DOI: 10.48011/asba.v2i1.1280

Fator de potência em instalações com geração distribuída: Estudo de caso em geração fotovoltaica de 73,28 kWp

Zedequias Machado Alves * **Lucas Mondardo Cunico** ** **Geóvio Kroth** *** **Adriano Peres de Morais** **** **Gustavo Marchesan** † **Ghendy Cardoso Junior** ‡

* *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Criciúma, SC, (e-mail: zedequias.alves@ifsc.edu.br).*
** *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Criciúma, SC, (e-mail: lucas.cunico@ifsc.edu.br)*
*** *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Criciúma, SC, (e-mail: geovio.kroth@ifsc.edu.br)*
**** *Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, RS, (adriano@ctism.ufsm.br)*
† *Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, RS, (gutomarchesan@gmail.com)*
‡ *Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, RS, (ghendy@ufsm.br)*

Abstract: The use of Distributed Generation (DG) is essential to reach the criteria of Decarbonization, Decentralization and Digitization (3D). However, DG can cause impacts on the electric power systems. Among the impacts, this work proposes to analyze the changes in the Power Factor (PF) caused by the use of DG. For the study, generation and consumption data are collected in a prosumer unit located in Criciúma, Santa Catarina, Brazil. Two days are used in the analysis, one with a generation higher than the load, and another with a generation below the load. Current Brazilian legislation is considered in the analyzes carried out at work. The results obtained indicate changes in the PF of the prosumer due to the use of DG.

Resumo: O uso de Geração Distribuída (GD) é essencial para que sejam atingidos critérios como: Descarbonização, Descentralização e Digitalização, conhecidos como os *3Ds*. Porém, as GD podem causar impactos no Sistema Elétrico de Potência (SEP). Neste sentido, este trabalho visa analisar as alterações no Fator de Potência (FP) causadas pelo uso de GD. Para o estudo, são coletados dados de geração e consumo em uma unidade prossumidora localizada em Criciúma, Santa Catarina. Na análise, são utilizados os dados coletados de dois dias, um com geração superior à carga e outro com geração inferior à carga. O trabalho realiza uma abordagem do tema considerando a legislação vigente. Os resultados obtidos indicam que o uso de GD causa alterações no FP do prossumidor. Unidades de GD, quando instaladas em grande quantidade, por prossumidores classificados como consumidores do *grupo B*, podem gerar alterações no FP percebidos pela concessionária de distribuição de energia elétrica.

Keywords: Distributed Generation; Power Factor; Reactive Energy; Prosumer; Energy Analyzer.

Palavras-chaves: Geração Distribuída; Fator de Potência; Energia Reativa; Prossumidor; Analisador de Energia.

1. INTRODUÇÃO

Em 2013, o Brasil contava com poucas unidades de Geração Distribuída (GD), havia uma potência instalada de 3,8 MW. Até junho de 2020, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL (2020), o Brasil possuía 249.716 unidades com GD instalada, compondo uma potência instalada de 3.112,53 MW, ou seja, um aumento de quase mil vezes em sete anos.

O aumento no número de GDs pode ser associado à tendência mundial em atender os chamados 3Ds: Descarbonização, Descentralização e Digitalização. Para a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, ABESCO (2018), as GDs são extremamente necessárias para que sejam atingidas as metas previstas pelos 3Ds. No entanto, as GDs oferecem alguns desafios para o sistema tradicional de distribuição de energia. Alves (2018) cita alguns impactos positivos e negativos que podem ser causados pelas GDs.

Com a crescente utilização, tanto no Brasil quanto no mundo, de unidades de GDs, alguns temas antes bem consolidados na área dos Sistemas Elétricos de Potência (SEP), merecem uma nova análise considerando as atuais mudanças.

O baixo Fator de Potência (FP) é um problema antigo no sistema de distribuição de energia elétrica. De acordo com Eichkoff, Marques, e Mello (2018), as GDs, em especial as fotovoltaicas, são ajustadas para gerarem apenas energia ativa, FP unitário. Com isso, os problemas no sistema elétrico causados pelo baixo FP podem ser agravados com o aumento na utilização de GDs, tornando difícil a regulação de tensão na rede, permitindo assim, oscilações ao longo do dia, comprometendo a vida útil de cabos e equipamentos e, conforme demonstrado por Lima, Nascimento, e Vieira (2011), podendo causar até mesmo a desconexão da própria GD.

Entre os diversos temas envolvendo a conexão de GDs no SEP, este artigo traz a questão do FP no sistema de distribuição brasileiro, considerando a utilização de GD. Para tanto, é realizada a coleta de dados de uma unidade consumidora do *grupo A* com GD instalada. A unidade consumidora fica localizada na região sul de Santa Catarina, a análise é feita cotejando os dados de geração com os dados de consumo de energia. É realizada uma abordagem do tema do ponto do vista da legislação vigente e do possível impacto para as concessionárias de distribuição de energia elétrica.

2. FATOR DE POTÊNCIA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM GD

ANEEL (2010), define a energia reativa como sendo aquela que circula entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho. Segundo a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, COELBA (2020), a energia reativa, apesar de não produzir trabalho, é necessária para o correto funcionamento de diversos equipamentos eletromagnéticos.

O excesso de energia reativa se reflete no baixo FP do sistema de distribuição e, de acordo com COELBA (2020), pode causar:

- Variações de tensão;
- Aumento de perdas técnicas;
- Redução do aproveitamento da capacidade de transformadores;
- Redução da vida útil de equipamentos da rede elétrica;
- Aumento das distorções harmônicas pela saturação de transformadores.

Em junho de 2012, por meio da Nota Técnica nº 83 de 2012, ANEEL (2012b), foi realizada a proposta de abertura de chamada pública que teve como finalidade aprimorar a regulamentação acerca do tema Fator de Potência (FP), previsto na resolução normativa da ANEEL nº 414 de 2010. A Nota Técnica nº 83 de 2012 apresenta um breve histórico dos fatos que motivaram a proposta de abertura da chamada pública. Destaca-se, entre os fatos mencionados, o estudo sobre FP considerando o advento da GD, executado em 2009 pela empresa alemã GIZ (*Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*).

Na Audiência Pública nº 65 de 2012, ANEEL (2012a), foram discutidos, entre outros, qual deveria ser o limite do FP no Brasil, se as harmônicas iriam compor ou não as medições de FP, como seriam realizadas tais medições. No que diz respeito a contribuição das GDs no FP, tanto a audiência pública, quanto o estudo realizado pela empresa GIZ, Humpert e Stadler (2009), são pouco abrangentes quando analisados do ponto de vista atual.

Como resultado da Audiência Pública nº 65 de 2012, ANEEL (2013d), foi elaborada a Resolução Normativa nº 569, em 23 de julho de 2013. A Resolução nº 569 de 2013, ANEEL (2013c), institui: o limite de FP, indutivo ou capacitivo, como sendo de 0,92; torna obrigatória a medição de FP de consumidores do *grupo A*; e proíbe a cobrança de excedente reativo para os consumidores do *grupo B*. Nas análises referentes as contribuições submetidas a audiência pública, ANEEL (2013a), é mencionada a possibilidade de realização de estudos futuros para a manutenção ou proibição da cobrança de excedente reativo de consumidores do *grupo B*.

A resolução específica para o acesso de GD ao sistema de distribuição de energia, Resolução Normativa nº 482 de 2012, ANEEL (2012c), atualizada pela Resolução Normativa nº 687 de 2015, ANEEL (2015), não menciona a geração de energia reativa, nem faz recomendações quanto ao FP das unidades consumidoras com GD instalada, objetos de análise deste trabalho.

Macedo Jr (2017), comenta a possível influência da GD na medição do FP. Sendo as GDs, em especial a solar fotovoltaica, ajustadas para gerarem com fator de potência unitário. Ao gerar energia, o medidor registra uma redução na parcela referente a energia ativa, porém, a parcela referente a energia reativa permanece a mesma, conforme ilustrado na Figura 1. Na qual P_1, Q_1 e S_1 são valores de potência ativa, reativa e aparente, respectivamente, sem a utilização de GD; P_2, Q_2 e S_2 são valores de potência ativa, reativa e aparente, respectivamente, com a utilização de GD; θ_1 e θ_2, são os ângulos que irão compor o FP antes e depois da inserção da GD.

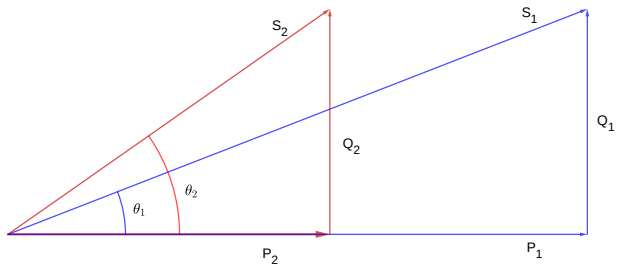

Figura 1. Triângulo das potências antes da inserção da GD (azul), e após a inserção de GD (vermelho).

Assim, o sistema de medição de energia de uma unidade prossumidora ajustada para gerar com FP unitário, irá registrar:

- redução da potência ativa: $(P_1 > P_2)$;
- a energia reativa permanece a mesma: $(Q_1 = Q_2)$;
- redução na potência aparente: $(S_1 > S_2)$;
- aumento do ângulo entre a potência aparente e ativa: $(\theta_2 > \theta_1\ )$;

- redução do fator de potência: ($FP_1 > FP_2$).

No exemplo apresentado na Figura 1, o FP com a inserção da GD (FP_2) é determinado por (1)

$$FP_2(P_\mathrm{g}) = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{Q}{P_1 - P_\mathrm{g}}\right)\right) \tag{1}$$

Onde: Q é a energia reativa consumida pela carga; P_1 é a energia ativa consumida pela carga; e P_g é a energia ativa gerada.

Percebe-se, ao analisar (1), que ao aumentar a energia ativa gerada (P_g), o novo fator de potência registrado pelo medidor de energia (FP_2) é reduzido.

3. METODOLOGIA

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Câmpus de Criciúma, é conectado na rede de distribuição 13,8 kV da concessionária de distribuição de energia elétrica Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina), a demanda contratada é de 140 kVA. Possui um sistema de microgeração distribuída que entrou em operação no ano de 2017. O sistema instalado é composto por 229 módulos com potência de 320 Wp cada, resultando em um sistema de 73,28 kWp. O sistema possui cinco inversores com potência nominal de saída igual a 15 kW cada.

Para corrigir o FP do câmpus, é utilizado um banco de capacitores fixo de 22,5 kVAr com controle horário. O banco de capacitores é ligado no período diurno, mantendo assim, neste período, o FP levemente capacitivo, e desligado no período noturno. A Figura 2 corresponde ao banco de capacitores utilizado.

Figura 2. Banco de capacitores com controle horário.

Durante o mês de novembro de 2018, foram coletadas informações de medição e geração a fim de verificar o impacto da GD nos parâmetros de faturamento da instituição, especialmente no FP. Os dados de geração, utilizados para a análise, são os registrados e disponibilizados na memória dos inversores. Para a coleta dos dados de consumo de energia na unidade, foram realizadas medições com o auxílio do analisador de energia, conectado a rede do câmpus conforme a Figura 3.

Os dados de energia ativa e reativa foram agrupados em intervalos de 10 minutos. Há uma pequena diferença de

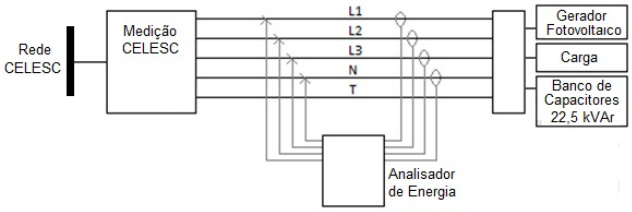

Figura 3. Conexão do analisador.

tempo entre as medições de geração e de consumo, em torno de 1 minuto, esta diferença de tempo foi considerada irrelevante já que estão sendo utilizados valores médios.

Os inversores, utilizados na GD do câmpus, são ajustados de forma a manter o FP unitário, ou seja, quase que a totalidade da energia gerada é ativa. A energia reativa gerada ocorre apenas nos momentos de entrada e saída do inversor na rede, os valores são desprezíveis para a análise.

Para a realização das análises, a parte ativa da carga foi estimada cruzando-se os dados de geração com os dados obtidos pelo analisador de energia. Para a componente reativa da carga, foi mantido o valor obtido no analisador de energia, considerando que a geração foi unicamente de energia ativa.

$$C_\mathrm{e} = (E_\mathrm{ap} + E_\mathrm{g}) + jE_\mathrm{q} \quad [\mathrm{VAh}] \tag{2}$$

Onde: C_e é a carga estimada em VAh; E_ap é a energia ativa mensurada pelo analisador de energia; E_g é a energia ativa gerada; E_q corresponde à energia reativa.

O FP da carga estimada, assim como os da medição, foram determinados conforme previsto na Resolução nº 414 de 2010, ANEEL (2010), utilizando (3):

$$FP = \frac{E_p}{\sqrt{E_p^2 + E_q^2}} \tag{3}$$

Onde: FP é o Fator de Potência calculado; E_p é a Energia ativa; E_q representa a Energia reativa.

As análises do FP foram realizadas conforme o padrão IEEE nº 1459 de 2010, IEEE (2010), também abordado em Schneider Electric (2020). Não foram considerados os FP durante o fluxo reverso, ou seja, durante o excedente de geração, pertencentes ao segundo e terceiro quadrante. O excedente reativo não é faturado, pela concessionária de energia, durante o fluxo reverso, não gerando assim impactos financeiros ao prossumidor. As análises foram realizadas para os períodos em que o sentido do fluxo ocorreu de forma convencional, ou seja, períodos em que a carga foi maior do que a geração, observando-se o primeiro e quarto quadrante.

4. ESTUDO DE CASO

Dos dados obtidos, foram escolhidos para análise o dia 13 e 15 de novembro de 2018. O dia 13 de novembro foi uma terça-feira, neste dia a geração se manteve abaixo do consumo do câmpus. O dia 15 de novembro foi uma quinta-feira, feriado da proclamação da república, neste dia a geração superou o consumo do câmpus na maior parte do dia.

4.1 Dia com Geração Inferior a Carga

O dia 13 de novembro de 2018, terça-feira, foi um dia quente e com nuvens, houve um uso intenso de equipamentos de ar condicionado. A Figura 4, apresenta a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, agrupada em intervalos de 10 minutos.

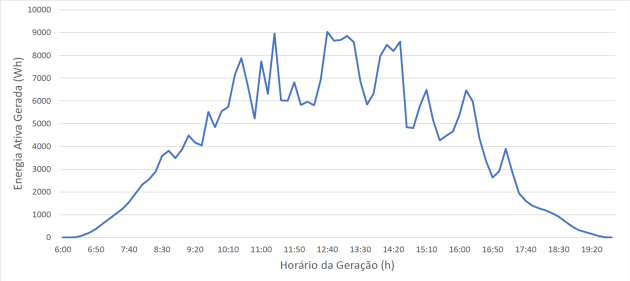

Figura 4. Energia ativa gerada no dia 13 de novembro de 2018.

Na Figura 5, são apresentadas as energias ativa e reativa registradas pelo analisador. O consumo aumenta após as 13 horas devido ao início das aulas do período vespertino e a elevação na temperatura.

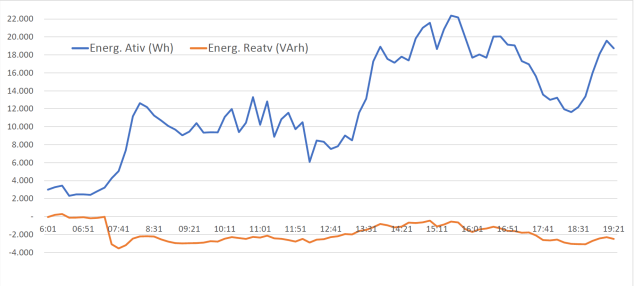

Figura 5. Energia ativa e reativa registradas pelo analisador de energia no dia 13 de novembro de 2018.

Com os dados de geração, Figura 4, e os dados do analisador de energia, Figura 5, é possível, aplicando (2), estimar a carga ativa consumida apresentada na Figura 6.

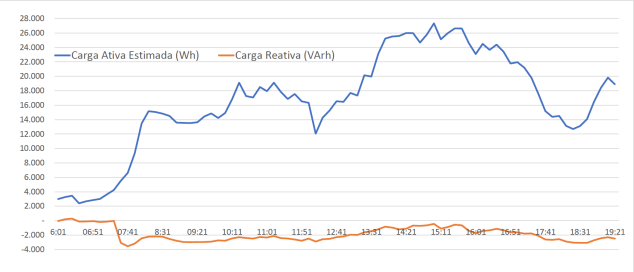

Figura 6. Carga estimada para o dia 13 de novembro de 2018.

A Figura 7, apresenta a comparação entre o FP obtido com os dados mensurados pelo analisador de energia (sistema com GD), e o FP obtido com os dados da carga estimada (sistema sem GD).

Os valores de FP com a geração ou sem, ficam bem próximos ao longo da maior parte do dia. Os horários com maior diferença são apresentados na Tabela 1.

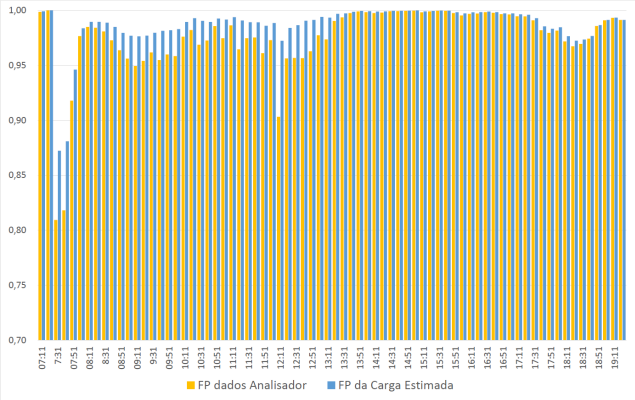

Figura 7. Comparação entre FP com e sem GD para o dia 13 de novembro de 2018.

Tabela 1. FP com e sem GD.

Horário	FP Com GD	FP Sem GD
07:31	-0,809	-0,872
07:41	-0,818	-0,881
07:51	-0,918	-0,946
12:11	-0,903	-0,972
12:21	-0,956	-0,984

As diferenças mais significativas, entre o FP da carga estimada e o medido pelo analisador, ocorrem nos períodos em que a geração coincidiu com a carga mais baixa. As diferenças nos FPs poderiam ser maiores se fossem utilizados valores instantâneos de geração e carga estimada. A análise instantânea não foi possível, neste trabalho, por conta da intermitência da fonte e dificuldades em se sincronizar os dados de geração e carga.

4.2 Dia com Geração Superior a Carga

Dia 15 de novembro de 2018, uma quinta-feira de feriado, portanto, com consumo mínimo durante todo o dia. A geração no campus foi constante, houve pouca interferência de nuvens conforme pode ser observada na Figura 8.

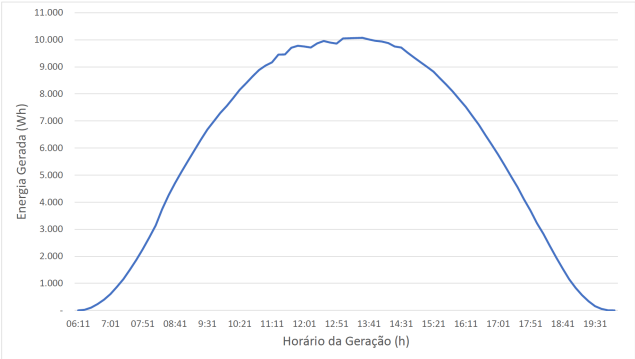

Figura 8. Energia ativa gerada dia 15 de novembro de 2018.

Devido ao feriado, o consumo foi relativamente baixo no dia 15 de novembro de 2018. Tendo a geração se mantido constante ao longo do dia, houve consumo negativo de energia ativa, ou seja, houve injeção de excedente na rede da concessionária de energia (Celesc). Os valores de energia reativa registrados acompanham a carga. Os dados de consumo de energia ativa e reativa mensurados pelo analisador de energia são apresentados na Figura 9.

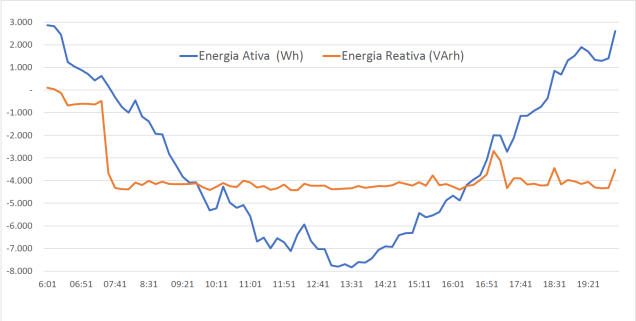

Figura 9. Energia ativa e reativa registradas no analisador de energia dia 15 de novembro de 2018.

Assim como feito na Figura 6, o consumo de energia ativa para o dia 15 de novembro foi estimado, e pode ser verificado na Figura 10.

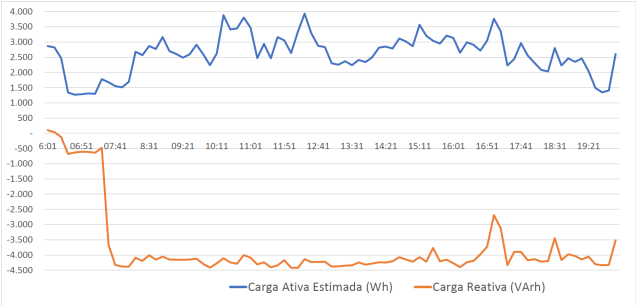

Figura 10. Carga estimada para o dia 15 de novembro de 2018.

Atualmente, para fins de medição de excedente reativo, são considerados apenas os períodos em que há consumo positivo de potência ativa, ou seja, não é considerado o FP durante a injeção de potência no sistema da concessionária de energia (Celesc). Eliminando os horários em que FP não é considerado para fins de faturamento, realizou-se a comparação entre o FP da carga estimada (sistema sem GD) com o FP obtido dos dados mensurados pelo analisador de energia (sistema com GD), conforme Figura 11.

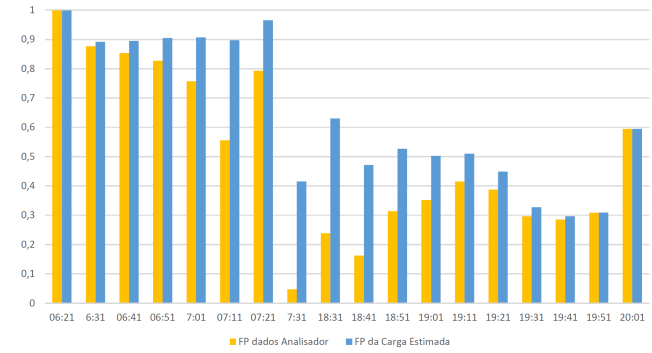

Figura 11. Comparação entre o FP com e sem GD para o dia 15 de novembro de 2018.

Por meio da Figura 11, é possível observar o mesmo comportamento do dia 13 de novembro de 2018, com diferenças mais significativas dos FPs durante os períodos em que valores mais elevados de geração coincidem com consumo baixo, ou seja, períodos com maior redução no consumo de energia ativa. O período em que não há o monitoramento do FP é preocupante, apesar de, atualmente, não gerar impacto financeiro ao prossumidor, o baixo FP pode causar impacto na rede da concessionária de distribuição.

4.3 Discussões

É esperado que variações no FP sejam refletidas na tensão, Trindade et al. (2017), menciona que as GDs fotovoltaicas não possuem inércia, com isso, variações na geração causadas pela presença de nuvens se refletem instantaneamente na geração e ocasionam oscilações de tensão. No atual trabalho, são utilizados valores médios, as medições feitas pelo analisador de energia foram realizadas relativamente próxima a rede da concessionária, cujo comportamento se assemelha a uma barra infinita, desta forma, não foram encontradas, no atual trabalho, oscilações nos níveis de tensão que merecessem análise.

O sistema utilizado neste estudo é de pequeno porte, apesar do tamanho, os resultados corroboram com os observados em sistemas maiores e localizados em regiões diferentes do Brasil, como o apresentado por Parente et al. (2018).

Já é consenso de que há diferenças entre consumidores com GD instalada e consumidores sem GD, principalmente quando tratamos de consumidores residenciais "tradicionais" (consumidores do *subgrupo B1*). O termo *prosumer*, em português *prossumidor*, foi criado por Alvin Toffler em 1980, Toffler (1980). Atualmente o termo, muito bem definido pela Associação Brasileira de Investidores em Autoprodução de Energia, ABIAPE (2020), vem sendo utilizado em referência à consumidores com GD instalada.

A resolução nº 414 de 2010, ANEEL (2010), caracteriza os consumidores do *grupo A* como sendo os atendidos em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidos a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária e, são tarifados de forma binômia. Os consumidores do *grupo B* são atendidos em tensão inferior a 2,3 kV e caracterizados pela tarifa monômia. Não há referência, na resolução nº 414 de 2010, aos prossumidores.

A cobrança de excedente reativo não é permitida à consumidores do *grupo B*. Entre os motivos para a decisão, a ANEEL (2013b) alega que os consumidores do *subgrupo B1* (consumidores residenciais) são hipossuficientes, que se faturados pelo baixo FP, é improvável que tenham condições de providenciar a solução do problema. Diferente das características dos consumidores do *subgrupo B1*, alegadas por ANEEL (2013b), os prossumidores possuem condição financeira suficiente para adquirirem os equipamentos necessários à montagem da GD e, possuem também condições para encontrar profissionais que projetam e executam tal GD, portanto, a condição de hipossuficiência destes consumidores é passível de revisão.

O observado, no estudo de caso, para o dia 15 de novembro de 2018, geração superior a carga, é comum em unidades prossumidoras residenciais. O consumo nas unidades do *grupo B1* é baixo durante o período diurno, período em que ocorre a geração, e elevado durante o horário de ponta, sendo que neste não há geração por GD solar fotovoltaica. Segundo a ANEEL (2017), os consumidores

residenciais representam 79,5% dos prossumidores, sendo os consumidores do *grupo B* isentos de cobrança por excedente de reativo, o impacto pelo baixo FP causados pelo uso de GD, nestas unidades, poderá ser sentido nas concessionárias de energia.

5. CONCLUSÃO

A GD causa alteração na medição do FP do prossumidor, como observado nos dados analisados. As alterações são mais significativas quando ocorre geração inferior ao consumo, desta forma a medição não distingue se o baixo FP é devido à carga ou à geração. Na situação de geração superior à carga, o excedente de reativo não é faturado. O consumo de reativo não contabilizado no prossumidor, pode causar impactos no alimentador da concessionária de energia, esta análise será realizada em estudos futuros.

É importante a regulamentação, pela Resolução nº 414 de 2010, do usuário da rede elétrica com GD instalada, o mesmo, poderia ser enquadrado como sendo *prossumidor residencial*. Desta forma, serão reduzidos os prováveis impactos nas concessionárias de energia elétrica devido ao baixo FP causados por prossumidores residenciais, atualmente enquadrados como consumidores do *grupo B*.

A intermitência da GD e seu reflexo no FP, pode gerar multa por excedente de reativo em prossumidores do *grupo A*. Dependendo da carga e do tamanho da GD, a utilização, para correção de FP, de banco de capacitores fixos com controle horário, como o apresentado no estudo, pode se tornar ineficiente. Neste caso, o recomendado é a utilização de bancos automáticos para a correção de FP.

O consumo de energia ativa está cada vez mais independente do consumo de energia reativa. Nos sistemas tradicionais, normalmente ao se ter uma redução no consumo de energia ativa, o consumo de energia reativa se mantém ou é reduzido proporcionalmente. Na situação atual, com unidades de GD, é possível que se tenha variações no consumo de energia ativa sem que o consumo de energia reativa seja reduzido.

A atual forma de faturamento do excedente reativo, observando exclusivamente o FP de deslocamento angular, ou seja, observando apenas a relação entre a energia ativa e reativa, e somente durante o consumo, é passível de revisão. Da forma como está posto, não é monitorado o excedente reativo durante a injeção da GD na rede e nem distorções harmônicas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABESCO (2018). A solução 3D para o setor de energia. URL `http://www.abesco.com.br/pt/novidade/a-solucao-3d-para-o-setor-de-energia`.

ABIAPE (2020). Contribuição da abiape para a consulta pública da aneel nº 025 de 2019. URL `https://bityli.com/ozGrF`.

Alves, Z.M. (2018). *Determinação do ponto ótimo de injeção de potência para minimização de perdas técnicas e melhoria do nível de tensão em redes elétricas com geração distribuída*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. URL `https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/193259/PGES0001-D.pdf`.

ANEEL (2010). Resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. URL `http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf`.

ANEEL (2012a). Audiência Pública nº 065 de 2012. URL `http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/integra_aviso_presencial_ap_065_2012.pdf`.

ANEEL (2012b). Nota técnica nº 83 de 2012. URL `http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/documento/nota_tecnica_0083_daniel_dir.pdf`.

ANEEL (2012c). Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. URL `http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf`.

ANEEL (2013a). Análise de contribuições referente à audiência pública nº 065 de 2013. URL `https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/resultado/rac_ap-65.pdf`.

ANEEL (2013b). Nota técnica SRD/ANEEL nº 154 de 2013. URL `https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/resultado/nt_0154-2013-srd-aneel_-_ap-65.pdf`.

ANEEL (2013c). Resolução normativa nº 569, de 23 de julho de 2013. URL `https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/resultado/ren2013569.pdf`.

ANEEL (2013d). Resultados da audiência pública nº 65 de 2012. URL `http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaResultado.cfm?attAnoAud=2012&attIdeAud=691&attAnoFasAud=2012&id_area=13`.

ANEEL (2015). Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. URL `http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf`.

ANEEL (2017). Nota técnica SRD/ANEEL nº 0056 de 2017. URL `https://bityli.com/HEL2R`.

ANEEL (2020). Unidades consumidoras com geração distribuída. URL `https://bityli.com/jG2gq`.

COELBA (2020). Energia reativa. URL `http://servicos.coelba.com.br/comercial-industrial/Pages/energia-reativa.aspx`.

Eichkoff, H.S., Marques, R.C., e Mello, A.P.C.d. (2018). Análise da geração distribuída para o controle de tensão e potência reativa em sistemas modernos de distribuição. *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar*. URL `https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/177`.

Humpert, C. e Stadler, I. (2009). *Challenges and opportunities of the integration of new consumers and decentralized power plants*. By order of the Brazilian Energy Program of Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH and in cooperation with Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Brazil.

IEEE (2010). IEEE standard definitions for the measurement of electric power quantities under sinusoidal, nonsinusoidal, balanced, or unbalanced conditions. *IEEE*

Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000), 1–50.

Lima, R., Nascimento, K., e Vieira, J. (2011). Caracterização de variações de tensão causadas pela proteção anti-ilhamento de geradores distribuídos. URL https://www.researchgate.net/publication/271704947_Caracterizacao_de_Variacoes_de_Tensao_Causadas_pela_Protecao_Anti-Ilhamento_de_Geradores_Distribuidos.

Macedo Jr, J.R. (2017). Fontes renováveis e a qualidade de energia elétrica: Os desafios da regulamentação técnica. URL https://www.youtube.com/watch?v=C6ZvY4wGcD8.

Parente, C.R.V., Sampaio, R.F., Leão, R.P.S., Ribeiro, S.D.C., de Medeiros, E.B., e Silva, K.D.M., e Ribeiro, F. (2018). análise do fluxo de potência e do fator de potência no sistema elétrico de distribuição de um campus universitário com a inserção da geração solar fotovoltaica. *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar*. URL https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/71.

Schneider Electric (2020). What is the difference between ieee and iec standards in terms of kw, kvar, and pf (power factor)? URL https://www.se.com/ww/en/faqs/FA212521/.

Toffler, A. (1980). *The Third Wave (A Terceira Onda)*. Editora Record, Rio de Janeiro, RJ.

Trindade, F.C., Ferreira, T.S., Lopes, M.G., e Freitas, W. (2017). Mitigation of Fast Voltage Variations during Cloud Transients in Distribution Systems with PV Solar Farms. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 32(2), 921–932. doi:10.1109/TPWRD.2016.2562922.