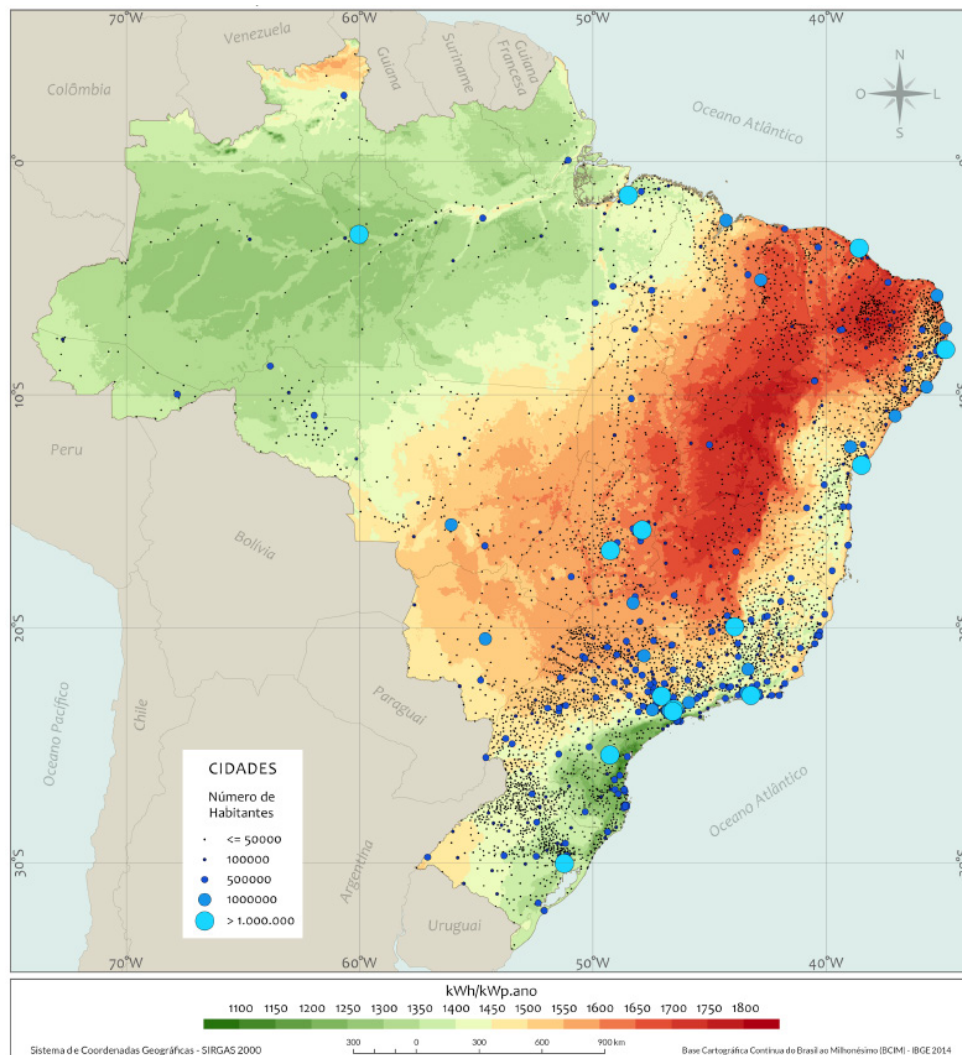


Figura 1 - Potencial de Geração Solar Fotovoltaica

Fonte: PEREIRA (2017).

Quanto à geração de energia solar no sul do país, não há grandes geradores de energia fotovoltaica. O Rio Grande do Sul – RS está desenvolvendo algumas políticas públicas para reverter esse cenário, entre elas, incentivar o desenvolvimento da indústria produtora para aumentar sua competitividade e aperfeiçoar os regulamentos de operação e custos da geração, tornando-a mais atrativa para o consumidor. (SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA, 2018). Um destes incentivos é a lei estadual Nº 14898 de julho de 2016 institui a Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar, criada para incentivar a geração fotovoltaica no estado.

## 2.2 PayBack e Taxa Mínima Atrativa

O PayBack consiste em medir o tempo necessário para recuperar o capital investido, a partir de um fluxo de caixa do projeto. Teoricamente toda utilização de dinheiro deveria estar sujeita à compensação de juros, mas muitas vezes despreza-se o juro, pois, o objetivo principal do cálculo do PayBack é o tempo em si para retornar àquele montante inicialmente investido. (HIRSCHFELS, 2000).

O método do PayBack descontado informa quando se dará o retorno do capital

investido, considerando o dinheiro no tempo, ou seja, uma Taxa Mínima Atrativa. A necessidade de elaboração de um fluxo de caixa, expressa as entradas e saídas monetárias referentes a um determinado período. (MALLMANN, 2012)

A taxa mínima atrativa (TMA) é utilizada como parâmetro para aceitação ou rejeição de um determinado projeto, é o mínimo a ser alcançado para que ele seja economicamente viável. Lapponi, 2007 explica que TMA é a taxa mínima de juro que a empresa exige para aceitar um projeto, também conhecida como custo de oportunidade.

### **2.3 VPL e TIR**

O VPL – Valor Presente Líquido é o valor presente de fluxo de caixa já definido. Ou seja, é a soma dos valores presentes de entrada menos os valor presentes de saída. A taxa utilizada é a taxa de atratividade, assim ele pode ser interpretado como uma medida do valor presente da riqueza futura gerada pelo projeto. (PUCCINI, 2011)

A taxa interna de retorno (TIR) é muito importante para analisar os investimentos, ela é definida como a taxa de juros que torna nulo o valor presente em um fluxo de caixa. Pode se dizer que é uma taxa de desconto que iguala, em um dado momento, os valores de entrada e saída, assim se a TIR superar a Taza Mínima de Atratividade (TMA) o investimento é considerado como economicamente atraente. (PUCCINI, 2011)

## **3 | METODOLOGIA**

Esse artigo busca analisar matematicamente o tempo de retorno (PayBack) da geração fotovoltaica em uma residência unifamiliar, considerando uma casa de padrão e consumo médio adotando os sistemas mono, bi e trifásico de energia, comparando-os.

### **3.1 Gerador Fotovoltaico em Estudo**

O gerador avaliado nesse estudo está implantado em uma unidade residencial na cidade de Três de Maio – RS, submetida à concessionária RGE Sul (Rio Grande Energia). Possui 9 placas de 275 W cada uma, com inversor de 2,5 kW. O custo total de implantação foi de R\$ 20.000,00 e instalado em agosto de 2015. Com três anos de uso ainda não houve necessidade de gastos com manutenção, e a sua produção anual está representada no Gráfico 1.

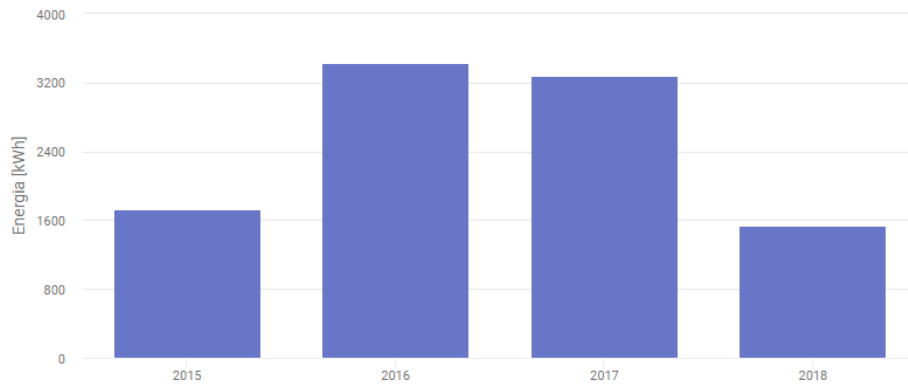


Gráfico 1 – Produção Anual de Energia

O Gráfico 1 permite observar o rendimento de cada ano, sendo produzido em 2015 um equivalente a 1721,90 kWh, levando em conta que a instalação se deu no mês de junho; em 2016 foi gerado um total de 3430,70 kWh; no ano de 2017 a produção alcançou 3280,90 kWh; e, em 2018, até o dia 21 de junho, foi produzido 1535,76 kWh. Esses dados são adquiridos através do aplicativo Fronius, o qual permite o cadastro da geração fotovoltaica e fornece alguns dados referentes a ela. Esse aplicativo também indica que em termos de economia de CO<sub>2</sub> total, já se deixou de emitir um total de 5,28 toneladas.

Mesmo se esse gerador produzir acima do consumo mensal a conta de energia jamais vai zerar, devido ao custo de disponibilidade, que sempre será o mínimo cobrado pela distribuidora. Se gerar a mais que o consumo, a energia excedente será injetada na rede, essa pode ser compensada em outras unidades consumidoras de mesmo CPF. Esse crédito energético só é gerado se o total de energia injetada na rede for superior ao total de energia consumida, isso é redigido pela Resolução Normativa N° 687/2015 (ANEEL, 2015).

O custo de disponibilidade, que é o valor mínimo que se paga para a distribuidora pelo fato da mesma estar disponibilizando a energia, varia conforme o sistema implantado em cada residência. A Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL, Art. 48. define esses preços em moeda corrente de: 30 kWh para monofásico ou bifásicos a 2 condutores; 50 kWh para bifásico a 3 condutores e 100 kWh se o sistema for trifásico. Na residência em estudo o sistema implantado é trifásico, o consumo mensal médio entre junho de 2017 a junho de 2018 está apresentado no Quadro 1.

Mês	Consumo (kWh)	Dia	Valor Mensal	Valor Mensal com Taxa de Disponibilidade
jun/17	285	29	R\$ 421.96	R\$ 568.96
jul/17	260	33	R\$ 385.21	R\$ 532.21
ago/17	190	29	R\$ 282.31	R\$ 429.31
set/17	229	32	R\$ 339.64	R\$ 486.64
out/17	218	29	R\$ 323.47	R\$ 470.47
nov/17	235	31	R\$ 348.46	R\$ 495.46
dez/17	240	32	R\$ 355.81	R\$ 502.81
jan/18	247	30	R\$ 366.10	R\$ 513.10
fev/18	230	29	R\$ 341.11	R\$ 488.11
mar/18	209	32	R\$ 310.24	R\$ 457.24
abr/18	230	29	R\$ 341.11	R\$ 488.11
mai/18	231	30	R\$ 342.58	R\$ 489.58
jun/18	256	32	R\$ 379.33	R\$ 526.33
<b>Total</b>	<b>3060</b>		<b>R\$ 4,537.31</b>	<b>R\$ 6,448.35</b>
<b>Média</b>	<b>231</b>		<b>R\$ 342.58</b>	<b>R\$ 489.58</b>

Quadro 1 – Consumo da Residência Unifamiliar entre os anos de 2017 e 2018

Pelo Quadro 1, pode-se verificar que a residência unifamiliar possui um consumo médio mensal de 231 kWh, estando classificada como residencial convencional e estabelecendo as taxas de PIS de 1,2%, COFINS de 6,01%, ICMS de 30% e tarifa da concessionária em R\$ 0,547, assim chegando a uma taxa de R\$ 1,47005 por kWh, mais R\$ 3,00 para iluminação pública cobrada pela prefeitura municipal e o custo de disponibilidade da modalidade trifásica. Nos valores apresentado não está sendo consideradas as bandeiras tarifárias que acrescem os valores de R\$ 0,010 por kWh para a bandeira amarela, R\$0,030 por kWh para bandeira vermelha – patamar 1 e R\$ 0,050 por kWh para o patamar 2.

### 3.2 Cálculo do PayBack

Usando uma taxa mínima de juros, ou TMA (Taxa Mínima Atrativa) adequada, no estudo busca-se 8% ao ano de inflação energética, obtendo-se o prazo que o equipamento deve estar em funcionamento para haver retorno. Esse prazo de retorno necessita ser menor que a vida útil do equipamento, no caso um gerador fotovoltaico possui garantia de 20 anos no mínimo, obtendo um resultado de retorno do capital menor que 20 anos o gerador obteria resultados positivo, lucro. Para esse cálculo utiliza-se a Equação 1, do livro de Hirschfeld, 2000. O Payback descontado considera uma taxa de juros remunerativa para o capital investido, diferente do payback simples que não aplica o custo do capital.

$$VPL = -P + \sum_1^{n'} F_j \left( \frac{P}{F}, i\%, n' \right) = 0$$

Equação 1 – Cálculo do PayBack Descontado

Na Equação 1 observa-se que para encontrar o valor de  $n'$ , o valor do VPL (valor presente líquido) deve ser igual a zero. Assim por meio de tentativa e erros, pode-se encontrar o tempo de retorno. Também se faz necessário à definição dos fluxos de caixa, que segundo Hirschfels, 2000 é a apreciação das contribuições monetárias (entradas e saídas de dinheiro).

Para o PayBack do gerador fotovoltaico, elaborou-se três fluxos de caixa, um para cada sistema (mono, bi e trifásico), como apresentados nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente.

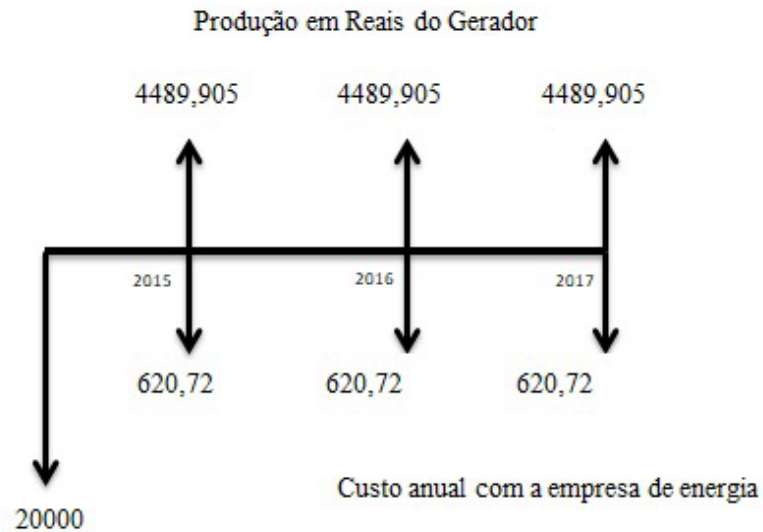


Figura 2 – Fluxo do custo da energia em uma residência unifamiliar monofásica



Figura 3 – Fluxo do custo da energia em uma residência unifamiliar bifásica:

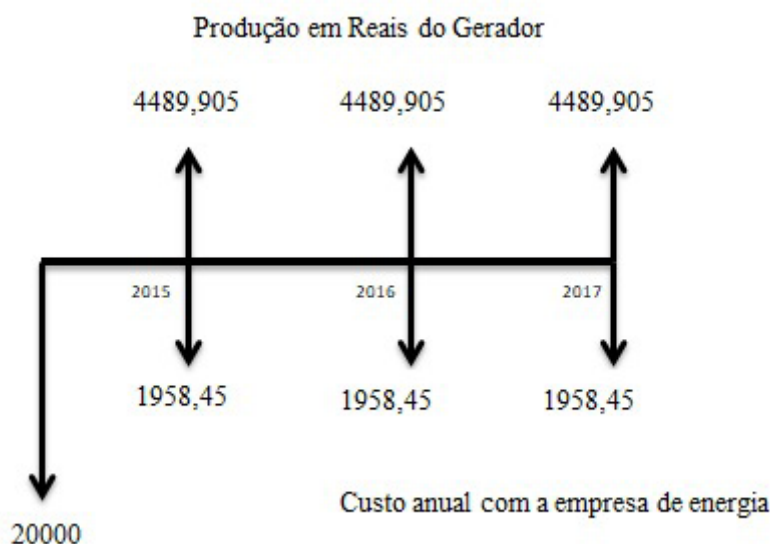


Figura 4: Fluxo do custo da energia em uma residência unifamiliar trifásica:

Nos fluxos de caixa apresentados anteriormente, é considerado um custo anual médio, baseado no consumo anual de junho de 2017 até junho de 2018 e a produção do gerador é considerada a média dos três primeiros anos de funcionamento.

#### 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos fluxos de caixa obtidos, foi possível realizar cálculos para encontrar os valores de Payback, TIR e VPL, para os três sistemas, monofásico, bifásico e trifásico. Foi considerado um valor de TMA de 8% e valores médios anuais para os sistemas.

No Quadro 2 estão apresentados valores para o sistema monofásico, determinando o tempo de retorno, o valor de TIR e VPL.

Sistema Monofásico							
n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final	n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final
0	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	11	R\$ 3,869.19	R\$ 1,659.43	R\$ 7,621.97
1	R\$ 3,869.19	R\$ 3,582.58	-R\$ 16,417.42	12	R\$ 3,869.19	R\$ 1,536.51	R\$ 9,158.48
2	R\$ 3,869.19	R\$ 3,317.20	-R\$ 13,100.22	13	R\$ 3,869.19	R\$ 1,422.69	R\$ 10,581.17
3	R\$ 3,869.19	R\$ 3,071.48	-R\$ 10,028.73	14	R\$ 3,869.19	R\$ 1,317.31	R\$ 11,898.48
4	R\$ 3,869.19	R\$ 2,843.97	-R\$ 7,184.77	15	R\$ 3,869.19	R\$ 1,219.73	R\$ 13,118.21
5	R\$ 3,869.19	R\$ 2,633.30	-R\$ 4,551.47	16	R\$ 3,869.19	R\$ 1,129.38	R\$ 14,247.58
6	R\$ 3,869.19	R\$ 2,438.24	-R\$ 2,113.22	17	R\$ 3,869.19	R\$ 1,045.72	R\$ 15,293.31
7	R\$ 3,869.19	R\$ 2,257.63	R\$ 144.41	18	R\$ 3,869.19	R\$ 968.26	R\$ 16,261.57
8	R\$ 3,869.19	R\$ 2,090.40	R\$ 2,234.81	19	R\$ 3,869.19	R\$ 896.54	R\$ 17,158.10
9	R\$ 3,869.19	R\$ 1,935.56	R\$ 4,170.37	20	R\$ 3,869.19	R\$ 830.13	R\$ 17,988.23
10	R\$ 3,869.19	R\$ 1,792.18	R\$ 5,962.55				

Quadro 2 – Payback do Sistema Monofásico

O tempo de retorno do sistema monofásico resultou em 7 anos, tendo um saldo positivo de R\$ 144,41, sendo que o valor médio anual considerado é de R\$ 3869,19. No cálculo do VPL foi obtido ao final de 20 anos um valor de R\$ 17.988,23 e a TIR

encontrada foi de 18,72%.

No Quadro 3 constam os valores referentes ao sistema bifásico, observados a seguir.

Sistema Bifásico							
n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final	n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final
0	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	11	R\$ 3,486.98	R\$ 1,495.50	R\$ 4,893.39
1	R\$ 3,486.98	R\$ 3,228.68	-R\$ 16,771.32	12	R\$ 3,486.98	R\$ 1,384.73	R\$ 6,278.12
2	R\$ 3,486.98	R\$ 2,989.52	-R\$ 13,781.80	13	R\$ 3,486.98	R\$ 1,282.15	R\$ 7,560.27
3	R\$ 3,486.98	R\$ 2,768.07	-R\$ 11,013.73	14	R\$ 3,486.98	R\$ 1,187.18	R\$ 8,747.45
4	R\$ 3,486.98	R\$ 2,563.03	-R\$ 8,450.70	15	R\$ 3,486.98	R\$ 1,099.24	R\$ 9,846.69
5	R\$ 3,486.98	R\$ 2,373.18	-R\$ 6,077.52	16	R\$ 3,486.98	R\$ 1,017.81	R\$ 10,864.50
6	R\$ 3,486.98	R\$ 2,197.39	-R\$ 3,880.13	17	R\$ 3,486.98	R\$ 942.42	R\$ 11,806.92
7	R\$ 3,486.98	R\$ 2,034.62	-R\$ 1,845.52	18	R\$ 3,486.98	R\$ 872.61	R\$ 12,679.54
8	R\$ 3,486.98	R\$ 1,883.90	R\$ 38.39	19	R\$ 3,486.98	R\$ 807.97	R\$ 13,487.51
9	R\$ 3,486.98	R\$ 1,744.36	R\$ 1,782.74	20	R\$ 3,486.98	R\$ 748.12	R\$ 14,235.63
10	R\$ 3,486.98	R\$ 1,615.14	R\$ 3,397.89				

Quadro 3 - Payback do Sistema Bifásico

No sistema bifásico o Payback obtido é de 8 anos, com um saldo positivo de R\$ 38,39, sendo que o valor médio anual considerado é de R\$ 3486,98. No cálculo do VPL foi obtido ao final de 20 anos um valor de R\$ 14.235,63 e a TIR encontrada foi de 16,63%.

A seguir, no Quadro 4, estão apresentados os valores referentes ao Sistema Trifásico.

Sistema Trifásico							
n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final	n	FC	FCD (TMA 8%)	Saldo Final
0	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	-R\$ 20,000.00	11	R\$ 2,531.46	R\$ 1,085.70	-R\$ 1,928.03
1	R\$ 2,531.46	R\$ 2,343.94	-R\$ 17,656.06	12	R\$ 2,531.46	R\$ 1,005.28	-R\$ 922.76
2	R\$ 2,531.46	R\$ 2,170.31	-R\$ 15,485.75	13	R\$ 2,531.46	R\$ 930.81	R\$ 8.05
3	R\$ 2,531.46	R\$ 2,009.55	-R\$ 13,476.19	14	R\$ 2,531.46	R\$ 861.86	R\$ 869.91
4	R\$ 2,531.46	R\$ 1,860.69	-R\$ 11,615.50	15	R\$ 2,531.46	R\$ 798.02	R\$ 1,667.94
5	R\$ 2,531.46	R\$ 1,722.87	-R\$ 9,892.63	16	R\$ 2,531.46	R\$ 738.91	R\$ 2,406.84
6	R\$ 2,531.46	R\$ 1,595.25	-R\$ 8,297.39	17	R\$ 2,531.46	R\$ 684.17	R\$ 3,091.02
7	R\$ 2,531.46	R\$ 1,477.08	-R\$ 6,820.31	18	R\$ 2,531.46	R\$ 633.49	R\$ 3,724.51
8	R\$ 2,531.46	R\$ 1,367.67	-R\$ 5,452.64	19	R\$ 2,531.46	R\$ 586.57	R\$ 4,311.08
9	R\$ 2,531.46	R\$ 1,266.36	-R\$ 4,186.28	20	R\$ 2,531.46	R\$ 543.12	R\$ 4,854.20
10	R\$ 2,531.46	R\$ 1,172.55	-R\$ 3,013.73				

Quadro 4 - Payback do Sistema Trifásico

No sistema trifásico o Payback resultou em 13 anos, com um saldo positivo de R\$ 8,05, sendo que o valor médio anual considerado é de R\$ 2531,46. No cálculo do VPL foi obtido ao final de 20 anos um valor de R\$ 4.854,20 e a TIR encontrada foi de 11,12%. A unidade familiar em estudo se enquadra neste sistema, possuindo o retorno de 13 anos, para seu consumo médio mensal. Pode-se observar também que residência com alto consumo de energia possui um retorno mais rápido do investimento.



## 5 | CONCLUSÃO

Com este estudo percebe-se que a energia fotovoltaica está crescendo em todo o mundo, e fica comprovada a viabilidade de implantação para todos os sistemas conforme o estudo caso. Sendo que o melhor custo benefício encontrado foi para o sistema bifásico, tendo um Payback de 8 anos com uma TIR de 16,63%, e aos 20 anos rendendo 14.235,63, um valor considerável, se comparado com o que, o investimento inicial renderia em uma conta poupança.

Assim, verifica-se a viabilidade de custo – benefício para um gerador fotovoltaico na região noroeste do estado do Rio Grande Sul, sendo que quanto maior o consumo residencial, maior será o seu retorno, sempre levando em consideração os sistemas mono, bi e trifásico para a necessidade da residência.

## REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Energia Eletrica – **ANEEL**. Resolução Normativa 482, 2012.

Balanço Energético Nacional – **BEN**. Empresa de Pesquisa Energética, 2017.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro**: uma abordagem no período recente. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia, GO. 2012.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica**. Editora UFSM, 2ª edição, 2010.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. São Paulo: Atlas, 2000.

LAPONNI, Juan Carlos. **Projetos de Investimento na Empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MALLMANN, Roberta. **Análise da Viabilidade de Um Empreendimento de Produção Musical**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

PACHECO, Fabiana. **Energias renováveis**: breves conceitos. Conjuntura e Planejamento. Salvador, BA. 2006. p.4-11.

PEREIRA, Enio Bueno, et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ª edição. 2017

PUCCINI, Ernesto Coutinho. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2011.

RODRIGUES, Mauro Fonseca. **Instalação de microgeração distribuída com fonte fotovoltaica nas estações de telecomunicações**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2013.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais**. V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, DF. 2006.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Jaqueline Oliveira Rezende** Possui graduação em Engenharia Elétrica, com certificado de estudos em Engenharia de Sistemas de Energia Elétrica e mestrado em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente é aluna de doutorado em Engenharia Elétrica, no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou como professora nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação. Tem realizado pesquisas em Sistemas de Energia Elétrica, dedicando-se principalmente às seguintes áreas: Energia Solar Fotovoltaica; Curvas Características de Painéis Fotovoltaicos; Dinâmica de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Simulação Computacional; Algoritmo Genético.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-45-1

