

Impacto da Geração Distribuída no Equilíbrio Econômico-Financeiro das Distribuidoras de Energia Elétrica

Thayce Luan Souza Bastos*. Roberto Caetano Lotero.**
Evandro Lúcio Fiuzza. *** Breno Carneiro Pinheiro. **** Rafael Crochemore Ney.

* *Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Edifício Comercial Lorivo – Av. Silvio Américo Sasdelli, 1842 – Vila A, Foz do Iguaçu – PR, 85866-000, Brazil (Tel: 4599605584; e-mail: thayceluanb@gmail.com).*

** *Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBIOGÁS, Parque Tecnológico Itaipu – Edifício das Águas, sala 11, Av. Tancredo Neves, 6731, Foz do Iguaçu – PR, 85867-900, Brazil (e-mail: roberto.lotero@gmail.com.)*

*** *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, R. da Faculdade, 645 – Jardim La Salle, Toledo – PR, 85903-000, Brazil, (e-mail: evandrofiuzza@gmail.com).*

**** *Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBIOGÁS, Parque Tecnológico Itaipu – Edifício das Águas, sala 11, Av. Tancredo Neves, 6731, Foz do Iguaçu – PR, 85867-900, Brazil (e-mail: breno.pinheiro@cibiogas.org.).*

***** *Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBIOGÁS, Parque Tecnológico Itaipu – Edifício das Águas, sala 11, Av. Tancredo Neves, 6731, Foz do Iguaçu – PR, 85867-900, Brazil (e-mail: rafael.ney@ceee.com.br.).*

Abstract: The increase in the Distributed Generation (DG) insertion presents many challenges for electric power Distribution Companies (DISCOs). Particularly, the utility grid is used by small producers as a storage system, injecting surplus energy at the time of high generation and low consumption, and reversing the flow when the opposite occurs. This dependence on DISCOs occurs because the energy self-sufficiency of consumer units is still considered economically unfeasible, given the high cost of electrical storage technologies. However, in Brazil, the increased DG insertion has become a financial risk for distributors, as fixed costs are recovered through volumetric tariffs. Therefore, the DG diffusion can affect the DISCOs Economic-Financial Balance (EFB) in the short and long term. However, the distribution companies do not have systematic analyzes that indicate how the increase in the DG insertion has impacted their EFB. Therefore, in the present article a qualitative analysis of the aforementioned impact is presented, considering technical and economic aspects. Based on this analysis, it will be possible to establish indicators that allow the quantification of impacts according to the DG penetration level. The results obtained so far provide valuable information for a distributor to adopt strategies in the DG management and in the negotiation with the regulatory agency at the tariff revisions period.

Resumo: O aumento da inserção de Geração Distribuída (GD) apresenta muitos desafios para as empresas de distribuição de energia elétrica. Particularmente, a rede da concessionária é utilizada pelos pequenos produtores como um sistema de armazenamento, injetando a energia excedente no momento de elevada geração e pequeno consumo, e invertendo o fluxo quando ocorre o inverso. Esta dependência da concessionária ocorre porque a autossuficiência energética de unidades consumidoras ainda é considerada economicamente inviável, dado o elevado custo de tecnologias de armazenamento elétrico. Contudo, no Brasil, o aumento da inserção da GD tem-se tornado um risco financeiro para as distribuidoras, na medida em que os custos fixos são recuperados por meio de tarifas volumétricas. Portanto, a difusão da GD pode afetar o equilíbrio econômico-financeiro (EEF) das distribuidoras no curto e no longo prazo. No entanto, as empresas distribuidoras não dispõem de análises sistemáticas que indiquem como o aumento da inserção da GD tem impactado em seu EEF. Neste sentido, no presente trabalho é apresentada uma análise qualitativa do citado impacto, considerando aspectos técnicos e econômicos. A partir dessa análise será possível estabelecer indicadores que permitam quantificar os impactos de acordo com o nível de penetração da GD. Os resultados até aqui obtidos fornecem informações valiosas para que uma distribuidora possa adotar estratégias na gestão da GD e na negociação com a agência reguladora no momento das revisões tarifárias.

Keywords: Distributed generation; prosumer; Microgeneration; Minigeneration; distributor; Economic-financial balance.

Palavras-chaves: Geração distribuída; prosumidor; Microgeração; Minigeração; distribuidor; Equilíbrio econômico-financeiro.

1. INTRODUÇÃO

A grande penetração de GD traz muitos desafios para os agentes de distribuição, devido à variação de carga provocada por essa tecnologia (normalmente intermitente), além do fluxo bidirecional de energia em um sistema que foi projetado para operar de forma radial. Portanto, são necessárias adaptações na rede para receber a GD, gerando custos adicionais para as distribuidoras (Cambini & Soroush, 2019; Jenkins & Pérez-Arriaga, 2017; Strbac, 2002).

No atual modelo tarifário do Brasil, o aumento da GD tem-se tornado um risco financeiro para as distribuidoras na medida em que os custos fixos são recuperados por meio de tarifas volumétricas, repassando estes custos para os consumidores cativos na revisão tarifária do período seguinte. Por sua vez, o aumento na tarifa para os consumidores cativos incentiva estes a adotar GD, provocando um novo aumento de tarifa, dando origem ao chamado espiral da morte, impulsionada pela tarifação inadequada do serviço de distribuição (Castaneda et al., 2017; Sioshansi, 2016; Vahl et al., 2013).

O principal problema é que as empresas distribuidoras de energia elétrica não dispõem de métodos sistemáticos que indiquem como o aumento da inserção da GD tem impactado em seu EEF. Segundo Shayani e Oliveira (2011), no Brasil não se tem de forma clara as eventuais mudanças e os impactos relacionados à difusão da GD. As distribuidoras não conhecem bem os custos e benefícios relacionados ao aumento do índice de penetração das fontes distribuídas.

A partir da revisão da literatura foi possível perceber que poucos trabalhos tratam dos aspectos relacionados ao EEF das distribuidoras de energia elétrica, particularmente quando é considerada a maior difusão da GD, sendo menos tratada ainda a possibilidade de utilizar indicadores para fazer essa avaliação do ponto de vista das distribuidoras. Em Silva (2017) discute-se o aumento de tarifa e a perda de receita das distribuidoras frente a uma possível adesão em massa de GD, chamando a atenção para o *lag* regulatório que impacta as distribuidoras e os consumidores cativos. O autor propõe adotar limites de inserção de GD nos anos seguintes à revisão tarifária, porém sem considerar os impactos no EEF das distribuidoras.

Cossent et. al (2011) apresentam um método de cálculo dos custos da rede de distribuição a longo prazo com destaque para os investimentos, sob diferentes níveis de penetração da GD, estimando assim, o impacto da GD nestes custos – sem considerar os impactos no EEF das distribuidoras. Gouvêa (2019) apresenta uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica, destacando as diretrizes do arcabouço regulatório, porém, tal problema é abordado em um amplo nível conceitual. Já outros autores trabalham com modelos que visam remunerar a GD em função dos benefícios trazidos à rede que resultam em um custo evitado às distribuidoras (Cervilla et al., 2015; Méndez Quezada et al., 2006; Xie et al., 2013), porém, não se analisam os impactos no EEF dessas concessionárias.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar os aspectos envolvidos na quantificação do impacto da GD no

EEF da distribuidora. A análise é do tipo qualitativa e foi realizada a partir de dados secundários encontrados na literatura. Neste sentido, o presente artigo apresenta as principais características do serviço de distribuição de energia elétrica, bem como os aspectos que envolvem a sua regulação econômica. Também é descrito o processo de avaliação do EEF das concessionárias de distribuição de energia elétrica no Brasil. Posteriormente é abordado o problema da GD e os desafios que devem enfrentar as distribuidoras. Em seguida passa-se a avaliar como o aumento da inserção da GD influencia no EEF da distribuidora.

2. CARACTERÍSTICAS DA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A atividade de distribuição pode ser dividida em duas funções: (a) o fornecimento do serviço de rede propriamente dito, para levar a energia até o consumidor; e (b) a comercialização da energia, que inclui as funções de compra de energia dos geradores e a medição e faturamento da energia vendida aos consumidores cativos. A segunda função está relacionada à venda de um produto, energia elétrica, e é considerada uma atividade competitiva por vários autores, haja vista que os consumidores finais deveriam escolher seus fornecedores, sejam eles geradores ou empresas comercializadoras (Hunt & Shuttleworth, 1996).

Por outro lado, é reconhecido que os sistemas de distribuição de energia elétrica têm importantes características de monopólio natural dentro de áreas geográficas limitadas (Joskow & Schmalensee, 1983). Assim, o segmento de distribuição se reveste das características de um monopólio natural por apresentar economias de escala devido à diluição dos custos fixos entre os usuários da rede. Uma outra característica da distribuição de energia elétrica é que é uma atividade multiproduto, devido às complexas variações espacial e temporal dos padrões de demanda (Schmalensee, 1978). A combinação dos fatores acima citados faz com que o negócio de distribuição seja concedido a uma empresa que deverá fornecer energia elétrica em uma área geográfica específica, sujeita à regulação de preço.

As concessões no setor de distribuição de energia elétrica são baseadas em acordos em que Administração Pública transfere a uma empresa a prestação deste serviço público, que será efetuado sob fiscalização da agência reguladora (ANEEL). Neste cenário, a ANEEL precisa garantir o pagamento de tarifas justas por parte dos usuários da rede, para que a empresa concessionária possa garantir a eficiência e qualidade dos serviços prestados, o que implica na manutenção do EEF da empresa (Di Pietro, 2009).

Nessa linha, a Lei nº 8.987/1995 dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal. Esta Lei estabelece que toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, devendo satisfazer as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade e cortesia na sua prestação de serviços, além da modicidade das tarifas, garantindo assim, a universalidade do serviço e a generalidade de sua prestação. A não observância destes

pressupostos, principalmente no que tange ao EEF da distribuidora, coloca em risco a continuação do direito de concessão da concessionária, no momento da revisão tarifária.

Já a Lei nº 10.848 de 2004 dispõe que comercialização de energia elétrica pode ser realizada tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), quanto no Ambiente de Contratação Livre (ACL). O ACR é formado pelos consumidores cativos, que só podem comprar energia elétrica da distribuidora responsável pela distribuição em sua região. Assim, as distribuidoras são obrigadas a comprar energia elétrica através dos leilões para atender os consumidores cativos na sua área de concessão. A formalização da contratação é realizada mediante a assinatura de um contrato bilateral com cada fornecedor cuja oferta foi aceita em leilão, utilizando como instrumento o Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR).

2.2 Equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras

Para verificar o nível de solvência de uma empresa é necessário avaliar sua estabilidade e capacidade de gerar lucro. Segundo Camargos & Barbosa (2005) a análise das demonstrações contábeis é uma forma de avaliar o desempenho econômico-financeiro de uma organização, considerando diversos demonstrativos contábeis. Para tanto, é necessário analisar os Índices de Liquidez e Rentabilidade, que buscam evidenciar aspectos da situação financeira e estrutura de capital da empresa em análise. Outros indicadores econômicos muito utilizados como medidas de desempenho são: índice de endividamento, índice de rentabilidade sobre vendas, índice de atividade considerando o prazo médio de recebimento e o prazo médio de pagamento, além da instabilidade de governança corporativa (Santos et al., 2020).

Ao considerar o cenário em que se inserem as concessionárias no SEB, os indicadores mencionados são considerados tradicionais na literatura para avaliar o nível de solvência e rentabilidade de uma empresa, porém não são adequados para quantificar os impactos da inserção da GD no Equilíbrio Econômico-Financeiro (EEF) das distribuidoras.

Ao conceder para as distribuidoras o direito de fornecimento de energia elétrica aos consumidores finais, as autoridades governamentais, por meio de suas agências reguladoras, utilizam parâmetros para identificar o nível de solvabilidade dessas empresas. Esta forma de monitoramento preza pelo fornecimento contínuo de energia elétrica e pela qualidade do serviço prestado pelas concessionárias, garantindo seu EEF (Matarazzo, 2010).

O EEF consiste em parâmetros mínimos estabelecidos que permitem que a empresa opere com eficiência de forma a maximizar seu lucro e promover o bem-estar dos consumidores. Conforme Medauar (2004), o EEF consiste na proporção entre os encargos do contratado e a sua remuneração, com cláusulas fixadas no momento do contrato, designando os parâmetros referentes, sobretudo, à remuneração do contratado. Por conseguinte, no intuito de

evitar cenários indesejáveis no SEB, tanto para a empresa quanto para a sociedade, como possibilidade de perda de concessão e risco de deterioração da prestação do serviço, a ANEEL utiliza como ferramenta de controle uma métrica de sustentabilidade econômico-financeira para monitorar a eficiência das concessionárias (Abradee, 2019).

Na pesquisa de Silva (2017) analisa-se a temática do EEF das distribuidoras, incluindo a alocação dos custos de adequação e expansão da rede em um cenário de migração em massa dos consumidores para a GD. Conforme o autor destaca, os impactos devido ao aumento da inserção da GD podem ser considerados de ordem técnica, no que se refere às adequações do sistema, ou econômica, com a perda de receita irreversível. Impactos de ordem econômica de relevância incluem multas regulatórias por não cumprimento dos parâmetros mínimos de qualidade exigidos pela ANEEL, e indenizações pelos danos causados às UCs devido aos distúrbios ou incompatibilidade da rede, independentemente de culpa, pelos vícios ou defeitos presentes nos bens ou serviços.

Os impactos de ordem técnica estão diretamente ligados às características de funcionamento e operação do sistema. Este sistema opera de maneira eficiente devido ao controle e manutenção das empresas concessionárias, que são responsáveis por manter os níveis de qualidade na rede. Assim, diferentes tecnologias têm sido desenvolvidas no intuito de minimizar os custos provenientes de falhas no sistema e perdas técnicas (MIT, 2011).

No entanto, com a inserção da GD surge a necessidade de adequação das redes às novas tendências de mercado de energia no que tange ao emprego de tecnologias de automação e otimização da rede. Tais adaptações de rede para receber a GD geram custos adicionais para as distribuidoras, impactando, assim, seu EEF (Cambini & Soroush, 2019; Jenkins & Pérez-Arriaga, 2017; Lopes et al., 2007).

Se a distribuidora não atender aos requisitos mínimos estabelecidos pela regulamentação, a empresa pode ser submetida a um processo de perda da concessão. No Brasil, este controle do desempenho é realizado pela ANEEL a partir de alguns índices específicos de referência. Tais parâmetros estão contidos no Módulo 2 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) de 2020, que explicita a Revisão Tarifária Periódica (RTP) das concessionárias de distribuição.

3. INDICADORES DO EQUILÍBRIO ECONÔMICO-FINANCEIRO

Para mensurar os impactos causados pelo aumento de GD sobre o EEF das distribuidoras é necessário estabelecer alguns indicadores que mostrem essa relação causa-efeito. Segundo Caridade (2006), os indicadores consistem em dados ou informações, de preferência numéricos, que mostram um determinado fenômeno, sendo utilizados para aferir um processo ou seus resultados, que podem ser conseguidos durante ou ao final da execução de um processo ou atividade. Takashina e Flores (1996) afirmam que os indicadores devem ser empregados de forma criteriosa,

considerando sua relevância no processo e tornando possível a disponibilidade das informações no menor tempo possível, com base em dados fidedignos.

A utilização de indicadores de desempenho, ao longo de determinado período, permite que padrões de medições sejam estabelecidos de forma que seja possível realizar o acompanhamento da evolução da empresa em análise. Mesmo que o uso de apenas um indicador específico, de forma isolada, não traduza a complexidade da realidade sistêmica do empreendimento, a combinação e comparação de vários deles facilita a sua interpretação e compreensão (Fernandes, 2004).

Segundo Kotler (1998, p.10), “dirigir bem um negócio é administrar seu futuro; dirigir o futuro é administrar informações”. Portanto, no intuito de reportar aos gestores as informações com a maior verossimilhança possível, deve-se prezar pela qualidade do sistema de medição, no momento da coleta de informações, e confiabilidade dos indicadores, uma vez que o indicador é tido como tradutor dessas informações. Tais dados e construtos financeiros devem ser capazes de fornecer subsídios para o planejamento estratégico da organização e a tomada de decisões, de forma a garantir sua permanência no mercado (Botelho, 2003).

Segundo Fernandes (2004), para se construir indicadores deve-se, primeiramente, analisar sua contribuição para a tomada de decisões da organização. Um indicador econômico-financeiro vai estar diretamente ligado ao desenvolvimento da empresa e ao EEF. Sendo assim, para definir indicadores capazes de refletir o impacto da geração distribuída na saúde financeira de uma empresa de distribuição de energia elétrica, é fundamental utilizar informações que permitam visualizar a relação custo/benefício da GD para a concessionária, identificando se esta relação impacta de forma positiva ou negativa.

Também é importante que os indicadores permitam realizar estimativas do impacto sobre o EEF das distribuidoras para diferentes níveis de penetração da GD. Assim, as concessionárias poderão adotar estratégias para a gestão da GD e na negociação com a agência reguladora, principalmente no momento das revisões tarifárias. Como mencionado, a definição de indicadores depende da coleta de dados confiáveis, disponíveis a baixo custo, e que mostrem o fenômeno que está sendo avaliado. Portanto, é fundamental identificar, analisar e avaliar os aspectos técnicos e econômicos oriundos da GD que interferem no EEF de uma empresa distribuidora, sendo o objetivo do presente trabalho e que será explorado a seguir.

4. ASPECTOS DO EEF DE UMA DISTRIBUIDORA AFETADOS PELA GD

Conforme explanado anteriormente, a distribuidora deve adquirir energia para o atendimento da carga em sua área de concessão, sendo sua responsabilidade estimar a demanda no momento da celebração do contrato de compra e venda de energia via leilão. Contudo, o consumidor cativo tem a alternativa de gerar parte da própria energia, dificultando assim a previsão de compra de energia por parte da empresa

de distribuição. Esta falta de controle sobre a inserção das unidades de GD pode resultar em desequilíbrios econômico-financeiros para as concessionárias (Coster et al., 2011).

Portanto, é fundamental que a distribuidora disponha de ferramentas que permitam fazer a previsão de demanda considerando a possibilidade de inserção de GD, o qual não é uma tarefa trivial. Desta forma, com tais ferramentas, seria possível prever a energia evitada, não sendo necessário realizar a compra de energia nova em leilões (Woolf et al., 2014).

O custo ou o benefício decorrente da GD vai depender do modelo de negócio adotado pela distribuidora, incluindo as estratégias de monitoramento dos custos gerados ou evitados em função da energia injetada no sistema, da coleta sistemática de dados para composição dos indicadores de desempenho, e da avaliação de sensibilidade destes indicadores. Quando o crescimento da demanda for menor do que o crescimento de energia evitada, a distribuidora vai ter sempre um excedente, sendo obrigada a buscar mecanismos para comercializar essa sobra de energia no mercado ou arcar com o prejuízo auferido, impactando de forma negativa no seu EEF.

De acordo com informações extraídas do PRORET (2020) e ANEEL (2020), no sentido de quantificar os fatores acima citados, a seguir são descritos os parâmetros necessários:

i) Número de Unidades de GD: quantidade de prosumidores que irão injetar energia elétrica na rede da concessionária, sendo esta informação fornecida pela ANEEL.

ii) Potência Instalada de GD (kW): potência instalada total em unidades de GD na área de concessão da distribuidora em análise, que será obtida pelo somatório das potências individuais instaladas de cada unidade;

iii) Energia Comprada pela Distribuidora (MWh): energia que a distribuidora deve comprar para atender os consumidores cativos em sua área de concessão;

iv) Energia Vendida pela Distribuidora (MWh): energia vendida pela concessionária no mercado cativo à tarifa regulada;

v) Perdas Técnicas de Energia (MWh): parcela das perdas na distribuição inerente ao processo de transporte, de transformação de tensão e de medição da energia na rede da concessionária.

Os parâmetros anteriores foram retirados da base de dados da ANEEL e do Relatório Anual de Sustentabilidade da distribuidora, sendo conhecidos e sistematicamente coletados. A seguir serão apontados alguns aspectos que são considerados necessários para identificar os impactos da inserção da GD no EEF das distribuidoras.

Neste contexto, é de suma importância entender o comportamento dos resultados financeiros das distribuidoras com a inserção de GD. De fato, a ANEEL já utiliza indicadores financeiros e contábeis como Receita Bruta e EBITDA para avaliar a sustentabilidade financeira das

concessionárias. Porém, esses indicadores não são adequados para avaliar os impactos devido a inserção da GD. Dito isto, é necessário identificar e monitorar os parâmetros que vão apontar, em termos de custos ou benefícios, como as distribuidoras são impactadas após a inserção da GD, evidenciando as principais características da transição de um modelo de negócio tradicional para um que incorpore a GD (Orrell et al., 2018).

De forma geral, a inserção da GD gera custos à distribuidora, uma vez que é necessário realizar substituições de equipamentos como transformadores e cabos na rede, para suportar o crescimento de carga. Contudo, é importante ressaltar que o impacto da GD sobre os custos pode variar de acordo com diferentes fatores tais como localização, tecnologia e fonte de geração, além de políticas regulatórias e subsídios (Allan et al., 2014). A partir do momento que tais custos são conhecidos, utiliza-se de estratégias para que estes possam ser evitados ou minimizados (Ros et al., 2018).

De acordo com Meyer et al. (2018) os custos evitados da distribuidora são condicionados à quantidade de energia elétrica injetada pela GD na rede de distribuição. Quando esta quantidade de energia injetada for menor que a demanda, ou ainda quando a unidade geradora estiver alocada próxima ao final da rede, tem-se uma redução dos custos, reduzindo também as perdas elétricas no sistema de distribuição, devido à redução do fluxo de rede. Nesta situação serão evitados custos de investimentos, uma vez que se aumenta o horizonte no qual tem que ser feita a expansão do sistema (Denholm et al., 2014).

Adicionalmente, em condições ideais (localização, tecnologia e utilização de energias despacháveis e compatíveis com a demanda) a geração distribuída proporciona aumento na qualidade do serviço, uma vez que essas unidades podem prover serviços de suporte à rede, tanto no quesito tensão, quanto no que se refere à frequência e continuidade. Sendo assim, este cenário proporciona um aumento da confiabilidade do sistema (Gharehpetian & Agah, 2017).

Por outro lado, em momentos que a injeção de energia por GD é maior que a demanda momentânea ou quando a GD está posicionada em um ponto desfavorável, pode ocorrer fluxo reverso (Meyer et al., 2018). Neste sentido, à medida que geradores são inseridos no sistema, gerando fluxo bidirecional, aumenta-se os riscos de sobretensão em determinado horário e subtensão em outros, que leva ao desligamento da rede. A interrupção do fornecimento de energia elétrica gera multas devido à falta de confiabilidade, além de resultar em custos de O&M, dado que será necessário realizar o deslocamento de equipe para verificação do problema (Adefarati & Bansal, 2016; Haghifam et al., 2008). Consequentemente, estes fatores (multas e custos de O&M) resultará em impactos no EEF da distribuidora.

A confiabilidade do sistema é um fator de grande relevância para o setor de distribuição de energia elétrica, sendo monitorada pela ANEEL. Basicamente a dinâmica para manter os níveis de confiabilidade do sistema acontece da seguinte forma: a distribuidora deve atender parâmetros mínimos de qualidade, monitorando/adequando seus

indicadores de continuidade individuais e coletivos. Consequentemente, são gerados custos administrativos para monitorar os índices de qualidade, custos de O&M para manter os níveis regulamentares de tensão e frequência, além de despesas de investimentos para manter a rede operando com qualidade (Adefarati & Bansal, 2016).

Adicionalmente, para identificar o real impacto da GD na rede, a distribuidora deve ter conhecimento do impacto no fluxo de potência do sistema e sua influência nos custos administrativos adicionais (Barker, 2000). Deste modo, os aspectos mencionados nos parágrafos anteriores são essenciais para a análise do impacto do EEF da distribuidora em decorrência da GD, sendo caracterizados a seguir.

Custos Administrativos

Esta variável reflete os custos incorridos pela concessionária para administrar vários programas de incentivo à GD. Incluem-se os custos referentes ao sistema de compensação, como os custos de administrá-lo, atividades de conformidade e relatórios, treinamento de pessoal, custos de faturamento e outros custos administrativos para implementar e manter um programa formal (Meyer et al., 2018; Orrell et al., 2018). O índice engloba desde os custos para se criar um plano, o custo de transição até sua implementação, além de estudos, avaliações, simulações antes de implementar, incluindo o desenvolvimento e aplicação de softwares. Nota-se que este custo é variável de acordo com a proposta e decisão de modelo de negócio que a concessionária pretende adotar. Assim, esta variável pode refletir em um custo imediato no curto prazo, impactando diretamente nos resultados financeiros das concessionárias (Meyer et al., 2018;).

Custos de Operação e Manutenção

São os custos dispendidos com pessoas para manter a rede em perfeito funcionamento, incluindo o deslocamento de equipes de trabalho, atualização de rede, instalação de reguladores de tensão, manutenção de transformadores, programação e despacho de serviços, entre outros (Coster et al., 2011; Denholm et al., 2014).

Custo de investimento

São os custos relativos à infraestrutura da rede, tais como: instalação de medidores de energia, cabeamento de rede, postes e transformadores, proteções (disjuntores, relés, fusíveis e religadores), entre outros equipamentos que a concessionária instala no sistema de distribuição (Purchala et al., 2006; Elmubarak & Ali, 2016).

Energia Evitada

Engloba os custos evitados da distribuidora a partir de recursos do sistema devido à produção da GD, ou seja, esta variável possui grande relevância considerando seu impacto em todas as outras. Refere-se à energia que a distribuidora deixou de comprar de uma central geradora (Woolf et al., 2014; Orrell et al., 2018; Coster et al., 2011).

Confiabilidade

Está ligada à qualidade e critérios de continuidade e estabilidade no fornecimento de energia elétrica (Adefarati & Bansal, 2016). Esta variável permite avaliar se os parâmetros de qualidade e funcionamento exigidos pela ANEEL, para a rede em funcionamento, estão dentro dos indicadores estabelecidos pela agência reguladora (Gharehpetian & Agah, 2017). A qualidade dos serviços prestados pela distribuidora compreende a avaliação das interrupções no fornecimento de energia elétrica. Para tal finalidade, destacam-se os indicadores de continuidade conforme definidos no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). A concessionária deve se preocupar em manter estes indicadores dentro dos valores definidos pela ANEEL, caso contrário gera um impacto global sobre a receita da distribuidora, em função de multas aplicadas pelo regulador (Manditereza & Bansal, 2016).

Ainda não se sabe em que grau cada uma dessas variáveis irão influenciar os resultados financeiros da distribuidora dado o nível de penetração da GD. Acredita-se que esta influência vai depender de fatores como quantidade de energia injetada na rede, alimentador analisado, tecnologia utilizada e localização do prosumidor. Neste sentido, cada situação deve ser avaliada por meio de indicadores, a partir do cenário proposto.

Ficou evidente as dificuldades que as distribuidoras estão enfrentando no momento de prever seu fornecimento de energia, dado o crescimento das fontes distribuídas. Entre outros fatores, a natureza não despachável dessas fontes, em sua maioria, dificulta ainda mais o ajuste das estimativas de compra de energia pela concessionária, o que resulta em sobrecontratação (Bhadoria et al., 2013).

Paradoxalmente, a inserção da GD pode reduzir a necessidade de a concessionária negociar contratos adicionais referente à compra de energia para atender seus consumidores cativos (Dsouza et al., 2020). A capacidade de os prosumidores gerarem um excedente de energia em determinada região, de forma que essa energia possa ser consumida por outros consumidores locais, pode ser avaliada como um benefício para a distribuidora, além de reduzir as perdas na rede (Gharehpetian & Agah, 2017).

Segundo Gouvêa (2019), desde 2012 as distribuidoras vêm enfrentando uma intensa sobrecontratação de energia em razão da gradativa redução do consumo de energia dos consumidores cativos favorecidos pela expansão dos sistemas fotovoltaicos no mercado nacional. Particularmente, com os efeitos da pandemia (COVID19) a demanda de consumidores foi retraída, resultando em sobras de contrato, cuja gestão aumenta os custos das empresas. Consequentemente, a ANEEL aprovou novos mecanismos para mitigar os efeitos da sobrecontratação das distribuidoras de energia, conforme RESOLUÇÃO NORMATIVA N°904 de 2020.

Assim, para recuperar o setor a ANEEL aprovou, em caráter extraordinário, a realização de dois mecanismos que podem diminuir custos. O primeiro é um Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficit (MCSD) de energia nova A-1.

Por meio deste mecanismo (MCSD) as distribuidoras podem realocar sobras e défcits de montantes de energia elétrica e potência que foram adquiridos em leilões de novos empreendimentos de geração, além da possibilidade de reduzir os montantes contratados com os agentes geradores detentores de contratos vinculados aos novos empreendimentos de geração. Contratos de usinas com cronograma de obras em atraso e sem unidades geradoras em operação poderão ser reduzidos no MCSD. Assim, elas poderão ser descontratadas caso o gerador não veja possibilidade de entrar em operação no prazo.

O segundo é um Mecanismo de Venda de Excedentes (MVE), também visa a comercialização do excedente de contratação de energia elétrica pelas distribuidoras que acontece em agosto, para os casos não abarcados pelo MCSD. Nesse caso, parte da receita auferida pode ser revertida em favor do consumidor no próximo reajuste tarifário. O limite a ser declarado no MVE foi ampliado de 15% para 30% devido à pandemia. Até então, os MVEs eram realizados a cada três meses.

De fato, estes mecanismos foram criados pela agência reguladora no intuito de minimizar alguns dos impactos ocasionados pela transição do mercado de energia no Brasil, particularmente no que se refere à inserção da GD. Neste contexto, é possível perceber que a energia que as distribuidoras deixam de vender para os prosumidores acaba afetando seu EEF, mesmo existindo mecanismos para comercializar eventuais excedentes.

Por esta razão, sabe-se que a GD afeta a quantidade de energia comprada ou vendida pela concessionária e, conseqüentemente, sua receita. Assim, quando não explorada de forma otimizada, a GD pode causar prejuízos à concessionária ao invés de melhorar sua eficiência econômica e confiabilidade, devido à energia sobrecontratada e aos custos gerados (Bhadoria et al., 2013).

Levando em consideração os fatores mencionados nos parágrafos anteriores somados às falhas nos mecanismos de compensação e gestão das sobras de excedentes de energia contratada pelas concessionárias, evidencia-se a necessidade da utilização de metodologias e indicadores que quantifiquem os impactos da inserção da GD no EEF das distribuidoras.

A ideia da criação de indicadores consiste na necessidade de criar estratégias que permitam conhecer a dinâmica do mercado de GD de forma pormenorizada, para que as empresas distribuidoras possam se preparar para as novas regras e relações comerciais. A partir daí, é de suma importância para as distribuidoras criarem novos modelos de negócio, inserindo novos produtos de forma a compensar a deterioração de receita, devido a migração dos consumidores para o mercado de geração, uma vez que o mercado de GD se encontra em expansão.

Neste sentido, para que os indicadores sejam construídos deve-se dispor de informações capazes de traduzir os resultados do processo em análise, em períodos determinados. Desse modo, Segundo Fernandes (2004), é necessário estabelecer uma plataforma para a coleta e

sistematização dos dados que irão alimentar os indicadores propostos. A partir da definição do processo de medição, realiza-se testes das equações, define-se os responsáveis pela coleta e alimentação do banco de dados, para posterior composição dos indicadores e repasse desses resultados aos gestores. O padrão de comparação deve ser estabelecido com base no que se está sendo medido, a fim de manter uma relação que dê respaldo a esta comparação (Fernandes, 2004).

5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa buscou identificar os principais impactos que o aumento de penetração da GD nas redes de distribuição exerce no EEF das empresas distribuidoras de energia elétrica. Viu-se que estes impactos podem ser de ordem técnica e econômica para as empresas distribuidoras destes serviços.

Os impactos econômicos englobam as perdas de receita das distribuidoras, em que a difusão da GD implica, considerando que ao gerar a própria energia os prosumidores irão reduzir o consumo de energia junto à rede da concessionária local. Já os impactos técnicos estão ligados aos recursos dispendidos para melhoria da rede, em função de planejamento e adequações da rede para suportar o fluxo bidirecional de eletricidade.

Portanto, o aumento da inserção de fontes distribuídas pode implicar em diminuição de receita e aumento dos custos das concessionárias, uma vez que estes Micro e Minigeradores de Energia Distribuída (MMGD), além de reduzirem o consumo direto da rede, deixam de pagar parte dos custos fixos e variáveis que compõem a tarifa de energia. Isto implica na necessidade de inserir mudanças na estrutura tarifária volumétrica, incluindo o atual sistema de compensação, prezando pela modicidade tarifária dos consumidores cativos e a remuneração justa das distribuidoras.

Espera-se que a partir da utilização das ferramentas propostas, a distribuidora possa adotar estratégias na gestão da GD, prezando pela melhor alocação dos recursos disponíveis e bem estar social, visando a distribuição equitativa dos custos de distribuição de energia elétrica entre os agentes locais, para posterior aplicação de um plano de intervenção/ação estratégica, além de permitir a negociação com a agência reguladora no momento das revisões tarifárias. Adicionalmente, a partir do momento que as variáveis que impactam diretamente no equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras são conhecidas, permite-se criar cenários para realização de estimativas do impacto de diferentes níveis de penetração da GD sobre o EEF da distribuidora.

Com este enfoque analítico, este artigo avaliou os efeitos do modelo regulatório na adequação da prestação dos serviços públicos de energia elétrica no que se refere aos seus princípios: eficiência, continuidade, regularidade, cortesia na prestação, atualidade, e modicidade das tarifas. Em que para atingir esses resultados as distribuidoras devem atender parâmetros mínimos de eficiência definidos pela ANEEL, podendo ser submetida a um processo de perda da concessão dado o seu não cumprimento.

Contudo, para que os reais impactos da GD sejam bem delineados e a análise fique mais completa, indicadores e equações que contabilizem estes impactos devem ser desenvolvidos, de forma a identificar a sensibilidade dos impactos no EEF das distribuidoras ao correlacionar ao aumento do índice de penetração da GD.

REFERÊNCIAS

- ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – www.abradee.gov.br - site acessado em 04/09/21.
- ANEEL. Geração Distribuída. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp Acesso: 28 abr. 2021. 2021.
- Bergaentzlé, C., Clastres, C., Khalfallah, H., 2014. Demand-side management and European environmental and energy goals: an optimal complementary approach. *Energy Policy* 67, 858–869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.008>.
- Botelho, Amaury Sílvio. Os indicadores de desempenho e o piloto automático. Disponível em: www.qsp.org.br. Acesso em: 16 jul. 2003.
- Brasil. Lei No 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987compilada.htm Acesso: 5 Jan 2021. 1995.
- Brown, A., Lund, L., 2013. Distributed generation: how green? How efficient? How well-priced? *Electr. J.* 26 (3), 28–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tej.2013.02.016>.
- Brown, D., & Sappington, D. E. M. (2018). On the Design of Distributed Generation Policies: Are Common Net Metering Policies Optimal? *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2719902>
- Cambini, C., & Soroush, G. (2019). Designing grid tariffs in the presence of distributed generation. *Utilities Policy*
- Camargo, Leonidas Lopes de. Uso de indicadores da qualidade para o gerenciamento estratégico de empresas do ramo comercial. 2000. 109p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- Camargos, M. A.; Barbosa, F. D. Análise do desempenho econômico-financeiro e da criação de sinergias em processos de fusão e aquisição do mercado brasileiro ocorrido entre 1995 e 1999. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 12, n. 2, 2005.
- CARIDADE, Annelise Vendramini da Silva. Práticas de Gestão Estratégica e Aderência ao Método Sigma: Um estudo de Caso no Setor de Celulose e Papel. São Paulo: USP, 2006.
- Darghouth, Naïm R. et al. Net metering and market feedback loops: Exploring the impact of retail rate design on distributed PV deployment. *Applied Energy*, v. 162, p. 713- 722, 2016.
- Di Pietro, Maria Sylvania Z. (Org.). *Direito Regulatório: Temas Polêmicos*. Belo Horizonte: Fórum, 2009.

- Gesel, 2015. P&D de Tarifas Internacionais: Relatório 4 - Modelo Tarifário e Formação de Tarifas.
- HUNT, S. & SHUTTLEWORTH, G. *Competition and Choice in Electricity*. New York: Wiley, 1996.
- Jenkins, N., Ekanayake, J. B., & Strbac, G. (2010). Distributed generation. In *Distributed Generation*. <https://doi.org/10.1201/b16747-16>
- Konzen, Gabriel, and Gustavo Naciff De Andrade. "O efeito de uma tarifa binômica no retorno financeiro da microgeração fotovoltaica." Apresentado no VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte-MG. 2016.
- Kotler, Philip. *Administração de marketing: administração, planejamento, implementação e controle*. Tradução de: Ailton Bomfim Brandão. São Paulo: Atlas, 1998.
- Macedo, M. A. S.; SILVA, F. F.; SANTOS, R. M. Análise do mercado de seguros no Brasil: uma visão do desempenho organizacional das seguradoras no ano de 2003. *Revista de Contabilidade e Finanças da USP*, edição especial, 2006.
- Martins, Vanderlei Affonso. *Análise Do Potencial De Políticas Públicas Na Viabilidade De Geração Distribuída No Brasil*. Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- Matarazzo, D. C. *Análise financeira de balanços: abordagem básica e gerencial*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1997. 463 p. 2010.
- Melo, A. C. de, & Coutinho, E. S. (2007). O Modelo Fleuriet como Indicador Conjunto de Solvência e Rentabilidade. *EnANPAD XXXI Encontro Da ANPAD Rio de Janeiro*., 2007.
- Moura, Franklin dos Santos. *Conhecimento e Regulação no Brasil*. Capítulo 10: Uma Análise Sobre O Papel Do Equilíbrio Econômico-Financeiro Na Concessão de Serviço Público. Atena Editora. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/03/e-book-Conhecimento-e-regula%C3%A7%C3%A3o-no-Brasil.pdf>>. Acesso: 5 Jan 2021. 2019.
- Moura, Franklin dos Santos. *Uma análise sobre o papel do equilíbrio econômico-financeiro na concessão de serviço público*. 2018. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação em Direito Administrativo) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2018.
- Pindyck, Robert S.; Rubinfeld, Daniel L. *Microeconomia*. 6. ed. São Paulo. 2006.
- PSR, 2013. *Energy Report – Edição 77*.
- Quezada, V.M., Abbad, J.R., Roman, T.G.S., 2006. Assessment of energy distribution losses for increasing penetration of distributed generation. *IEEE Trans. Power Syst.* 21 (2), 533–540.
- Santos, José Anacleto Abduch. *Contratos de concessão de serviços públicos: equilíbrio econômico-financeiro*. 1ª ed. Curitiba: Juruá, 2006.
- Santos, A.; Casa Nova, S. P. C. Proposta de um modelo estruturado de análise de demonstrações contábeis. *RAE-Eletrônica*, v. 4, n. 1, 2005.
- Satchwell, A., Mills, A., Barbose, G., 2015. Quantifying the financial impacts of net-metered PV on utilities and ratepayers. *Energy Policy* 80, 133–144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.043>.
- Shayani, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. Photovoltaic generation penetration limits in radial distribution systems (Technical report). *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 26, n. 3, p. 1625, 2011.
- Takashina, Newton Tadachi; Flores, Mário Cesar Xavier. *Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e atingir resultados*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.