PERFIS DE DEMANDA, POTÊNCIA EXCEDENTE INJETADA NA REDE ELÉTRICA E FATOR DE POTÊNCIA DE UNIDADE CONSUMIDORA COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E VEÍCULO ELÉTRICO

Gustavo Xavier de Andrade Pinto (UFSC) - gustavoxap@gmail.com

Daniel Odilio dos Santos (UFSC) - daniel.odilio@gmail.com

JOAO PEDRO FREDERICO DE ABREU (UFSC) - frederico.abreu.1994@gmail.com

Vinícius Hirassaki (UFSC) - vini.hira@hotmail.com

Helena Flávia Naspolini (UFSC) - helenaflavianaspolini@gmail.com

Ricardo Rüther (Instituição - a informar) - ricardo.ruther@ufsc.br

Resumo:

Este trabalho visa avaliar, sob a ótica da concessionária de energia elétrica, perfis de demanda, potência excedente injetada na rede elétrica e fator de potência de uma unidade consumidora (UC) intitulada Fotovoltaica UFSC (FV-UFSC), localizada em Florianópolis-SC, a partir de técnicas de medição da demanda e da energia excedente injetada na rede elétrica, registrada por medidor bidirecional de energia elétrica. Tal UC possui minigeração solar fotovoltaica de 105 kWp. Sua carga é constituída por um ônibus elétrico (e-bus), sistemas de iluminação à LED e aparelhos de ar condicionado com alta eficiência energética. Para o período analisado, os resultados mostram que as máximas demandas mensais medidas se situam entre 83,86 kW (fevereiro de 2018) e 94,94 kW (em março de 2018) e as máximas potências mensais medidas injetadas na rede elétrica situam-se entre 46,90 kW (junho de 2017) e 72,53 kW (novembro de 2017). Observou-se ainda, valores muito baixos para a demanda reativa da UC. Os resultados mostraram que nos períodos de carregamento do e-bus alto fator de potência e. nos períodos em que a injeção da energia ativa excedente na rede da concessionária foi alta o fator de potência da UC também apresentou valores elevados. No período compreendido entre 20:00 horas e 00:00 horas, a UC apresentou baixo fator de potência indutivo (menor do que 0,92), o que ocasionou, por parte da concessionária, a cobrança de adicional pela energia reativa excedente consumida.

Palavras-chave: *Energia solar fotovoltaica, perfis de consumo e de energia excedente injetada na rede elétrica, veículos elétricos.*

Área temática: *Conversão Fotovoltaica*

Subárea temática: *Aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos instalados*

PERFIS DE DEMANDA, POTÊNCIA EXCEDENTE INJETADA NA REDE ELÉTRICA E FATOR DE POTÊNCIA DE UNIDADE CONSUMIDORA COM GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E VEÍCULO ELÉTRICO

Gustavo Xavier de Andrade Pinto – gustavoxap@gmail.com
Daniel Odilio dos Santos – daniel.odilio@gmail.com
João Pedro Frederico de Abreu – frederico.abreu.1994@gmail.com
Vinícius Hirassaki – vini.hira@hotmail.com
Helena Flávia Naspolini – helena@eel.ufsc.br
Ricardo Rüther – ricardo.ruther@ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900

Resumo. *Este trabalho visa avaliar, sob a ótica da concessionária de energia elétrica, perfis de demanda, potência excedente injetada na rede elétrica e fator de potência de uma unidade consumidora (UC) intitulada Fotovoltaica UFSC (FV-UFSC), localizada em Florianópolis-SC, a partir de técnicas de medição da demanda e da energia excedente injetada na rede elétrica, registrada por medidor bidirecional de energia elétrica. Tal UC possui minigeração solar fotovoltaica de 105 kWp. Sua carga é constituída por um ônibus elétrico (e-bus), sistemas de iluminação à LED e aparelhos de ar condicionado com alta eficiência energética. Para o período analisado, os resultados mostram que as máximas demandas mensais medidas se situam entre 83,86 kW (fevereiro de 2018) e 94,94 kW (em março de 2018) e as máximas potências mensais medidas injetadas na rede elétrica situam-se entre 46,90 kW (junho de 2017) e 72,53 kW (novembro de 2017). Observou-se ainda, valores muito baixos para a demanda reativa da UC. Os resultados mostraram que nos períodos de carregamento do e-bus alto fator de potência e. nos períodos em que a injeção da energia ativa excedente na rede da concessionária foi alta o fator de potência da UC também apresentou valores elevados. No período compreendido entre 20:00 horas e 00:00 horas, a UC apresentou baixo fator de potência indutivo (menor do que 0,92), o que ocasionou, por parte da concessionária, a cobrança de adicional pela energia reativa excedente consumida.*

Palavras-chave: *Energia solar fotovoltaica, perfis de consumo e de energia excedente injetada na rede elétrica, veículos elétricos.*

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da população urbana e à sua maior conscientização ambiental, o interesse pela utilização de energias renováveis, principalmente da energia solar fotovoltaica, tem aumentado consideravelmente. No Brasil, o número de unidades consumidoras com geração distribuída vem crescendo fortemente a cada ano, totalizando aproximadamente 1,5 MW em sistemas instalados até novembro de 2019 (ANEEL, 2019). Neste ano (até novembro) a quantidade de conexões de sistemas com geração distribuída apresentou um aumento de 104% com relação ao ano anterior (ANEEL, 2019). Adicionalmente, o custo médio dos sistemas fotovoltaicos (*kit* + integração) teve redução. De junho 2018 a junho 2019, a redução média dos custos foi de, aproximadamente, 14% para sistemas residenciais (4 kW) e industriais (1.000 kW) e de 17 % para sistemas comerciais (50 kW) (Greener, 2019).

Visando melhorar a qualidade do ar e diminuir as emissões de CO_2, muitas cidades (principalmente as inseridas em regiões metropolitanas) estão em busca de soluções mais sustentáveis. Uma das soluções adotadas é a implementação do transporte coletivo via veículos elétricos (VE). Em 2017, treze metrópoles assinaram o C40 *Fossil-Fuel-Free Streets Declaration* (c40.org), cujo objetivo é a aquisição, a partir de 2025, de frotas de ônibus com emissão nula.

Entre 2010 e 2017 o preço de sistemas de armazenamento (íon-lítio) para uso em veículos elétricos teve redução de 79%. Projeta-se ainda, redução adicional de 67% de até 2030 (BNEF, 2018). Ônibus elétricos, dependendo do sistema de armazenamento e condições de operação, poderão apresentar competitividade com os à diesel. A paridade poderia ser atingida em 2030, sendo mais competitivo em cidades de maior tamanho e com maiores distancias anuais percorridas (BNEF, 2018). Atualmente, a utilização de ônibus elétricos é maior na América do Norte, Europa e Ásia (Li, Castellanos e Maassen, 2018), onde se localizam respectivamente os três maiores mercados de veículos elétricos, China, Europa e Estados Unidos (IEA, 2019). No Brasil, no entanto, veículos elétricos representaram apenas 0,02% do mercado em 2018 (IEA, 2019).

Rogge et al. (2018) avaliaram que o planejamento das atividades de um VE (tais como: a rota a ser tomada, viabilidade de carregamento, características da bateria, etc) devem ser consideradas na otimização de seu uso. Wang et al. (2017) otimizaram os horários de recarga de um ônibus elétrico visando a minimização de seus custos anuais.

O comportamento da potência reativa também deve ser investigado já que muitos estudos não levam em consideração esta questão, pois sistemas residenciais tarifam apenas a potência ativa. Porém, com a implementação de medidores digitais e bidirecionais, será possível sua medição e faturamento. Em 2018, aproximadamente 18,5 bilhões

de dólares foram investidos em medidores de energia inteligentes, representando 6% de todos os investimentos em redes de energia naquele ano (IEA, 2019).

Em 2013, dos 17 países europeus avaliados no estudo da *Union of the Electricity Industry* (EURELECTRIC), a energia reativa excedente poderia ser cobrada de consumidores residenciais somente na Holanda e, em outros 13 países para consumidores industriais (EURELECTRIC, 2013). Já em 2015, o relatório comissionado pela União Europeia mostra que, para 28 países europeus, somente a Hungria cobrava energia reativa excedente de consumidores residenciais (somente se o medidor tivesse a capacidade de realizar tal leitura), 11 países cobravam de consumidores industriais de pequeno porte e 16 de consumidores industriais de grande porte (EU Commission, 2015).

Mohagheghi et al. (2018) estudaram a otimização de fluxos de potência ativa e reativa em sistemas de distribuição com energias renováveis para aumentar a lucratividade do sistema. Schiffer et al. (2016) mostraram que é possível utilizar inversores de sistemas FV e de sistemas de armazenamento para compensação de potência reativa.

Sob a ótica da concessionária, levantamentos de perfis de potência ativa, potência reativa e do fator de potência de unidades consumidoras com geração solar fotovoltaica e veículos elétricos, através da medição da demanda e da injeção de potência na rede elétrica, auxiliam efetivamente na avaliação do comportamento de tais unidades consumidoras, requisito essencial para a implementação destas tecnologias (energia solar fotovoltaica + veículos elétricos) no país. Adicionalmente, a adoção de VEs poderá facilitar a integração de energias renováveis (Dallinger, Gerda e Wietschel, 2013).

2. METODOLOGIA

Este trabalho visa avaliar, sob a ótica da concessionária de energia elétrica, perfis de demanda, potência excedente injetada na rede elétrica e fator de potência de uma unidade consumidora (UC) intitulada Fotovoltaica UFSC (FV-UFSC), localizada em Florianópolis-SC, a partir de técnicas de medição da demanda e da energia excedente injetada na rede elétrica, registradas por medidor bidirecional de energia elétrica da fabricante ELO Sistemas Eletrônicos S.A, modelo ELO2173, instalado na entrada de energia da UC. A UC está localizada na região norte de Florianópolis (48° W, 27º S). Segundo a classificação climática de Köppen, a UC está situada em clima Cfa – Clima subtropical úmido, oceânico, sem estação seca, com verão quente (Peel, Finalayson e McMahon, 2007). A análise compreende o período de abril de 2017 a março de 2018.

A Tab. 1 apresenta a irradiação solar média diária em Florianópolis, expressa kWh/m².dia, medida através da estação solarimétrica instalada no *campus* Reitor David Ferreira Lima (Colle, 2018 e 2019), localizado aproximadamente a 25 km da UC.

Tabela 1 – Irradiação solar média diária - Florianópolis.

	Abr. 2017	Mai. 2017	Jun. 2017	Jul. 2017	Ago. 2017	Set. 2017	Out. 2017	Nov. 2017	Dez. 2017	Jan. 2018	Fev. 2018	Mar. 2018
kWh/m².dia	3,68	3,19	2,22	3,46	3,46	4,09	5,80	6,03	6,18	5,49	5,46	4,99

A UC pertencente ao grupo A4 (tensão de fornecimento em 13,8 kV), tem minigeração solar fotovoltaica de 105 kWp. A Tab. 2 apresenta para a UC, a localização, tecnologia e a potência dos sistemas fotovoltaicos

Tabela 2 - Sistemas fotovoltaicos no FV-UFSC.

Localização	**Tecnologia**	**Potência (kWp)**
Estacionamento	CIGS	13,44
Bloco A	p-Si	66,15
Bloco B	a-Si/µc-Si	13,50
Eletroposto	CdTe	2,44
Sistemas FV em solo	a-Si/ p-Si/ µc-Si	10,00

A UC apresenta cargas elétricas constituídas basicamente por sistemas de ar condicionado, tomadas de uso geral e sistemas de iluminação em LED. Tal UC possui uma estação de carregamento para um ônibus elétrico (*e-bus*) que realiza o transporte de estudantes entre o *campus* reitor David Ferreira Lima e o Laboratório FV-UFSC. A capacidade das baterias do ônibus é de 128 kWh. A Fig. 1 apresenta uma vista aérea da UC e o percurso que o *e-bus* realiza em 5 (cinco) períodos do dia (4 (quatro) em horário fora da ponta (FP) e 1 (um) em horário ponta (P)).

Este trabalho adota para o horário P o período compreendido entre as 18:30 e 21:29 horas dos dias úteis da semana, conforme definição da concessionária local (ANEEL, 2016) e para demanda e demanda medida as mesmas definições da Resolução Normativa nº414/2010 (Art. 2º) (ANEEL, 2010). Neste caso, a demanda consiste na "*média das potências ativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW)*" (ANEEL, 2010) e a demanda medida consiste na "*maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento*" (ANEEL, 2010).

Adicionalmente, este trabalho define como potência ativa injetada, a média das potências ativas injetadas na rede elétrica pela geração fotovoltaica instalada em operação na UC, durante o intervalo de tempo especificado e como potência ativa injetada medida, a maior potência ativa injetada no sistema elétrico, verificada por medição, integralizada no intervalo de quinze minutos durante o período de faturamento, expressa em kW.



Figura 1 – Visão aérea da UC e percurso do *e-bus*.

A partir dos dados da demanda ativa e da potência ativa injetada na rede elétrica, registrados pelo medidor de energia elétrica bidirecional, em intervalos de quinze minutos, foram calculadas as energias elétricas ativas consumidas/injetadas na rede pela UC, em intervalos de 15 minutos, conforme mostra a Eq.(1).

$$E_P = P * \frac{15}{60} \tag{1}$$

onde:

E_P = Energia ativa consumida/injetada na rede elétrica, em intervalos de 15 minutos, expressa em kWh;

P = Demanda ativa consumida/potência ativa injetada na rede elétrica, em intervalos de 15minutos, expressa em kW).

A partir dos dados da demanda reativa e da potência reativa injetada na rede elétrica, registrados pelo medidor de energia elétrica bidirecional, em intervalos de quinze minutos, foram calculadas as energias elétricas reativas consumidas/injetadas na rede pela UC, em intervalos de 15 minutos, conforme mostra a Eq. (2).

Este trabalho adota para energia elétrica reativa as mesmas definições da Resolução Normativa (REN) nº414/2010 (Art. 2º) (ANEEL, 2010). A energia elétrica reativa é definida como "*Aquela que circula entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kvarh)*" (ANEEL, 2010).

$$E_Q = Q * \frac{15}{60} \tag{2}$$

onde:

E_Q = Energia reativa trocada entre a concessionária e a UC, em intervalos de 15 minutos, expressa em kvarh;

Q = Demanda reativa trocada entre a concessionária e a UC, em intervalos de 15 minutos, expressa em kvar.

As Eq. (3) e Eq. (4) apresentam a energia ativa e energia reativa no intervalo de tempo especificado.

$$E_{P\,(i)} = \sum_{k=1}^{n} E_{P\,(k)} \tag{3}$$

$$E_{Q\,(i)} = \sum_{k=1}^{n} E_{Q\,(k)} \tag{4}$$

onde:

$E_{P(i)}$ = Energia elétrica ativa consumida/injetada na rede em base de tempo i, expressa em kW(i);

$E_{P(k)}$ = Energia elétrica ativa consumida/injetada na rede em base de tempo k, expressa em kW(k);

$E_{Q(i)}$ = Energia elétrica reativa trocada entre a concessionária e a UC em base de tempo i, expressa em kvar(i);

$E_{Q(k)}$ = Energia elétrica reativa trocada entre a concessionária e a UC em base de tempo k, expressa em kvar(k);

n= Quantidade de intervalos de tempo k (15 minuto) integrantes no intervalo de tempo especificado i.

A Eq. (5) apresenta o fator de potência, no intervalo de tempo especificado.

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} = \frac{E_p}{\sqrt{E_P^2+E_Q^2}} \tag{5}$$

onde:

P = Potência ativa consumida/injetada na rede, no intervalo de tempo especificado, expressa em kW;
S = Potência aparente consumida/injetada na rede, no intervalo de tempo especificado, expressa em kVA;
Q = Potência reativa indutiva/capacitiva, no intervalo de tempo especificado, expressa em kvar;
E_P = Energia elétrica ativa consumida/injetada na rede, no intervalo de tempo especificado, expressa em kWh;
E_Q = Energia elétrica reativa consumida/injetada na rede, no intervalo de tempo especificado, expressa em kvarh.

Para análise da distribuição dos dados medidos foi utilizada a ferramenta exploratória de análise de dados de variáveis quantitativas, denominada de diagrama de caixas (*box and whisker plot*), conforme mostra a Fig. 2.

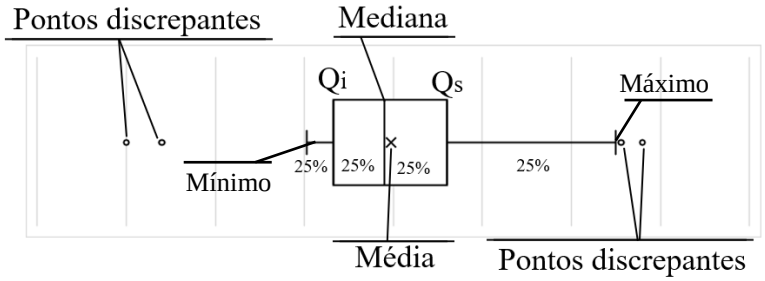


Figura 2 - Diagrama de caixas.

A mediana divide o conjunto de dados em duas partes iguais enquanto os quartis dividem os dados em quatro partes iguais. O quartil inferior (Qi) ou primeiro quartil (Q_1) representa o conjunto que agrupa os 25% menores valores e o quartil superior (Qs), ou terceiro quartil (Q_3), delimita os 25% maiores valores do conjunto de dados. Os valores discrepantes representados por pontos no eixo do diagrama representam os dados muito acima ou abaixo da maioria dos outros valores do conjunto, ou seja, acima dos valores máximos ou abaixo dos mínimos. As Eq. (6) e (7) definem os limites máximo e mínimo do conjunto de dados analisados.

$$Máximo = Q_s + 1{,}5.(Q_S - Q_i) \tag{6}$$

$$Mínimo = Q_i - 1{,}5.(Q_S - Q_i) \tag{7}$$

Para avaliar a dispersão das variáveis quantitativas é calculado o desvio padrão(s) através da Eq. (8). O desvio padrão é utilizado para calcular o coeficiente do momento padronizado de *Fisher-Pearson* (G_1), conforme definido pela Eq. (9), ajustado para diferentes tamanhos de amostras, que é utilizado em softwares como o *Microsoft Excel* (Doane e Seward, 2011).

$$s = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}\right)\right)^2}{(n-1)}\right)} \tag{8}$$

$$G_1 = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}\right)}{s}\right)^3 \tag{9}$$

onde:

s = Desvio padrão;
n = Tamanho da amostra;
x_i = Valor da amostra;
G_1 = Coeficiente ajustado do momento padronizado de Fisher-Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o período analisado, a Fig. 3 apresenta a evolução mensal da demanda ativa medida e da potência ativa injetada medida, em intervalos de 15 minutos.

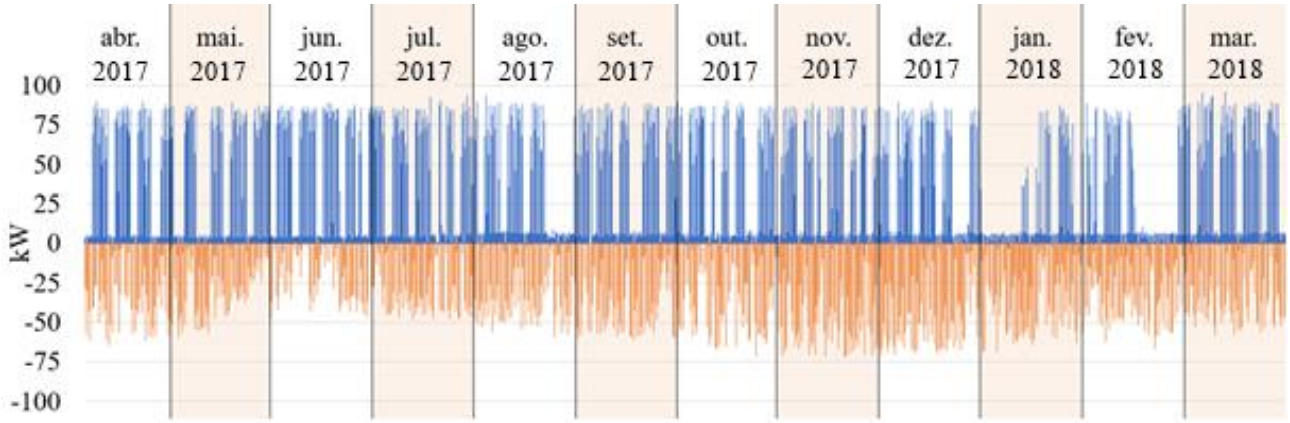


Figura 3 - Evolução mensal da demanda ativa medida e da potência ativa injetada medida, em intervalos de 15 minutos.

No período analisado, observa-se que as demandas ativas máximas medidas variam entre 83,86 kW(fevereiro de 2018) e 94,94 kW (março de 2018) e as potências ativas máximas medidas injetadas na rede elétrica variam de 46,90 kW (junho de 2017) à 72,53 kW (novembro de 2017). Nota-se que a demanda ativa máxima medida não sofre grandes alterações ao longo dos meses ($\Delta_{máx}$=11,08 kW) diferentemente da potência ativa máxima injetada na rede elétrica ($\Delta_{máx}$=25,63 kW) que é impactada pela sazonalidade do clima em Florianópolis, injetando mais potência na rede nos meses com maior irradiação solar média diária (Tab.1).

A Fig. 4 apresenta a evolução mensal da demanda reativa medida, em intervalos de 15 minutos.

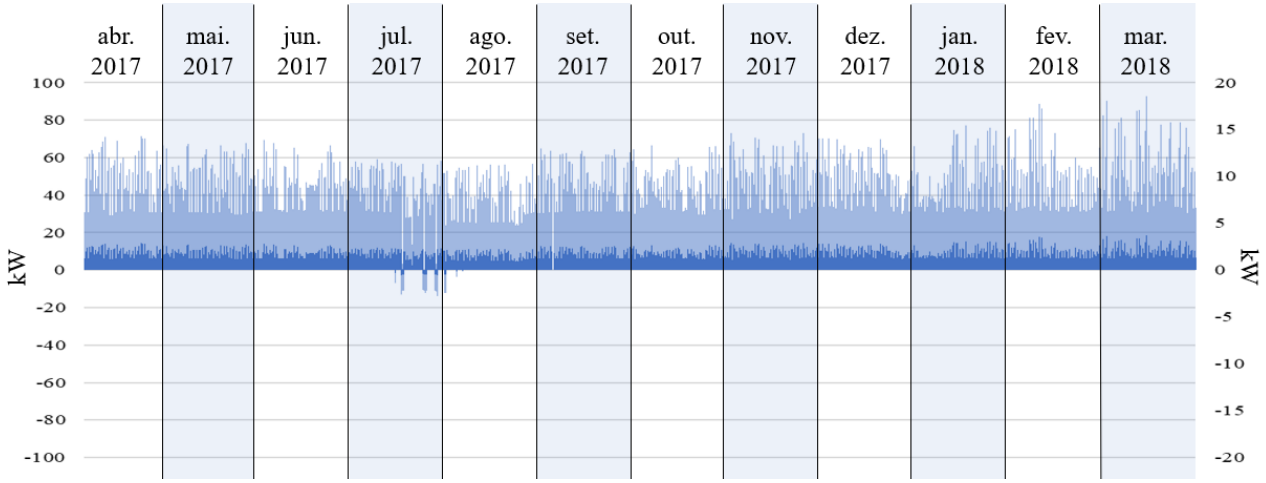


Figura 4 - Evolução mensal da demanda reativa medida, em intervalos de 15 minutos.

A demanda reativa da UC consiste majoritariamente da demanda de potência reativa solicitada à concessionária para magnetizar o transformador de entrada que possui uma capacidade nominal de 225 kVA.

Nesse trabalho foi realizado uma análise exploratória de dados quantitativo via *Microsoft Excel*.

A Fig. 5 apresenta o histograma de frequências de dados da demanda reativa medida.

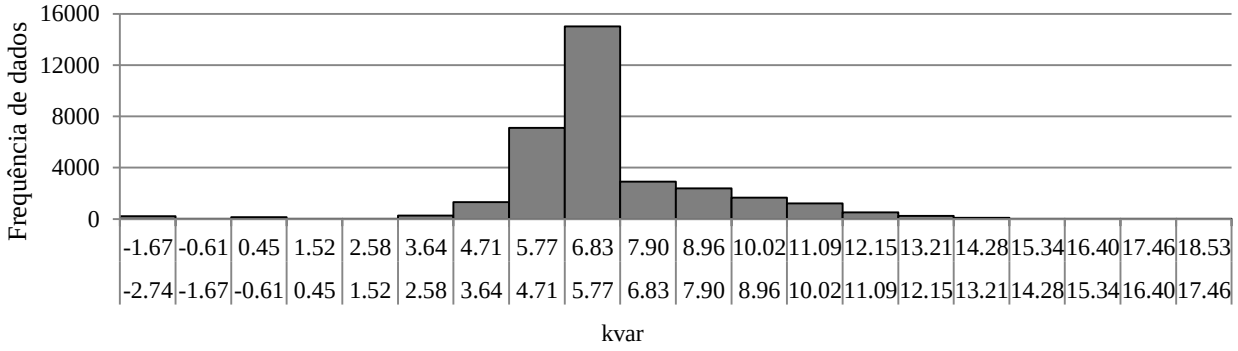
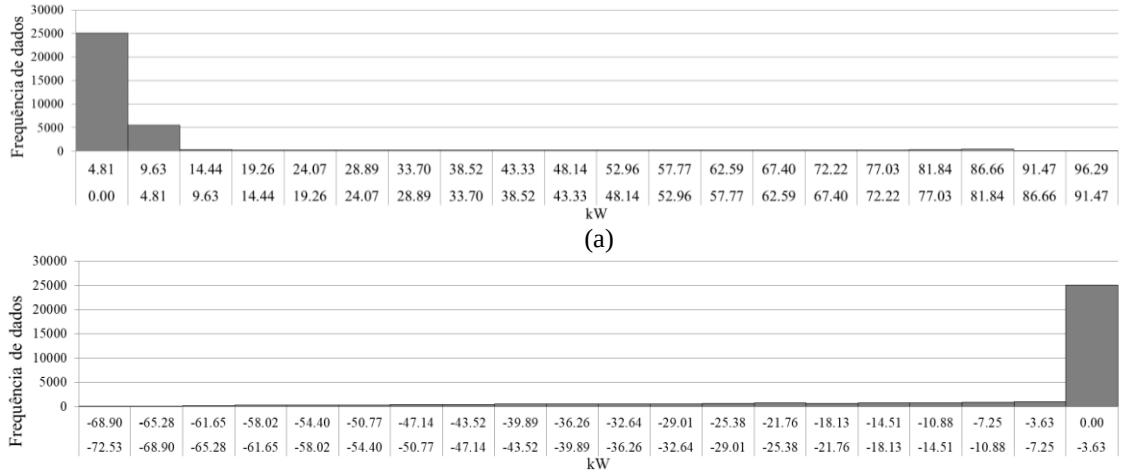


Figura 5 - Frequência de dados da demanda reativa medida.

Com relação aos dados, o desvio padrão (1,91 kvar) representa aproximadamente 29% da média (6,56 kvar), indicando pequena dispersão. A média e a mediana (6,19 kvar) são diferentes. Porém a diferença apresentada é muito pequena e o valor do coeficiente de *Fisher-Pearson* (0,35) é muito próximo de zero, indicando uma distribuição quase simétrica.

A Fig. 6 apresenta o histograma de frequências de dados da demanda ativa medida (a) e da potência ativa medida injetada na rede elétrica (b), em intervalos de 15 minutos.



(a)

(b)

Figura 6 - Frequência de dados da demanda ativa medida (a) e da potência ativa medida injetada na rede elétrica (b).

Com relação aos dados da demanda ativa medida, o desvio padrão (18,12 kW) representa aproximadamente 206% da média (8,82 kW), indicando grande dispersão. O valor do coeficiente de *Fisher-Pearson* (3,05) não é próximo de zero, indicando uma distribuição assimétrica, a média (8,82 kW) e a mediana (3,89 kW) são muito diferentes, e como a média é maior a assimetria da distribuição está à direita. Já os dados da potência ativa injetada medida apresentam desvio padrão (15,53 kW) representando aproximadamente 194% da média (8,01 kW), indicando também grande dispersão. O valor do coeficiente de *Fisher-Pearson* (-2,0) indica uma distribuição assimétrica, com média e mediana diferentes, e como a mediana é maior a assimetria é à esquerda.

Para o período analisado, a Fig. 7 apresenta na forma de diagrama de caixas, a evolução horária do fator de potência da UC para as 4 estações do ano.

Devido às características da rede elétrica e da UC, o dia foi dividido em 2 períodos, das 00:00 às 07:00 horas (rede capacitiva e carga indutiva, período sem cobrança (da UC) da energia reativa indutiva excedente) e das 7:00 às 00:00 horas (rede indutiva e carga indutiva, com cobrança (da UC) da energia reativa indutiva excedente).

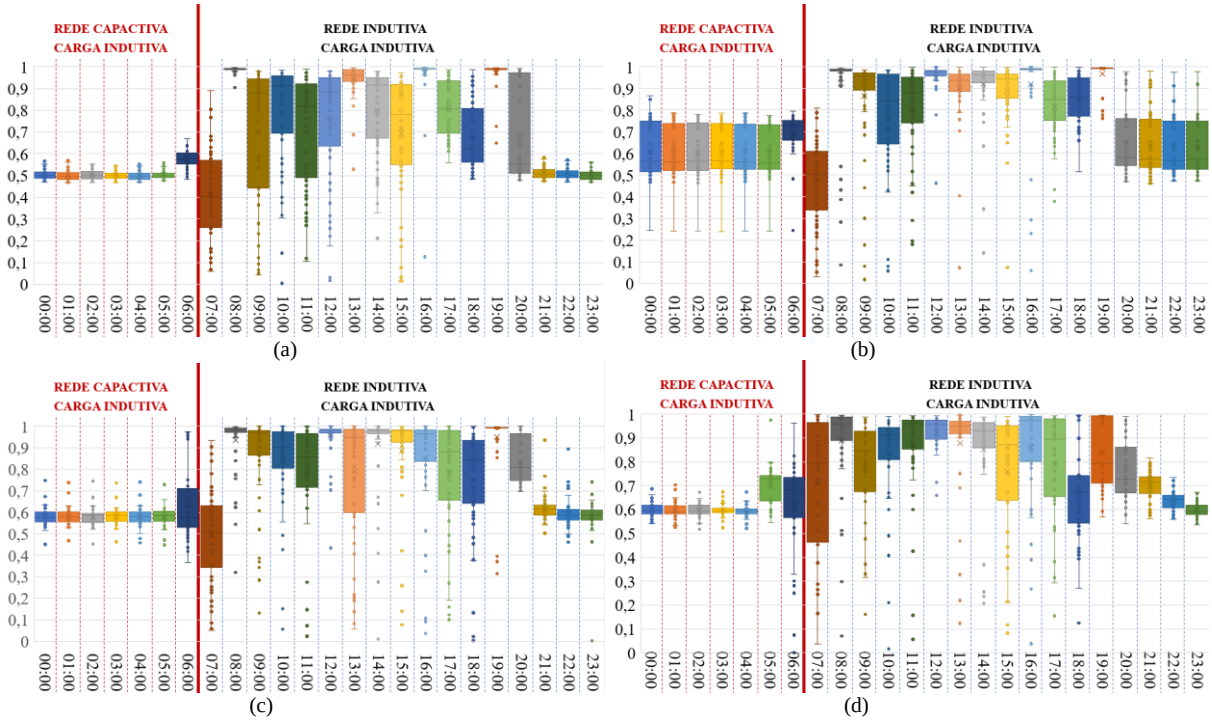


Figura 7 – Evolução horária do fator de potência para o outono (a), inverno (b), primavera (c) e verão (d).

Observa- se que para todas as estações do ano, no período compreendido entre 00:00 e 07:00 horas, o FV-UFSC apresenta baixo fator de potência indutivo (menor do que 0,92), porém a rede apresenta comportamento capacitivo e necessita consumir energia reativa. Portanto neste período, a UC (embora com baixo fator de potência indutivo) não sofre cobrança de energia reativa indutiva excedente.

Nos períodos de carregamento do *e-bus* observa-se alto fator de potência indutivo (maior do que 0,92) com baixa variabilidade, pois a energia ativa consumida pelo carregador do *e-bus* é alta e constante (potência ativa elevada e constante). Quando há injeção de energia ativa excedente na rede da concessionaria observa-se maior variabilidade nos valores de fator de potência da UC. Quanto maior for a injeção da energia ativa excedente na rede da concessionária maior será o fator de potência da UC. No período compreendido entre 20:00 horas e 00:00 horas, a UC apresenta baixo fator de potência indutivo (menor do que 0,92), o que ocasiona, por parte da concessionária, a cobrança de adicional pela energia reativa excedente consumida.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho visou avaliar, sob a ótica da concessionária de energia elétrica, perfis de demanda, potência excedente injetada na rede elétrica e fator de potência de uma unidade consumidora (UC) intitulada Fotovoltaica UFSC (FV-UFSC), localizada em Florianópolis-SC, a partir de técnicas de medição da demanda e da energia excedente injetada na rede elétrica, registradas por medidor bidirecional de energia elétrica.

No período analisado, observou-se que as máximas demandas ativas medidas ocorreram nos períodos de carregamento do *e-bus.* Os resultados mostraram que, para o período analisado, as máximas demandas mensais medidas variam de 83,86 kW (fevereiro de 2018) à 94,94 kW (março de 2018) enquanto as máximas potências ativas medidas injetadas na rede elétrica variam de 46,90 kW (junho de 2017) à 72,53 kW (novembro de 2017). A potência máxima injetada na rede elétrica (72,53 kW) corresponde à aproximadamente 69% da capacidade instalada (105 kW).

Observou-se ainda, que a demanda reativa da UC é baixa e consiste majoritariamente da demanda de potência reativa solicitada à concessionária para magnetizar o transformador de entrada que possui uma capacidade nominal de 225 kVA.

Nos períodos de carregamento do *e-bus* observou-se alto fator de potência. Os resultados mostraram que nos períodos em que a injeção da energia ativa excedente na rede da concessionária foi alta o fator de potência da UC também apresentou valores elevados. No período compreendido entre 20:00 horas e 00:00 horas, a UC apresentou baixo fator de potência indutivo (menor do que 0,92), o que ocasionou, por parte da concessionária, a cobrança de adicional pela energia reativa excedente consumida.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, 2016. Resolução Homologatória Nº 2.120, de 16 de agosto de 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, 2010. Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010. Disponível em < http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf

Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, 2019. Dados disponíveis em <www.aneel.gov.br>

Bloomberg New Energy Finance(BNEF), 2018. Electric buses in cities - driving towards cleaner air and lower CO2.

Colle, S., 2018. Basic measurements of radiation at station Florianopolis (2017). Universidade Federal de Santa Catarina, PANGAEA

Colle, S., 2019. Basic measurements of radiation at station Florianopolis (2018). Universidade Federal de Santa Catarina, PANGAEA

EU Commition, Directorate General for Energy. 2015. Study on tariff design for distributed systems – Final Report.

Dallinger, D., Gerda, S., Wietschel, M. 2013. Integration of intermittent renewable power supply using grid-connected vehicles: a 2030 case study for California and Germany, Applied Energy, vol. 104, pp. 666-682.

Doane, D.,P. Seward, L.E. 2011. Measuring Skewness: A Forgotten Statistic? Journal of Statistics Education, Vol. 19, Nº 2

EURELECTRIC. 2013. Network tariff structure for a smart energy system – A EURELECTRIC paper.

Greener, 2019. Estudo estratégico – Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída – 2º Trimestre de 2019 – Tecnologia de Módulos.

International Energy Agency - IEA, Global EV Outlook 2019 – Scaling-up the transition to electric mobility. IEA Publications, May 2019.

International Energy Agency - IEA, 2019. World Energy Investment 2019. May, 2019

Li, X., Castellanos, S., Maassen, A. 2018. Emerging trends and innovations for electric bus adoption—a comparative case study of contracting and financing of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific, and Europe, Research in Transportation Economics, vol. 69, pp. 470-481.

Mohagheghi, E., Gabash, A., Alramlawi, M., Li, P. 2018. Real-time optimal power flow with reactive power dispatch of wind stations using a reconciliation algorithm. Renewable Energy, Vol. 126, pp. 509-523.

Peel, M. C; Finalayson B. L.; McMahon T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrology and Earth System Sciences. Vol 11. 1633-1644. 2007.

Rogge, M., van der Hurk, E., Larsen, A., Sauer, D.U. 2018. Electric bus fleet size and mix problem with optimization of charging infrastructure. Applied Enery, vol. 211, pp. 282-295.

Schiffer, J., Seel, T., Raisch, J., Sexi, T. 2016. Voltage stability and reactive power sharing in inverter-based microgrids with consensus-based distributed voltage control. IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 24, pp.96-109.

Wang, Y., Huang, Y., Xu, J., Barclay, N. 2017. Optimal recharging scheduling for urban electric buses: A case study in davis, Transportation Research Part E, vol. 100, pp.115-12.

ANALYSIS, FROM THE UTILITY'S PERSPECTIVE, OF ACTIVE POWER, REACTIVE POWER AND POWER FACTOR OF A CONSUMER UNIT WITH PHOTOVOLTAIC GENERATION AND ELECTRIC VEHICLE IN A SUBTROPICAL CLIMATE

Abstract*. This work aims to analyze, from the electric utility perspective, power demand profiles and surplus generation injected into the grid and power factor by a consumer unit entitled Fotovoltaica UFSC (FV UFSC), located in Florianópolis-SC, based on demand and energy metering techniques recorded by a Bidirectional energy meter. This consumer unit has an installed photovoltaic capacity of 105 kW. Its load consists of an electric bus, LED lighting systems and energy efficient air conditioners. For the analyzed period, the maximum monthly measured demand ranges from 83.86 kW in February 2018 to 94.94 kW in March 2018 while the maximum monthly injected power ranges from 46.90 kW in June 2017 to 72.53 kW in November 2017. Very low values of reactive power were also observed at the consumer unit. The results showed a high power factor during the e-bus charging periods and in periods when the excess active energy injected into the utility grid was high, the power factor of the unit also presented high values. In the period between 20:00 hours and 00:00 hours, the unit presented a low inductive power factor (less than 0.92), which caused extra charges from the utility for the excess consumed reactive energy.*

Key-words: *Photovoltaic energy, profiles of consumption and excess energy injected into the grid, electric vehicles.*