



## **Estimativa de produção de eletricidade e mitigação de CO<sub>2</sub>: uma proposta de implementação de sistemas de energia solar fotovoltaica conectado à rede elétrica no Instituto Federal Fluminense *campus* Campos-Guarus**

B. F. Verediano; L. F. R. Mendes  
Instituto Federal Fluminense *campus* Campos-Guarus  
lfmendes@iff.edu.br

### **Resumo**

Os gastos com energia elétrica impactam no custeio do Instituto Federal Fluminense (IFF) *campus* Campos-Guarus. Para agravar a situação, as instituições públicas de ensino vêm sofrendo com reduções de recursos financeiros. Diante disso, o objetivo do trabalho é estimar sistemas de energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica (ESFV-CR) que possam reduzir a conta de eletricidade do campus e, ainda mitigar as emissões de CO<sub>2</sub> proveniente desse consumo. A partir da metodologia apresentada no trabalho, foi possível verificar o consumo médio anual de eletricidade no campus em 2019, em cerca de 35.271 kWh e custo médio anual de aproximadamente R\$ 40.000,00 e com a utilização do *software* PVsyst (versão 6.84 – DEMO) foi possível propor dois sistemas (sistema 1 e 2) seriam capazes de injetar na rede elétrica 58.373 kWh e reduziriam em aproximadamente 13,79% o consumo de energia do *campus* e mitigariam 52,2 tCO<sub>2</sub> ao longo de 30 anos.

**Palavras-chave:** Energia elétrica, Energia fotovoltaica, CO<sub>2</sub>, Instituição de ensino, PVsyst.

### **1. Introdução**

Os gastos com energia elétrica têm um impacto considerável nas instituições de ensino da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), representando cerca de certa de 10% do custeio das instituições [1]. Além disso, ano após ano as instituições federais de ensino vêm sofrendo reduções em seus orçamentos [2].

Por outro lado, a RFEPCT vem se articulando e buscando parcerias a partir do Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal (EnerIF) objetivando “incentivar ações de eficiência energética e a geração de energia por meio de fontes renováveis não apenas em suas instituições, mas também por meio de pesquisa e formação de profissionais para esses setores” [3], dentre as iniciativas das instituições de ensino da RFEPCT, destaca-se o Instituto Federal de São Paulo (IFSP) *campus* Boituva [4].

No IFF *campus* Campos-Guarus, em 2019, o custeio anual foi de aproximadamente R\$ 3.734.000,00 e os gastos com energia elétrica compreenderam cerca de R\$ 480.931,00 [5], representando 12,88% do custeio anual do *campus*, sendo esse valor percentual maior que a média da RFEPCT.

Então, a ESFV-CR surge como uma forma de produção de eletricidade. Ela se apresenta como menos impactante no ambiente, com baixo custo de manutenção, modularidade, em outros aspectos positivos, a energia solar pode contribuir para diversificação da matriz elétrica, uma vez que a disponibilidade de radiação solar no território brasileiro tem valores significativos [6].

Dessa forma, o objetivo do trabalho é estimar a produção de energia elétrica, em kWh, e mitigação de CO<sub>2</sub> na implantação de um sistema de ESFV-CR que ocupe uma área de 220 m<sup>2</sup> com MFV sobre o telhado do bloco G do IFF *campus* Campos-Guarus.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Material

O estudo foi realizado no bloco G situado no IFF *campus* Campos-Guarus, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes/ RJ, latitude 21°44'05.0" S e longitude 41°19'27.7" W.

O bloco G foi escolhido por ser o prédio da instituição com as melhores condições técnicas para instalação de sistema de ESFV-CR no *campus*, pois o bloco é composto três pavimentos, sua orientação está voltada para o norte geográfico, seu telhado é feito de telhas metálicas (área útil de aproximadamente 440 m<sup>2</sup>), ausência de sombreamento para os módulos fotovoltaicos (MFV) e local adequado para instalação de inversores CC/CA<sup>1</sup> no terraço.

### 2.2. Metodologia

Dessa forma, foi realizado o levantamento *in loco* das faturas de consumo de energia elétrica do *campus* no ano de 2019 junto a diretoria de administração.

Adotou-se o *software* Google Earth® para mensurar a área total disponível do telhado do bloco G e localizá-lo geograficamente [8].

Para o processo de dimensionamento da potência elétrica do sistema de ESFV-CR, estimativa de produção de energia elétrica e balanço de emissões de CO<sub>2</sub> foi utilizado o *software* PVsyst versão 6.84 – DEMO [9].

No PVsyst, o primeiro passo foi criar uma base de dados de irradiação solar se referenciando na localização geográfica do prédio e utilizando para isso o banco de dados da Nasa (NASA-SSE satellite data 1983-2005), sendo esta base de dados utilizada como referência para ambos os projetos.

Em seguida, os dimensionamentos dos sistemas foram realizados em função da área útil disponível no telhado para instalação dos MFV e os inversores CC/ CA estejam de acordo com o arranjo fotovoltaico (AFV), sendo que tanto o módulo quanto os inversores foram escolhidos a partir da biblioteca interna do *software*.

Em relação aos parâmetros ambientais de operação (temperatura) do MFV, será utilizado no *software*, o valor de 15 °C como temperatura mínima de trabalho e 40 °C para máxima. Os parâmetros de orientação do sistema compreenderam um azimute de 0° devido à localização do prédio diretamente apontado para o norte geográfico.

Sobre a inclinação dos MFV, empregou-se cinco graus de inclinação (mesma inclinação do telhado), a fim de evitar o aumento de estruturas adicionais para fixação do AFV.

Com intuito de minimizar possíveis condições de sombreamento e otimizar a performance do sistema, a área do telhado foi dividida em duas partes: sistema 1 com 120 m<sup>2</sup> e sistema 2 com 100 m<sup>2</sup>.

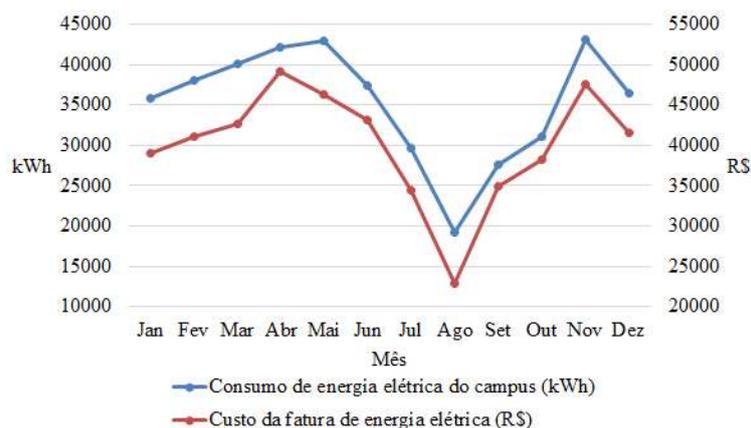
Por fim, foi estimada uma distância de 30 metros entre os inversores CC/CA até a rede elétrica (quadro elétrico de distribuição), de acordo com a norma n° 5410/04 da ABNT para dimensionamento de condutores [10].

## 3. Resultados e Discussão

No ano de 2019 o *campus* consumiu um total de 423.259 kWh, tendo média mensal de 35.271,58 kWh. Do ponto de vista financeiro, esse consumo gerou um gasto financeiro anual de aproximadamente R\$ 480.931,00, tendo média mensal de R\$ 40.077,58 (Figura 1).

---

<sup>1</sup> Dispositivo eletroeletrônico destinado a converter a corrente contínua (CC) gerada pelos MFV em corrente alternada (CA) e, posteriormente injetar a energia na rede elétrica da concessionária [7].



**Figura 1.** Consumo de energia elétrica mensal do *campus* em 2019 e seu referido custo.

Na Figura 1 verifica-se que o período de maior consumo de eletricidade compreendeu os meses de janeiro a maio e também o mês de novembro. Tal comportamento deve-se a dois fatores: temperaturas elevadas na região e o início do período letivo da instituição.

Sendo assim, na modelagem realizada no PVsyst, tanto para o sistema 1 (120 m<sup>2</sup>) quanto para o sistema 2 (100 m<sup>2</sup>) optou-se por MFV do fabricante Canadian Solar Inc., com potência de 415 Wp, tensão de máximo ponto de potência igual a 39,3 V, tipo policristalino de silício e modelo CS3W-415P HE. Sendo que, para o AFV do sistema 1 e 2 utilizarão respectivamente, 54 e 45 módulos.

Em relação aos inversores CC/CA, optou-se pelos inversores da marca Fronius USA, sendo que o AFV do sistema 1 terá dois inversores CC/CA com potência nominal de 10 kW, faixa de tensão na entrada CC de 230 – 500 V e frequência de saída de 60 Hz e o AFV do sistema 2 terá um inversor CC/CA com potência de 15 kW, faixa de tensão na entrada CC de 325 – 850 V e frequência de 50/60 Hz.

Na Tabela 1 são apresentados o consumo de energia elétrica do *campus*, a estimativa de energia elétrica injetada na rede elétrica pelos sistemas de ESFV-CR e o percentual de redução que os mesmos podem reduzir.

**Tabela 1.** Consumo de eletricidade do *campus* em 2019, a estimativa de energia elétrica injetada na rede elétrica pelos sistemas de ESFV-CR e o percentual de redução no consumo.

(continua)

Mês	Consumo de eletricidade do <i>campus</i> (2019)	Energia elétrica injetada na rede (Sistema 1)	Energia elétrica injetada na rede (Sistema 2)	Estimativa total de energia elétrica injetada na rede	Redução no consumo do <i>campus</i> (%)
Janeiro	35.777	3.131	2.652	5.783	16,16
Fevereiro	38.083	2.936	2.495	5.431	14,26
Março	40.035	2.916	2.477	5.393	13,47
Abril	42.076	2.521	2.139	4.660	11,08
Maio	42.926	2.310	1.960	4.270	9,95
Junho	37.354	2.226	1.886	4.112	11,01
Julho	29.589	2.333	1.976	4.309	14,56
Agosto	19.218	2.583	2.192	4.775	24,85
Setembro	27.588	2.422	2.056	4.478	16,23
Outubro	31.120	2.679	2.275	4.954	15,92
Novembro	43.034	2.695	2.282	4.977	11,57

					(conclusão)
Dezembro	36.459	2.829	2.402	5.231	14,35
Média	35.271,58	2.631,75	2.232,67	4.864,42	13,79
Total	423.259	31.581	26.792	58.373	13,79

Foram estimadas as perdas anuais dos sistemas. O sistema 1 produzirá anualmente em condições padrões de funcionamento 37.980 kWh, sendo 31.580 kWh será injetada na rede e, de acordo com os parâmetros definidos no *software* a perda anual será de 6.400 kWh, sendo 8,76% de perdas de energia devido à temperatura do grupo, 4,69% de perdas na eficiência do inversor e 1,8% de perdas ôhmicas. No sistema 2, a produção de energia será, em condições padrões de funcionamento, de 31.650 kWh, sendo 26.792 kWh injetada na rede, portanto, o sistema apresenta uma perda de 4.860 kWh, destacando 8,76% de perdas de energia devido à temperatura do grupo, 3,94% de perdas na eficiência do inversor e 0,67% de perdas ôhmicas.

Por fim, os balanços de CO<sub>2</sub> dos sistemas 1 e 2 levaram em consideração uma vida útil de 30 anos e degradação anual de 1%. Sendo assim, no processo de fabricação dos sistemas foram emitidos respectivamente, 38,67 tCO<sub>2</sub> e 32,23 tCO<sub>2</sub>. Todavia, com a entrada em operação dos mesmos, após 16 anos de operação até ao final de suas vidas úteis, cerca de 27,9 tCO<sub>2</sub> (sistema 1) e 24,3 tCO<sub>2</sub> (sistema 2) seriam mitigados, totalizando 52,2 tCO<sub>2</sub>.

#### 4. Conclusões

Desta forma, a implantação dos sistemas de ESFV-CR no IFF *campus* Campos-Guarus resultariam em produção anual de 58.373 kWh, reduzindo em 13,79% o consumo de energia elétrica. Em valores monetários, sistemas fotovoltaicos representariam uma redução anual de aproximadamente R\$ 66.320,00 nos gastos com eletricidade no *campus*. Além disso, ao longo de suas vidas úteis, sistemas seriam capazes de mitigar 52,2 tCO<sub>2</sub>.

Portanto, a implementação dos sistemas perpassa os benefícios econômicos e ambientais e pode contribuir significativamente para divulgação e estudo dessa tecnologia aos estudantes dos cursos técnicos e de engenharia do *campus* como também comunidade externa.

#### Agradecimentos

Ao IFF *campus* Campos-Guarus pelo apoio na elaboração do trabalho.

#### Referências

- [1] KNOPKI, R. H.; SCHEIDT, P. **Profissionais para Energias do Futuro II: Energia Solar Fotovoltaica para redução de custo em Instituições de Ensino**. 2019. 21p. Disponível em: <<http://energif.mec.gov.br/images/materiais/materiais13.pdf>>. Acesso em 20 out. 2018.
- [2] G1. **MEC prevê corte de R\$ 4,2 bilhões no orçamento para 2021**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2020/08/10/orcamento-do-mec-preve-corte-de-r-42-bilhoes-para-2021.ghtml>>. Acesso em 28 set. 2020.
- [3] ENERGIF. Sobre o EnergIF. Disponível em: <<http://www.energif.org/>>. Acessado em 10 out. 2018.
- [4] CAMPOS, J. G. **Eficientização energética com geração solar fotovoltaica em campus universitário**. FotoVolt, n. 21, p. 48-50, Mar.-Abr. 2019.
- [5] DA SILVA, Í. A. [Custeio anual do *campus* Campos-Guarus]. WhatsApp. 29 set. 2020. 10:12. 1 mensagem de WhatsApp.
- [6] LIMA, M. A. *et al.* **Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil**. Environmental Development, v. 33, p. 1-13, Mar. 2020.
- [7] BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. **Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [8] GOOGLE EARTH. Localização geográfica do IFF *campus* Campos-Guarus. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-21.73559634,-41.32449431,12.15533319a,270.78514491d,35y,0h,0t,0r>>. Acesso em 10 mar. 2020.
- [9] PVSYSY. **Download**. Disponível em: <https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/>. Acesso em 24 jun. 2019.
- [10] CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.