



AVALIAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO IFPR CAMPUS PARANAVAÍ

Anderson Rodrigo Piccini^{1 2} – anderson.piccini@ifpr.edu.br

Ana Maria Denardi¹ – ana.denardi@ifpr.edu.br

Geraldo Caixeta Guimarães² – caixeta@ufu.br

Daniele Alves Fardin¹ - danieldefardin1@gmail.com

Leonardo R. C. Silva² – rosenthal@ufu.br

Jaqueline O. Rezende² – jaqueline.oliveirarezende@ufu.br

Thales L. Oliveira² - thales@ufu.br

1 – Instituto Federal do Paraná – IFPR Paranavaí

2 – Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Resumo: Este artigo visa apresentar a comparação entre a micro usina fotovoltaica projetada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) em parceria com o Ministério da Educação (MEC) e a micro usina instalada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR) Campus Paranavaí, depois de um ano de funcionamento. A metodologia adotada se deu a partir de análise de documentos e projetos junto com o levantamento de dados quantitativos feitos no local. Após algumas comparações entre o projetado e o efetivamente executado foi possível verificar que a micro usina instalada no IFPR/Paranavaí é eficiente e tem potencial para ser ampliada sem gerar altos custos. Ainda com esse estudo foi possível indicar trabalhos futuros na mesma área com estudo para ampliação da usina levando em consideração os dados locais e considerando as perdas de geração e transformação de energia. Outro estudo detectado e que se faz necessário, seria, considerar os dados obtidos de irradiação global horizontal da estação de monitoramento climático local e comparar com os dados fornecidos por diferentes fontes que fornecem dados desse mesmo processo.

Palavras-chave: micro usina fotovoltaica; geração distribuída; injeção na rede; eficiência energética.

1. Introdução

Entende-se por geração distribuída (GD) a expressão usada para designar a geração de energia elétrica junto ou próximo do consumidor, independente da potência, tecnologia e fonte de energia (INEE, 2018) (PICCINI, TAMASHIRO, *et al.*, 2014). Na última década esse tipo de geração passou a ficar em grande evidência após a RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que estabeleceu as condições gerais

para o acesso de Micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e passou a dar também outras providências. Dessa forma começou a ser possível um cliente abastecido por energia elétrica de uma determinada rede, produzir energia de forma descentralizada e injetar a mesma na rede de distribuição da concessionária (ANEEL, 2018).

A Empresa de Pesquisa Energética é a responsável por apresentar anualmente um relatório do Balanço Energético Nacional. O relatório de 2018 mostrou que a micro e minigeração distribuída atingiu 359,1 gigawatts hora (GWh) com uma potência instalada de 246,1 megawatts (MW). O maior destaque foi a geração fotovoltaica que apresentou 53,6 GWh de geração e 174,5 MW instalados (EPE, 2018).

Conforme o que a ANEEL determina, a micro e a minigeração distribuída consistem da produção de energia elétrica de pequenas unidades geradoras que utilizam fontes renováveis de eletricidade, conectados à rede de distribuição, através de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2018).

A ANEEL diferencia de maneira direta que a, microgeração distribuída refere-se a uma usina com uma potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto a minigeração distribuída diz respeito a usinas com potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 3 megawatts (MW), para as usinas que utilizam água como fonte, ou 5 MW para o restante (ANEEL, 2018).

No Brasil, de 2017 para 2018, houve um

crescimento de dez vezes do número de unidades consumidoras abastecidas por energia elétrica gerada pelos sistemas solar fotovoltaicos, o que consiste em mais de 30 mil sistemas de geração distribuídas conectados à rede segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2018).

O Paraná apresenta um total de micro e minigeração de 2755 unidades com uma potência instalada de 22.724,37 kW, somente para Geração Distribuída (GD) com sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) segundo registrado no site da ANEEL (ANEEL, 2018).

Ao se tratar da rede de ensino dos Institutos Federais, em 2015 o IFSULDEMINAS em parceria com o MEC deram início a um projeto para aquisição de várias micro usinas fotovoltaicas conectadas à rede com potência de 70kWp a serem instalados em um determinado número de Institutos Federais pelo Brasil. Dentre essas instituições o Instituto Federal do Paraná (IFPR) seria contemplado com duas micro usinas, uma a ser instalada no Campus de Ivaiporã e outra no Campus de Paranavaí. No Campus de Paranavaí foram analisados os dados ao longo de um ano de instalação (de 23 de maio de 2017 a 22 de maio de 2018). Essa data foi escolhida devido ao fato da micro usina ter entrado em operação no dia 23 de maio de 2017 e a fatura da concessionária de energia local ser fechada no dia 22 do mês subsequente.

Este trabalho tem como objetivo apresentar e comparar o que estava detalhado no projeto inicial antes da instalação com o que realmente aconteceu após um ano de funcionamento.

2. Metodologia

2.1. O Projeto

Para viabilizar o projeto foram utilizados dados de consumo de eletricidade da reitoria e de alguns campus do IFSULDEMINAS. Os dados de radiação solar utilizados foram os de cada uma das 36 localidades em 9 estados e distrito federal escolhida para ser contemplada com um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) de cerca de 70 kWp de potência instalada, a ser conectada (*ongrid*) diretamente à rede de distribuição da concessionária local. O objetivo

dessa instalação era atender em média de 60% a demanda energética dos locais onde seriam instaladas as micro usinas. Era esperado que cada sistema proposto geraria em média 104,88 MWh por ano e evitaria a emissão de 30.608 quilogramas de dióxido de carbono (CO₂) por ano. Isso só aconteceria se fossem considerados que os módulos fotovoltaicos instalados estariam voltados para o Norte com uma inclinação ótima, a qual corresponde à latitude da localização escolhida. O projeto ainda exigia o fornecimento de materiais e instalação de um SFCR, elaboração de projetos elétricos, encaminhamento de todo o processo técnico e administrativo junto a concessionária local, treinamento e capacitação, manutenção preventiva e corretiva do equipamento, suporte técnico e monitoramento energético e climático. Este projeto detalhava cada um dos componentes que iria compor a micro usina fotovoltaica com: módulos fotovoltaicos policristalinos com potência $\geq 260\text{Wp}$, inversor trifásico e sistema de monitoramento climático composto com sensores de temperatura do módulo e ambiente, sensor de velocidade do vento e sensor de irradiação. Todos os detalhes de maneira mais específica constavam no edital de licitação (IFSULDEMINAS, 2015).

2.2. Micro Usina Fotovoltaica Instalada.

No IFPR Campus Paranavaí, a micro usina fotovoltaica instalada tem as seguintes características: 263 módulo de 270Wp, da marca CanadianSolar®, totalizando 71,01kWp; 5 inversores de 15kW da marca Fronius® e estação de monitoramento climático completa conforme projeto.

O sistema foi dividido em duas partes, 203 módulos e 4 inversores em cima do bloco didático 02 do Campus e 60 módulos, um inversor e estação do monitoramento climático em cima do bloco de laboratórios dos cursos da área da indústria. Na sua grande maioria todos os módulos estão com inclinação de 5° e todos sem exceção estão voltados para o norte, como é possível observar na figura 1 e 2.

Figura 1 - Foto mostrando módulos instalados no bloco de salas de aula e ao fundo o bloco de laboratórios



Fonte: Autor, 2017

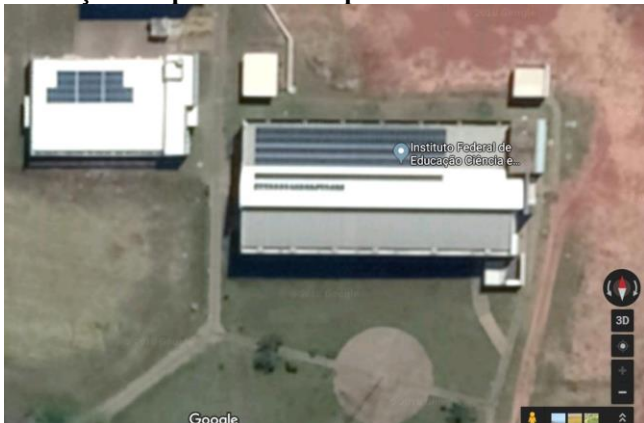
3. Resultados

3.1. Comparação

Na primeira comparação foi possível observar que o sistema instalado ficou com 1,01kWp a mais que o especificado no projeto, isso representa um ganho na geração de energia.

Em uma segunda análise foi detectado que seria possível aumentar o número de módulos até a potência total dos inversores instalados sem que houvesse nenhum problema para instalação uma vez que a micro usina tem 5 inversores de 15kW totalizando 75kW de potência. Registra-se que até junho de 2018, encontravam-se instalados módulos que somados totalizariam uma potência de 71,01kWp dando espaço para a ampliação do sistema. Desta forma, poderia ser acrescentado mais 15 módulos de mesma potência já instalados sem maiores custos adicionais. Consequentemente seria possível gerar mais energia e diminuir ainda mais o valor pago a concessionária local.

Figura 2 - Foto do Google Maps mostrando instalação completa e voltada para o Norte

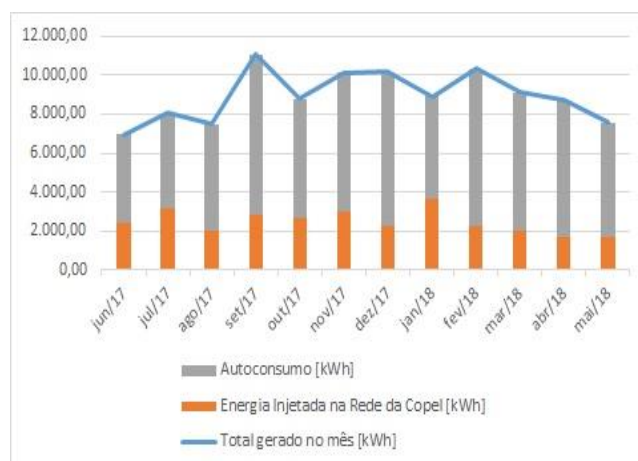


Fonte: (GOOGLE, 2018)

Em uma terceira comparação, com os dados armazenados nos inversores e enviados para o sistema FRONIUS SOLAR.WEB®, foi possível verificar que a micro usina do IFPR/Paranavaí gerou em um ano o total de 107,338MWh/ano com uma média nos 12 meses de 8,94MWh/mês. Ainda nessa relação gerou 298,16kWh/dia ou o equivalente a 4,199kWh/m².dia. O esperado no projeto inicial era que a micro usina gerasse no ano entorno de 104,88MWh, ou seja, se dividir por 12 mês teria que gerar 8,74MWh/mês, 291,33kWh/dia.

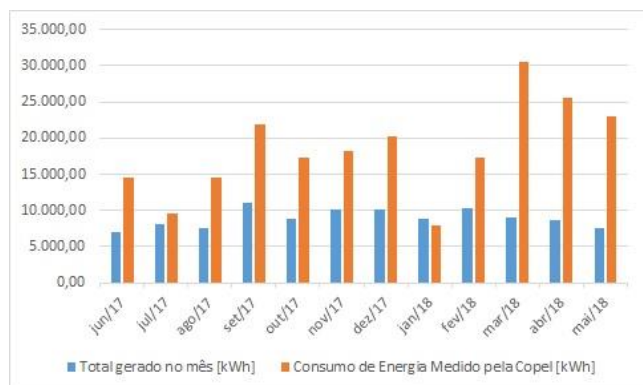
Com a tabela 1 é possível verificar na figura 3 que mostra a quantidade de energia gerada por mês, a quantidade de energia utilizada como autoconsumo e a quantidade de energia injetada na rede a COPEL.

Figura 3 Total de energia gerado, autoconsumo e injeção na rede no mês em kWh.



Fonte: Adaptado de (FRONIUS SOLAR.WEB, 2018); (COPEL, 2018)

É possível ainda na mesma tabela comparar a quantidade de energia gerada versus a quantidade de energia ainda consumida pela unidade consumidora. Essa comparação indica que a micro usina instalada representa aproximadamente 30% da demanda do Campus, ou seja, não chegou aos 60% previsto no projeto original conforme figura 4.

Figura 4 Consumo de energia versus total gerado no mês em kWh.

Fonte: Adaptado de (FRONIUS SOLAR.WEB, 2018); (COPEL, 2018)

4. Consideração Finais

No presente artigo foram analisados dados de cerca de um ano (de 23 de maio de 2017 a 22 de maio de 2018) da produção fotovoltaica da micro usina fotovoltaica de 71,01 kWp que se encontra no IFPR campus Paranavaí.

Com uma produção anual de aproximadamente 107,34 MWh de energia, o sistema se mostrou eficiente se comparado ao que estava sendo esperado no projeto inicial. A geração nesse primeiro ano foi de

aproximadamente 2,46MWh/ano a mais que o previsto. Também foi possível identificar que a micro usina fotovoltaica instalada representa aproximadamente 30% da demanda do Campus. Esse artigo possibilitou estimar que para atender a demanda total seria necessário aumentar em mais 150kWp a potência total da usina.

Para trabalhos futuros seria importante um estudo para ampliação da usina levando em consideração os dados locais e considerando as perdas de geração e transformação de energia. Outro estudo necessário, seria, considerar os dados obtidos de irradiação global horizontal da estação de monitoramento climático e comparar com os dados fornecidos por diversas fontes como: Atlas Solarimétrico, do Centro de referências para energias solar e eólica Sergio de S. Brito (CRESESB) e do Global Solar Atlas. Também seria necessário a comparação com softwares de simulação como PVSyst, PVSol, SOLERGO entre outros. Esse assunto possibilita um grande número de estudos complementares gerando mais conhecimento para a melhoria do sistema.

Com o passar do tempo, esses dados podem ser usados para contribuir com a base de dados para a cidade e região de Paranavaí.

Tabela 1 – Dados consolidados do sistema FORNIUS SOLAR.WEB e das faturas de energia elétrica da concessionária local - COPEL

Mês	Total gerado no mês [kWh]	Consumo de Energia Medido pela Copel [kWh]	Energia Injetada na Rede da Copel [kWh]	Autoconsumo [kWh]
jun/17	6.951,60	14.581,00	2.410,00	4.541,60
jul/17	8.058,80	9.643,00	3.174,00	4.884,80
ago/17	7.494,65	14.515,00	2.011,00	5.483,65
set/17	11.061,90	21.985,00	2.820,00	8.241,90
out/17	8.802,39	17.293,00	2.679,00	6.123,39
nov/17	10.146,81	18.213,00	2.971,00	7.175,81
dez/17	10.185,61	20.331,00	2.233,00	7.952,61
jan/18	8.915,22	7.933,00	3.620,00	5.295,22
fev/18	10.333,49	17.312,00	2.222,00	8.111,49
mar/18	9.108,94	30.572,00	1.990,00	7.118,94
abr/18	8.726,62	25.598,00	1.664,00	7.062,62
mai/18	7.551,99	22.921,00	1.713,00	5.838,99

Fonte: Adaptado de (FRONIUS SOLAR.WEB, 2018); (COPEL, 2018)

Referências

ABSOLAR. **Brasil ultrapassa 1,5 GW de energia solar fotovoltaica e abastece mais de 633 mil residências.** ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2018. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/brasil-ultrapassa-15-gw-de-energia-solar-fotovoltaica-e-abastece-mais-de-633-mil-residencias.html>>. Acesso em: 19 out. 2018.

ANEEL. **Caderno Temático da ANEEL - Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), Brasília, 2018. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Mini+gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 19 out. 2018.

ANEEL. **Outorgas e Registros de Geração - Informações compiladas e mapa.** ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL), 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKIi7qcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808>. Acesso em: 19 out. 2018.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2018 Relatório Síntese - ano base 2017 -.** EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, Rio de Janeiro, p. 7, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 19 out. 2018.

GOOGLE. **Localização do Instituto Federal do Paraná Campus Paranavaí.** Google Maps, 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-23.0538179,-52.4541637,101m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 22 out. 2018.

IFSULDEMINAS. **RDC presencial.** Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS, 2015. Disponível em: <<https://portal.ifsuldeminas.edu.br/index.php/institucional-geral/242-rdc-presencial>>.

Acesso em: 20 out. 2018.

INEE. **Sobre GD e Cogeração.** Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE., 2018. Disponível em: <<http://www.inee.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2018.

PICCINI, A. R. et al. **V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE 2014**, 2014. Disponível em: <<http://www.sbse.org.br/anais/>>. Acesso em: 20 out. 2018.