

Conhecimento e Regulação no Brasil

Jaqueline Fonseca Rodrigues
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Jaqueline Fonseca Rodrigues
(Organizadora)

Conhecimento e Regulação no Brasil

Atena Editora
2019

2019 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
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
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
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
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
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C749 Conhecimento e regulação no Brasil [recurso eletrônico] /
Organizadora Jaqueline Fonseca Rodrigues. – Ponta Grossa
(PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-200-5

DOI 10.22533/at.ed.005191903

1. Infraestrutura (Economia) – Brasil. 2. Saneamento –
Legislação – Brasil. 3. Serviços de eletricidade – Legislação – Brasil.
4. Serviços de utilidade pública - Política governamental – Brasil.
5. Telecomunicações – Legislação – Brasil. 6. Transportes –
Legislação – Brasil. I. Rodrigues, Jaqueline Fonseca.

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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

APRESENTAÇÃO

Antes de efetuar a apresentação do volume em questão, deve-se considerar que as transformações já ocorridas e as que também ainda estão por vir no cenário de prestação de serviços públicos à sociedade destacam os atores sociais envolvidos e as relações estabelecidas neste contexto. Considerando que as funções do Estado podem ser realizadas de forma direta ou indireta, quando pessoas jurídicas executam os serviços públicos de forma indireta a partir dos poderes a elas concedidos pelo Estado, nota-se o quanto é importante a verificação da qualidade dos serviços realizados pela administração indireta, na busca pela satisfação das necessidades públicas e sociais dos usuários e pela melhoria contínua na prestação do serviço. No Brasil atual a discussão acerca da realização de serviços públicos e da oferta destes à sociedade, possui grande destaque, considerando que os cidadãos, por direito, devem ter as suas necessidades atendidas, já que são responsáveis pela manutenção do Estado. Usuários de serviços públicos precisam perceber o quanto o Estado se empenha na melhoria desses serviços e o quanto busca a melhoria da qualidade dos mesmos, concentrando seus esforços nas possibilidades de desenvolvimento da sociedade

Percebe-se que é de extrema relevância a inserção de questões que englobem aspectos sociais e setor público, no sentido de constituir uma sociedade que possua justiça, igualdade, bem-sucedida e deste modo organizada.

Diante dos contextos apresentados, o objetivo deste livro é a condensação de extraordinários estudos envolvendo a sociedade e o setor público de forma conjunta através de ferramentas que os estudos sobre regulação propiciam.

O principal destaque dos artigos é uma abordagem de **Conhecimento na Regulação no Brasil**, através da apresentação da Importância do Controle pelas agências reguladoras; da prestação de serviços públicos em regiões metropolitanas; dos indicadores do sistema de abastecimento de água; do nível de concentração no segmento de distribuição de energia elétrica; do papel da regulação no estabelecimento de modelos alternativos de financiamento; do processo de fusão das agências reguladoras estaduais; entre outros. A seleção efetuada inclui as mais diversas regiões do país e aborda tanto questões de regionalidade, quanto fatores de diversidade no que tange os processos de regulação brasileiro.

Deve-se destacar que os locais escolhidos para as pesquisas apresentadas, são os mais abrangentes, o que promove um olhar diferenciado na ótica da ciência econômica, ampliando os conhecimentos acerca dos temas abordados.

A relevância ainda se estende na abordagem de teorias inerentes à processos de regulação no Brasil, onde, as agências reguladoras assumem o importante papel de controlar e incentivar as empresas a atingirem, no mínimo, as metas propostas pelo Plano de Governo Federal e, quando existentes, metas regionais ligadas a órgãos de controle social e às próprias prestadoras.

Finalmente, esta coletânea visa colaborar ilimitadamente com os estudos Econômicos, Sociais e de Políticas Públicas, referentes ao já destacado acima.

Não resta dúvidas que o leitor terá em mãos extraordinários referenciais para pesquisas, estudos e identificação sobre Regulação no Brasil, através de autores de renome na área científica, que podem contribuir com o tema.

Jaqueline Fonseca Rodrigues
Mestre em Engenharia de Produção pelo PPGEP/UTFPR

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE PELAS AGÊNCIAS REGULADORAS DAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Carolina Bayer Gomes Cabral Bruno Eduardo dos Santos Silva Christoph Julius Platzer	
DOI 10.22533/at.ed.0051919031	
CAPÍTULO 2	12
ASPECTOS DA REGULAÇÃO EM REGIÕES METROPOLITANAS DO BRASIL	
Danilo Guimarães Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.0051919032	
CAPÍTULO 3	25
INDICADORES DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: RELEVÂNCIA DO PORTE POPULACIONAL	
Otávio Henrique Campos Hamdan Marcelo Libânio Veber Afonso Figueiredo Costa	
DOI 10.22533/at.ed.0051919033	
CAPÍTULO 4	33
NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO NO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO E A CONSOLIDAÇÃO SETORIAL	
Leandro Leone Junqueira Sérgio Valdir Bajay	
DOI 10.22533/at.ed.0051919034	
CAPÍTULO 5	46
O PAPEL DA REGULAÇÃO NO ESTABELECIMENTO DE MODELOS ALTERNATIVOS DE FINANCIAMENTO	
Gustavo de Souza Groppo	
DOI 10.22533/at.ed.0051919035	
CAPÍTULO 6	55
O PROCESSO DE FUSÃO DAS AGÊNCIAS REGULADORAS ESTADUAIS DO ESPÍRITO SANTO: A FUSÃO COMO INSTRUMENTO DE FORTALECIMENTO DA ATIVIDADE REGULATÓRIA	
Danielle Zanoli Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.0051919036	
CAPÍTULO 7	70
ANÁLISE DO IMPACTO DA INSERÇÃO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NAS PERDAS TÉCNICAS EM ALIMENTADOR DE MÉDIA TENSÃO	
Paulo Patrício da Silva Douglas Lima Ramiro Jéferson Meneguim Ortega Luigi Galotto Junior	
DOI 10.22533/at.ed.0051919037	

CAPÍTULO 8 80

REGULAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL: CARACTERÍSTICAS E PRINCIPAIS DESAFIOS

Maria Clara de Oliveira Leite
Ednilson Silva Felipe

DOI 10.22533/at.ed.0051919038

CAPÍTULO 9 94

REGULAÇÃO ECONÔMICA NA AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS: CORRELAÇÃO ENTRE CUSTO E VAZÃO OPERACIONAL DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE ÁGUA PRÉ-FABRICADAS

Marcelo Seleme Matias
Ciro Loureiro Rocha
Ricardo Martins

DOI 10.22533/at.ed.0051919039

CAPÍTULO 10 100

UMA ANÁLISE SOBRE O PAPEL DO EQUILÍBRIO ECONÔMICO-FINANCEIRO NA CONCESSÃO DE SERVIÇO PÚBLICO

Franklin dos Santos Moura

DOI 10.22533/at.ed.00519190310

SOBRE A ORGANIZADORA..... 110

ANÁLISE DO IMPACTO DA INSERÇÃO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NAS PERDAS TÉCNICAS EM ALIMENTADOR DE MÉDIA TENSÃO

Paulo Patrício da Silva

Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Analista de Regulação da Agência Estadual de Regulação de Serviços Públicos de Mato Grosso do Sul, Coordenador da Câmara Técnica de Energia CATENE/AGEPAN.

e-mail: psilva@agepan.ms.gov.br.

Douglas Lima Ramiro

Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Professor substituto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

e-mail: douglasramiro0@gmail.com.

Jéferson Meneguín Ortega

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

e-mail: jeferson.ortega@ufms.br.

Luigi Galotto Junior

Doutor em Eletrônica de Potência e Automação pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Professor adjunto Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, membro do IEEE.

e-mail: luigi.galotto@ufms.br.

Av. Afonso Pena nº 3.026 - Campo Grande - MS - CEP: 79002-075 - Tel: (67) 3025-9581

na análise de impacto regulatório, avaliar as consequências dos normativos que estão sendo propostos e garantir para a sociedade uma indicação positiva na relação custo/benefício advinda do novo regulamento. Neste contexto, este trabalho aborda um estudo, em regime permanente, dos impactos da inserção de micro e minigeração distribuída, possibilitada pela Resolução Normativa Aneel nº 482/2012, na rede primária de distribuição, em um determinado período de tempo. Avalia-se, neste estudo, o comportamento das perdas técnicas em função do carregamento e da capacidade instalada de novas unidades de geração distribuída em um alimentador de média tensão. A metodologia compreende a análise de perdas no sistema de distribuição, avaliando-se o comportamento em carga leve, média e pesada, utilizando-se a análise de fluxo de potência. Os dados para a simulação são de redes de distribuição com característica de carga semelhante ao real. Um programa de análise de fluxo de potência, desenvolvido em MATLAB, foi utilizado como ferramenta de simulação. Os resultados obtidos mostram que a inserção de micro e minigeração distribuída na rede primária de distribuição, a princípio, melhora o perfil de tensão e reduz as perdas técnicas. Todavia, há um limite para esse ganho. A mudança do papel do cliente, até então, consumidor de energia elétrica para consumidor-gerador, altera também a

RESUMO: Para garantir a efetividade da regulação do setor elétrico brasileiro busca-se,

característica de carga do alimentador. Na medida em que se aumenta a potência injetada na rede, pelo consumidor-gerador, provoca-se a inversão no fluxo de potência no alimentador. Nesse trabalho, demonstra-se que há um limite de carga em que a relação custo/benefício é positiva para a distribuidora.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto Regulatório, Micro e Minigeração Distribuída (GD), Perdas Técnicas.

INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

Com a publicação da Resolução nº 482/2012, a Aneel estabeleceu as condições de acesso de centrais geradoras de capacidade reduzida aos sistemas de distribuição de energia elétrica. A abrangência desse normativo foi, a princípio, fontes hidráulicas, eólica, solar, biomassa e cogeração qualificada, com potência instalada até 100 kW para microgeradores e entre 101 kW e 1 MW para o minigeradores.

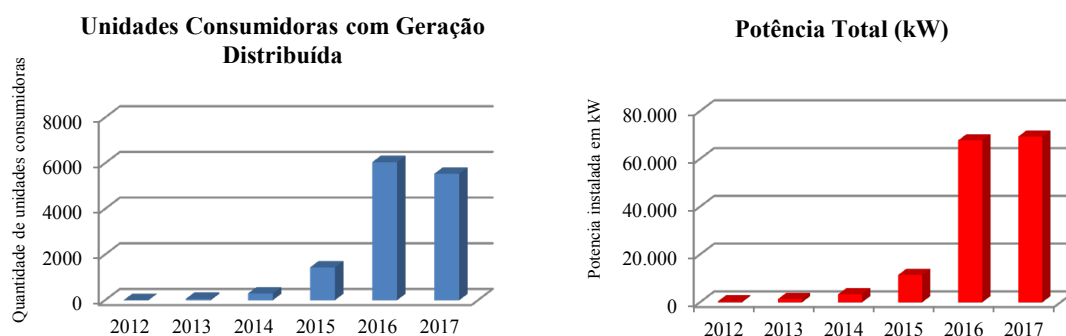


Figura 1 – Evolução do número de unidades consumidoras com Geração Distribuída e da potência instalada a partir da publicação da Resolução 482/2012

Fonte: Elaboração própria como dados da Aneel <http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao> - acesso em 24/08/2017

Os dados obtidos do Banco de Informações da Geração – BIG da Aneel, (ANEEL, 2017) apresentados nos gráficos da **Figura 1** indicam um crescimento acentuado tanto da quantidade de unidades consumidoras com geração distribuída quanto da potência instalada a partir de 2015. Apesar de, nos três primeiros anos de vigência do normativo, pouco se ter acrescentado de mini e microgeração distribuída no Brasil (SILVA et al., 2015), esse quadro se alterou pela mitigação de algumas questões, no começo elencadas como inviabilizadoras no investimento em GD, citamos:

- O financiamento para projetos de geração solar fotovoltaica passou a ser parte da estratégia do BNDES para o setor elétrico;
- O aumento da adesão a sistemas de mini e microgeração distribuída incentivou alguns bancos a criar linhas de financiamento específicas para tecnologias de geração de energia a partir de fontes renováveis;
- A divulgação massiva da energia renovável e sua relação com a sustentabi-

lidade tem provocado mudança no comportamento dos consumidores.

O crescimento vertiginoso observado na Figura 1, principalmente no biênio 2016/2017 se deu a partir da publicação, pela Aneel, da Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução nº 482/2012 com novos limites para a microgeração distribuída, potência instalada até 75 kW e minigeração distribuída, potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, sendo 3 MW para a fonte hídrica.

Outra questão importante que vale ressaltar foi a adesão de 14 estados da Federação ao Convênio ICMS 16/2015 do Confaz que autoriza concessão de isenção do ICMS nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 687 da Aneel;

Analisando-se os gráficos apresentados na Figura 1, observa-se, também, que os novos limites estabelecidos no regulamento estão provocando alteração no perfil de consumidores que acessam a rede de distribuição na condição de consumidor/gerador. A potência injetada na rede de distribuição por unidade consumidora/geradora é bem maior que se observou no início do processo em 2012.

Sob a ótica da distribuidora, e também do regulador, o quadro que se apresenta sugere a necessidade de desenvolvimento de novos enfoques analíticos e modelos computacionais, para a análise do impacto regulatório associadas ao processo de inserção de geração distribuída no sistema elétrico de distribuição.

Estudos mostram que os impactos dependem do sistema elétrico, do tamanho e do local de geração, da curva diária da potência demandada e da disponibilidade da fonte de energia. Podemos verificar a princípio algumas vantagens para o sistema como a melhora no perfil de tensão e redução das perdas (RAMIRO et al., 2016).

Nesse contexto, considerando-se a injeção de mini e microgeração distribuída no sistema de distribuição, os autores estabeleceram como objetivo deste trabalho:

- a. obter bases de dados analíticos a partir de simulações de modelos de sistema teste de distribuição radial;
- b. mapear informações quantitativas relacionadas aos impactos na rede de distribuição de média tensão relativas a perdas técnicas; e,
- c. avaliar o ponto de inflexão na relação custo/benefício provocada na mudança de paradigma do cliente-consumidor para consumidor-gerador a partir da análise das perdas associadas aos sistemas de média tensão.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar o comportamento das perdas técnicas em função do carregamento e da capacidade instalada de novas unidades de mini e microgeração distribuída em alimentadores de média tensão foram escolhidos dois alimentadores que melhor representam os diversos grupos de consumidores de interesse nesse estudo. O

alimentador escolhido na primeira subestação, AL 02 da subestação A, está localizado em uma região em que se apresentam cargas mais elevadas, com características industriais. Na segunda subestação, o alimentador escolhido, AL 04 da subestação B, está localizado em uma região em que se apresenta uma mescla de cargas contendo consumidores industriais, comerciais e também atende a bairros residenciais existentes na região. O quadro a seguir apresenta as principais características dos circuitos escolhidos para a modelagem que deu suporte às análises apresentadas neste trabalho:

Alimentador 02 da Subestação A	Alimentador 04 da Subestação B
<i>Tensão Nominal (kV): 13,8 kV</i>	<i>Tensão Nominal (kV): 13,8 kV</i>
<i>Quantidade de consumidores: 813</i>	<i>Quantidade de consumidores: 2.841</i>
<i>Potência instalada do alimentador: 7.512,5 MVA</i>	<i>Potência instalada do alimentador: 430,0 MVA</i>
<i>Comprimento do condutor tronco: 1,314 km</i>	<i>Comprimento do condutor tronco: 7.978 km</i>
<i>Tipo de condutor predominante no tronco: 336,4 MCM</i>	<i>Tipo de condutor predominante no tronco 185 MM²</i>
<i>Comprimento do condutor ramal: 6,765 km</i>	<i>Comprimento do condutor ramal: 18,274 km</i>

Os alimentadores demonstrados nos diagramas unifilares neste estudo foram modelados com todas as características físicas próximas a um sistema de distribuição real em tensão de 13,8 kV, com potência base para os cálculos de fluxo de potência de 5 MVA.

O Alimentador da Subestação A é apresentado na **Figura 2**, e no diagrama está ressaltado o **ponto 13** em que será modelada a injeção de inserção de geração distribuída fotovoltaica (GD).

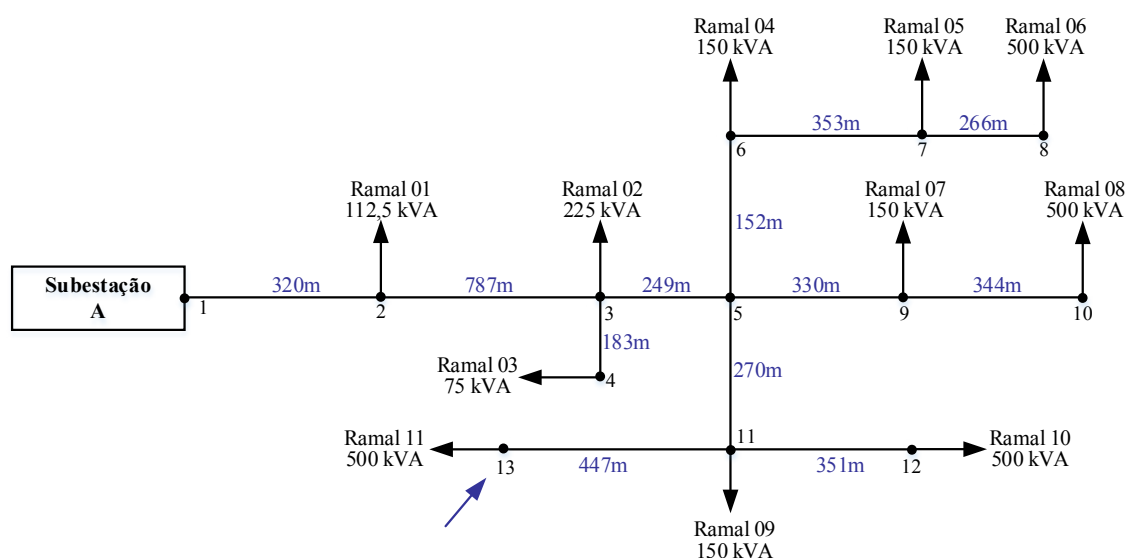


Figura 2: Diagrama unifilar do AL 02 da Subestação A ,Alimentado em 13,8 kV

A **Tabela 1** relaciona a soma das potências dos transformadores de distribuição

visualizados no diagrama unifilar apresentado na Figura 2 para cada ramal de distribuição.

Circuito	Potência (kVA)	Circuito	Potência (Kva)
Ramal 01	112,5	Ramal 07	150
Ramal 02	225	Ramal 08	500
Ramal 03	75	Ramal 09	150
Ramal 04	150	Ramal 10	500
Ramal 05	150	Ramal 11	500
Ramal 06	500		

Tabela 1- Relação de Cargas nos Transformadores de Distribuição associados aos Ramais do Alimentador 02 da Subestação A

No alimentador apresentado na **Figura 3**, AL 04 da subestação B, também está ressaltado o ponto em que será modelada a injeção de inserção de geração distribuída fotovoltaica, **ponto 20** no Diagrama Unifilar.

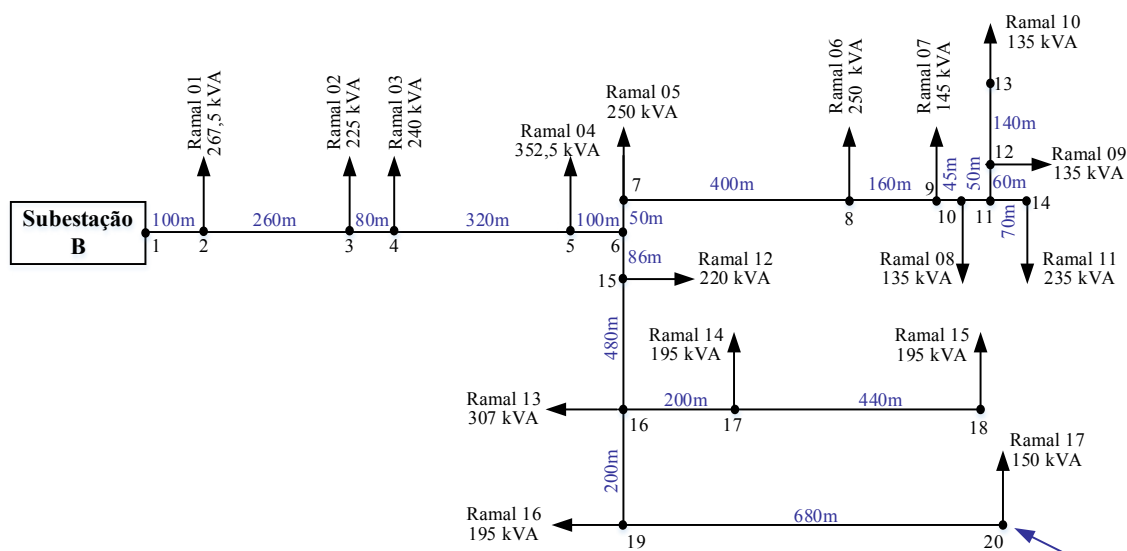


Figura 3: Diagrama unifilar do AL 04 da Subestação B. Alimentado em 13,8 kV

A **Tabela 2** relaciona a potência associada aos ramos de distribuição visualizados no diagrama unifilar apresentado na Figura 3.

Circuito	Potência (kVA)	Circuito	Potência (kVA)
Ramal 01	267,5	Ramal 10	135
Ramal 02	225	Ramal 11	235
Ramal 03	240	Ramal 12	220
Ramal 04	352,5	Ramal 13	307,7
Ramal 05	250	Ramal 14	195
Ramal 06	250	Ramal 15	195
Ramal 07	145	Ramal 16	195

Ramal 08	135	Ramal 17	150
Ramal 09	135		

Tabela 2- Relação de Cargas nos Transformadores de Distribuição associados aos Ramais do Alimentador 04 da Subestação B

A partir desses dados foram realizadas as simulações utilizando uma ferramenta computacional, desenvolvida em MATLAB, para análise de fluxo de potência. Cada potência nos ramais resulta da soma das potências dos transformadores de distribuição e representam as respectivas cargas do sistema, com fator de potência de 0,92 da rede de energia. O cenário criado teve como objetivo analisar se há inversão de fluxo e a quantidade de perdas no alimentador, dada a conexão da geração distribuída em ponto específico.

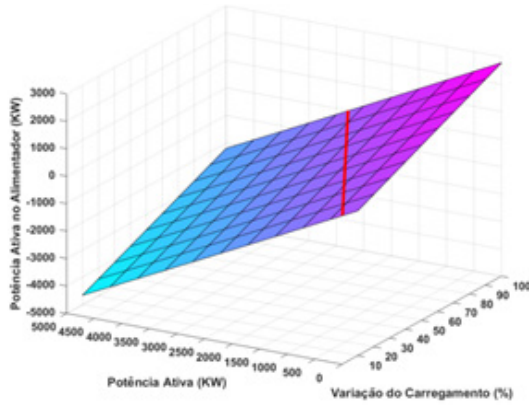
A rede foi analisada em diferentes condições de carregamento e injeção de potência ativa fornecida de acordo com a máxima potência regulamentada pela Resolução nº 482/2012. Os resultados obtidos mostram os limites em que a conexão da GD deixa de ser benéfica, passando a influenciar negativamente na receita da concessionária.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

A princípio é importante ressaltar que, atualmente, o fluxo de energia nos sistemas de distribuição em média tensão são unidirecionais, isto é, os alimentadores foram concebidos para apenas fornecer energia à unidade consumidora. Todavia, observou-se nas simulações executadas para este trabalho que, com o aumento da potência ativa de GD, o fluxo de potência poderá se inverter e o alimentador de média tensão adquirir função predominante de exportador de energia.

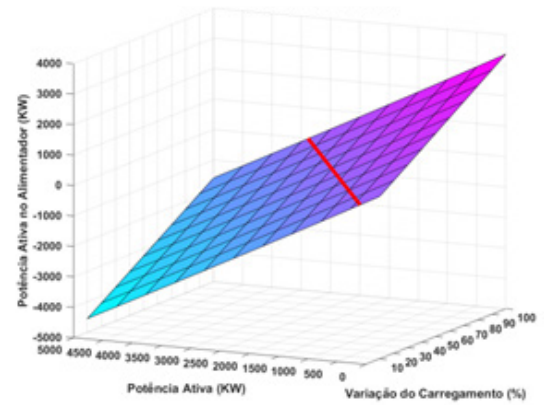
A **Figura 4** apresenta fluxo de potência ativa com conexão de geração distribuída nas extremidades das linhas, **nó 13** no primeiro diagrama e **nó 20** no segundo diagrama. Nos gráficos, as inversões dos fluxos estão ressaltadas pelas linhas vermelhas no plano de cada um.

Fluxo de Potência Ativa
Com conexão GD na Barra 13/A



(a) Alimentador 02/A

Fluxo de Potência Ativa
Com conexão GD na Barra 20/B



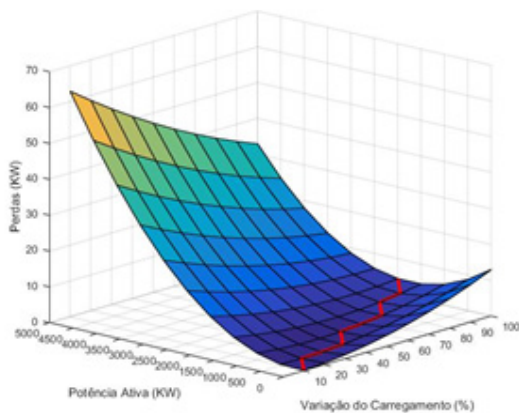
(b) Alimentador 04/B

Figura 4 – Gráfico do fluxo de potência na saída dos alimentadores do diagramas unifilares dos alimentadores 02/A e 04/B.

A inversão do fluxo nessas redes pode trazer alguns inconvenientes para a distribuidora, ainda não bem dimensionados, entre os quais citamos os observados por Balamurugan: mudança no perfil de tensão, na qualidade da energia e perda de seletividade do sistema de proteção (BALAMURUGAN et al, 2011). Essa inversão também influencia nas perdas no alimentador mostradas nos gráficos a seguir.

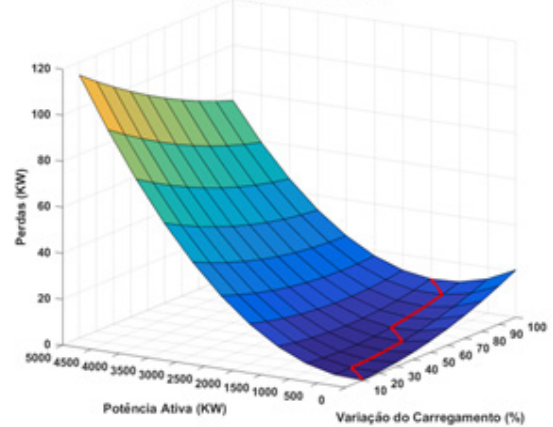
A **Figura 5** apresenta os gráficos tridimensionais das perdas associadas aos alimentadores dos diagramas unifilares visualizados nas Figuras 2 e 3. As perdas foram obtidas em função da variação do carregamento do alimentador, de 0 a 100%, e da inserção de geração distribuída, de 0 a 5 MW de potência. A conexão da GD foi considerada em uma das extremidades da rede.

Perda Ativa Total Com conexão GD na
Barra 13/A



(a) Alimentador 02 da Subestação A

Perda Ativa Total Com conexão GD na
Barra 20/B



(b) Alimentador 04 da Subestação B

Figura 5 - Gráfico tridimensional das perdas associadas aos alimentadores dos diagramas unifilares considerando a conexão da GD em uma das extremidades da rede.

Os resultados demonstram que existem limites onde esta conexão beneficia a rede. Ao analisar as perdas nesse alimentador, em função do carregamento, com a injeção de potência ativa de GD, suas perdas reduzem até um ponto mínimo para cada condição de carregamento. Esse ponto é representado pelas **linhas vermelhas** na Figura 5 (a) e (b).

A área da curva representada em **azul escuro** representa a região em que a inserção de cargas de GD não representa prejuízo para a distribuidora. Analisando, em específico, a condição de carga máxima, carregamento 100%, o limite para a potência injetada de geração distribuída é de aproximadamente de 3,5 MW AL 02 da Subestação A e de 2,5 MW AL 04 da Subestação B. A partir desses limites, o aumento de perdas na rede primária poderia impactar na receita da concessionária. Observa-se que, quando a rede está trabalhando em carga muito leve, a GD não beneficia o alimentador sob a ótica de redução de perdas técnicas.

Essa observação é mais bem visualizada nos gráficos apresentados na **Figura 6**, em que se apresentam as curvas de perdas para condições de carregamento da rede de energia em 10, 50 e 100%, ou seja, carga leve, média e plena carga.

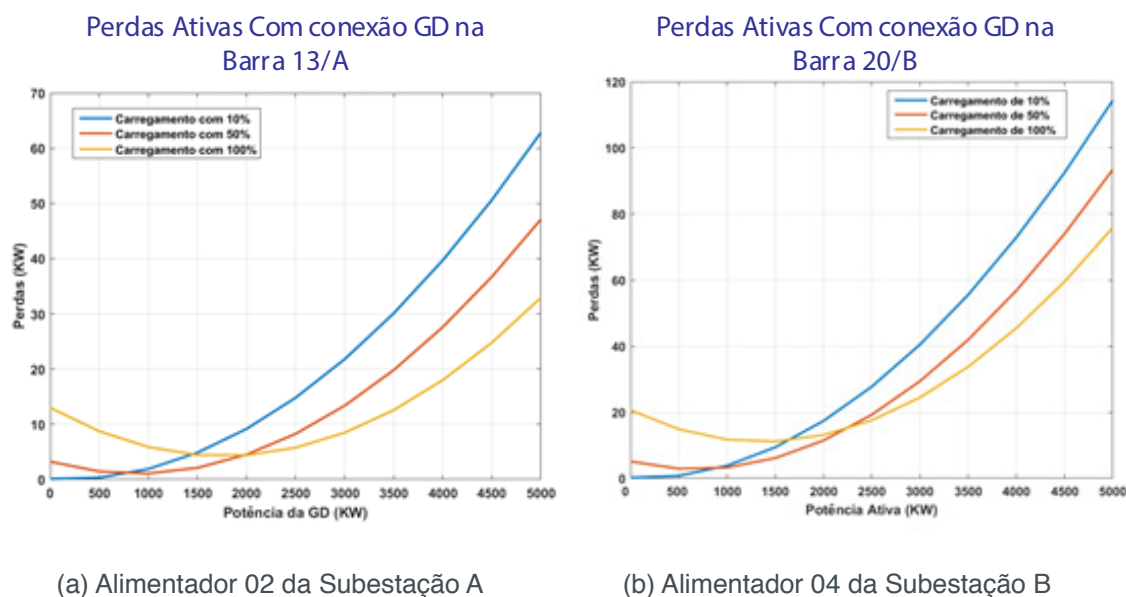


Figura 6 - Gráfico das perdas associadas aos Alimentadores dos Diagramas Unifilares considerando a conexão da GD em uma das extremidades da Rede

Os gráficos da Figura 6 mostram que, para os alimentadores em estudo, na condição de carga máxima, a inserção de geração distribuída, a princípio, reduz as perdas técnicas até um ponto que pode ser considerado ótimo (menores perdas no alimentador), nos casos em tela, cerca de 2.000 kW para o AL 02 da Subestação A e de 1.500 kW para o AL 04 da Subestação B.

Todavia, o benefício da inserção de GD sob a ótica das perdas tem um limite. Em potências superiores 3.500 kW no primeiro caso e 2.500 kW no segundo caso, o ganho inicial é eliminado e o aumento na inserção de geração distribuída tem por

consequência, perdas na rede primária da distribuidora em quantidade mais elevadas que na ausência de GD na rede, impactando, por conseguinte, na tarifa dos demais consumidores cativos. Outro aspecto observado, ainda analisando-se a Figura 6, é a constatação de que quando a rede está trabalhando em carga muito leve, a inserção de GD, de imediato tem por consequência, o aumento nas perdas técnicas do alimentador, isto é, com impactos imediatos na tarifa dos demais consumidores, haja vista o fato de as perdas técnicas se apresentarem como Parcela A do espectro tarifário.

O resultado mostrado é para apenas uma única conexão. Todavia, se todos os ramais do circuito possuírem GD injetando potência, dependendo da soma da capacidade instalada das unidades de geração, a inversão no fluxo de potência no alimentador se dará no tempo dessa injeção de potência na rede primária. Nessa condição, os impactos serão negativos, tanto financeiramente para a concessionária quanto tecnicamente para rede de distribuição.

CONCLUSÃO

Os resultados preliminares obtidos demonstraram as vantagens e desvantagens da inserção de mini e microgeração distribuída neste estudo de caso. O estudo poderá ser estendido a diferentes sistemas elétricos em especial nos sistema de alta tensão.

Foi observada, nas simulações, a inversão fluxo de energia na saída dos alimentadores apresentados nos diagramas unifilares. Propõe-se para estudos futuros, dimensionar os impactos causados na rede dessa inversão de direção do fluxo de potência.

Também foi observado que a conexão da GD, dependendo da potência injetada e do carregamento do transformador, é benéfica e pode auxiliar no planejamento de crescimento da carga sem que haja necessidade de investimento na rede de distribuição. Todavia, há um limite que deverá ser estabelecido para cada alimentador do sistema, e isso é um desafio que se põe ao regulador.

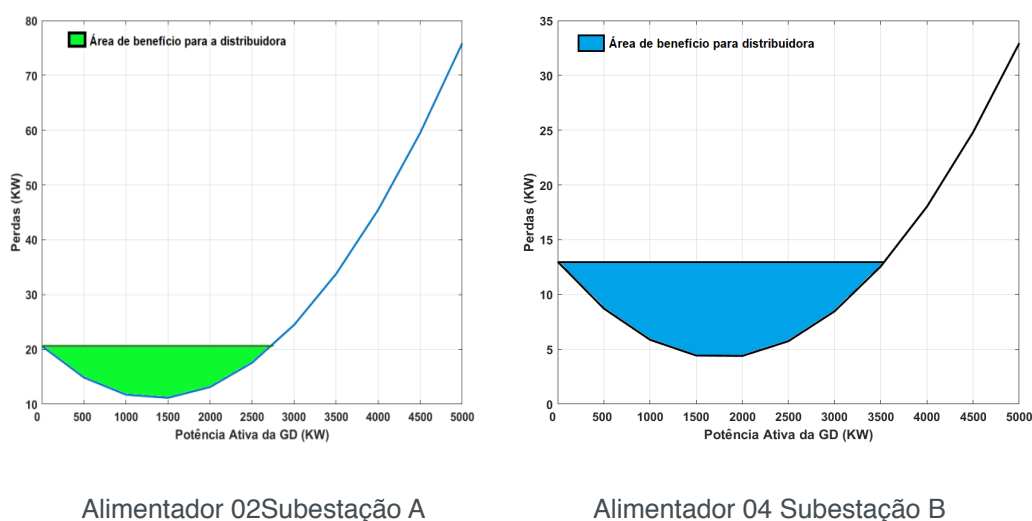


Figura 7 - Limite de Potência ativa de GD que delimita a Área de Benefício da distribuidora

Nos exemplos em que se baseou este estudo, como se observa na **Figura 7** os limites foram de 3.500 kW, no alimentador localizado em região caracterizada por cargas mais elevadas, com características industriais e de 2.500 kW no alimentador localizado em região em que se apresenta mescla de cargas de consumidores industriais, comerciais e residenciais.

Nesse contexto, este estudo auxilia na análise do impacto regulatório do normativo que estabelece os requisitos para injeção de potência de centrais geradoras de capacidade reduzida aos sistemas de distribuição de energia elétrica ao apresentar um indicador que auxilia na obtenção da relação custo/benefício do regulamento.

REFERÊNCIAS

ANEEL (2016). Banco de Informação da Geração, Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília – DF, Disponível em: www.aneel.gov.br, acesso em agosto, 2017.

BALAMURUGAN, K.; SRINIVASAN, D.; REINDL, T. (2011). Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems. PV ASIA PACIFIC CONFERENCE 2011, Disponível online em www.sciencedirect.com.

RAMIRO, D. L.; GALOTTO JR, LUIGI; ORTEGA, J. M.; JUSTI, J. (2016). Análise em regime permanente dos efeitos da geração distribuída solar em um modelo de sistema de distribuição de energia elétrica padrão IEEE. Unisul, 2016, v. 1, p. 231-250.

RAMIRO, D. L.; GALOTTO JR, LUIGI; ORTEGA, J. M.; JUSTI, J. (2016). Análise dos impactos da geração distribuída em um modelo de sistema de distribuição considerando as recentes regras de conexão do sistema elétrico brasileiro. Projeto REGSA/Parola Editorial, 2014, v. 01, p. 499-514.

SILVA, P. P.; ORTEGA, J. M.; JUSTI, J. (2015). Aspectos Regulatórios que Influenciam na Produção de Energia Elétrica a Partir do Biogás Produzido em Sistemas de Tratamento de Esgotos, IX CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO - 3ª ExpoABAR, 17 e 20 de agosto de 2015, Brasília – DF.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-200-5

