

AVALIAÇÃO TÉCNICO ECONÔMICA PARA INTEGRAÇÃO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UMA TERMOELÉTRICA POR BIOMASSA

Lucas Eusebio Lima¹ (EG), Sergio Batista da Silva¹ (PQ)

¹Instituto Federal de Goiás, *Campus Itumbiara*

Área do Conhecimento: Engenharia Elétrica, Sistemas Elétricos de Potência, Geração da Energia Elétrica

Resumo

A biomassa, que antes era um sério problema e causava diversos impactos ambientais, atualmente falta em algumas unidades industriais. Juntamente a esta condição, o acelerado crescimento da tecnologia fotovoltaica no país, por conta de seu forte apelo ambiental, barateamento dos equipamentos e pela posição de destaque do Brasil em questão de potencial solar, fez com que esta fonte de energia se tornasse uma opção muito competitiva para utilização de forma híbrida com outros meios de geração. Este estudo apresenta a análise de dados de uma Usina Termoeletrica em funcionamento no município de Araporá – Minas Gerais. Com a planta trabalhando dentro de suas condições de projeto, é realizado o dimensionamento de um sistema fotovoltaico e feitas análises da geração de energia elétrica providas desta tecnologia e seus impactos na receita financeira da empresa, tendo como foco corrigir ou amenizar grande parte dos problemas de déficit em geração de energia elétrica enfrentados pela companhia. Esta pesquisa quantifica a viabilidade econômica da instalação de uma usina fotovoltaica para operação em conjunto com uma Usina Termoeletrica, apresentando dados que comprovam que este investimento se mostra capaz de reduzir o consumo de biomassa provinda do bagaço da cana-de-açúcar e levar a empresa a alcançar os excedentes mínimos para exportação e com rápido tempo de retorno de investimento.

Palavras-chave: *Biomassa, Fotovoltaico, Solar, Termoeletrica, Usina.*

Introdução

O elevado crescimento na demanda de energia vem se mostrando um grande desafio para a sociedade moderna. Neste meio, os aspectos ambientais dos sistemas de energia têm ganhado prioridade e grande destaque com o aumento da consciência ambiental da sociedade e, com isso, as fontes de energia elétrica renovável têm sido incluídas em grande número nos programas de pesquisas de energia e em políticas energéticas, com destaque para os países desenvolvidos.

Até os anos 90, o bagaço de cana-de-açúcar era um problema e causava diversos impactos negativos ao ambiente, entretanto, atualmente ela está em falta em algumas unidades industriais por uma série de motivos, seja pela queima para produção de energia, sazonalidade das chuvas em cada região do país ou pelas práticas de cultivo utilizadas.

Com o decorrer do tempo, notou-se que o volume de biomassa gerada após o processo de fabricação do etanol sofreu uma forte redução, tornando-o insuficiente para suprir a demanda de eletricidade da própria empresa e para cumprir com os contratos de exportação de energia.

Assim, passaram a existir meses onde o consumo de bagaço é maior que a exportação de energia, tornando necessário comprar biomassa adicional de empresas de reflorestamento e/ou de outras usinas, elevando o custo de geração de energia elétrica

Paralelamente, a energia Solar Fotovoltaica vem crescendo rapidamente no país, graças ao forte apelo ambiental e, principalmente, pela redução nos custos dos equipamentos. No cenário brasileiro, a capacidade instalada de energia solar FV vem aumentando exponencialmente, sendo que somente em 2018, foi somado cerca de 1,2 GW em toda a extensão do país, um aumento de 52% entre os anos de 2017 e 2018 [ANEEL, 2019].

Por conta desta situação e das excelentes especulações com relação ao futuro da energia fotovoltaica, surge então o objetivo de integrar a produção de energia elétrica provida de módulos fotovoltaicos com a Usina Termoelétrica (UTE) já existente a fim de fazer com que a geração adicional possibilite trabalhar com uma vazão reduzida de vapor da caldeira, buscando economizar o bagaço e fornecer condições de armazenar essa biomassa em estoques para alcançar as metas de exportação anuais.

Material e Métodos

Diante da geração de energia elétrica abaixo do contratual, ocorrem déficits financeiros em diversos meses ao longo do ano. A Tabela 1 abaixo apresenta dados mensais para a relação entre a previsão de exportação de energia e o valor real que foi exportado. Além disso, também é apresentado o consumo interno da empresa, custo da energia elétrica e o lucro ou perda final daquele mês.

Tabela 1 - Planilha de Análise Financeira de 2017.

Planilha de Análise Financeira 2017 - Base de dados CCEE							
	Preço da Energia R\$/MW	Exportação de Energia - Previsto (MW.h)	Exportação de Energia - Realizada (MW.h)	Diferença na Exportação (MW.h)	Consumo Interno (MW.h)	Geração total 2017 (MW.h)	Lucro ou Perda (R\$)
janeiro	R\$ 126,36	0	0	0	135	0	R\$ 0,00
fevereiro	R\$ 117,54	0	0	0	120	0	R\$ 0,00
março	R\$ 214,78	3.064	1.435,30	-1.629	898	2333,4	-R\$ 349.805,67
abril	R\$ 370,81	13.430	11.876,20	-1.554	6720	18595,7	-R\$ 576.164,58
maio	R\$ 476,39	18.634	18.778,90	145	7947	26725,4	R\$ 69.028,55
junho	R\$ 164,41	19.053	17.092,60	-1.960	7906	24998,5	-R\$ 322.317,21
julho	R\$ 258,15	17.783	18.907,80	1.125	8453	27361	R\$ 290.361,50
agosto	R\$ 523,67	21.040	20.164,50	-876	8445	28609,2	-R\$ 458.473,09
setembro	R\$ 510,74	19.632	18.704,90	-927	7649	26353,6	-R\$ 473.505,20
outubro	R\$ 533,82	18.783	20.344,90	1.562	7610	27955,3	R\$ 833.773,46
novembro	R\$ 491,66	16.699	14.850,60	-1.848	6073	20923,3	-R\$ 908.779,72
dezembro	R\$ 233,94	7.271	5.415,70	-1.855	3426	8841,9	-R\$ 434.032,59
Déficit				-7.818			-R\$ 2.329.914,55

Fonte: UTE Alvorada, 2018.

Buscando suprir um déficit anual de, no mínimo, 7.818MWh na exportação de energia, causado pela falta de biomassa para utilização na fonte de geração térmica, é necessário realizar o dimensionamento da potência pico de um sistema de geração fotovoltaica adequado para este caso. Para isso, pode-se aplicar um método de cálculo simples, porém eficaz, representado pela Equação 1 a seguir [CRESESB, 2014]:

$$P(kWp) = \frac{D}{12 * 30 * \left(\frac{IPH}{1.000W/m^2} \right) * \eta}$$

Onde:

- P - Potência Pico do sistema FV (kWp);
- D - Déficit Anual (kW.h);
- IPH - Irradiação diária no Plano Horizontal (kWh./m².dia);
- η - Taxa de Desempenho (Adimensional).

Através dos dados da Tabela 1, observa-se que o déficit mínimo a ser compensado pela cogeração fotovoltaica deve ser de aproximadamente 8.000 MW.h/ano. Partindo das informações fornecidas pelo website do CRESESB, e utilizando as coordenadas geográficas do município de Araporã, obtém-se um valor diário mínimo para o IPH de 5,13 kWh/m².dia. Por fim, aplicando $\eta = 0,80$, é obtida uma estimativa para a potência pico P do sistema fotovoltaico de 5.415 kWp.

Levando em conta o fato de que a eficiência dos módulos fotovoltaicos sofre com uma redução ao longo do tempo, é possível ainda corrigir este valor para que o sistema se mantenha dentro do esperado por algum período. Para isto, considerando uma queda de 0,7% na eficiência por ano, é encontrada uma correção para o valor da potência pico P em 7% para garantir 10 anos de excedente na geração de energia. Com isso, é obtido um dimensionamento final de 5.794 kWp.

Com base em pesquisas na internet e em empresas do ramo de geração fotovoltaica na região, encontrou-se uma faixa de custo média que varia entre R\$21.000.000,00 e R\$23.000.000,00 para compra de equipamentos e serviços de instalação de uma UFV capaz de fornecer a potência dimensionada neste tópico.

Resultados e Discussão

Uma vez executado o dimensionamento da Usina Fotovoltaica (UFV), obtém-se estimativas de quais seriam seus efeitos uma vez colocada para funcionamento em conjunto com a planta térmica. Para isso, novamente foi feito uso das informações de irradiação solar do município de Araporã – Minas Gerais, disponibilizadas pelo CRESESB em seu website. A Tabela 2 apresenta a média diária de irradiação solar a cada mês para a localidade foco deste estudo:

Tabela 2 - Média mensal de Irradiação Solar Diária observada na área do município de Araporã em 2017 com inclinação dos painéis de 19° com relação à horizontal.

Irradiação kWh/m ² .dia			
Jan.	5,13	Jul.	5,52
Fev.	5,54	Ago.	6,21
Mar.	5,28	Set.	5,54
Abr.	5,57	Out.	5,49
Mai.	5,51	Nov.	5,24
Jun.	5,4	Dez.	5,22

Fonte: CRESESB, 2019.

Juntamente a isso, também foram utilizadas as informações da Tabela 1 afim de realizar uma representação dos efeitos deste sistema fotovoltaico caso fosse colocado em operação no início de 2017, ano em que se tem mais informações fornecidas pela empresa sobre os resultados de exportação e consumo de energia da Usina Alvorada.

Com estas informações, é utilizada a equação abaixo para estimar a energia que seria gerada pela UFV naquele ano:

$$P \left(\frac{MWh}{mes} \right) = \frac{PotenciaPico(kWp) * IPI * \eta * 30}{1000}$$

Onde:

IPI = Valores da Tabela 2;
 $\eta = 0,8$.

Com isso, é feita então uma reconstrução da Tabela 1 levando em conta a contribuição da energia gerada pela UFV e assumindo que 2017 fosse seu primeiro ano de operação, ou seja, a queda de eficiência é irrelevante. Os resultados desta estimativa são apresentados na Tabela 3.

Comparando os resultados da Tabela 1 com os da Tabela 3, é facilmente perceptível que a receita líquida observada no ano de 2017 sai de um déficit de 7.818 MW.h para um superávit de 1.311,4 MW.h na exportação de energia. Tais dados indicam que o sistema fotovoltaico dimensionado no tópico anterior se mostraria capaz de compensar o prejuízo de R\$ 2.329.914,55 sofrido naquele período e ainda fornecer um lucro de cerca de R\$ 760.000,00.

Tabela 3 - Reconstrução da Tabela 1 considerando a estimativa de desempenho da usina fotovoltaica.

Planilha de Análise Financeira 2017 - Estimativa com Contribuição da UFV							
	Preço da Energia R\$/MW	Exportação de Energia UTE - Realizada (MW.h)	Exportação de Energia UFV - (MW.h)	Diferença na Exportação (UFV + UTE - Previsto) (MW.h)	Consumo Interno (MW.h)	Geração Total 2017 (MW.h)	Lucro ou Perda (R\$)
janeiro	126,36	0	713,4	713,4	135	848,4	R\$ 90.139,83
fevereiro	117,54	0	770,4	770,4	120	890,4	R\$ 90.549,32
março	214,78	1435,3	734,2	-894,5	898	3067,5	-R\$ 192.117,34
abril	370,81	11876,2	774,5	-779,3	6720	19370,7	-R\$ 288.956,69
maio	476,39	18778,9	766,2	911,1	7947	27492,1	R\$ 434.038,24
junho	164,41	17092,6	750,9	-1209,5	7906	25749,5	-R\$ 198.853,50
julho	258,15	18907,8	767,6	1892,4	8453	28128,4	R\$ 488.520,25
agosto	523,67	20164,5	863,5	-12,0	8445	29473,0	-R\$ 6.264,27
setembro	510,74	18704,9	770,4	-156,7	7649	27124,3	-R\$ 80.048,16
outubro	533,82	20344,9	763,4	2325,3	7610	28718,3	R\$ 1.241.300,96
novembro	491,66	14850,6	728,7	-1119,7	6073	21652,3	-R\$ 550.534,59
dezembro	233,94	5415,7	725,9	-1129,4	3426	9567,6	-R\$ 264.218,31
Superávit				1311,4			R\$ 763.555,73

Fonte: Autor.

Isto indica que a instalação da UFV para atuação de forma híbrida com a fonte termoeletrica representaria uma contribuição total de 9.129 MW.h / ano adicionais na exportação de energia e, conseqüentemente, um retorno positivo de aproximadamente R\$ 3.089.914,55 em 2017 utilizando os preços tabelados para a energia naquele ano.

Tendo em mãos os dados técnicos de eficiência da planta térmica estudada, é possível estimar a economia em consumo de biomassa que poderia ter ocorrido ao longo do ano de 2017. De acordo com as informações fornecidas pela empresa, sabe-se que a planta térmica estudada se comporta da forma descrita abaixo:

- Projeto: 2,2 Ton. Bagaço/MW;
- Real: 2,4 Ton. Bagaço/MW;

Com as informações de consumo real de bagaço por MW gerado, torna-se viável estimar uma possível economia em biomassa no ano de 2017 para ser utilizada em períodos de maior déficit ou em entressafas caso já existisse a contribuição da UFV. Estes cálculos são feitos buscando manter a exportação de energia pelo menos em uma situação neutra, ou seja, sem excedentes ou déficits. Este resultado pode ser obtido a partir da equação abaixo:

$$Economia(Ton) = Superavit(MW.h) * Efic. \left(\frac{Ton.}{MW.h} \right)$$

Em que:

- Economia - Quantidade de biomassa que poderia ser armazenada (Ton.).
- Superavit - Excedente estimado resultado da UFV (MW.h);
- Efic. - Biomassa consumida pela exportação de 1MW.h (Ton./MW.h).

Portanto, sabendo que o superávit estipulado foi de 1.311,4MW.h e a eficiência da UTE é de 2,4 Ton. Bagaço/MW.h, encontra-se que a economia de biomassa em 2017 poderia ter sido de 3.147,36 toneladas e ainda assim a empresa seria capaz de cumprir com as exportações previstas de energia para o ano.

Levando em conta toda a capacidade de geração da UFV, estimada em 9.129 MW.h / ano como já apresentado anteriormente, calcula-se que esta fonte de energia, em seu primeiro ano de operação, poderia compensar cerca de 21.910 Toneladas de bagaço de cana-de-açúcar que seria utilizada para produção de vapor na caldeira de alimentação dos geradores da UTE.

Conclusões

Tal como demonstrado, a adição de uma UFV com a potência estipulada nesta pesquisa para atuação em conjunto com a UTE Alvorada se mostra uma opção muito interessante. Esta fonte, quando direcionada ao objetivo de sanar as dificuldades energéticas encontradas na receita anual da empresa, tanto para seu consumo próprio quanto para cumprir com os contratos de exportação de excedentes, apresenta excelentes resultados, sendo capaz de não apenas compensar o prejuízo anual encontrado, mas também de fornecer energia extra por vários anos.

Este superávit na produção pode ser aproveitado pela companhia de duas formas: aumentar seus contratos de exportação para vender mais eletricidade ao longo do ano; ou utilizar a energia excedente da UFV para reduzir o uso de biomassa na planta da UTE e, então, armazená-la para que seja consumida em momentos de maior escassez de matéria-prima.

Esta situação acaba por incentivar e proporcionar grandes investimentos na área de energia fotovoltaica, resultando em queda de preços, aumento na eficiência dos equipamentos e popularização deste tipo de tecnologia, fazendo com que seu desempenho como uma forma de investimento seja cada vez mais valorizado e seu tempo de retorno torne-se cada vez menor.

Agradecimentos

Ao CNPq e à GEPEX do IFG - Campus Itumbiara pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e, em especial, ao Prof. Dr. Sergio Batista da Silva, por proporcionar a oportunidade de desenvolvimento deste e de diversos outros trabalhos realizados na área de estudo em Sistemas de Geração Fotovoltaica, tema de imensa importância para a atualidade e para o futuro.

Referências Bibliográficas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *BIG - Banco de Informações de Geração*. Disponível em: <www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 20 de julho de 2019.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, 2014.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. *Potencial Solar – SunData v 3.0*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 11 de julho de 2019.