

ANÁLISE DO CUSTO BENEFÍCIO PARA SUBSTITUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA POR PLACAS FOTOVOLTAICAS EM UMA AGROINDÚSTRIA

Lucas Teixeira Dhein¹
Cleusa Teresinha Anschau²
Vivian Soares³
Keila Daiane Ferrari Orso⁴

RESUMO

A energia elétrica é um insumo indispensável para todo e qualquer processo produtivo, portanto, é algo que demanda de muita atenção das empresas, pois os valores pagos nas faturas são geralmente bem elevados, assim, todo meio que possa ser utilizado para a redução de custos com energia elétrica deve ser analisado atentamente. O presente estudo tem por objetivo analisar qual o custo benefício para a substituição da energia elétrica por placas fotovoltaicas em uma agroindústria. A metodologia aplicada foi um estudo de campo, e os instrumentos de coletas de dados foram, documentos e observação com visitação *in loco*. O resultado da pesquisa evidencia as vantagens na substituição do sistema convencional de aquecimento dá água para o sistema de aquecimento através de placas com coletores solares. O custo benefício mostra que investindo nesse sistema a empresa tem um *payback* do retorno do investimento inicial de 3 anos e 3 dias. Para além do processo produtivo, deve-se considerar como uma iniciativa que preza o meio ambiente e processos mais sustentáveis.

Palavras-chave: Processo produtivo. Energia fotovoltaica. Custo-benefício.

1 INTRODUÇÃO

Nos processos globalizados a busca por tecnologias que aumentam a eficiência de uso de energia produtiva, bem como a redução do consumo de recursos naturais os quais visam gerar menos resíduos e menos poluição é cada vez mais constante e necessária. A captação da energia solar é uma das soluções para problemas de suprimento de energia, é a fonte alternativa ideal por ser abundante, permanente, renovável, não poluir, não prejudicar o ecossistema e é gratuita (MARQUES, et al. 2014).

Os principais países que utilizam a tecnologia de aquecimento solar são Israel, Grécia, Áustria, Austrália, Turquia, Estados Unidos, Japão, Dinamarca, Alemanha, etc. São no total 26 países ao todo que representam aproximadamente 50% da população global e cerca de 90% do mercado de aquecimento solar mundial (ABRAVA, 2020).

¹ UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção. E-mail: lucasteixeiradhein@gmail.com.

² UCEFF Faculdades. Economista; Mestre em Ciências Ambientais. E-mail: cleusaanschau@uceff.edu.br

³ Docente da UCEFF. E-mail: vivian@uceff.edu.br.

⁴ Docente da UCEFF. E-mail: keila@uceff.edu.br.

A utilização de energia solar com objetivo de se aquecer água é uma alternativa que se torna pertinente para o Brasil, devido a sua localização geográfica e potencial energético solar (BRAZIL, 2006).

Porém, a energia solar ainda é pouco utilizada no mundo, pois o custo de fabricação e instalação dos painéis solares ainda é muito elevado, outro problema é a dificuldade de armazenamento da energia solar (MARQUES, et al. 2014).

A energia elétrica encontra-se em destaque em todos os setores da economia mundial e é um importante insumo básico para o desenvolvimento do Brasil, que tem na hidroeletricidade sua principal fonte energética (BASSO, et al. 2010.)

Brazil (2006) explica que a grande vantagem do aquecimento de água através da energia solar é a redução do consumo de energia convencional fornecida pelas concessionárias.

Nesse sentido questiona-se: **Qual o custo benefício para a substituição da energia elétrica por placas fotovoltaicas em uma agroindústria?**

Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivos: Analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aquecimento da água para uma agroindústria. E como objetivos específicos analisar o melhor sistema de captação de energia solar para aquecimento da água, bem como analisar a viabilidade econômica da implantação do sistema.

Como justificava para este trabalho tem-se que nos dias atuais, a busca pela redução de custos de produção é incessante, devido à concorrência de mercado, com os preços de venda com margens cada vez menores, tem-se a necessidade de olhar para os gastos internos e buscar maneiras de reduzi-los ao máximo, para que se tenha uma maior margem de lucro.

Além disso se tem ainda, a questão da qualidade nos processos produtivos, que determina se o produto é bem visto no mercado pelos olhos dos consumidores, a utilização de água quente no processo de higienização dos materiais da agroindústria é de suma importância para evitar e atuar no controle de possíveis contágios de bactérias como por exemplo a salmonella, que pode chegar a fazer com que lotes inteiros de animais sejam abatidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para poder estabelecer relações mais consistentes nas análises, inicia-se a abordagem pela conceituação de processo produtivo, para, em seguida, seguir para a compreensão do que

é a produção de energia fotovoltaica e como realizar sua conversão além de fundamentar teoricamente indicadores de viabilidade econômica. A fundamentação teórica vai dar base para análise dos dados que fazem parte deste trabalho, bem como serve de embasamento para todos os levantamentos de dados feitos.

2.1 PROCESSO PRODUTIVO

Segundo Neumann (2013), processo é um conjunto definido de atividades sequenciais (conectadas), relacionadas e lógicas que tomam um *input* com um fornecedor, acrescentam valor a este e produzem um *output* para o cliente externo. Os processos produtivos classificados quanto ao foco de sua atuação, são denominados de processos de fabricação, montagem, prestação de serviços ou processos de produção.

Para Tubino (2009), os sistemas produtivos têm por finalidade facilitar o entendimento das características inerentes a cada sistema de produção e sua relação com a complexidade das atividades de planejamento e controle destes sistemas. Onde, podem estar voltados para a geração de bens ou serviços. Pois quando o produto fabricado é algo concreto, diz-se que é sistema é manufatura de bens. Quando produto é intangível, pode ser apenas sentido o sistema é apenas prestador de serviços.

Todo processo realizado nas empresas faz parte de algum composto de atividades coordenadas de pessoas, procedimentos, recursos e tecnologias. Os processos de produção exercem influências diretas sobre algumas dimensões competitivas, tais como: custo final do produto, qualidade final do produto, flexibilidade de produto, tempo de entrega e a formulação de estratégias de operações para a verificação da adequação tecnológica desses sistemas produtivos (BOWERSOX, 2001).

Conforme Moreira (2008) a classificação dos sistemas de produção utiliza de uma classificação de técnicas de planejamento e gestão da produção, destinando então as técnicas e ferramentas específicas para cada tipo de sistema.

2.2 PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Entre as fontes de energias renováveis, a energia solar fotovoltaica se não a mais abundante com certeza é uma das mais em toda a superfície terrestre, além de ser considerada interminável. Por este motivo é uma das alternativas mais favoráveis para a composição de

uma nova matriz energética mundial e seu aproveitamento tem se consolidado em muitos países (RODRIGUES; WODIHY; GONÇALVES, 2017; *apud* VERMA; MIDTGARD; SATRE, 2011). É esperado que até 2040 esta seja a fonte renovável de energia mais importante e significativa para o planeta, as células fotovoltaicas são dispositivos mais recentes, quando em comparação das primeiras tecnologias de aeração geradores, datando de 1839 quando Antoine Henri Becquerel conduziu os primeiros estudos sobre o efeito fotovoltaico (RODRIGUES; WODIHY; GONÇALVES).

Conforme Goldemberg, Palleta *et al.* (2012) a energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para muitas finalidades que precisam de eletricidade, seja para suprir as necessidades de localidades não assistidas pela rede de distribuição ou para gerar energia elétrica de forma distribuída com sistemas conectados à rede elétrica de distribuição.

O desenvolvimento da energia fotovoltaica permite que sistemas fotovoltaicos utilizem o inesgotável recurso solar, transformando-o em eletricidade de forma limpa, segura e confiável. Em função disso, questões relacionadas com o aumento da produção fotovoltaica de eletricidade deixam de ser exclusivamente tecnológicas e passam a contar também como aspectos de ordem política e econômica (GOLDEMBERG; PALETTA *et al* 2012).

Para Goldemberg, Palleta *et al.* (2012) afirmam ainda que, em relação às questões ambientais a tecnologia solar fotovoltaica não gera nenhum tipo de efluente sólido, líquido ou gasoso durante a produção de eletricidade. Além disso, não emite nenhum ruído e nem utiliza recursos naturais esgotáveis.

2.2.1 Sistemas de conversão da energia solar em energia elétrica

Um sistema fotovoltaico é uma fonte de potência elétrica, na qual as células fotovoltaicas transformam a Radiação Solar diretamente em energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos podem ser implantados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. A confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos é tão alta, que são utilizados em locais inóspitos como: espaço, desertos, selvas, regiões remotas, etc. (BLUESOL, 2020).

Um conjunto de células fotovoltaicas compõem atualmente um módulo fotovoltaico. As principais tecnologias empregadas na fabricação e comercialização dos módulos, são de

silício monocristalino e policristalino. Essas tecnologias representam 85% do mercado (PORTAL SOLAR, 2018).

Conforme a ABNT (2008) a NBR-11704, quanto a classificação dos sistemas fotovoltaicos, temos dois tipos, que são chamados sistemas isolados e sistemas conectados à rede (*On-Grid*). Sistemas isolados são aqueles que não possuem qualquer conexão com o sistema público de fornecimento de energia elétrica. Já os conectados à rede, os também chamados e conhecidos como sistemas *On-Grid*, fornecem energia para as redes de distribuição. Todo o potencial gerado é rapidamente escoado para a rede, que age como uma carga, absorvendo a energia. Os sistemas *On-Grid*, geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes que os sistemas autônomos, além de, geralmente, serem mais baratos (BLUESOL, 2020).

A ABNT (2008), na norma NBR-11704, prevê ainda que há duas configurações para sistemas de energia fotovoltaicas que são os puros ou híbridos. Sistemas puros são aqueles que utilizam gerador fotovoltaico como único gerador de energia elétrica. Já os sistemas híbridos são os que resultam da associação do gerador fotovoltaico com outros tipos de geradores de energia, onde podemos citar como exemplo um sistema com geração de energia eólica junto de um sistema fotovoltaico. No Quadro 1 pode-se observar a classificação e as aplicações geralmente empregadas aos diferentes sistemas fotovoltaicos.

Quadro 1 - Classificação e aplicações de sistemas fotovoltaicos.

Tipo de sistema		Alimentação dos consumidores	Acumulação de energia elétrica	Componentes básicos	Aplicações típicas
Sistemas isolados	Puros	Tensão contínua	Não	Seguidor de potência máxima (desejável)	Bombeamento, produção de hidrogênio etc.
			Sim	Controlador de carga e acumulador	Iluminação, telecomunicações, sinalização náutica, cerca elétrica, proteção catódica etc.
		Tensão alimentada	Não	Inversor	Bombeamento, uso industrial etc.
			Sim	Controlador de carga, acumulador e inversor	Eletrificação rural, bombeamento, telecomunicações, uso industrial, iluminação etc.
	Híbridos	Tensão contínua	Sim	Controlador de carga, acumulador e gerador complementar	Telecomunicações, iluminação, sinalização rodoviária e ferroviária etc.
		Tensão alimentada	Opcional	Controlador de carga, acumulador opcional e gerador complementar	Iluminação, uso industrial etc.
Sistemas conectados à rede	Puros	Tensão alternada	Não	Inversor	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a

elétrica	Híbridos	Tensão alternada	Não	Inversor e gerador complementar	rede pública etc. Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
			Sim	Inversor, gerador complementar e acumulador	Eletrificação rural, uso industrial, suprimento ininterrupto de energia etc.
NOTA Todos os tipos de sistemas possuem gerador fotovoltaico entre os componentes básicos.					

Fonte: NBR-11704 (2008).

O uso da energia solar para o aquecimento de água é uma forma de obter fonte de energia abundante e gratuita. Uma das aplicações de maior viabilidade de uso, também, como as células fotovoltaicas é o uso dos coletores solares para o aquecimento de água. Contudo, estes sistemas com coletores não possuem um preço muito acessível para maior parte da população. (MARQUES, et al. 2014).

Segundo Bezerra (2004), os aquecedores solares de água funcionam de maneira simples. Um bom exemplo é quando deixamos ao sol, um automóvel fechado por determinado tempo. Quanto mais parecido for a cor do automóvel da cor preta, a radiação solar se torna mais presente tanto na parte externa, quanto na interna do mesmo.

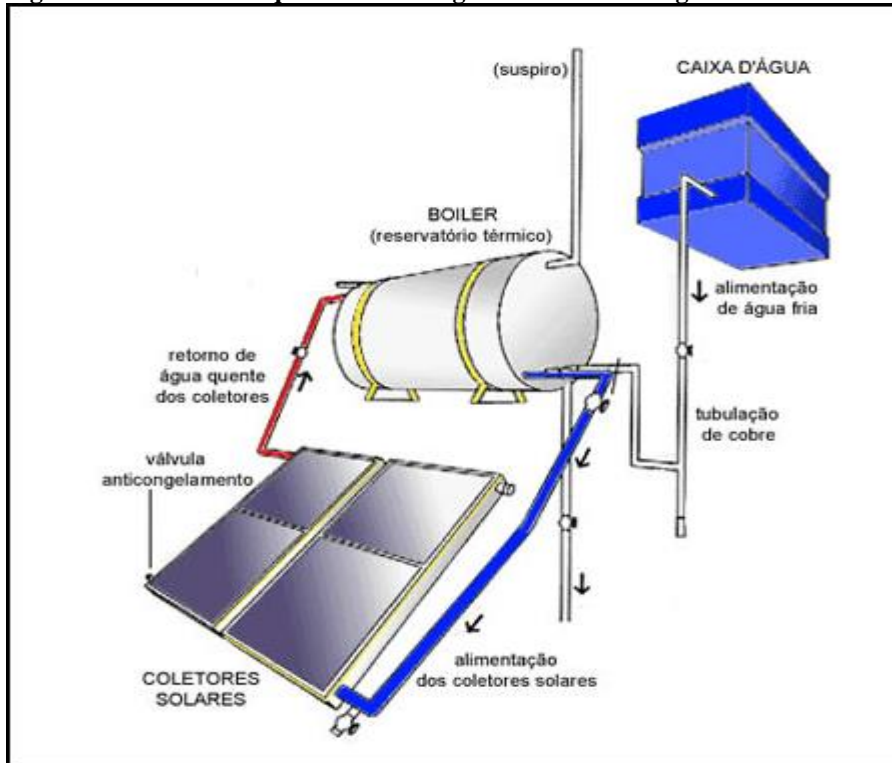
Segundo Cavalcante (1999, p. 2) “a energia solar é a forma de energia limpa mais abundante na natureza. Conseqüentemente, os aquecedores solares estão invadindo residências, hotéis, indústrias, edifícios, propriedades rurais e demais lugares onde são necessários”. Sobre sistema de aquecimento de água por energia solar tem-se que:

Um sistema básico de aquecimento de água por energia solar é composto por placas coletoras solares e um reservatório de água conhecido como Boiler. As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. A energia térmica absorvida pelas placas é transmitida para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre. O reservatório térmico é um recipiente para armazenamento de água aquecida. São cilindros de cobre ou de aço inoxidável, porém isolados termicamente com poliuretano sem CFC (Cloro-fluor-carbono), para diminuir ao máximo as perdas de calor pelo processo de condução térmica. Dessa forma, a água permanece aquecida e pronta para o consumo a qualquer hora do dia ou da noite. A caixa de água fria alimenta o reservatório, mantendo-o sempre cheio. A água circula entre os coletores e o reservatório graças a um processo chamado de termofissão. Nesse processo, a água dos coletores, que é mais quente, é menos densa que a água do reservatório, portanto, a água fria mais densa empurra a água quente para o reservatório, gerando a circulação. Em sistemas mais sofisticados, em que o volume de água é maior, como em piscinas, por exemplo, a circulação da água é feita com o auxílio de motores hidráulicos (CAVALCANTE, 1999, p. 4).

Para Mendes (1998, p. 82), “a conversão direta da energia solar em energia elétrica pode ocorrer através de dois processos: conversão termoelétrica e conversão fotoelétrica, cada um deles podendo ser realizado de diversas maneiras”.

Os coletores são usados para aquecer a água com a energia solar. Geralmente possuem mais de um sistema de aquecimento, eles são ligados em paralelo por um armazenador térmico de cobre ou inox e tubos para condução de calor (MARQUES, et al. 2014).

Figura 1 - Sistema de aquecimento de água através da energia solar.



Fonte: Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/viewFile/876/754>.

2.2.2 Uso de fontes renováveis

Energias renováveis hoje representam apenas 13% do consumo mundial de energia, combustíveis fósseis 80% e a energia nuclear cerca de 7% (GOLDEMBERG; PALETTA *et al* 2012). Para Rodrigues, Wodihy e Gonçalves (2017) o uso de fontes renováveis de energia não é um assunto novo, porém recentemente o aproveitamento destas fontes recebeu inúmeras melhorias tecnológicas. A crescente demanda por alternativas energéticas principalmente sustentáveis, fez que com essas antigas tecnologias fossem revistas e adaptadas, de maneira geral, as fontes de energia renovável fornecem apenas uma fração da energia se comparado com as grandes centrais.

Essa característica permite duas categorias de fornecimento de energia para as cargas. A primeira é que esses sistemas podem estar conectados diretamente à rede pública de distribuição de energia (*grid-tie*), e toda a energia gerada é despachada para a rede. A outra

refere-se aos sistemas autônomos, ou isolados, na qual o sistema de geração fornece a energia necessária para as cargas. Havendo energia excedente, o sistema entra em um modo de limitação de potência, visto que a carga drena menos energia do que é possível de ser produzido (RODRIGUES; WODIHY; GONÇALVES, 2017).

O esgotamento de reservas de combustíveis fósseis e os problemas ambientais causados pelos poluentes emitidos por eles evidenciam que esses recursos energéticos não poderão continuar a ser fontes principais de energia utilizadas pelo homem. Daí a principal importância de se discutir e desenvolver o uso de energias renováveis, essencialmente por não serem poluentes e não depender de fatores geopolíticos (GOLDEMBERG; PALETTA *et al* 2012).

2.3 INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Indicadores econômicos são ferramentas para auxiliar e entender as variáveis econômicas. São instrumentos de análise que permitem testar as proposições teóricas da ciência econômica com os dados da realidade, além de serem muito úteis para previsões econômicas, que auxiliam tanto no planejamento estratégico das empresas, quanto na política econômica do governo (VASCONCELLOS, 2019).

Para Leroy (2020) acompanhar os principais indicadores é de extrema importância. Eles permitem a identificação de mercados, auxiliam no reconhecimento dos melhores momentos econômicos e facilitam na tomada de decisões.

Ainda conforme Leroy (2020), os indicadores são usados para prever cenários do capital, entendendo tendências de crise e aceleração da economia. Dessa forma, é possível fazer planos empresariais e construir estratégias de investimento mais assertivas.

2.3.1 Custos fixos indiretos

Conforme Vasconcellos (2019) os custos podem ser classificados de diversas maneiras, de acordo com sua finalidade. Quanto ao volume de produção os custos são classificados em fixos e variáveis. Esta classificação é muito utilizada para o cálculo do sistema de custos variável.

Custos fixos totais

Correspondem a parcela dos custos totais que não dependem da variação na produção da empresa. São decorrentes dos gastos com os fatores fixos de produção. Por exemplo: Aluguéis e iluminação. Na contabilidade empresarial, são também chamados de custos indiretos (VASCONCELLOS, 2019).

2.3.2 Custos variáveis diretos

Custos variáveis, também conhecidos como custos marginais em razão da exclusão das "cargas fixas". Imputa-se na apuração do custeio direto: os materiais diretos, a mão-de-obra direta e os custos gerais variáveis. Este tipo de custos está diretamente ligado ao volume de produção ou de venda, sendo que, quanto maior for seu volume de produção maior serão os custos variáveis totais. Nesse sentido Mowen et al. (2003), afirma que custo variável é definido como aquele que varia na proporção direta à mudança em um direcionador de atividade.

Vasconcellos (2019) também define custos variáveis diretos como parcela dos custos totais que depende da produção, por isso que esse custo altera a variação do volume dependendo da produção. Representam as despesas realizadas com os fatores variáveis de produção. Por exemplo: Folha de pagamentos e gastos com matérias primas. Na contabilidade privada, são também chamadas de custos diretos.

2.3.3 Indicadores Econômicos

Fundamental para proporcionar uma melhor compreensão da situação presente e o delineamento das tendências de curto prazo da economia, quanto para subsidiar o processo de tomada de decisões estratégicas dos agentes públicos e privados. Os Indicadores Econômicos (IEs) representam essencialmente dados e/ou informações sinalizadoras ou apontadoras do comportamento (individual ou integrado) das diferentes variáveis e fenômenos componentes de um sistema econômico de um país, região ou estado (VASIG, 2008).

Os indicadores econômicos podem ser classificados em cinco subconjuntos de variáveis macroeconômicas relevantes, nível de atividade, preços, setor externo, os agregados monetários e setor público, (JENKINS, 2002).

Outro indicador importante considerado pelos investidores é o *Payback*, que é o período de tempo necessário para recuperar o capital investido (SVIECH & MANTOVAN

2013 apud GITMAN, 2002), através do qual é possível estimar o tempo necessário para que o capital investido seja retornado ao investidor. Neste sentido, o prazo de retorno é o período de tempo necessário, para que os benefícios oriundos de um investimento possam cobrir os custos a uma taxa mínima de atratividade (TMA) adequada (SVIECH & MANTOVAN 2013 apud HIRSCHEFELD, 1989). Então, o método do *payback* serve para calcular o prazo necessário para cobrir o capital investido, com a aplicação de uma TMA desejada como desconto para atualizar o fluxo de caixa obtido pelo projeto. O *payback* é considerado como um método fácil e direto de avaliação, que especifica o tempo necessário para recuperação do investimento.

Os índices de rentabilidade procuram demonstrar o resultado das operações realizada pela empresa, evidenciando qual foi a rentabilidade sobre os capitais investidos. É um dos principais indicadores de desempenho de um negócio (REGERT, et al. 2018).

2.3.4 Ciclo de vida útil

Segundo Cresesb (2006), a algum tempo atrás quando as células fotovoltaicas possuíam um custo muito alto para sua aquisição, a sua implantação em grande escala era muito inviável. Porém, devido a ampliação dos mercados e de várias empresas ligadas a produção das células fotovoltaicas, o preço vem ficando mais acessível com o passar dos anos, podendo ser notada sua utilização em grande escala.

As facilidades que um sistema fotovoltaico tanto para foto conversão (produção de energia elétrica) quanto para termo conversão (aquecimento d'água através de energia solar) apresentam como por exemplo: baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam projetos muito atrativos, seja para geração de energia em lugares desprovidos de rede elétrica quanto para redução de custos (CRESESB, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com o pensamento indutivo, a generalização é constatada na observação de casos concretos suficientemente confirmadores dessa realidade. Constitui o método proposto pelos empiristas, para os quais o conhecimento é fundamental exclusivamente na experiência, sem levar em consideração os princípios estabelecidos (CHIBENI, 2006).

O método indutivo é realizado em três etapas: observação dos fenômenos; descoberta da relação entre eles e generalização da relação. As conclusões obtidas por meio da indução correspondem a uma verdade não obtida nas premissas consideradas. A hipótese é baseada em observações para atingir o conhecimento científico. (CHIBENI, 2006).

Marconi e Lakatos (2011), ressaltam como o próprio nome indica, uma pesquisa exploratória permite uma melhor relação entre o pesquisador e o tema pesquisado, visto que este ainda é pouco conhecido, pouco explorado.

Por ser uma pesquisa bastante específica, podemos afirmar que ela assume a forma de um estudo de campo, sempre em consonância com outras fontes que darão base ao assunto abordado, como é o caso da pesquisa bibliográfica e das entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado. (MARCONI e LAKATOS, 2011).

Durante o estudo de campo é imprescindível que ocorra a pesquisa de campo, que compreende a observação de fatos e fenômenos exatamente como ocorrem no real, a coleta de dados referentes aos fatos e, finalmente, a análise e interpretação desses dados, com base numa fundamentação teórica consistente, objetivando compreender e explicar o problema pesquisado (MATTAR, 2001).

Esse estudo foi realizado no período de julho a novembro de 2020, em uma agroindústria do sul do país, buscando analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aquecimento de água através de coletores solares.

Os instrumentos de coletas de dados utilizados foram documentos, através de análise de planilhas de custos anuais com gasto de energia da empresa e, manuais de como funciona o sistema de aquecimento de água através de coletores solares, além de ter observado *in loco* onde poderá ser instalado o sistema de energia fotovoltaica.

Área da pesquisa é a produção de energia como um todo e, a amostra desta pesquisa é a instalação de placas fotovoltaicas, para o setor de aquecimento de água da agroindústria, que precisa de água aquecida para a higienização de seus materiais que fazem um ciclo de ida e vinda da agroindústria para as granjas.

Para a análise e interpretação dos dados foi utilizado a forma qualitativa, que de acordo com Matar (2001), a abordagem de cunho qualitativo trabalha os dados buscando seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura captar não só a aparência do fenômeno como também suas essências, procurando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir suas consequências.

Com a pesquisa qualitativa os dados obtidos no estudo de campo, foram estruturados em tabelas e quadros, para facilitar a interpretação do leitor.

4 RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram coletados, analisados e passados em quadros e tabelas para melhorar o entendimento do leitor, além de descrever como é o funcionamento do processo para ter uma noção da importância que é realizar o processo de higienização com água quente.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de desenvolvimento embrionário tem seu início ainda nas granjas, onde são fecundados e postos os ovos, após esse processo eles são coletados e transferidos para a agroindústria. Depois de recebidos os ovos passam por diversos processos até o nascimento do pintainho, primeiramente eles são classificados através do processo de ovoscopia, depois passam para a área “X” onde ficam por 19 dias até serem vacinados e passarem para a área “Y”, onde ficam por mais dois dias, quando ocorre o nascimento

Existe um protocolo de banho no início da jornada de trabalho dos funcionários da agroindústria, para que seja assegurada a bioseguridade do processo, dispõe de dois vestiários, masculino e feminino, que contam com 17 chuveiros com potência de 6.700 W cada um. Além dos chuveiros, existem 3 máquinas que realizam a higienização das caixas e bandejas utilizadas no processo produtivo (ida e vinda das granjas), entre as quais duas possuem 2 tanques de água e a outra conta com 4 tanques. No processo atual a água utilizada por duas dessas máquinas fica a temperatura ambiente e, uma possui a água aquecida por meio de energia elétrica. No entanto para que seja assegurado a qualidade da higienização e a bioseguridade do processo, se faz necessário que todas trabalhem com a água aquecida a temperatura de aproximadamente 70 C°.

A ideia de se ter a água aquecida a essa temperatura é a recomendada⁵ para que ocorra justamente a eliminação de bactérias que possam estar presente tanto nas caixas, quanto nas bandejas, materiais esses que estão em um fluxo contínuo entre a agroindústria e as granjas produtoras de ovos, e frangos de corte.

⁵ Conforme recomendação do órgão fiscalizador estadual sugere a higienização e eliminação das bactérias via lavagem das bandejas e caixas com água aquecida.

Com relação à água aquecida para os chuveiros, o motivo maior é a redução de custos com energia elétrica e manutenção dos equipamentos e, além é claro da questão ecológica. Neste sentido, se faz necessário entender o investimento instalação e manutenção dos coletores solares, para poder analisar a viabilidade de implantação.

4.2 CAPACIDADE E CUSTOS DO SISTEMA DE AQUECIMENTO

A agroindústria conta com um sistema de aquecimento em apenas uma das máquinas responsáveis pela higienização das caixas de eclosão. A higienização desses materiais com a água aquecida a temperatura de 70° C é muito importante para minimizar ao máximo os impactos que alguma contaminação externa seja levada ao processo produtivo, pois isso afetaria o processo produtivo do início até o fim em torno de 8 meses de produção.

Porém, o custo para instalação desse sistema com energia elétrica se mostra bem elevado, levando em consideração que causa problemas frequentes, além de não manter a água a temperatura desejada. O Quadro 2, mostra o custo da instalação de resistências.

Quadro 2 - Custos de materiais para instalação de resistências.

Item	Quantidade	Valor R\$
Resistência 15.000W	18	6.300,00
Quadro de comando Inox	2	2.580,00
Sensor de nível	6	593,88
Contator 50A 220V	18	5.976,00
Controlador de temp. PT100	6	1.008,00
Controlador de temp.	6	2.569,68
Manopla frontal	2	122,94
Cabo PP 4x10mm	100 m	1.600,00
Disjuntor cx moldada 125A	3	1.236,96
Botões de emergência	2	56,26
Cabo PP flexível 25mm	600 m	4.823,31
Cabo flexível 0,75 mm vermelho e azul	200 m	66,16
Cabo flexível 6mm	10 m	21,96
Terminal olhal 25 mm	12	11,64
Terminal olhal pré isolado 10mm	100	39,03
Terminal ilhos tubular pino 1mm	200	6,66
Terminal ilhos tubular pino duplo 6mm	100	23,58
Terminal ilhos tubular pino simples 6mm	100	9,98
Trilho din 25 x 35 mm	6 m	54,45
Sinalizador Led branco, vermelho e amarelo 24V	18	300,97
Fonte chaveada 24V	2	32,32
Reles 24V	18	898,38
Conector Sak 2,5mm siemens	10	59,53
Canaletas PVC perfurada	6 m	57,41
Eletroduto 1" PVC rígido	18	204,19
Eletroduto 3/4 PVC rígido	6	40,73
Abraçadeira inox tipo D 3/4 com parafuso	12	26,96

Abraçadeira inox tipo D 1" com parafuso	36	100,63
TOTAL	R\$	29.021,61

Fonte: Dados da empresa (2020).

Conforme se observa no Quadro 2, os custos totais de instalação para esse sistema que utiliza a energia elétrica nas demais máquinas ficaria em torno de R\$ 29.021,61 e, o equipamento ainda apresenta alto índice de queima e tem um custo de R\$ 350,00 reais cada unidade. Tem-se um custo bem elevado tanto para instalação quanto para manter esse sistema operando, pois ainda tem o alto consumo de energia consumido pelas resistências que possuem 15.000 W cada uma de potência. O Quadro 3 mostra os custos de energia elétrica.

Quadro 3 - Custos de energia.

Maq. Lavagem cx. Expedição	
Potência das resistências (W)	15.000
Horas de uso por dia	5
Quantidade de resistências	6
Dias utilizados durante o mês	26
Custo de energia gasto mensalmente	R\$ 6.286,31
Maq. Lavagem Bandejas	
Potência das resistências (W)	15.000
Horas de uso por dia	6,5
Quantidade de resistências	6
Dias utilizados durante o mês	26
Custo de energia gasto mensalmente	R\$ 8.172,21
Maq. Lavagem cx. Eclosão	
Potência das resistências (W)	15.000
Horas de uso por dia	7
Quantidade de resistências	12
Dias utilizados durante o mês	26
Custo de energia gasto mensalmente	R\$ 17.601,68
Custo total que se gastaria mensalmente com energia elétrica, se considerar o sistema de resistências para aquecimento de água em todas as máquinas	R\$ 32.060,19

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Conforme mostra a Quadro 3, tem-se um considerável custo de energia gasto mensalmente somente para manter as resistências funcionando, salientando que somente a máquina de lavagem de caixas de expedição contém o sistema de aquecimento, que é através de energia elétrica. Ainda analisando o Quadro 3 pode-se observar o valor gasto com energia para aquecer a água nessa máquina, que fica em torno de R\$ 6.286,31, esse é o valor real levando em consideração o tempo de uso da máquina diariamente, a potência das resistências e a quantidade das mesmas em cada tanque.

Pode-se notar ainda que com esses valores como base, pode ser feito uma estimativa dos valores que seriam gastos com energia mensalmente, caso fosse instalar esse mesmo sistema com energia elétrica nas demais máquinas. A máquina de lavagem de bandejas teria um custo médio de R\$ 8.172,21 por mês e a máquina de lavagem de caixas de eclosão seria a que mais gastaria energia dentre as três, pelo fato de ficar mais tempo funcionando e por ter mais tanques, demanda de mais resistências, assim seu custo médio ficaria em torno de R\$ 17.601,68.

No total os valores gastos com energia elétrica ficariam girando em torno de R\$ 32.060,19 mensalmente, sem contar os custos que teria para manter esse sistema funcionando, que envolve principalmente a queima de algum equipamento que possa vir a ocorrer.

Como essa agroindústria possui o banho como uma de suas barreiras sanitária, no início da jornada de trabalho dos colaboradores da produção, eles precisam passar por esse processo obrigatoriamente, o banho tem um tempo mínimo estabelecido de 5 minutos, tempo que se leva para lavar bem todas as partes do corpo e o chinelo, evitando que alguma bactéria seja levada para dentro do processo produtivo.

Como são 93 funcionários ligados diretamente a produção e manutenção, esses precisam passar pelo banho no início da jornada de trabalho, tem-se um gasto bem considerável com energia elétrica e também com as resistências das duchas, que queimam com frequência. O Quadro 4 mostra os custos com os banhos dos colaboradores.

Quadro 4 - Custo com energia elétrica dos banhos.

Colaboradores	85
Tempo de Banho p/ pessoa (minutos)	5
Horas de banho p/ pessoa	0,08
Potência das duchas (W)	6700
Média do custo do kW/h de 2017 a 2020	0,54
Quantidade de duchas	17
Custo com energia elétrica ao mês	R\$ 1.279,32

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Quadro 4 mostra o valor gasto em média durante o mês com energia elétrica que fica em torno de R\$ 1.279,32. Levando em consideração que cerca de 8 pessoas estão de férias todo mês, o quadro de funcionários cai para 85 pessoas entrando diariamente, ou seja, são 85 banhos na entrada e 85 na saída, isso sem contar que determinadas funções exigem um banho antes do intervalo dos colaboradores, ou ainda, que tem 2 áreas comumente chamadas de área suja e área limpa, que não permitem passar de uma para a outra sem antes tomar um banho novamente.

4.3 INVESTIMENTOS COM PLACAS FOTOVOLTAICAS X BENEFÍCIOS

Se realizar a substituição do sistema convencional que utiliza a energia elétrica para o aquecimento da água, por um sistema de aquecimento solar, os custos seriam reduzidos drasticamente, pois o custo de manutenção é praticamente nada. O Quadro 5, traz o orçamento da instalação dos coletores para as máquinas de higienização.

Quadro 5 - Orçamento para instalação de coletores solares para aquecimento da água nas máquinas de higienização.

Coletores verticais de 30 tubos cada	37
Bombas de circulação (baixa pressão)	4
Reservatórios 5.000 lt aço 316 L / Ecologic 05 anos de garantia	3
Valor total do equipamento	R\$ 163.250,00
Valor de instalação	R\$ 14.800,00
TOTAL	R\$ 178.050,00

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Como pode ser observado no Quadro 5, o orçamento para instalação do sistema de coletores solares para aquecimento da água que abastece as máquinas de higienização ficaria no valor de R\$ 178.050,00 reais. Com esse valor teria água aquecida para todas as máquinas, e não somente em uma como é atualmente. O Quadro 6, mostra o orçamento para a instalação dos coletores para os chuveiros.

Quadro 6 - Orçamento para instalação de coletores solares para aquecimento da água dos chuveiros.

Coletores verticais de 30 tubos cada	14
Bombas de circulação (baixa pressão)	2
Reservatórios 5.000 lt aço 316 L / Ecologic 05 anos de garantia	1
Valor total do equipamento	R\$ 59.800,00
Valor de instalação	R\$ 4.800,00
TOTAL	R\$ 64.600,00

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

No Quadro 6, pode se constatar o valor que seria preciso investir para que os chuveiros passassem a ter água aquecida através da energia solar, que fica em R\$ 64.600 reais, com isso todos os chuveiros dos vestiários masculino e feminino teriam água aquecida sem o uso de energia elétrica.

Os valores gastos pela agroindústria com o consumo de energia elétrica para o aquecimento da água, além do consumo de energia das duchas para os banhos dos colaboradores se mostra vem elevado.

Com os levantamentos feitos, fica evidenciado que se tem um custo considerável com energia elétrica, pois o custo mensal para manter as resistências que tem instaladas hoje gira em torno de R\$ 6.286,31 reais, o que representa um custo anual de R\$ 75.435,72.

Relacionando o custo que se gasta com os banhos dos funcionários esse valor fica ainda maior, pois tem-se um gasto mensal com energia elétrica girando em torno de R\$ 1.279,32 reais, o que representa um custo anual de R\$ 15.351,84. Somados esses custos anuais, do consumo de energia das resistências e dos banhos tem-se um total de R\$ 90.787,56 reais gastos anualmente somente com energia elétrica, sem contar o valor gasto com manutenções ou troca de resistências.

Se considerar instalar esse mesmo sistema de aquecimento nas demais máquinas de higienização, esse valor fica ainda maior, pois tem-se então o custo de instalação que fica por volta de R\$ 29.021,61 mais o custo estimado de energia elétrica que as resistências consumiriam, que ficaria em torno de R\$ 8.172,21 na máquina de lavação de bandejas e R\$ 17.601,68 na máquina de lavação das caixas de eclosão, isso mensalmente. O valor total anual gasto com energia elétrica então seria de R\$ 429.095,85 reais, contando que todas as máquinas tivessem resistências para aquecer a água, mais o custo dos banhos. O Quadro 7 traz a análise custo x benefício da instalação do sistema de aquecimento através de coletores solares.

Quadro 7 - Custos x Benefícios.

CUSTOS		BENEFÍCIOS
Instalação dos coletores para as máquinas	R\$ 178.050,00	Melhora a desinfecção e higienização dos materiais utilizados na agroindústria, menor risco de proliferação de bactérias como a <i>Salmonella</i> , em todas as máquinas que realizam a higienização de caixas e bandejas.
Instalação dos coletores para os chuveiros	R\$ 64.600,00	Redução do consumo de energia elétrica, além de eliminar o custo de manutenção das duchas, como troca de resistências.
Custo anual de energia elétrica	R\$ 90.787,56	Redução do custo de energia elétrica da agroindústria.
Custo de manutenção anual	R\$ 426,66	Baixo custo de manutenção considerando a economia gerada com energia elétrica.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O investimento para a instalação para as placas é no valor de R\$ 242.650 reais, o que traz um benefício de não gasto com energia elétrica no valor de R\$ 90.787,56 reais, anualmente, valor esse que pode ser redirecionado a outros investimentos do processo produtivo e ou de melhorias. O Quadro 8, demonstra a análise do retorno estimado para o investimento inicial no sistema fotovoltaico.

Quadro 8 - Payback simples.

Período	Investimento	Entrada não gasta	Saída manutenção	Fluxo de caixa	Saldo
0	R\$ 242.650,00				-R\$ 242.650,00
1		R\$ 90.787,56	R\$ 10.132,00	R\$ 80.655,56	-R\$ 161.994,44
2		R\$ 90.787,56	R\$ 10.132,00	R\$ 80.655,56	-R\$ 81.338,88
3		R\$ 90.787,56	R\$ 10.132,00	R\$ 80.655,56	-R\$ 683,32
4		R\$ 90.787,56	R\$ 10.132,00	R\$ 80.655,56	R\$ 79.972,24

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O Quadro 8, mostra o *payback* simples para o investimento das placas solares, o qual é recuperado em 3 anos e 3 dias. Considerando que a empresa deseja um retorno sobre o capital investido de no mínimo o valor da taxa selic, que gira em torno de 2% ao ano. Nesse sentido, se o dinheiro próprio fosse investido na caderneta de poupança renderia no final dos 3 anos um valor de R\$ 14.852,12 reais, ou seja, investir em placas fotovoltaicas é vantajoso pois terá retorno do seu investimento e ainda contribuirá para processos produtivos mais limpos e sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Está pesquisa olha para um processo de produção de energia fotovoltaica para aquecimento de água. Assim o objetivo foi analisar quais os custos benefícios para a substituição da energia elétrica por placas fotovoltaicas em uma agroindústria. No decorrer da pesquisa pode-se constatar os ganhos que podem ser alcançados com a substituição do sistema convencional que utiliza de energia elétrica para o aquecimento da água pelo sistema com coletores solares utilizando a energia solar fotovoltaica para gerar aquecimento, pois o seu custo de investimento é de R\$ 242.650,00 reais, possuindo um *payback* de 3 anos e 3 dias.

Além de seu retorno financeiro ocorre também o retorno de qualidade do processo, pois tendo água aquecida a temperatura de 70° C irá melhorar a desinfecção e higienização dos materiais utilizados na agroindústria, trazendo assim menor risco de proliferação de

bactérias como a *Salmonella*, em todas as máquinas que realizam a higienização de caixas e bandejas.

Outro ponto muito favorável e importante de se salientar é a preocupação com os recursos finitos da natureza, pois com o uso de energias renováveis como a energia solar citada nesta pesquisa, a agroindústria acaba fornecendo um produto de maneira mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 11704. **Sistemas fotovoltaicos** – Classificação. 2008. Disponível em: < <https://energypedia.info/images/temp/d/d2/20140508124638!phpU5v7IA.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO (ABRAVA). [Homepage Institucional]. Disponível em: < <https://abrava.com.br/>>. Acesso em: 22/09/2020.

BASSO, L. H. et al. **Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.14-21, 2010. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a02v30n1.pdf>> . Acesso em: 19 set. 2020.

BEZERRA, A. M. **Como funciona um aquecedor solar de água**. 2004 Disponível em: . Acesso em: 19 set. 2020.

BLUESOL, E. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**. 2020. Disponível em: < <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

BOWERSOX, Donald J; CLOSS, David. **Logística empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRAZIL, O.A.V. **Regulação e apropriação de energia térmica solar pela população de baixa renda no Brasil**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Universidade Salvador, Salvador, 2006.

CAVALCANTE, K. **Aquecimento da Água por Energia Solar**. 1999, Brasil Escola. Disponível em: . Acesso em: 19 set. 2020.

CHIBENI, S. S. **Algumas observações sobre o método científico**. Departamento de Filosofia – Unicamp. São Paulo, 2006. Disponível em: <www.unicamp.br/~chibeni/textdid/metodocientifico.pdf> Acesso em 19 de out. de 2020.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 29 set.2020.

GOLDEMBERG, J.; PALETTA, F. C. *et al.* **Energias renováveis**. São Paulo: Blucher, 2012.

JENKINS, D. **Handbook of economics**. 2. ed. Washington: Aviation Week, 2002.

LEROY, Alice. **7 indicadores econômicos que você precisa conhecer**. Janeiro, 2020. Disponível em: < <https://www.bussoladoinvestidor.com.br/7-indicadores-economicos-que-voce-precisa-conhecer/>>. Acesso em: 07 de abril, 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 6° ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARQUES, M. L. A. P. **Aquecimento de água por meio da captação de energia solar: programação para orçamento de sistema de aquecimento**. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió v. 1- n.1- p. 19-30.2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/viewFile/876/754>. Acesso em 19 set. 2020.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MENDES, J.E. **Energia Solar**. São Paulo: Cortez, 1998.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2 ed. revista e ampliada. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOWEN, M. M.; HANSEN, D.R. **Gestão de Custos: Contabilidade e controle**. 3 ed. São Paulo: Thomson, 2003.

NEUMANN, C. **Gestão de Sistemas de Produção e Operações: Produtividade, Lucratividade e Competitividade**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2013.

PORTAL SOLAR. **Certificado painel**. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/o-certificado-do-painel-solar---saiba-o-que-voce-esta-comprando.html> iec 61215> Acesso em: 12 abr. 2020.

RODIGUES, Fabricio; WODIHY, Juliano; GONÇALVES, Alexandro. **Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 2, Vol. 13. pp 167-180 Janeiro de 2017 ISSN:2448-0959

REGERT, R. et al. **A importância dos indicadores econômicos, financeiros e de endividamento como gestão do conhecimento na tomada de decisão em tempos de crise**. Visão | Caçador-SC | v. 7 | n. 2 | p. 67-83 | jul./dez. 2018. Disponível em: < <file:///C:/Users/lucas/Downloads/1579-6375-1-PB.pdf>>. Acesso em 19 set. 2020.

TUBINO, D.F. **Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo; Atlas.2ª ed. 2009.

VASCONCELLOS, Marco Antonio Sandoval. **Fundamentos de economia**. 6 ed. São Paulo. Saraiva, 2019.

VASIG, B.; FLEMING, K.; TACKER, T. **Introduction to air transport economics: from theory to applications**. Ashgate, 2008.

SISTEMA DE AQUECIMENTO – Imagem. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/viewFile/876/754>. > Acesso em: 18 de Out. 2020.

SVIECH, Vinicius; MANTOVAN, Edson Ademir. **Análise de investimentos: controvérsias na utilização da tir e vpl na comparação de projetos**. Disponível em: <<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/percurso/article/viewFile/657/495>>. Acesso em: 14 abril. 2020.