

# 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)</b> <b>(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 WASP, 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**

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

**Adriana Maria Dassie**

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 fato 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 comeam com identificar qual açao ser a executada, sobre qual parte do meio ambiente, o impacto que poder a ser causado por esta açao, os programas para acompanhar estes impactos e por fim a valoracão destes custos, como resumido na Tabela 2 (MME, 1993).

<b>Açao</b>	<b>Meio Ambiente</b>	<b>Impacto</b>	<b>Programas</b>	<b>Valoracão</b>
Barramento do rio	Qualidade da água	Alteracão da estrutura do ambiente aquático	Monitoramento da qualidade da água	Custo do monitoramento
Emissao de efluentes aéreos	Qualidade do ar	Impactos na saude da populacão	Uso de filtros adequados	Implantacão de filtros
Energizacão de linhas de transmissao	Uso e ocupacão do solo	Danos no uso do solo	Monitoramento do uso do solo	Custos de monitoramento

Tabela 2: Etapas para estimar os custos ambientais

A Resoluçao Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, tambem estabelece metodologia e parâmetros especificos para a identificacão, avaliacaão, e análise de impactos ambientais e para a adocão de medidas mitigatórias. Porém essa resoluçao não define a forma de valoracão desses impactos e não é exclusiva do setor elétrico. De acordo com esta Resoluçao (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.

## **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



9 788585 107451