

MERCADOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: UMA ANÁLISE SOBRE MODELOS
REGULATÓRIOS E OS IMPACTOS ECONÔMICOS GERADOS
PROJETO DE PESQUISA FAPEMIG APQ-02845-21

Lívia Pereira Magalhães¹ (IC), Benedito Donizeti Bonatto (PQ)¹

¹Instituto de Sistemas Elétricos de Energia – ISEE
Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Palavras-chave: Redes elétricas. Mercado de eletricidade. Geração distribuída. Impactos regulatórios.

Introdução

A pesquisa e produção deste estudo discute os aspectos econômicos, regulatórios e técnicos do mercado de eletricidade, com ênfase às mudanças recentes na regulação do setor e os impactos gerados. As redes de energia elétrica atualmente são um produto do rápido crescimento e ascensão social da população mundial no século passado. Mesmo existindo diversos padrões culturais e geográficos na população, as companhias adotaram os mesmos parâmetros técnicos na concepção inicial dos sistemas para atenderem à necessidade dos consumidores. No entanto, o crescimento da demanda por energia elétrica possui padrões bem distintos, influenciados principalmente por aspectos econômicos e políticos.

Tendo em vista este cenário, demandas alternativas para a produção de energia elétrica de forma mais econômica e sustentável foram criadas. Conhecida como geração distribuída (GD), essa solução consiste, por exemplo, na geração de energia solar fotovoltaica em cada própria edificação consumidora que passa a se tornar também produtora. A partir dessa energia gerada, o consumidor faz o uso da mesma e, na maioria das vezes, injeta o excedente nas redes elétricas, obtendo assim uma economia na sua fatura de energia elétrica consumida, além de estar gerando uma energia limpa. No entanto, gera também impactos na rede que, inicialmente, fora projetada para distribuir energia elétrica de forma radial com fluxo de potência unidirecional e passa a receber energias geradas nas residências, resultando em fluxos bidirecionais.

O presente trabalho apresenta uma análise da nova lei sancionada sobre o mercado de geração distribuída no Brasil, Lei 14.300 de 06/01/2022 e dos possíveis impactos econômicos que serão acarretados, buscando oferecer entendimento sobre o conceito de geração distribuída e os seus principais impactos técnicos, econômicos e regulatórios gerados. Apresenta uma contextualização das redes elétricas inteligentes, nas quais as GD's estão inseridas, e o direcionamento de

ações de gestão pública em prol de regulamentos com mais acessibilidade a toda população e com a devida qualidade necessária.

Ademais, fora analisado também os impactos e distúrbios causados nas redes elétricas, utilizando softwares para simulação do fluxo de potência das redes.

Esta pesquisa busca se integrar no plano de atividades do aPTIs-SG² - *Advanced Power Technologies and Innovations in Systems and Smart Grids Group* que tem atuação principal no estudo e desenvolvimento de metodologias e tecnologias para projeto, instalação, supervisão, operação e análise integrada de redes elétricas inteligentes (*Smart Grids*).

Metodologia

Objetivando evidenciar os impactos gerados pelo marco legal da Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD), foram analisados alguns estudos de casos de modelos fornecidos pela empresa Greener (GREENER, 2022) que visam evidenciar as diferenças na viabilidade econômica de cada caso proposto ao comparar os efeitos da REN 482/2012 com a vigência da Lei 14.300/2022.

A análise foi realizada desconsiderando as bandeiras tarifárias e considerando a produtividade média de conversão fotovoltaica da região de operação de cada distribuidora. Dessa forma, foi efetuada uma comparação e avaliação dos impactos gerados a partir da homologação do novo marco legal, em diferentes situações de consumidores e em diferentes concessionárias de energia elétrica atuantes no Brasil.

Com a finalidade de analisar os impactos técnicos causados nas redes elétricas ao inserir a geração distribuída, foi utilizado o software *OpenDSS*, em um sistema de distribuição típico do IEEE de 8500 barras. Foram comparados três diferentes cenários, em função do nível de penetração e localização de geração distribuída fotovoltaica, e dos impactos no perfil de tensão de regime permanente.

Resultados e discussão

Nos últimos anos, observou-se no mundo um incentivo ao suprimento da demanda por energia elétrica através de empreendimentos que empregam fontes renováveis. Sendo assim, unidades geradoras são alocadas dentro, ou próximo das cidades e operam, geralmente, conectadas aos sistemas de distribuição de média e baixa tensão. Tais unidades geradoras são denominadas na literatura específica como Geradores Distribuídos (GDs).

O Balanço Energético Nacional (BEN) disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) aponta um progresso na construção de empreendimentos de GD's, com destaque para a solar fotovoltaica. Assim, faz-se necessário verificar, estudar e pesquisar os possíveis impactos nos sistemas de distribuição de energia elétrica em decorrência do aumento exponencial de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos e necessidades de mudanças regulatórias. Sendo assim este trabalho foi dividido em duas partes, sendo a primeira sobre a viabilidade econômica e a segunda a respeito da viabilidade técnica (DINIZ, 2022).

1. Viabilidade Econômica

O ambiente de contratação regulada é definido como sendo o segmento do mercado no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, ressalvados os casos previstos em lei, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos. No mercado de curto prazo são contabilizadas as diferenças entre a energia contratada e o volume que realmente foi gerado ou consumido. O preço é determinado pelo Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), referência de valores no Mercado Livre de Energia.

Entretanto, este mercado deve ser regulamentado e fiscalizado. Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade, inovações que aliam economia financeira, consciência socioambiental e auto sustentabilidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o possível adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética. Mas há também custos associados à MMGD.

A Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012 (REN 482/2012) regulamenta o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) através da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) de fontes renováveis de energia elétrica. Desde a publicação da Resolução Normativa nº 687/2015, que alterou sensivelmente a REN 482/2012, havia a previsão, por parte da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), de se fazer uma avaliação dos impactos da REN 482/2012 e promover possíveis atualizações.

Como resultado do processo de debate dessas atualizações, identificou-se a necessidade de assegurar ao mercado de MMGD o seu estabelecimento via uma lei federal, ou seja, pela criação de um Marco Legal para a MMGD no Brasil, por meio do Projeto de Lei 5.829/2019. Sendo assim, no dia 06 de janeiro de 2022, o Presidente da República sancionou o Projeto de Lei nº 5.829/2019 que institui o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída por meio da Lei 14.300/2022.



Figura 1 - Linha do tempo da regulamentação da geração distribuída no Brasil. (Fonte GREENER, 2022)

Observa-se que o Marco Legal da MMGD apresenta impactos positivos e negativos, variando em relação ao modelo de negócio, perfil de consumo, porte do sistema e a área de concessão. Para sistemas de pequeno porte e grupo tarifário B, que é considerado grupo atendido em baixa tensão e caracterizado por unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 2,3kV, o efeito positivo da mudança de regra do custo de disponibilidade é capaz de neutralizar o efeito negativo do pagamento da parcela Fio B na compensação (GREENER, 2022).

Porém, ainda tratando-se de grupo tarifário B, quanto maior o porte do sistema, menor é o efeito positivo do custo de disponibilidade e maior é o efeito negativo do pagamento da parcela Fio B na compensação, gerando uma piora na viabilidade econômica, mesmo para sistemas comerciais. A transição para a nova regra, de acordo com a lei 14.300/2022, dependerá da data da solicitação de acesso e da modalidade de compensação. Os consumidores que se enquadrarem nos quesitos supracitados entrarão na regra de transição em que há o aumento gradativo das componentes tarifárias relacionadas à TUSD Fio B. O Gráfico 1 mostra o

percentual de aumento das tarifas em relação ao período dessa transição em anos.

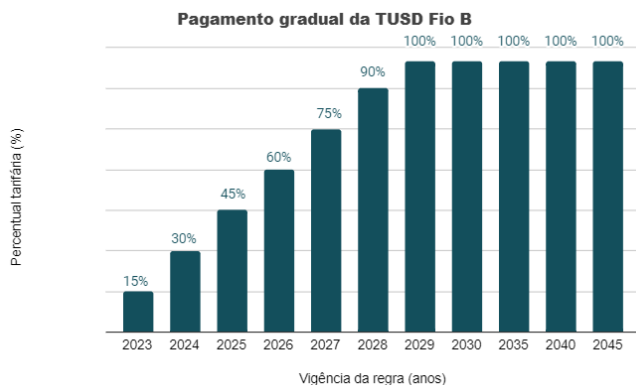


Gráfico 1 - Pagamento gradual da TUSD Fio B

Através dos resultados dos casos analisados, conclui-se que o sancionamento da lei 14.300/2022 tem menor impacto ou, a depender do caso, pode até beneficiar consumidores pequenos que desejam instalar sistemas de micro GD, mantendo ou ainda, melhorando as condições de viabilidade econômica, em relação à REN 482/2012. Já no caso de sistemas maiores de mini GD e modelos de negócio para geração remota apresenta-se piora na atratividade, reduzindo a TIR a ponto de inviabilizar alguns projetos.

2. Viabilidade Técnica

Visando evidenciar e entender mais sobre como ocorre a aplicação dos conceitos supracitados sobre os impactos da inserção de GD's, simulou-se usando o software *OpenDSS* o circuito padrão de 8500 barras do IEEE. Foi considerada uma rede com um alimentador radial e um gerador simulando um sistema fotovoltaico *on-grid* ao longo de uma linha de distribuição. Foram simulados diferentes casos a fim de observar o surgimento de fluxo de potência e os comportamentos das perdas totais dos circuitos, no entanto, para fins de apresentação didática serão apresentados apenas 3 cenários. Os pontos em azul nas Figuras 2 e 3 indicam o fluxo de potência do circuito e, o ponto vermelho indica a barra onde será inserido o gerador usado para as análises. No Cenário 1, antes da instalação da GD, foram analisados os fluxos de potência na barra antes e após a GD (6282,414kW + j756,796kVAr) e as perdas totais no circuito alimentador (1210.3kW + j 2768.3kVAr). Com a instalação de sistema PV injetando 1500kW na rede resulta o Cenário 2:

- Fluxo na barra antes da GD: Power flow = 2750,515kW + j 729,179kVAr.
- Fluxo na barra após a GD: Power flow = 6275,518 kW + j726,979kVAr.
- Perdas totais do circuito: Total Circuit Losses = 867,9 kW + j 1564,1 kVAr.

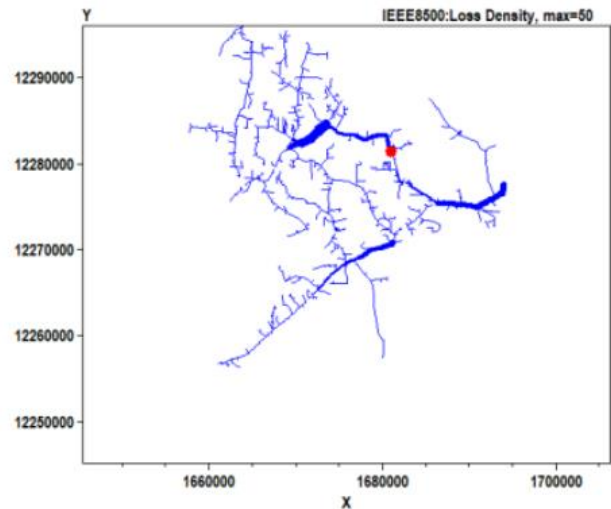


Figura 2 – Cenário 02 – GD injetando 1500kW

Constata-se que no Cenário 2 a GD está sendo benéfica à rede ao analisar os aspectos de sobretensão e sobrecarga, uma vez que, passa menos corrente do início do alimentador até o sistema fotovoltaico (PV) e, por isso, a queda de tensão se torna menor. Ainda se nota que a potência ativa depois da GD possui um valor menor, e isso deve-se ao fato de a geração estar mais próxima da carga, e, portanto, há menos perdas ao longo da linha admitindo-se uma carga constante.

No Cenário 3 há a injeção de 3000kW, conforme a Figura 3, ficando evidente o aparecimento do fluxo de potência reverso. As perdas totais do circuito se reduzem com um nível maior de penetração fotovoltaica e depois voltam a aumentar. Sendo assim, em virtude das simulações realizadas para observar os distúrbios causados, constata-se que, a inserção de geração distribuída na rede diminui as perdas da mesma até um determinado ponto onde a potência ativa inserida ainda é baixa e, a partir de certo nível de potência inserida, as perdas da rede começam a aumentar, uma vez que o gerador começa a alimentar toda a rede e começa a haver maior nível perdas do circuito:

- Fluxo na barra antes da GD: Power flow = - 6775,760 kW + j732,21 kVAr
- Fluxo na barra após a GD: Power flow = 6277,76 kW + j723,76 kVAr
- Perdas totais do circuito: Total Circuit Losses = 750,4 kW + j 960,9kVAr.

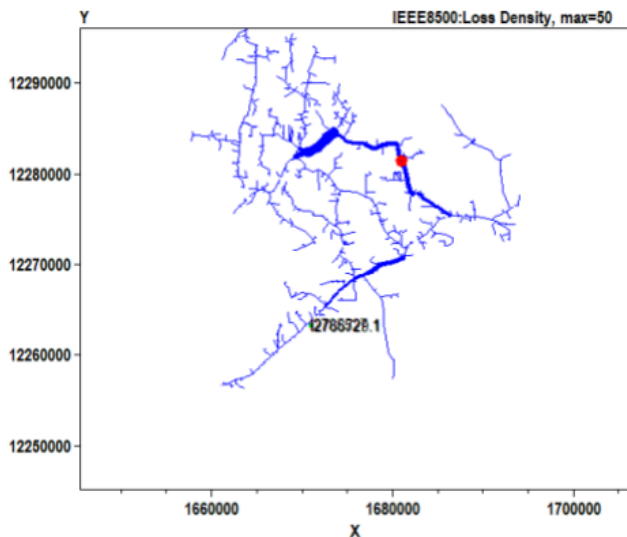


Figura 3 – Cenário 03 – GD injetando 3000kW

Conclusões

Ainda que a inserção das GD's no mercado de eletricidade se torne um bom investimento ao prosumidor, que gera esta energia, resulta também em alguns problemas às concessionárias de energia elétrica, pois a topologia das redes de distribuição não foram criadas para operar em um sentido diferente do radial, com fluxos unidirecionais da concessionária para a carga. Nesse sentido, regulamentações e normas foram criadas afim de promover uma compensação por meio de tarifa de uso do sistema de distribuição às concessionárias mas também para oferecer os retornos necessários aos prosumidores. Sendo assim, os impactos da nova lei podem ser resumidos brevemente entre grupos distintos no setor de energia elétrica, onde os consumidores residenciais e pequenas empresas não serão tão afetados, uma vez que o investimento ainda se torna atrativo, pelos créditos recebidos pelo excedente de energia gerada. Em contrapartida, para os grandes consumidores industriais, as mudanças nas regras de compensação causaram menor atratividade devido aos custos mais elevados.

Outro ponto muito importante destacado na pesquisa é em relação aos distúrbios causados nas redes de energia elétrica, a partir do momento em que as mesmas passam a receber energia das gerações distribuídas. Sendo assim, percebe-se que medidas são necessárias para a adaptação do setor, uma vez que alterações são encontradas. Por isso, consegue-se perceber que as redes elétricas precisam de um aprimoramento, introduzindo novas tecnologias, como as presentes nas *Smart Grids* e, estudos sobre todos esses impactos gerados e também sobre as mudanças no mercado da eletricidade precisam ser realizados sempre.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador pelas oportunidades que me proporcionou, pelo incentivo e por todo o conhecimento compartilhado sempre da melhor forma possível.

Agradeço o apoio financeiro proporcionado pela Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa 482/2012. Governo Federal, 2012. <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em agosto de 2022>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração Distribuída. Disponível em <Geração Distribuída — Português (Brasil) (www.gov.br)>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 37122 - Cidades e comunidades sustentáveis - Indicadores para cidades inteligentes Rio de Janeiro, 2020b.

BELLIDO, M. M. H. Microrredes Elétricas: Uma Proposta de Implementação no Brasil. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2018.

DINIZ, Jean. Lei 14.300 de 2022 institui o Marco Legal da GD. E agora? | SolarView. YOUTUBE, 2 de fev. de 2022.

DUARTE, Flávia Victória Souto. Geração Distribuída Para Múltiplas Unidades Consumidoras e Projeto De Um Sistema Fotovoltaico Para Um Condomínio. 2022 - Universidade Federal De Santa Maria Centro De Tecnologia, Santa Maria, 2022.

GREENER. Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída Semestre de 2021. <Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída 1º Semestre de 2021 - Greener>. Acesso em agosto de 2022.