
SISTEMA ALTERNATIVO PARA SECAGEM DE CACAU E GERAÇÃO DE ENERGIA.

ALTERNATIVE SYSTEM FOR KLIN COCOA AND ENERGY GENERATION.

Geovana Pires A. Lima¹; Jorge Henrique Sales²; Afonso Andrade Portugal³

¹Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC – Ilhéus/ Bahia – Brasil
geovanapires1907@hotmail.com

² Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC – Ilhéus/ Bahia – Brasil
jhosales@uesc.br

³ Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC – Ilhéus/ Bahia – Brasil
afonsoaportugal@gmail.com

Resumo

O presente artigo apresenta a viabilidade na implementação de um sistema fotoelétrico isolado para redução de custos com eletricidade e propõe a utilização de uma estufa de secagem de grãos em uma pequena fazenda cacaujeira na cidade de Ilhéus-BA. Para a análise da viabilidade da implementação do sistema fotovoltaico, foram selecionados somente os equipamentos de iluminação, devido à utilização mais comum. Em seguida com ajuda da ferramenta CAD foi estudada a distribuição do sistema fotoelétrico, com o objetivo de encontrar o melhor percentual de rendimento, a definição do número de painéis, o modelo e a quantidade de conversores de corrente. Com os resultados obtidos, foi possível comparar o investimento feito no sistema fotovoltaico e associar com os custos da energia elétrica durante 30 anos. Neste trabalho, também é apresentada uma estufa de secagem para amêndoas de cacau, sendo uma proposta multidisciplinar de aplicação da modelagem matemático computacional, usando softwares de simulação como ferramentas básicas para o desenvolvimento do projeto. Essa inovação é uma estufa especial, disposta verticalmente, constituído por bandejas, colocadas umas sobre as outras comportando em torno de 40 bandejas.

Palavras-chave: Solar, Sustentabilidade, Sistema fotoelétrico, Estufa de secagem, CAD.

Abstract

This article shows a study on the visibility in the implementation of a isolated photoelectric system to reductions in electricity costs and proposes to use of a drying kiln of grains in a small cocoa farm in the city of Ilhéus/BA. For analyses of viability photoelectric system implementation, only lighting equipment's have been selected, due to a most common use. After , with help of CAD tool was studied the distribution of photovoltaic system, with the aim of finding the best percentage of

income, the definition of panels' numbers, the model and the quantity of covert currents. With the results obtained was possible to compare the investments made in photovoltaic and associating the energy costs during 30 years. In this work, the drying kiln for cocoa beans is also showed, being a multidisciplinary proposal of modeling application computational mathematical, using simulation software as basic tools for development of the project. This innovation is a special kiln, vertically arranged, consists of trays, placed on the other ones containing around 40 trays.

Key-words: Energy, sustainability, photoelectric system, Kiln, CAD.

1. Introdução

O sol é fonte de energia renovável e o emprego desta energia, tanto como fonte de luz quanto de calor, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para ser humano enfrentar os desafios que surgem ano após ano. A energia solar é abundante e possui atributos que a torna única, a começar pelo fato de ser renovável, uma fonte limpa de energia, e praticamente inesgotável, permanente e sustentável, não prejudicando ecossistemas.

Segundo Young e Freedman (2009), no momento em que a radiação solar incide sobre a superfície de alguma matéria, em condições adequadas, ocasionam a excitação e liberação de elétrons. Quando essa liberação de elétrons ocorre é possível ordená-los e criar a corrente elétrica.

A energia que chega a Terra liberada pelo sol em um ano é cerca de 10 mil vezes maior do que a consumida pelo planeta durante esse período. A utilização de energia solar através de painéis fotovoltaicos é bastante viável se levados em consideração os benefícios que ela oferece, como a preservação do meio ambiente, pois não gera contaminação no local onde será utilizada, não influi no efeito estufa e não necessita de combustível, apenas incidência solar. Além de todos esses benefícios ecológicos, ela também resiste às condições climáticas adversas com bastante segurança, sua manutenção é quase que nula para sistemas integrados à rede elétrica convencional e o mais importante é que sua vida útil ultrapassa duas décadas, sem quedas bruscas de rendimento caso o sistema seja utilizado de forma adequada, isto porque a tecnologia de células solares é bastante trabalhada, com cerca de 50 anos de desenvolvimentos contínuos. Contudo os sistemas fotovoltaicos conectados à rede em edificações podem atuar em sinergia com o sistema de distribuição, minimizando a carga. No entanto, como todo sistema tem suas desvantagens, a implantação de energia solar ainda exige altos investimentos para seu aproveitamento, o que nos remete a indagar a real viabilidade dessa tecnologia.

A realização de um levantamento fotoelétrico permite buscar a quantidade ideal de painéis solares. Para tanto, faz-se necessário a realização de cálculos precisos, a fim de evitar prejuízos que inviabilizem a implementação do projeto. Além disso, o levantamento permite obter a melhor alocação das placas, sendo que, esse arranjo pode aumentar significativamente a eficiência do sistema.

Outra utilização bastante comum da energia proveniente do sol é a secagem e/ou desidratação de alimentos. No sul do estado da Bahia, um fruto com bastante importância histórica para a região foi o cacau. Na década de 80, antes da crise do cacau, a região cacaueira baiana foi uma das maiores responsáveis por colocar o Brasil como segundo maior produtor de cacau do mundo, perdendo somente para Costa Rica. Mesmo depois da crise, o cacau ainda vem sendo bastante cultivado nas propriedades rurais no sul da Bahia, principalmente nas proximidades de Ilhéus. Pensando nisso, foi desenvolvido um equipamento que inova o método de secagem das amêndoas de cacau. O aparelho em questão é uma estufa especial, disposta verticalmente, o secador é composto por uma torre constituída por uma base com bandejas 2 x 1,5 m e altura de 4 m, comportando em torno de 40

bandejas empilhadas. O modelo proposto possui inúmeras vantagens em relação aos demais modelos existentes, dessa forma, ele trás uma melhoria na concepção dos atuais modelos de secagem de grãos.

Dessa forma, o presente se analisa a viabilidade da implantação de painéis solares fotovoltaicos em uma pequena propriedade rural no município de Ilhéus/BA, comparando os investimentos na implantação do sistema fotoelétrico com as taxas da concessionária de energia. Além disso, oferece uma proposta para utilização de um inovador secador de grãos.

2. Materiais e métodos

O projeto de viabilidade energética é um estudo de caso e para sua realização foram seguidas as etapas: transferência do projeto da casa onde será implementado o sistema fotovoltaico em duas dimensões para três dimensões, levantamento da capacidade energética do local utilizando painéis solares e o estudo da viabilidade da utilização do sistema fotoelétrico comparando com o fornecimento da rede elétrica convencional.

Segundo (SOLAR BRASIL) para a realização do levantamento fotoelétrico, a Solarterra, uma empresa especializada em projetos de energias alternativas, destaca os passos para o dimensionamento e a instalação de painéis fotovoltaicos. Através de pesquisa entre fornecedores da tecnologia para a região pode-se avaliar a capacidade energética do local, a potência adequada dos painéis e as informações sobre o produto.

Com esses dados foi possível estimar a potência do sistema completo no período de vida útil do sistema, o valor a ser investido para a aquisição dos equipamentos e o seu rendimento. Além disso, foi possível comparar as tarifas já pagas à concessionária e os possíveis custos para utilização de painéis solares e então sugerir o melhor investimento a ser feito. A figura 1 ilustra a metodologia empregada para a elaboração do estudo.

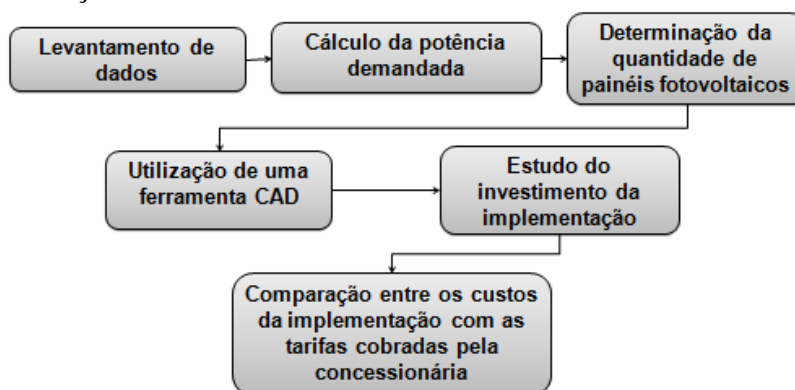


Figura 1 –Esquema geral da metodologia empregada para a elaboração do estudo.
Fonte: Autoria própria.

Com o secador foi utilizado um estudo teórico para entender resultados das simulações feitas no secador. A grandeza física a ser adicionada à simulação é a transferência de calor, que é a energia em trânsito devido a uma diferença de temperatura. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios ocorrerá transferência de calor. Foram utilizados dois programas computacionais para estes estudos que foram o Mathematica e o ComSol. O Mathematica foi usado para resolver equações diferenciais parciais de segunda ordem. O Comsol foi usado para as simulações dos efeitos do calor sobre as estruturas do secador de grãos, além de simular os efeitos de um fluido aquecido, como ar, pelas paredes do secador.

3. Estudo da viabilidade de um sistema fotoelétrico

Para realizar o estudo em questão, foi escolhido o sistema mais utilizado da casa localizada na região cacauzeira, o de iluminação.

Para concretização do dimensionamento fotoelétrico, deve-se primeiramente determinar a potência demandada no estabelecimento identificando quais equipamentos que deverá receber a carga fornecida pelos painéis. Para tanto, para encontrar a carga necessária da iluminação no sistema elétrico da casa foi realizada a contagem das lâmpadas utilizadas, verificada a potência de cada uma delas e seu período de utilização. Dessa forma, encontrou-se a demanda de potência diária de todo esse sistema:

Tabela 1 – Potência diária demanda pela iluminação de uma residência, como a avaliação da Quantidade (Quant.), Horas de uso por dia (H), consumo em Watts (W) e Consumo total em Watts por dia (Wh/Dia).

DEMANDA DE CARGA PARA ILUMINAÇÃO				
Aparelho	Quant.	Horas de uso por dia	Consumo (W)	Total Wh/Dia
Lâmpadas de Baixo Consumo	10	7	8	560 W
Lâmpadas Incandescentes	2	7	60	840 W
Total do consumo				1400 W
Perda de rendimento do conversor 10%				140 W
TOTAL				1540 W

Em seguida, é necessário determinar a potência dos conversores somando toda a carga produzida pelo sistema. O conversor é fundamental para o sistema de distribuição, pois a energia gerada pelos painéis está na forma de corrente contínua e a energia fornecida pela distribuição normal é em forma de corrente alternada. A utilização dele permite que exista a conversão CC – CA na frequência ideal para que possa abastecer o local pretendido. O processo de conversão gera uma perda de até 10% na potência gerada pelos painéis e essa variável deve ser considerada durante a realização do levantamento. O conversor deve estar de acordo com a tensão gerada. Nos conversores usa-se Potência de Pico que deve ser superior a toda potência produzida pelo sistema fotovoltaico. Essa potência pode ser alcançada nos horários em que existe maior altura solar e os painéis chegam ao seu maior rendimento diário e é determinada pela equação:

$$P_p = \frac{P_s}{T} \quad (1)$$

onde, P_p é a potência de pico, P_s é a potência produzida pelo sistema e T é o período de utilização diário.

O rendimento de sistemas fotovoltaicos está diretamente ligado à incidência solar sobre a região em que serão utilizados. O movimento de translação da Terra e a latitude fazem com que o rendimento da potência diária tenha variações durante o ano, sendo que quanto maior a latitude maior será a variação da radiação solar diária. Para realizar o levantamento do potencial energético do sistema fotovoltaico é necessário estimar a média anual de irradiação solar na região em que vai ser instalado. Na Figura 2 apresenta-se o território nacional levando em conta a capacidade energética por região.

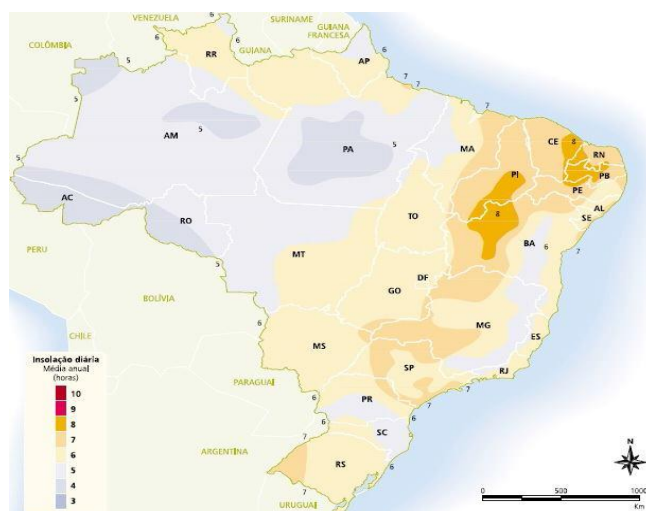


Figura 2 - Mapa da insolação média anual brasileira.
 Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil (2000).

Sendo que a irradiação média na cidade de Ilhéus é de aproximadamente 7 horas diárias, conforme observado na Figura 2, e a potência produzida pelo sistema de 1.540 W (Tabela 1), aplicando os valores na equação, obtém-se:

$$P_p = \frac{1540 \text{ W}}{7 \text{ Horas}} = 220 \text{ W/h}$$

Segundo as empresa fornecedoras de painéis, o melhor painel a ser utilizado na região apresenta potência de pico de 135 Watts e corrente diária de 37,2 Amperes, com tensão em corrente contínua de 12 V, com peso de 12,5 Kg, altura de 0,668m, largura 1,5 m e espessura 0,046 m.

O cálculo do número de painéis a ser utilizados depende da potência solicitada pelo sistema e levando em consideração o rendimento do conversor. Na equação (2) mostra como encontrar o Número Painéis (N_p) necessários levando em consideração à potência produzida pelo sistema, a corrente por Painel (C_p) em amperes e a tensão nominal do painel fotovoltaico em corrente contínua (V_{CC}):

$$N_p = \frac{P_s}{C_p \times V_{CC}} \quad (2)$$

Assim,

$$N_p = \frac{1540 \text{ W}}{37,2\text{A} \times 12 \text{ V}} = 3,45 \cong 4 \text{ Painéis}$$

3.1 Posicionamento do sistema fotoelétrico

O rendimento do sistema fotoelétrico depende diretamente da incidência solar. Os painéis devem estar sempre direcionados ao sol para que exista a maior captação da luz durante todo o ano. No hemisfério sul, onde está localizada a cidade de Ilhéus, os módulos devem estar orientados para o Norte Geográfico. Como módulos sempre têm que estar inclinados em relação ao plano horizontal para a direção Norte Geográfico. O ângulo vai depender da latitude da cidade de Ilhéus que é aproximadamente $14^\circ 47' 20''$ (APOLO11, 2013). E de acordo com a Tabela 1, tem-se que o ângulo de inclinação dos painéis de 19° , de acordo com a Figura 3.

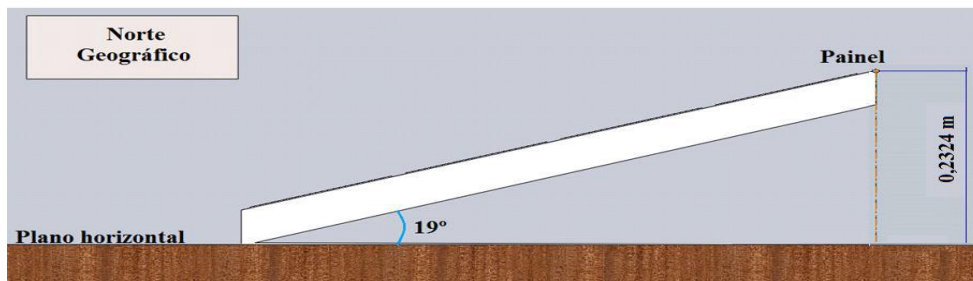


Figura 3: Visão lateral da inclinação de 19° do painel solar em relação ao plano horizontal para a residência em questão. Fonte: Almeida (2013).

Pode-se definir o espaçamento mínimo E_m entre os painéis. Para isso deve-se utilizar novamente a latitude da cidade de Ilhéus e encontrar o Fe e a altura do painel:

$$E_m = Fe \times Ao \quad (3)$$

onde:

E_m = Espaçamento mínimo;

Fe = Fator de espaçamento;

Ao = Altura do objeto.

$$E_m = 2 \times 0,2324 = 0,4648m$$

Com a planta da residência em destaque, que foi transferida para 3D utilizando o CAD e com os dados obtidos anteriormente pode-se colocar os painéis solares, de acordo com a Figura 4.



Figura 4- Representação em 3D da residência analisada para implementação do sistema fotovoltaico, onde foi acoplado dos painéis para seu melhor posicionamento.

Fonte: Autoria própria.

Enfim, com a quantidade de painéis fotovoltaicos já determinados pode-se analisar os investimentos para implementação do sistema fotovoltaicos e as comparações com os custos pagos pela residência à concessionária.

O prazo estipulado para a análise de retorno do investimento é de 30 anos, pois essa é a expectativa de vida dos painéis fotovoltaicos. O conversor de carga tem vida útil menor e nesse mesmo período é necessário realizar duas trocas em média, ou seja, é necessário trocar de aparelho a cada 10 anos. Os custos dos sistemas fotovoltaicos para 30 anos são apresentados na Tabela 2. Os preços dos equipamentos foram obtidos junto a um fornecedor da região.

Tabela 1 - Custo total dos equipamentos do sistema fotovoltaico para abastecer a iluminação por um período de 30 anos para ser feita a comparação entre os gastos com a concessionária.

Item	Preço por Unidade	Quantidade	Valor Total
Painel Fotovoltaico KD 135	R\$ 890,00	4	R\$ 3.560,00
Conversor 250 W/h	R\$ 205,96	3	R\$ 617,88
Custo Total do Investimento			R\$ 4.177,88

O conversor deve sempre trabalhar abaixo de sua potência de pico (W/h). Esse fator deve ser considerado e, nesse caso, tem-se uma $P_p = 220$ W/h, ou seja, está abaixo da potência de pico gerada pelo sistema fotovoltaico. O sistema fotovoltaico pode oscilar sua potência de pico e, geralmente, existe a variação de até 5% acima da potência máxima. Dessa forma, é recomendado que o inversor esteja sempre 10% acima da P_p do que o sistema oferece (RÜTHER, 2004). Nesse caso, tem-se que a P_p é de 220 W/h, enquanto que o inversor tem P_p de 250W/h, mantendo umamargem de segurança de 13,64% (MINHA CASA SOLAR, 2013)

Desse modo, tornar-se necessário calcular a produção energética durante os 30 anos utilizando o valor do investimento nesse mesmo período:

$$P_{produzida} = (1540W \times 365 \text{ dias} \times 30 \text{ anos}) = 16,86 \text{ MWh}$$

Sendo a potência total produzida pelos painéis de 16,86 MWh em 30 anos, pode-se calcular o custo produzido por cada MWh pelo sistema fotovoltaico, que é a razão entre o investimento, R\$ 4.177,88 e a potência produzida 16,86 MWh, que corresponde a R\$ 247,79.

A comparação da viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico e do fornecimento normal de energia elétrica utilizando as taxas pagas à concessionária (COELBA, 2013) a tarifa cobrada é de R\$0,29327 referente ao horário fora de pico, ou seja, R\$ 293,27 para cada MWh. Verificou-se que o investimento do sistema fotovoltaico possui tarifa inferior a cobrada pela concessionária, os valores obtidos se referem a 30 anos para a necessidade do consumo energético de 16,86 MWh e em 10 anos de 5,62 MWh. É importante destacar que o valor apresentado para a concessionária foi, a título de comparação, calculado com tarifa relacionada à necessidade do consumo usado nos sistemas fotovoltaico, e a tarifa da concessionária diferentemente do investimento da energia solar não fica “congelado”, há alterações no valor da tarifa.

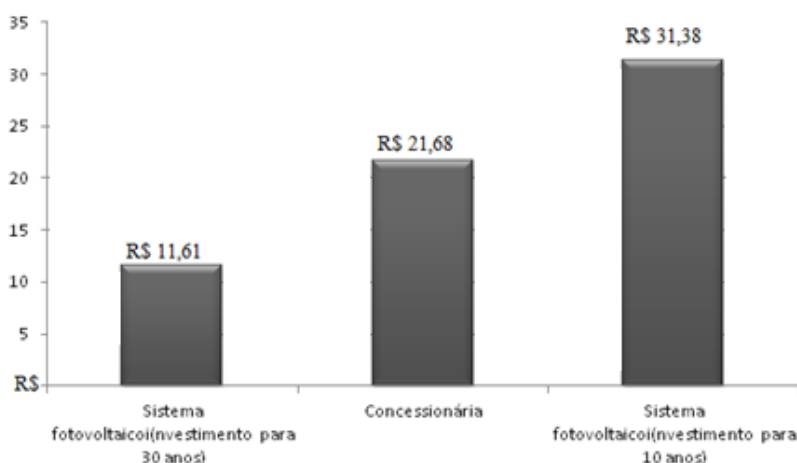


Figura5- Relação entre a tarifa cobrada mensalmente pela concessionária de energia e os investimentos em sistemas fotovoltaicos para 30 anos e 10 anos.

Relacionando os custos encontrados na Figura 5 podemos observar que a implantação de um sistema fotovoltaico é viável. Entretanto, é importante ressaltar que esses investimentos não incluem outros gastos com instalação e revisão que podem chegar a acrescentar até 25% nos valores investidos no sistema. A Figura 6 ilustra a comparação entre os gastos do investimento para o sistema fotovoltaico, com e sem gastos adicionais, e a concessionária.

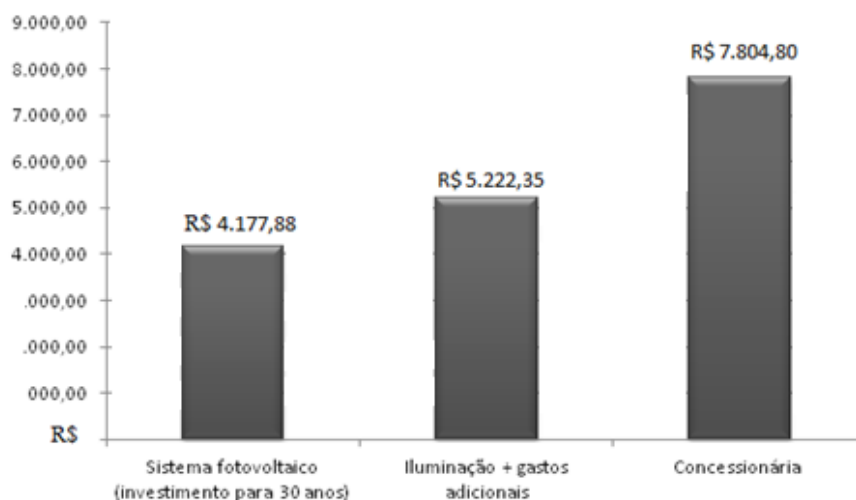


Figura 6- Comparação dos investimentos totais para o sistema de iluminação após 30 anos onde é possível verificar a viabilidade do sistema fotovoltaico mesmo com gastos adicionais.

Conclui-se que mesmo com os acréscimos de até 25% previstos na instalação do sistema para a iluminação, o valor pago a concessionária é superior. No cenário atual, que a busca por fontes limpas de energias, é indispensável pelo fato de que a manutenção da vida na terra só poderá ser conseguida mediante o expurgo da ameaça da poluição térmica e da poluição química. Para evitar estes males é necessário começar a adotar imediatamente uma estratégia global visando aproveitar ao máximo a energia solar que é gratuita. O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional que tem como objetivo fazer com que os países desenvolvidos assumissem o compromisso de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa, para aliviar os impactos causados pelo aquecimento global. E segundo HALLEY, 2004 com Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): os países participantes poderão desenvolver projetos que contribuam para o desenvolvimento sustentável de países em desenvolvimento de modo a ajudar na redução de suas emissões. Essas iniciativas gerariam créditos de redução para os países, e ao mesmo tempo ajudariam os países em desenvolvimento, pois estes se beneficiariam de recursos financeiros e tecnológicos adicionais para financiamento de atividades sustentáveis e da redução de emissões globais. O investimento com a energia solar é uma forma em que o Brasil pode se beneficiar com o MDL. Segundo estudo de Krauter, S., e R. Rüther, 2004, redução de CO₂ no Brasil pode chegar a 26.805 kg / kWp.

De acordo com SHAYANI et al. (2006) como o sistema fotoelétrico encontra-se em fase de desenvolvimento e os custos de implantação vêm caindo de forma acentuada, implicando na diminuição do custo para o investimento. De acordo com as tendências de alta das tarifas cobradas e a redução dos custos de fabricação de painéis solares, é possível que no máximo em uma década haja viabilidade na implantação dessa tecnologia. Segundo Soltermann, O. E. e P. Da Silva, Brazil tem um potencial fotovoltaico inexplorado, principalmente na sua região Nordeste. Esta região tem uma insolação média de 1.800 kW m² anos. Países como Alemanha a utilização da energia solar já uma realidade, segundo a Fraunhofer, 2014. De imediato é possível buscar incentivos junto aos órgãos responsáveis pela energia e governos, a fim de obter benefícios pelo uso desse sistema na redução da demanda da energia convencional e estimular a utilização dessa tecnologia para região. Entretanto, quando a geração de energia obtida a partir do sistema fotovoltaico, é superior ao consumo, esta pode ser repassada para a rede, sob uma cobrança de imposto (ICMS), simulando um

caso para a taxaço, com o uso de 49 kWh em um mês para uma residência, o valor a ser pago para a concessionária   de R\$ 22,57, e o ICMS a ser pago   equivalente a R\$ 5,19. Ou seja 25% da tarifa   referente ao ICMS (o valor total da conta   composto por outras contribui es), se não houvesse a cobra a de impostos, o valor a ser pago a concessionária seria de R\$ 14,30. A mesma taxa   cobrada quando a eficiência da gera o de energia por painéis solares excede o consumo necessário. O imposto incidirá sobre o total de energia que entra na instala o do consumidor, o que inclui a energia gerada pelo consumidor durante o dia e que   enviada por empréstimo para a distribuidora armazenar e devolver   noite. Esta medida não estimula a instala o de sistemas fotovoltaicos, pois diminui a competitividade da microgera o e da minigera o.

De acordo com as tendências de alta das tarifas cobradas e a redu o dos custos de fabrica o de painéis solares, e dos demais equipamentos necessários para a gera o de energia   necessário, há expectativas que no máximo em uma década haja a viabilidade na implanta o dessa tecnologia. De imediato   possível buscar incentivos junto aos órgãos responsáveis pela energia e governos, a fim de obter benefícios pelo uso desse sistema na redu o da demanda da energia convencional e estimula a utiliza o dessa tecnologia para região. Com uma redu o de 20% no valor dos equipamentos, já seria viável a implementa o para muitos.

3.2. Tempo de retorno

A tabela 3 apresenta o tempo de retorno do investimento do sistema fotovoltaico, e os custos anuais com a concessionária. O VPL (valor presente líquido) encontrado para este investimento comprova que o investimento   viável, sendo o valor encontrado de R\$ 18.326,87. Para comprovar a viabilidade do investimento, também foi calculado a TIR (taxa interna de retorno) para este investimento, que   de 28%. Considerando a TMA de 10%.

Tabela 3- Tempo de retorno do investimento fotovoltaico, sem considerar o aumento da taxa da concessionária, sendo a partir do ano 17 o investimento começa a dar lucro.

ANO	Sistema fotovoltaico	Concessionária
1	R\$ 4.177,88	260,16
2	-	520,32
3	-	780,48
4	-	1040,64
5	-	1300,8
6	-	1560,96
7	-	1821,12
8	-	2081,28
9	-	2341,44
10	-	2601,6
11	-	2861,76
12	-	3121,92
13	-	3382,08
14	-	3642,24
15	-	3902,4
16	-	4162,56
17	-	4422,72
18	-	4682,88
19	-	4943,04
20	-	5203,2
21	-	5463,36
22	-	5723,52
23	-	5983,68
24	-	6243,84
25	-	6504
26	-	6764,16
27	-	7024,32

28	-	7284,48
29	-	7544,64
30	-	7804,8

Na tabela 3 é apresentado o tempo de retorno para o investimento fotovoltaico, sem considerar o aumento cobrada pela concessionária, que é de aproximadamente de 10% ao ano, ainda assim é verificado a viabilidade para a implementação do sistema fotovoltaico, onde o retorno do investimento é conseguido no ano 17, considerando o aumento da concessionária em 30 anos seria pago R\$ 7830,82, sendo que o retorno par ao investimento seria conseguido no ano 16. Portanto além dos benefícios que é dado ao meio ambiente a implementação do sistema fotovoltaico é economicamente viável.

Comparando como estudo engendrado por Arthur Biagio (Miranda, 2014), observar-se que a viabilidade para a implementação do sistema fotovoltaico não é o mesmo para distintas regiões, logo, o custo total apresentado entre os dois trabalhos é diferente, bem como a escolha dos componentes para a implementação, além disso, por não se tratar da mesma concessionária, o preço da tarifa não é o mesmo, sendo na Bahia, COELBA, uma tarifa muito abaixo ao considerado no referente estudo realizado no Rio de Janeiro, ANEEL.

O artigo exposto por Arthur Biagio Miranda, não deixa claro como foi calculado o número de painéis, e utilizando a equação (2), o resultado, levando em consideração uma potência de 1960 W, é de 5 painéis, diferentemente ao valor considerado pelo autor, de 8 painéis. Ambos os trabalhos apresentaram viabilidade para a implementação, mesmo com os elevados custo para a obtenção dos componentes, isso revela que com incentivos para a implementação da energia solar, haverá potencialmente procura por esta energia limpa e renovável.

4. SECADOR DE GRÃOS

Sales (2009) propõe uma melhoria na concepção dos atuais modelos de secagem de grãos, que funcionam através da energia solar ou através do fogo de lenha, esta possui dois inconvenientes, primeiro a qualidade do produto é reduzida devido a absorção de fumaça pelas amêndoas. O segundo é o fato da queima da madeira que demanda um consumo abusivo desta, implicando no desmatamento. Com o secador vertical há melhoria no funcionamento da secagem das amêndoas do cacau, e sua posição vertical otimiza o espaço. O rendimento do calor solar também é otimizado pela ausência de portas e janelas, a entrada de ar é feita exclusivamente por baixo, localizado sob a bandeja mais baixa da pilha, podendo ter um regulador de fluxo, e a saída de ar é feita pela cobertura através de um lanternim. As portas só são úteis para a manutenção. O funcionamento da torre demanda menos esforço físico do que uma barçaça tradicional, pois na torre toda carga é feita no solo.

O grande diferencial desta tecnologia é a redução no tempo de secagem, a otimização da área de ocupada, o aumento da qualidade das amêndoas, melhor condições para os operadores, maior higiene. A tabela 4 apresenta uma comparação entre a forma atual de secagem e tecnologia proposta.

Tabela 4- Comparação entre a barçaça tradicional e a torre de secagem vertical, para evidenciar o diferencial entre a tecnologia.

Aspectos	Barçaça tradicional	Torre vertical
Tempo de secagem	Cerca de 7 a 12 dias	Cerca de 3 dias
Área ocupada	Cerca de 12 a 78 m ²	Cerca de 4m ²
Qualidade	Risco de morfo e de secagem desuniforme	Secagem uniforme e não há risco de morfo
Recursos humanos	Muito tempo de exposição ao sol, necessidade de 3 operários por barçaça.	Tempo reduzido de exposição ao sol, 1 operário por torre.
Higiene	Risco de contaminação das amendoas.	Não há risco de contaminação, por sua geometria ser isolada.

No modelo proposto o espalhamento dos grãos em bandejas é feito mecanicamente, em local abrigado, o revolvimento dos grãos é desnecessário, pois é depositada apenas uma camada de grãos em cada bandeja, e a recolha é feita por gravidade. O aparelho secador é composto por uma torre, constituído por uma base com bandejas 2 x 1,5 m e altura de 4 m, comportando em torno de 40 bandejas empilhadas. O secador contém uma torre transparente, de aspecto externo agradável, funcionando como uma verdadeira chaminé:

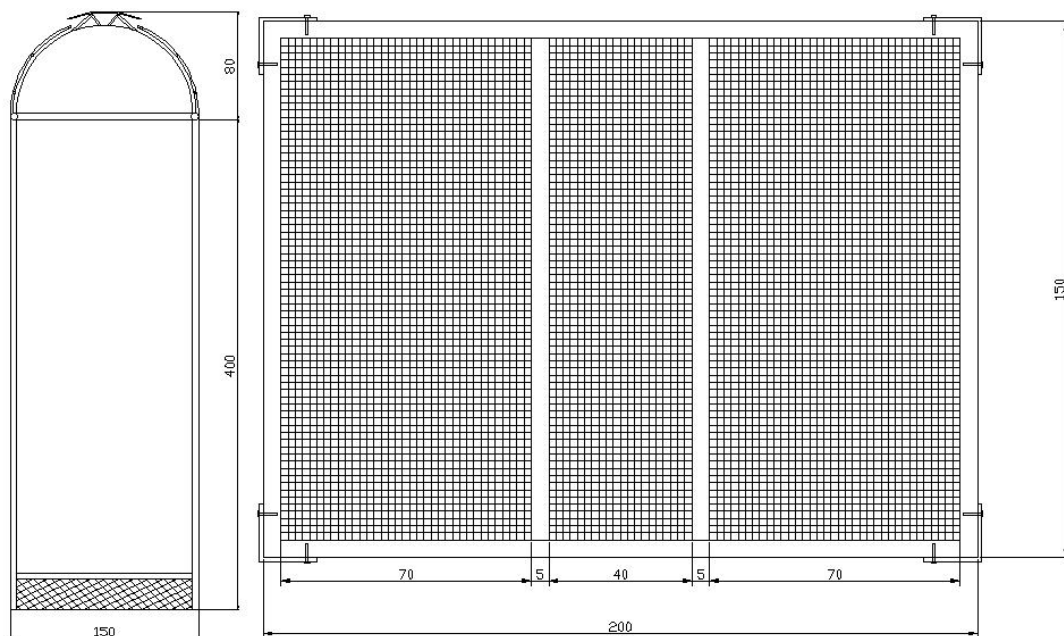


Figura 5: Vista do secador de grãos vertical e a bandeja de armazenamento de grãos.

Uma vez carregada, uma bandeja, que pesará cerca de 10kg, será transportada até o ponto de alimentação do secador por duas pessoas, ou uma só. Ela será introduzida no secador diretamente sobre uma plataforma elevadora operada manualmente (utilizando um pedal), por meio de cilindros hidráulicos ou macacos, em número de quatro integrados num só sistema. Este é a parte tecnicamente mais sofisticada do secador, embora banal se vista de um prisma industrial, além de ser facilmente encontrado no mercado e a baixo custo.

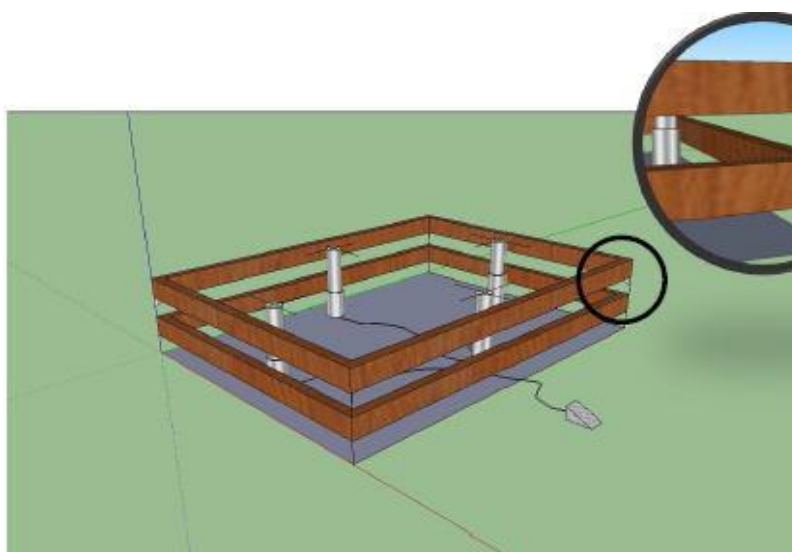


Figura 6: Plataforma elevadora por macacos hidráulicos.

O secador de grãos se encontra em um sistema de temperatura inicial de 29°C. A radiação solar incide a 90° com a horizontal sobre o teto do secador, com uma energia radiativa de 198 W/m² e a partir deste momento inicia-se o processo de transferência de calor, inicialmente em um regime transitório, passando lentamente para o estacionário, considerando efeitos de condução, convecção e radiação. O sistema também considera a radiação emitida pelas superfícies internas da torre, e o resfriamento natural por convecção. O controle da temperatura interna, que não deverá ultrapassar 70°C para não comprometer a qualidade do produto, será feito por meio de um termômetro digital de baixo custo localizado externamente, mas com uma sonda interna ao secador.

Este mecanismo está sendo estudado obtendo via simulação temperatura em cerca de 60°C durante 4h de uso. Caso as amêndoas não possam ser expostas diretamente ao sol, é usado um mecanismo de circulação forçada do ar. Neste tipo de equipamento, coletores planos aquecem o ar que circula através do local onde os alimentos estão armazenados. A circulação do ar no interior do local de armazenagem pode ser forçada ou natural, por convecção.

Dessa forma, a partir de uma ferramenta CAD, foi possível realizar uma simulação do fluxo de calor que percorre o material:

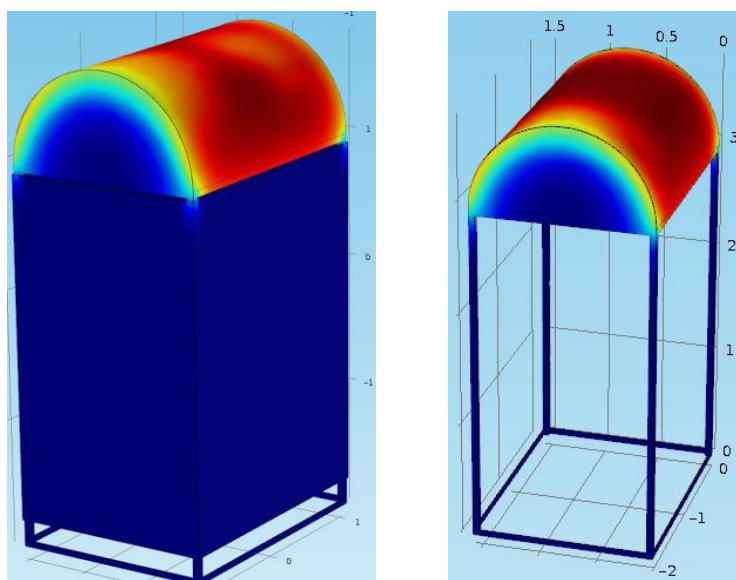


Figura 7: Processo de transferência de calor sobre a torre de secagem vertical para secagem de sementes.

O modelo proposto é uma estufa especial que já se encontra em processo de patente, cujo número de postagem é **SK 101014998 BR**.

5. Conclusão

Os custos dos equipamentos para um sistema integrado à rede elétrica é elevado, porém paga os custos adicionais com instalação e revisão não é significativo e ainda pode ser reduzido se escolhidos equipamentos de menor custo.

Certamente incentivos governamentais possibilitariam a implementação do sistema fotovoltaico, reduzindo o valor para o investimento.

A legislação atual brasileira ainda não dispõe de incentivo para consumo de energia alternativa para a propriedade rural. Além disso, se a eficiência do sistema fotovoltaico for superior ao consumido, gerando energia excedente, será comprada uma taxa sobre este excedente.

Krauter S. e R. Rüther apresentaram em seu estudo um considerável motivo para a implementação de sistema fotovoltaico, o fato da redução CO₂ na atmosfera.

O secador vertical proporciona vantagens como a redução da área necessária para a secagem, não requerer energia elétrica (para ventilação forçada), nem queima de lenha para a

secagem, mas usando somente energia solar, que incidem sobre suas paredes e teto. Outra vantagem é eliminação das condições insalubres do trabalho do operador de manejo dos grãos a céu aberto, pois os trabalhadores enfrentam temperaturas elevadas em estufas, sob raios ultravioleta, podendo atingir mais de 40°C, sem ventilação.

A ferramenta de CAD é fundamental no desenvolvimento destes projetos, tanto na construção da casa rural com os painéis solares, como na definição do mecanismo que gera o movimento das bandejas e na geometria do secador vertical. Além disso, a ferramenta é essencial para simulação da condutividade térmica pelo material do secador.

Referências

- APOLO11. **Latitude e Longitude das Cidades Brasileiras**, 2013.
- ATLAS, **Solarimétrico do Brasil**. Recife Editora Universitária da UFPE, 2000.
- COELBA. Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão à Edificação e Uso Coletivo. Grupo Neoenergia, nov 2013.
- MINHA CASA SOLAR, 2013.
- MIRANDA, A. B. C. M., “ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE”, UFRJ, Escola Politécnica, março 2014.
- Halley Antonio de Oliveira Júnior, **O Sequestro de Carbono para o Combate ao Efeito Estufa**, Faculdade da Região dos Lagos – FERLAGOS, Uberaba – 2004.
- FRAUNHOFER, **Recent Facts about Photovoltaics in Germany**, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2014.
- Krauter, S., and R. Rütther. "Considerations for the calculation of greenhouse gas reduction by photovoltaic solar energy." *Renewable Energy* 29.3 (2004).
- RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1º edição. Editora UFSC/ LABSOLAR. Florianópolis, 2004.
- SALES, J. H. O. e SUZUKI, A. T.. **Plane and Parabolic Solar Panels**, UKC 2009, Raleigh. Creative Minds for Global Sustainability. Raleigh : North Carolina State University, (2009).
- SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A.; CAMARGO, I. T. C. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília, 2006.
- SOLAR BRASIL. **Cartilha de Energia Solar: Produtos e Especificações Técnicas**. São Paulo, 2010. SOLARTERRA.
- SOLTERMANN, O. E., and E. P. Da Silva. "Comparative study between the hysolar project and a hypothetical international project in Brazil for hydrogen production and exportation (BHP) from photovoltaic energy and secondary hydroelectricity combined supply." *International journal of hydrogen energy* 1998
- Energia Solar Fotovoltaica: **Guia Prático**. São Paulo, [entre 2000 e 2013].
- SOLENERG, engenharia - **Energia Solar Fotovoltaica**, Belo Horizonte-Minas Gerais, Brasil (2013)
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. 12º edição. Editora Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2009.

Recebido: 14/02/2014

Aprovado: 23/12/2014