

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



REDUÇÃO DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERLIGADO À REDE

Antonio Robson Oliveira da Rosa¹, Fabiano Perin Gasparin², Adriano Moehlecke³

¹ Companhia Estadual de Energia Elétrica CEEE - RS

² Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

³ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS

Resumo

A implantação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica representa uma forma de reduzir os custos de energia elétrica de empreendimentos. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo econômico sobre a implantação de um sistema fotovoltaico de 5 kW_p em um restaurante instalado em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Analisou-se o consumo e a produção de energia elétrica, obtendo-se o período para retorno econômico da implantação do sistema fotovoltaico bem como se comparou o investimento neste sistema com a aplicação em Certificados de Depósito Bancário (CDB), título negociável emitido por bancos comerciais, de desenvolvimento, de investimento e múltiplos representativos de depósitos a prazo. Considerou-se uma possível aplicação em CDB, a uma taxa de 0,85% ao mês sobre o valor aplicado e comparou-se o ganho dessa aplicação aos gastos que o aplicador continuaria tendo com a compra de energia da mesma fonte atualmente usada. O retorno econômico é calculado tendo como base preços atualizados de equipamentos e da energia elétrica. Este cálculo é fundamental para a decisão de investimentos em um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

Palavras-chave: Viabilidade Econômica. Sistema Fotovoltaico.

Abstract

The deployment of grid connected photovoltaic systems represents a way to reduce electricity costs for businesses. The aim of this study was to perform an economic study on the implementation of a photovoltaic system of 5kW_p at a restaurant in São Francisco de

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Paula, RS. We analyzed the consumption and production of electricity, resulting in economic return for the period of deployment of the PV system and comparing the investment in this system with the application in certificates of deposit (CDB), negotiable certificates issued by commercial banks, development, investment and representative of multiple deposits. It was considered a possible application in the CDB at a rate of 0.85% per month on the amount applied and compared the gain of such application to the spending that the investor would still have with the purchase of electricity from the utility grid. The economic return is calculated based on current pricing of equipment and electricity. This calculation is critical to the decision of investment in a photovoltaic system connected to the grid.

Keywords: Economic viability, Photovoltaic system.

1. INTRODUÇÃO

A busca incessante pelo desenvolvimento e também pelo crescimento econômico acarreta indiscutivelmente a demanda ilimitada e ininterrupta por energia elétrica. O atual cenário energético mundial apresenta indicações de esgotamento dos recursos naturais voltados para a geração de energia. Diante desta escassez de recursos naturais, a geração renovável de energia elétrica traz imensos benefícios, além de tornar-se indispensável na diversificação da matriz energética (Tidei, 2013).

O uso intenso das tecnologias hoje conhecidas leva ao consumo crescente de energia por parte da população o que por sua vez ocasiona o aumento da produção industrial. Essa crescente industrialização, conseqüentemente, aumenta a emissão dos gases poluentes desencadeadores do chamado efeito estufa (Knirsch, 2012).

A energia solar mostra-se como uma grande alternativa, pois pode cobrir as necessidades da humanidade de forma inesgotável e pode servir de base para um desenvolvimento sustentável (Moehlecke, 2002). Pontes (2011) coloca que independentemente do setor, seja ele público ou privado, a análise econômica de projetos é essencial para se medir o retorno econômico dos investimentos, comparando custos e benefícios, ao mesmo tempo em que permite avaliar os impactos sociais.

Este trabalho visa mostrar, através de um estudo econômico, que a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede pode ser uma alternativa interessante na redução



de custos com energia elétrica em um empreendimento. Por meio da análise dos consumos e gastos mensais com energia, busca-se mostrar a viabilidade econômica ao investir neste modelo de sistema de produção de energia elétrica.

2. DADOS DA UNIDADE DE CONSUMO E DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.1 Unidade de consumo

A unidade de consumo em questão trata-se do restaurante Marcela's Café & Bistrô, estabelecimento comercial do ramo de prestação de serviços alimentícios, localizada na cidade de São Francisco de Paula, RS. O consumo do restaurante é apresentado na Tabela 1. Os dados foram retirados das faturas mensais de energia elétrica, fornecidas mensalmente pela RGE, empresa concessionária de energia. Foram coletados dados referentes aos anos de 2012 e 2013. O item reajuste mostrado na Tabela 1 refere-se ao reajuste de 23,14% autorizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL aplicado nas tarifas a partir do mês de julho de 2014.

Tabela 1. Dados de consumo do Restaurante no período.

Mês/ano	Consumo	Valor	Mês/ano	Consumo	Valor
jan/12	1082	R\$ 771,40	jan/13	1094	R\$ 678,55
fev/12	1113	R\$ 654,74	fev/13	1239	R\$ 761,32
mar/12	1059	R\$ 672,78	mar/13	992	R\$ 480,01
abr/12	1183	R\$ 643,30	abr/13	992	R\$ 476,68
mai/12	1121	R\$ 716,17	mai/13	1124	R\$ 525,18
jun/12	1208	R\$ 677,15	jun/13	1044	R\$ 513,60
jul/12	1279	R\$ 728,16	jul/13	1251	R\$ 583,38
ago/12	1145	R\$ 786,85	ago/13	1191	R\$ 487,33
set/12	1238	R\$ 726,10	set/13	1126	R\$ 480,44
out/12	1137	R\$ 769,58	out/13	914	R\$ 380,87
nov/12	1067	R\$ 727,79	nov/13	799	R\$ 326,54
dez/12	1094	R\$ 663,08	dez/13	939	R\$ 388,05
TOTAL		26431 kWh		R\$ 14.619,05	
Média		1101,29 kWh		R\$ 609,13	
Reajuste			R\$ 140,95		
Média Reajustada			R\$ 750,08		



A Figura 2 apresenta as despesas mensais com energia elétrica em forma de gráfico. Analisando mês a mês as informações do gráfico, verifica-se que o custo médio mensal fica em torno de R\$ 750,00.

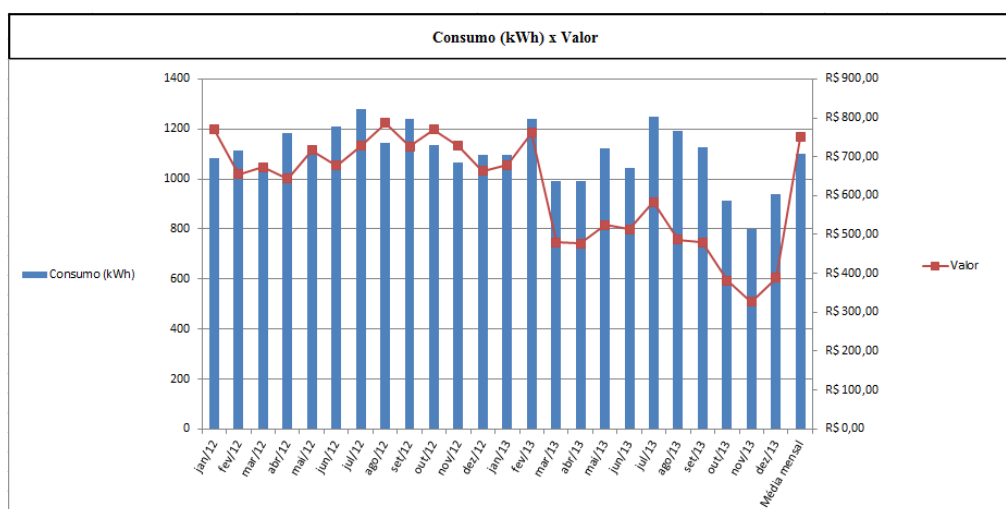


Figura 2. Custo mensal e custo médio mensal do restaurante com energia elétrica (Elaborada pelo autor).

2.2 Disponibilidade de energia

A localização desse empreendimento fica na região serrana do Rio Grande do Sul. Como não havia medições do potencial energético solar da cidade em questão usou-se como referência a cidade mais próxima e com características parecidas, no caso o município de Caxias do Sul, RS. Os dados apresentados na Tabela 2 foram coletados na base SUNDATA do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB.

Tabela 2. Dados da irradiação solar média mensal em uma inclinação de 29° (CRESESB, 2014).

MÊS	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Irradiação (kWh/m ² dia)	4,98	4,95	4,87	4,54	3,97	3,2	3,92	3,86	4,44	4,97	5,3	5,44
Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31



2.3 Sistema fotovoltaico

A implantação do sistema fotovoltaico para gerar em torno de 50% do consumo médio do estabelecimento resultou em um sistema de potência nominal de 5 kWp, constituído de 20 módulos fotovoltaicos de 250 W e um inversor de 5 kW. O sistema foi dividido em dois arranjos, pois o inversor possui dois seguidores de máxima potência. Cada arranjo é constituído de 10 módulos fotovoltaicos associados em série.

Com a coleta dos dados de potencial energético solar aproximado do local, foi calculada a energia elétrica produzida mensalmente assim como a média anual. Para isso foi utilizada a equação apresentada por MOEHLECKE (2014):

$$EE = G_m A \eta_{PV} \eta_{Inv} F_{Perdas}$$

onde EE é a energia elétrica produzida, G_m a irradiação média mensal (kWh/m^2), A é a área de captação (m^2), η_{PV} a eficiência do arranjo fotovoltaico, η_{Inv} a eficiência do inversor e F_{Perdas} um fator que representa perdas nas conexões dos cabos. Para obter a energia elétrica produzida mês a mês, foi usada a irradiação diária média mensal multiplicada pelo número de dias conforme os dados da Tabela 2. A área de captação é a área que os módulos ocupam (no caso $32,54 \text{ m}^2$), a eficiência do inversor utilizada foi de 95% e considerou-se 5 % de perdas como fator de perdas ($F_{Perdas} = 0,95$). A Figura 4 mostra a energia elétrica produzida mensalmente, bem como sua média anual mensal, que apresenta o valor de 567,14 kWh.

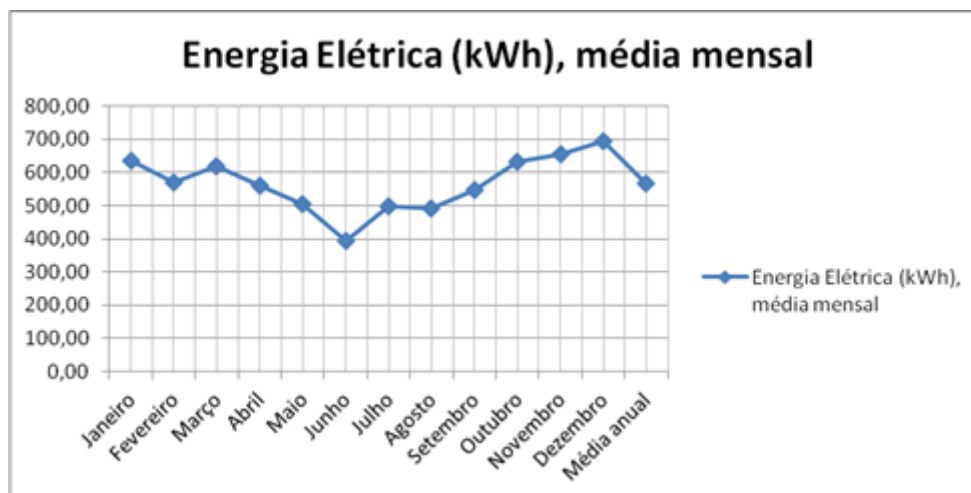


Figura 4. Produção mensal de energia elétrica (Elaborada pelo autor).

Percebe-se que o mês com menor produção de energia elétrica é o mês de junho, isso se justifica pelo fato de que o inverno encontra-se em seu ápice. Já a maior produção de energia elétrica é no mês de dezembro, também justificado maior disponibilidade de radiação solar.

Os módulos serão posicionados a uma inclinação de 30^o, com a intenção de que os mesmos recebam a radiação solar de maneira mais eficiente ao longo do ano. Os inversores devem ser fixados no forro do prédio da unidade consumidora, e conectados na rede elétrica de 220 V de corrente alternada (CA).

Os módulos fotovoltaicos produzem eletricidade em corrente contínua (CC) quando expostos à radiação solar. A eletricidade gerada acionará os inversores que convertem a CC produzida em CA. Esta corrente convertida poderá, assim, ser utilizada na rede elétrica da unidade consumidora, e o seu excedente injetado na rede pública de distribuição, através de uma unidade de medição específica, como prevê a Resolução 482/2012 (ANEEL, 2012).

A Tabela 4 apresenta o orçamento que teve o menor custo para um sistema fotovoltaico de 5 kWp, atingindo um valor de R\$ 28.200,00. Deste valor, 63,5 % são devidos aos módulos fotovoltaicos, 19,9 % devidos ao inversor os restantes 16,6 % ao projeto e instalação do sistema.



Tabela 4. Orçamento dos equipamentos do sistema solar fotovoltaico

Quantidade	Produtos e Serviços	Preço (R\$)
20	Módulo fotovoltaico com células solares de silício multicristalino, 250 W, certificado pelo INMETRO – Classe A	17.920,00
1	Inversor 5 kW _p c/ Display.	5.600,00
3	DPS - Dispositivo de proteção contra surto	350,00
1	Projeto + Análise de Responsabilidade Técnica – ART	400,00
1	Mão de obra, estrutura de fixação em alumínio e inoxidáveis.	3.930,00
TOTAL		28.200,00

3. ANÁLISE COMPARATIVA DA REDUÇÃO DE CUSTOS

É possível fazer uma análise comparativa entre o investimento para reduzir o custo operacional com eletricidade neste estabelecimento e as despesas mensais desembolsadas com a empresa RGE. Uma das opções do restaurante é o investimento em Certificado de Depósito Bancário (CDB), título negociável emitido por bancos comerciais, de desenvolvimento, de investimento e múltiplos representativos de depósito a prazo. A taxa de juros geralmente é prefixada e o pagamento dos juros pode ser mensal, porém o normal é que o pagamento seja efetuado na data de resgate do título (Parada Filho, 2013). Se os proprietários optarem por investir o valor de R\$ 28.200,00 em títulos de CDB, a uma taxa média mensal de 0,85% e não realizar o investimento no sistema solar fotovoltaico, em 39 meses eles acumularão o valor de R\$ 39.229,19. Paralelamente, o restaurante estaria desembolsando, neste mesmo período, o montante de R\$ 39.363,37 com a energia elétrica paga à RGE, considerando os reajustes.

Em setembro de 2014 foi incorporado um reajuste tarifário de 23,14% aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e foi aplicado a partir das faturas no mês de

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



julho de 2014. Entretanto, o valor médio das faturas do ano de 2012 e 2013 é de R\$ 609,13, o que justifica a aplicação do reajuste logo no início dos cálculos, chegando ao valor de R\$ 750,08. Em março de 2015 foi aplicado mais um reajuste de 35,50% e em junho de 2015 foi aplicado uma redução nas tarifas de 3,09%, ambas autorizadas pela ANEEL. Em dezembro de 2017, os proprietários estariam tendo um desembolso líquido de R\$ 134,18 (R\$ 39.363,37 – R\$ 39.229,19).

Para os demais reajustes foram feitas estimativas uma vez ao ano, levando em conta um dos critérios definidos pela ANEEL, que é a inflação medida pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)¹, e com isso foi efetuada uma média deste índice nos últimos 5 anos. Esta posição revela que a partir de janeiro de 2018 a empresa estaria usando seu capital e sua remuneração para fazer o pagamento com os desembolsos das faturas de energia elétrica, não havendo, a partir deste período, mais o capital aplicado em títulos de CDB.

O consumo médio mensal de 1101,29 kWh do restaurante foi extraído das faturas emitidas pela RGE nos anos de 2012 e 2013. Considerando este valor, o consumo diário do estabelecimento revela o número de 36,71 kWh por dia, o que permite reproduzir um valor médio mensal de R\$ 750,08 pagos à RGE. Utilizando a produção do sistema solar fotovoltaico indicado, em torno de 18,90 kWh por dia, o consumo de energia elétrica reduz em média a 17,81 kWh por dia.

Diante desse quadro, a melhor opção para os proprietários do restaurante seria investir na compra e implantação do sistema fotovoltaico, e assim, reduzir os gastos mensais com as faturas de energia elétrica.

Em quatro anos e um mês, o restaurante teria aproximadamente uma redução de R\$ 28.539,70 nos gastos com as faturas de energia elétrica emitida pela RGE. Essa economia nas despesas mensais demonstra que no prazo de 4,1 anos o investimento a ser feito na implantação do sistema solar fotovoltaico estaria recuperado, tornando ainda mais atrativo o fato de que o investimento nos módulos fotovoltaicos tem uma vida útil de 25 anos.

Efetuando o investimento no sistema fotovoltaico, os proprietários deixam de receber uma remuneração mensal entre R\$ 239,70 e R\$ 369,10, referente à aplicação em CDB. Em

¹ É o indicador de movimento dos preços calculado mensalmente pela FGV (Fundação Getúlio Vargas) e divulgado no final de cada mês de referência. Atualmente, ele é o índice de referência utilizado para o reajuste dos aumentos da energia elétrica e dos contratos de aluguéis.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



compensação, estará reduzindo em média pouco mais de 50% o valor da fatura com os gastos de energia elétrica emitida pela RGE.

Optando por aplicar o valor de R\$ 28.200,00 em CDB, ao final de 49 meses a empresa teria um rendimento de R\$ 14.494,15. Contudo continuaria pagando as faturas para a RGE em seu valor integral, o que em 49 meses chegaria aproximadamente a R\$ 50.776,09. Porém, se o restaurante optar pela implantação do sistema fotovoltaico teria uma economia de aproximadamente R\$ 28.539,70 com a redução das tarifas de energia em virtude da geração de energia elétrica por meio do sistema solar fotovoltaico.

5. CONCLUSÃO

O presente artigo mostrou a análise dos custos com energia elétrica em uma unidade consumidora e buscou verificar se a implantação de módulos fotovoltaicos atingiria uma redução significativa dos gastos com eletricidade. A economia gerada por tal implantação, quando comparada à compra de energia da concessionária que atende a região, acaba justificando a opção proposta nesta pesquisa. Considerou-se uma possível aplicação em CDB, a uma taxa de 0,85% ao mês sobre o valor aplicado e comparou-se o ganho dessa aplicação aos gastos que o aplicador continuaria tendo com a compra de energia da mesma fonte atualmente usada. O valor aplicado no CDB seria totalmente perdido em dois anos e três meses, pois a empresa continuaria pagando o valor integral da fatura de energia. Além disso, com o investimento em um sistema fotovoltaico, o proprietário estaria contribuindo para uma geração de energia elétrica limpa e, conseqüentemente, sem prejuízos para o meio ambiente.

Do ponto de vista econômico, conclui-se que o investimento no restaurante Marcela's Café & Bistrô é viável, pois contempla os fatores da eficiência econômica, custo/benefício e retorno do investimento.

Diante do que foi observado e considerando que o cenário futuro da energia nos leva a prever melhores condições de uso das diferentes formas de energia para garantir o desenvolvimento e equilíbrio das economias, este estudo, permite visualizar também, que pequenas mudanças podem trazer elevados ganhos em termos de economia e melhor aproveitamento dos recursos naturais. Se os pequenos e médios empresários que consomem grandes quantidades de energia tivessem acesso a este tipo de informação, provavelmente, muitas decisões mudariam o rumo dos investimentos que estão sendo

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



feitos. Provavelmente muitos recursos poderiam ser melhores alocados, trazendo maior benefício para toda a sociedade. O estudo também reforça a importância de que as decisões a serem tomadas sejam feitas com base em uma rigorosa análise econômica, na qual se observa o papel central de um bom levantamento dos custos e o domínio do conjunto dos dados globais que facilitam o processo de gerenciamento e negociação com os fornecedores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Matriz de Energia Elétrica. 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 27 set. 2014.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB (Brasil). Potencial Energético Solar - SunData. 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php#sundata>>. Acesso em: 27 set. 2014.

FGV Fundação Getúlio Vargas (Brasil) (Org.). Índices Gerais de Preços. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B6160B0D7D>>. Acesso em: 27 out. 2013.

Knirsch, T.. Caminhos para a Sustentabilidade. Edição especial Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012. 124 p. (Cadernos Adenauer XIII).

Tidei, C.. O Futuro Energético. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2002/unihoje_ju173pag03.html>. Acesso em: 07 out. 2013.

Moehlecke, A. Células Solares Eficientes e de Baixo Custo. Brasília: Prêmio Jovem Cientista e Prêmio Jovem Cientista do Futuro, 2002. p. 15-76.

Moehlecke, Adriano. Módulos Fotovoltaicos-Sistemas Fotovoltaicos. Porto Alegre: Núcleo de Tecnologia em Energia Solar - Faculdade de Física Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2014. 176 slides, color.

Parada Filho, A.G. (Org.). CDB - Certificado De Depósito Bancário. Disponível em: <http://www.cosif.com.br/mostra.asp?arquivo=mtvm_cdb>. Acesso em: 27 out. 2013.

Pontes, João Randolpho. Elaboração e Análises de Projetos. Florianópolis: UFSC, 2011. 214 p.