

ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO APÓS A INSTALAÇÃO DA USINA SOLAR FOTVOLTAICA NO CAMPUS DA UFERSA PAU DOS FERROS

Cecília de Amorim Pereira*, **Lília Caroline de Moraes****, **Eduardo Raimundo Dias Nunes*****

Departamento de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas (DCSAH), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, BR 226, Km 405, Bairro São Geraldo, Pau dos Ferros, 59900-000, Rio Grande do Norte, Brasil,
*ce.amorim09@gmail.com, **liliacaroline.m@gmail.com, ***eduardo.dias@ufersa.edu.br

<https://doi.org/10.34637/cies2020.1.2057>

RESUMO

Com o intuito de reduzir os impactos ambientais provocados pelo consumo de energia, despertou-se o interesse pela aplicação de tecnologias alternativas que possam suprir o desenvolvimento do país e, conseqüentemente, a demanda energética sem provocar drásticos prejuízos ao meio ambiente. Diante disso, surgem os estudos sobre as fontes alternativas de energia, que buscam utilizar soluções sustentáveis com o intuito de amenizar os impactos do consumo de energia no meio ambiente. O objetivo desta pesquisa é verificar o custo-benefício da aplicação da energia solar, do tipo fotovoltaica, e o impacto que a produção da usina solar, instalada no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Pau dos Ferros/RN, representa efetivamente para a edificação estudada. Para isto, foi realizada uma análise das contas de energias antes e após a implantação da Usina Solar além de um monitoramento da quantidade de energia produzida, o que possibilitou a comprovação do benefício, em forma de economia financeira, que a instalação da Usina Solar trouxe para a instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Usina Solar, Energia Fotovoltaica, Sustentabilidade.

ABSTRACT

In order that reduce the environmental impacts induced by the energy consumption, generated the interest for application that alternative technologies that can to provide the country development and, consequently, the energetic demand without to provoke drastics injuries to environment. That said, arised the studies about the alternatives energy sources, that fetch to utilize sustainable solutions in order of to soften the impacts of energy consumption in the environment. The objective this research is to verify the cost benefit of the application that sun energy, photovoltaic type, and the impact that production of the solar power plant, installed in campus of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido in Pau dos Ferros/RN, represents effectively for edification. For this, was realized na analisys of the energy bills before and after the implatation of the solar power plant, besids a monitoring of the energy quantity produced, that possibilited the proof of benefit, in the form of financial savings, that instalation of the solar power plant brought to the institution.

KEYWORDS: Solar power plant, Photovoltaic energy, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Diante do crescimento econômico mundial e dos impactos ambientais provocados por ele, temas como eficiência energética têm sido discutidos desde a década de 70. Entre as diversas medidas que podem ser utilizadas na busca pelo uso eficiente de energia, a nível global, está a ampliação do uso de fontes renováveis. Entende-se por fontes de energia renováveis, aquelas cujos recursos naturais utilizados possuem um ciclo de renovação em escala de tempo humana, estando, assim, sempre disponíveis, sem se esgotar. No Brasil, a hidroeletricidade corresponde à maior parcela da matriz energética. Além desta, outras fontes, como a eólica, a biomassa e biogás e a solar, têm conquistado bastante espaço na estrutura energética brasileira, dada a grande disponibilidade desses recursos no país e as dificuldades relacionadas à produção das hidrelétricas.

A energia solar pode ser aproveitada por meio de diferentes tecnologias: o aquecimento solar, a energia solar fotovoltaica e a energia heliotérmica, sendo, as duas últimas, utilizadas na geração de eletricidade. No sistema fotovoltaico, a radiação solar incidente nas placas fotovoltaicas é convertida diretamente em energia elétrica. Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou uma Resolução Normativa incentivando a instalação de pequenas usinas elétricas, utilizando-se de diversas fontes de energia, entre elas, a solar, em residências, prédios comerciais e públicos, onde o excedente produzido pode ser vendido à concessionária local. Diante disso, a instalação de placas fotovoltaicas nas edificações ganhou bastante visibilidade, principalmente na região nordeste, onde são registrados altos índices de radiação solar.

No Rio Grande do Norte, o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) foi a primeira instituição pública a adotar o uso de energias alternativas, em dezembro de 2013, optando pela instalação de usinas fotovoltaicas em seus *campi*. Além desta, várias outras instituições de ensino adotaram a instalação dessas usinas, pois além de contribuírem para a economia dos seus recursos financeiros, também auxiliam nas suas atividades de pesquisa e ensino.

Em 2015, a primeira usina fotovoltaica a ser conectada à rede da UFERSA entrou em operação com uma potência de 3,43 kWp e foi instalada ao lado do Centro Integrado de Inovação Tecnológica do Semiárido (CITED) com o objetivo principal de dar suporte a pesquisas em energia fotovoltaica no campus sede, em Mossoró. Em outubro do ano seguinte, foi instalada outra usina fotovoltaica para fins de produção, com potência de 150,8 kWp. Esta foi adquirida com recursos de uma iniciativa do Ministério da Educação (MEC) no ano de 2014 que foi chamada de Projeto Desafio da Sustentabilidade, em que cerca de 750 as pessoas colaboraram apresentando 1500 ideias sobre economia de água e energia elétrica pela UFERSA. Com essa participação elevada, a instituição conquistou o 2º lugar no Desafio, aplicando o prêmio de R\$ 1 milhão em um projeto voltado à eficiência do gasto com energia elétrica.

Através desses recursos mencionados, a Fundação Guimarães Duque realizou uma licitação contratando a construção da Usina. Porém, os custos tidos com a preparação da área para receber a Usina Solar, como terraplanagem e cobertura do solo com brita, além da construção do abrigo dos inversores, foram arcados pelos recursos da própria universidade, sendo inaugurada no dia 31 de janeiro de 2017. Um ano depois, mais três usinas, para instalação em solo, foram conquistadas, uma para cada um dos *campi* fora da sede, em Angicos, Caraúbas e Pau dos Ferros, com capacidade de 62,7 kWp, cada. A usina do campus Pau dos Ferros, objeto deste estudo, foi instalada em novembro de 2018.

Esta pesquisa busca compreender os impactos econômicos e de consumo da instituição após a instalação do sistema fotovoltaico no campus da UFERSA em Pau dos Ferros, tendo em vista o papel da universidade como exemplo das boas práticas de sustentabilidade e de uso responsável dos recursos públicos.

OBJETIVO

Este estudo tem o objetivo de aferir o consumo energético em termos de busca de energia e adoção de Geração Distribuída e seus efeitos na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA. Além disso, estimar o potencial de geração solar fotovoltaica e sua viabilidade econômica, apresentando-a como uma alternativa de geração de energia renovável, pois a predominância de uma fonte energética, como a hídrica, a exemplo da matriz energética do Brasil, pode motivar a redução de abastecimento, uma vez que a geração fica submetida a efeitos climáticos inconvenientes como a estiagem neste caso. Para isso, pretende-se avaliar o impacto da implantação de geração distribuída por meio de uma usina fotovoltaica, dando ênfase no quanto sua produção reflete em economia financeira na fatura de energia elétrica das edificações da instituição em estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO

“O grande desafio do século XIX é inserir a questão ambiental no centro das políticas públicas, seja pelos danos causados ao meio ambiente por algumas das fontes energéticas atuais, seja pelo aumento de emissões de GEE, seja pelos impactos ambientais de sua implantação.” (SILVA, 2018)

LIMA (2019) afirma que todas as tecnologias de geração de eletricidade em alguma etapa do seu processo (exploração, transformação, distribuição, uso e descarte) são fontes, em maior ou menor escala, de GEE. Por esse motivo, necessita-se promover uma análise que permita avaliar todos os impactos socioeconômicos e ambientais provocados por estas ao longo do seu ciclo de vida.

Segundo SILVA (2018), nos últimos anos as fontes de energia consideradas não poluentes e renováveis, tiveram uma progressão em ritmo acelerado na matriz energética mundial, e devem tornar-se ainda mais, importantes no século XXI, sendo elas: o calor e a luz do sol, os ventos, o calor da terra, as correntes marinhas e a biomassa. A energia solar surge como uma fonte de energia com recurso praticamente infinito, e com um potencial enorme a ser explorado. Esta pode ser explorada por meio de diferentes formas e tecnologias: Energia Solar Fotovoltaica, Energia Solar Térmica de Baixa Temperatura e Energia Heliotérmica.

LIMA (2019) caracteriza a Energia Solar Fotovoltaica como a tecnologia que utiliza o efeito fotovoltaico para transformar a energia solar diretamente em eletricidade e que pode ser utilizada em sistemas isolados ou interligada na rede de distribuição.

“Dentre as opções de utilização de recursos renováveis para a geração de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica apresenta grande potencial no Brasil. Os piores indicadores de irradiação solar de algumas regiões do país, supera inclusive, o local mais ensolarado da Alemanha.” (Atlas Brasileiro da Energia Solar, 2017 *apud* LAGO; DELABENETA, 2018).

SILVA (2018) afirma que como grande consumidora de energia elétrica, a Administração pública, em todas as esferas, precisa atuar de forma responsável, fiscalizadora e incentivadora de boas práticas, servindo como exemplo para a sociedade, no que se refere ao uso racional dos recursos naturais e dos recursos públicos. Segundo os dados da Secretaria do Patrimônio da União, demonstrados por SILVA (2018), estimava-se que no Brasil existiam cerca de 29 mil imóveis da união, entre eles, escolas, hospitais e universidades, entre outros, no ano de 2018, o que representa um grande potencial de contribuição para a redução do desperdício de energia, consequentemente para a otimização de recursos públicos.

LIMA (2019) afirma que dentro do universo das edificações, os equipamentos de ensino, além de caracterizar-se pelo grande potencial disseminador de conhecimentos, conformando-se em um laboratório a céu aberto, desempenham um papel particular como incentivador do desenvolvimento econômico com preservação do meio ambiente e que a promoção de ações eficiência energética nessas instituições, quando inseridos no processo de ensino-aprendizagem, pode potencializar os seus resultados e contribuir para o alcance das metas dos compromissos voluntários assumidos em diversas instâncias internacionais. Dentre esses compromissos, mais condizente ao cenário brasileiro, em 2015 foi lançado o programa PROGD, citado por AMARAL (2016), para incentivo das energias renováveis e redução das emissões de gases do efeito estufa junto à Organização das Nações Unidas (ONU). Neste programa, o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério da Educação (MEC) estudavam projetos específicos de instalação de sistemas de geração distribuída fotovoltaicos em universidades e escolas públicas e ainda extensível a hospitais federais.

Conforme LIMA (2019), o processo de expansão da Rede Federal de Educação Tecnológica em curso - que registrou cerca de 520 novas unidades de ensino até o ano de 2018, com perspectiva de crescimento da ordem de 10% até 2022 - contempla em seus novos projetos a eficiência energética das edificações integrada a adoção de geração distribuída por sistemas solar fotovoltaico.

Para SILVA (2018), no Brasil a energia solar fotovoltaica, ainda é incipiente, mas tem grandes perspectivas de crescimento, principalmente devido à redução de custos, aos novos marcos legais, ao preço da energia elétrica e, logicamente, devido aos altos índices de radiação.

METODOLOGIA

Após a pesquisa bibliográfica, deu-se início ao estudo de caso, tomando uma abordagem de caráter qualitativo, pois traduz em números as informações que forem geradas durante a sua realização. Para realização das análises deste estudo, foi possível ter acesso às faturas de energia do campus entre julho de 2018 até junho de 2019, de modo que foi organizada uma tabela expondo a energia gerada, o consumo total e o valor total a pagar de cada mês dentro do período citado. Analisou-se também os gráficos produzidos, pela usina, de sua geração para cada mês, no intuito de facilitar a compreensão do progresso econômico que ocorreu ao avançar do primeiro semestre de funcionamento. Com essa análise feita, pôde-se chegar a uma conclusão positiva a respeito da implantação e uso da usina solar do campus da UFERSA em Pau dos Ferros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise realizada nas faturas de energia do campus circunscreve-se a compreender a quantidade do consumo total da energia gerada pela usina e, em consequência, o valor total a pagar de cada mês. Os dados sobre a geração de energia estão disponíveis no site da própria instituição (www.ufersa.edu.br), cujo os links apresentados na seção de Geração de Energia Elétrica mostram os índices de produção das usinas fotovoltaicas da UFERSA em tempo real. No entanto, o diagrama correspondente ao ano de 2018 não está disponível, pois a usina havia iniciado o registro de sua produção a partir do dia 15 de janeiro de 2019 no site Sunny Portal (www.sunnyportal.com), onde o acesso aos dados registrados das Usinas Solares da UFERSA se dá por meio de um login e senha. Este site permitiu um acompanhamento do sistema da Usina, disponibilizando gráficos da geração realizada pela Usina Solar divididos pelas categorias diário, mensal e anual. A seguir, mostra-se os gráficos mensais do primeiro semestre de 2019.

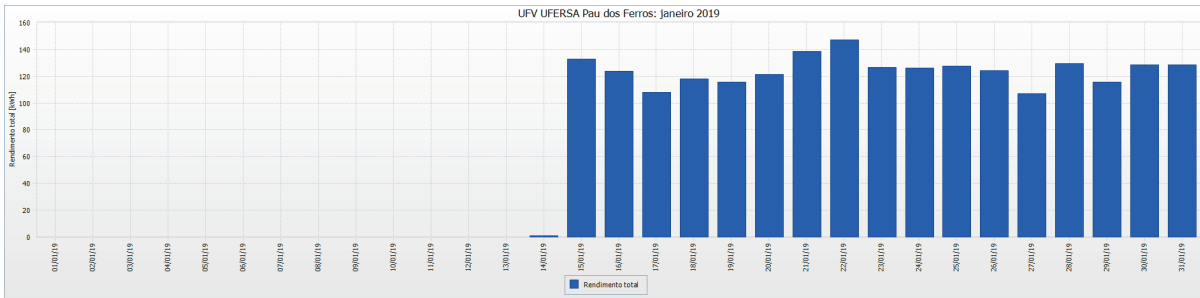


Fig. 1. Gráfico de Geração de Energia Referente à Janeiro de 2019. (Sunny Portal, 2020)

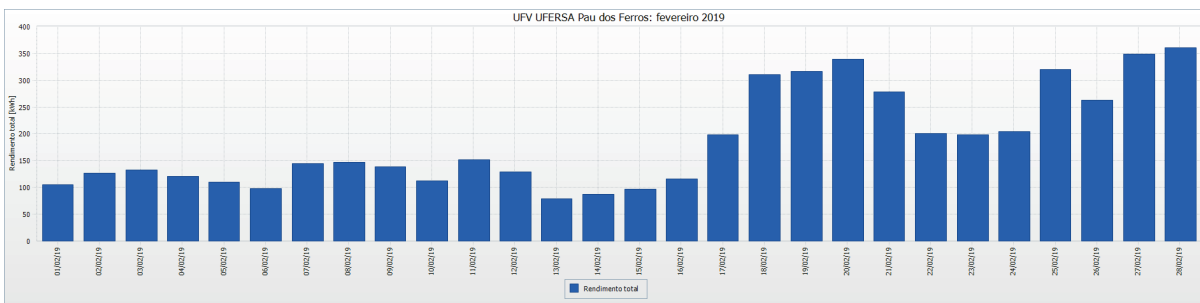


Fig. 2. Gráfico de Geração de Energia Referente à Fevereiro de 2019. (Sunny Portal, 2020)

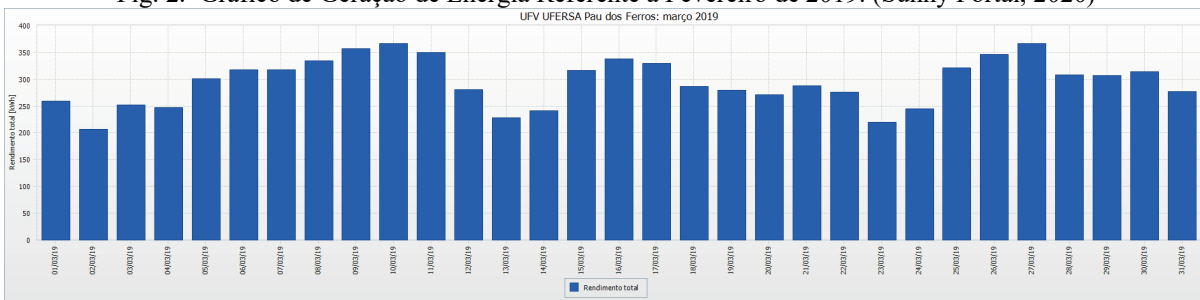


Fig. 3. Gráfico de Geração de Energia Referente à Março de 2019. (Sunny Portal, 2020)

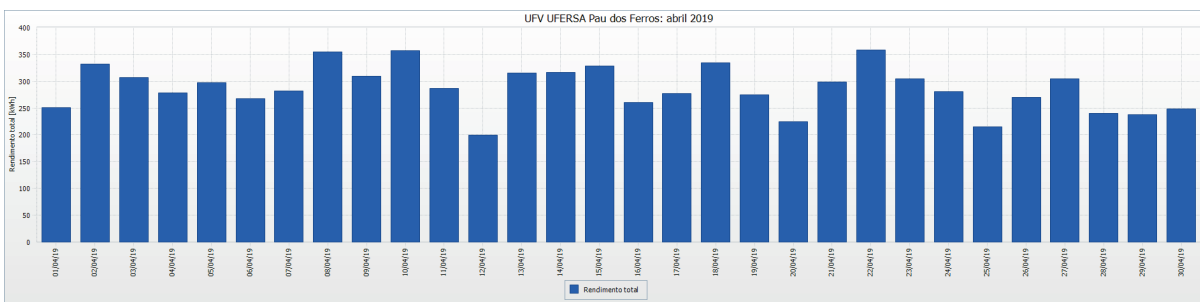


Fig. 4. Gráfico de Geração de Energia Referente à Abril de 2019. (Sunny Portal, 2020)

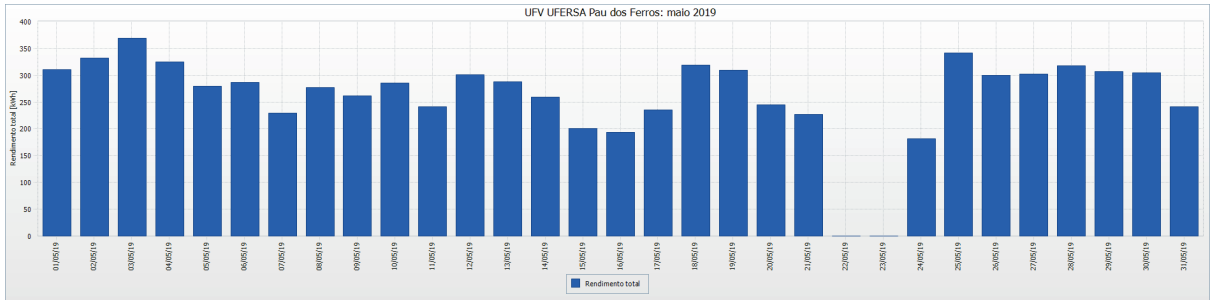


Fig. 5. Gráfico de Geração de Energia Referente à Maio de 2019. (Sunny Portal, 2020)

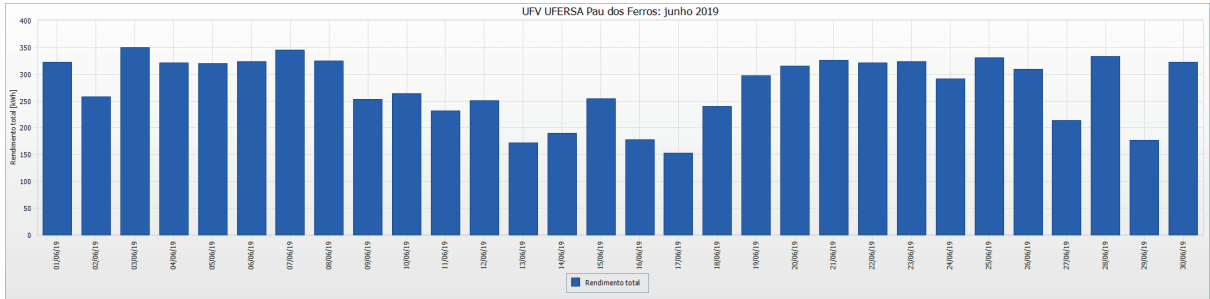


Fig. 6. Gráfico de Geração de Energia Referente à Junho de 2019. (Sunny Portal, 2020)

O Sunny Portal ainda realiza o download desses valores em planilhas do Excel, facilitando a leitura dos valores gerados a cada dia do mês. Após a realização desses downloads, organizou-se uma planilha destacando esses dados, apresentada a seguir:

Tabela 1. Quadro de dados mensais referente ao primeiro semestre de 2019.

UFV Pau dos Ferros/ Rendimento Total/ Alteração do Contador (kWh)						
DIA	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
1	-	104,713	259,358	251,038	310,472	322,502
2	-	126,283	205,994	332,006	332,45	258,056
3	-	132,077	251,576	307,435	368,695	350,266
4	-	121,018	247,338	278,144	324,365	320,883
5	-	109,942	301,328	297,357	278,894	320,139
6	-	97,809	318,043	266,937	287,14	323,588
7	-	143,9	317,055	281,836	229,2	345,125
8	-	146,941	333,808	354,434	277,352	325,004
9	-	138,78	357,102	308,766	261,9	253,126
10	-	111,85	366,855	357,538	285,255	264,045
11	-	151,145	350,091	287,002	241,177	231,589
12	-	128,569	280,599	199,063	301,333	250,448
13	-	78,578	227,63	315,177	288,234	172,043
14	0,926	87,5	240,741	315,871	259,632	189,924
15	132,978	96,546	316,415	328,725	200,461	254,593
16	123,763	115,634	337,393	260,649	193,231	177,641
17	108,119	197,664	329,958	277,44	235,168	152,49
18	117,864	310,238	286,726	334,748	319,002	240,362
19	115,812	316,323	279,075	274,754	309,364	297,897
20	121,22	339,28	271,261	223,96	244,822	315,262
21	138,588	277,898	287,473	297,95	227,02	326,544
22	147,113	200,45	276,13	358,664	0	321,081
23	126,799	198,593	219,183	304,842	0	323,288
24	126,053	203,586	244,805	280,338	181,542	291,811
25	127,559	320,034	320,987	214,336	341,874	331,188
26	124,327	263,066	345,94	269,333	299,944	309,722
27	107,212	348,721	366,098	304,202	302,179	214,102
28	129,445	360,233	307,774	240,203	317,44	332,648
29	115,365	-	307,028	237,952	306,442	177,17
30	128,257	-	313,629	248,608	304,123	322,063
31	128,662	-	276,955	-	241,609	-
SOMA	2120,06	5227,37	9144,35	8609,31	8070,32	8314,60

Fonte: Autores, 2020.

O mês de janeiro teve registro somente de quinze dias, somando 2.120,06kWh. Em fevereiro, a soma da geração de energia foi equivalente a 5227,37 kWh. No mês de março, teve-se uma geração total de 9144,35 kWh. Já em abril,

somou-se uma produção de 8609,31 kWh. O mês de maio veio somando com 8070,32 kWh de energia, onde chegou a zerar a produção nos dias 22 e 23 do mês. E, por fim, o mês de junho apresentou uma produção de 8314,60 kWh. É importante destacar que os sistemas necessitam da luz solar para funcionar, ou seja, as variações apresentadas pelos gráficos são resultado da variabilidade do céu. Calculando o total de energia gerada no primeiro semestre de 2019, obtém-se um valor de 41.486,01 kWh para o Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Pau dos Ferros.

Quanto ao consumo dessa energia produzida, foi estimado através da soma das quantidades descritas na nota fiscal de cada mês, essas quantidades se referem a Demanda Ativa (kW), Demanda Reativa Excedente (kVAR), Consumo Ativo na Ponta (kWh), Consumo Ativo Fora Ponta (kWh), Consumo Reativo Excedente na Ponta (kVARh) e Consumo Reativo Excedente Fora Ponta (kVARh). Sendo feita essa soma para cada fatura da qual se teve acesso. E os valores totais a serem pagos referentes a estes consumos, encontravam-se nas respectivas contas de energia. Dessa forma, organizou-se outros quadros para melhor análise dessas quantidades, no qual estão expostos a seguir:

Tabela 2. Quadro com consumo de energia e valores do segundo semestre de 2018.

MÊS	PERÍODO	CONSUMO (kWh)	VALOR (R\$)
JULHO	(27/06/2018 - 27/07/2018)	53.023,63	45.240,04
AGOSTO	(27/07/2018 - 28/08/2018)	67.717,66	53.875,92
SETEMBRO	(28/08/2018 - 26/09/2018)	59.234,56	47.050,56
OUTUBRO	(26/09/2018 - 26/10/2018)	43.967,62	32.861,04
NOVEMBRO	(26/10/2018 - 27/11/2018)	83.349,51	58.459,41
DEZEMBRO	(27/11/2018 - 27/12/2018)	12.885,59	14.892,14
MÉDIAS		53.363,10	42.063,19

Fonte: Autores, 2020.

Tabela 3. Quadro com consumo de energia e valores do primeiro semestre de 2019.

MÊS	PERÍODO	CONSUMO (kWh)	VALOR (R\$)
JANEIRO	(27/12/2018 - 28/01/2019)	34.776,17	24.864,80
FEVEREIRO	(28/01/2019 - 26/02/2019)	69.009,53	49.932,20
MARÇO	(26/02/2019 - 27/03/2019)	57.345,46	41.602,60
ABRIL	(27/03/2019 - 26/04/2019)	43.258,99	33.214,15
MAIO	(26/04/2019 - 28/05/2019)	65.787,46	51.833,51
JUNHO	(28/05/2019 - 27/06/2019)	57.307,42	42.115,15
MÉDIAS		54.580,84	40.593,74

Fonte: Autores, 2020.

O consumo de energia do campus não contava com o apoio da usina fotovoltaica em 2018, chegando a pagar uma média de R\$ 42.063,19 pelo consumo médio de 53.363,10 kWh de energia referente ao segundo semestre de 2018. Como se teve acesso às faturas das contas de energia do segundo semestre de 2018, ou seja, seis meses, foi preferido fazer uso das contas de energia apenas do primeiro semestre de 2019 para trabalhar com o mesmo intervalo de tempo do ano anterior. No entanto, foi possível saber, por meio dos dados do portal expostos no gráfico a seguir, que a energia total anual gerada pela usina analisada, no ano de 2019, considerando os dados reais de geração registrado no sistema, que a geração anual foi de aproximadamente 98.687,77 kWh.

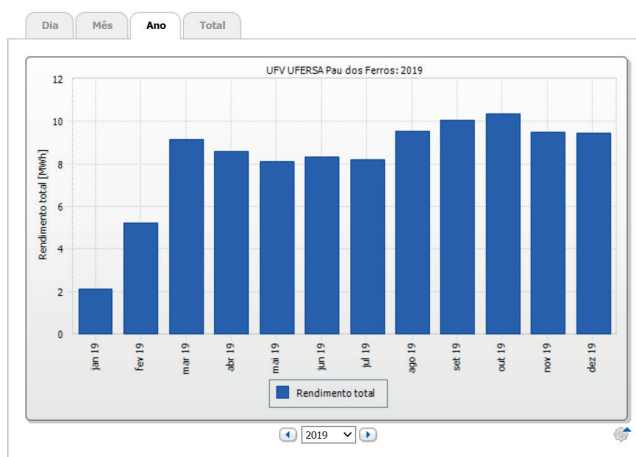


Fig. 7. Gráfico da geração anual de energia solar de 2019. (Sunny Portal, 2020)

Verificando as faturas dos meses do primeiro semestre de 2019, pôde-se constatar um consumo médio de 54.580,84 kWh e um total médio de R\$ 40.593,74 pagos por este consumo. Fazendo um paralelo com a média do consumo do segundo semestre de 2018, nota-se uma diferença de 1.217,74 kWh a mais em 2019, resultado do processo de expansão que o Campus passou, pois entre 2018 e 2019 foram inaugurados novos prédios, como a Biblioteca, o Restaurante Universitário, a Residência Universitária, significando um aumento no seu consumo de energia em 2,23%, de um semestre para o outro. Porém, no tocante aos valores a serem pagos referentes a este consumo houve uma redução de R\$ 1.469,45, equivalente a 3,49%, economizados entre o segundo semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019. À vista disso, comprova-se que a aquisição de um sistema solar fotovoltaico é um investimento de médio a longo prazo, mas que trará um retorno financeiro ao proprietário, neste caso, o Campus da UFERSA em Pau dos Ferros, na forma de desconto na conta de energia nos demais anos de sua vida útil, ao passo que, no avançar dos anos, o investimento será recuperado, passando a gerar até lucro. Além de ser uma forma de energia renovável, com uma sustentabilidade inerente à geração limpa de energia, algo crucial para os dias atuais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, frente ao estímulo de proporcionar condições que estabeleçam um desenvolvimento de uma base sustentável, percebe-se um cenário oportuno para adotar ações com práticas de eficiência energética e, associada a ela, adota-se também o desenvolvimento de fontes renováveis de energia, como a energia solar fotovoltaica. Diante disso, essa discussão encontra-se, dentro desse ambiente positivo, a adoção de ações que promovem o uso dessas fontes renováveis de energia. Para formar o suporte de análise, captou-se as referências que orientaram esta pesquisa e o objeto de estudo, onde foi notório a atuação da rede federal de educação profissional como transformadora da sociedade através de um cenário que colabora para o desenvolvimento de ações que contribuem com o desenvolvimento sustentável.

Nessa linha de comportamento, iniciativas com o objetivo de implementar a eficiência energética e a geração de energia a partir de fontes renováveis na esfera de ensino e aprendizagem da rede federal, têm potencial de cooperar de forma positiva para a moderação dos gastos públicos. Nesta pesquisa foi conduzida uma análise em uma usina solar fotovoltaica em operação no campus da UFERSA Pau dos Ferros, cujos resultados apresentaram um aumento no consumo de 2,23%, no entanto, apresentou uma economia de 3,49% na taxa das contas de energia, entre os seis meses antes do funcionamento da usina e os seis primeiros meses de funcionamento. Estes resultados comprovam que a implantação da usina trás e trará cada vez mais um retorno positivo à instituição em estudo.

Nesse âmbito, é importante que o governo brasileiro possa reproduzir o modelo de geração a partir dessas fontes renováveis na maior parte do setor de educação federal, com estudos desenvolvidos e critérios estabelecidos para a definição e combinação de resultados que atendam a efetivação técnica, econômica e ambiental para estes sistemas fotovoltaicos. Exigir que os edifícios construídos com recursos federais sejam certificados melhora a eficiência energética destas e, conseqüentemente, reduzirá o consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Ricardo César do. **Impacto Técnico e Econômico da Energia Solar Fotovoltaica em Prédios Públicos através de Geração Distribuída**. 2016. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, RS, 2016.

LAGO, Sandra Mara Stocker; DELABENETA, Cibely. **A PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA SOBRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO PERÍODO DE 2007 A 2017**. Revista de Administração de Roraima - Rarr, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 416, 28 dez. 2018. Universidade Federal de Roraima.

LIMA, Gabriel Constantino de. **Eficiência Energética e Energia Solar Fotovoltaica em Prédios Públicos no Setor de Educação no Nordeste do Brasil: o Caso da Expansão do IFRN**. 2019. 164 p. Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, Eliane Ferreira da. **Energia solar fotovoltaica em prédios públicos: uma vitrine para a sociedade**. 2018. 165 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.