

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLACAS  
FOTOVOLTAICAS EM UMA FAZENDA DE CAMARÃO NO  
CEARÁ**

ANA LUÍZA LIMA ROCHA

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM  
UMA FAZENDA DE CAMARÃO NO CEARÁ**

**ANA LUÍZA LIMA ROCHA**

Orientador: Profa. Dra. Daniele Menezes Albuquerque

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte das exigências para conclusão do curso de  
Engenharia de Aquicultura.

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R672v Rocha, Ana Luiza Lima  
Viabilidade econômica de placas fotovoltaicas em uma fazenda de camarão no Ceará. [recurso eletrônico] / Ana Luiza Lima Rocha. -- 2023.  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Daniele Menezes Albuquerque.  
TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Carcinicultura. 2. Energia solar. 3. Sustentabilidade. I. Albuquerque, Daniele Menezes. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

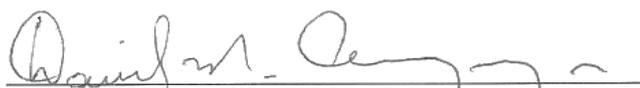
**VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM UMA  
FAZENDA DE CAMARÃO NO CEARÁ**

Por

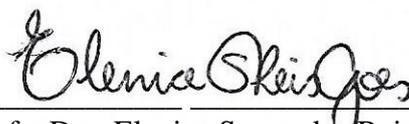
Ana Luíza Lima Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO DE AQUICULTURA

Aprovado em: 19 de novembro de 2021



Prof. Dra. Daniele Menezes Albuquerque  
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dra. Elenice Souza dos Reis Goes  
Membro da Banca – UFGD/FCA



Dra. Elaine Fernandes Celestino  
Membro da Banca – COPEL

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me guiar e me auxiliar. Por mostrar os caminhos que devo seguir e por sempre estar ao meu lado. Mesmo com ansiedade e medo, consigo sentir sua presença, mostrando que está lá por mim. Obrigada por me abençoar todos os dias, pela família amorosa que me deu, pelas portas que você me ajuda abrir e pela oportunidade de viver essa vida!

À minha mãe, Adriana Alves de Lima Rocha, e ao meu pai, Antônio Marcos da Rocha, por todo amor incondicional e carinho. Sou muito grata a Deus por ter escolhido vocês para mim. Vocês me guiam sempre que preciso, me dão colo e suporte. Tudo que sou hoje, é graças a vocês, meu porto seguro. Eu os amo muito, e vou deixá-los orgulhosos!

Aos meus professores de curso, por todo aprendizado passado. Em especial, à profa. Dra. Elenice Souza dos Reis Goes, por toda ajuda, amparo, disposição e palavras de incentivo. Te admiro muito como profissional e pessoa, fico feliz por ter tido a oportunidade de estudar com você.

À minha orientadora, profa. Dra. Daniele Menezes Albuquerque que aceitou a missão de me orientar desde o primeiro ano de faculdade. Obrigada por todo conhecimento, auxílio e conselho, além da amizade.

Aos meus amigos, em particular: Alexandra Oliveira, Ana Carla Diniz, Beatriz Souza, Fábio Machado, Fabricio Carneiro, Gleice Kélen Rodrigues, Hana Ramos, Jennifer Cacau, Julia Pepece, Laís Fernandes e Rebeca Sampaio. Obrigada por toda amizade e apoio, por permanecerem ao meu lado em todas as situações, resumidas em felicidade ou tristeza. Cada um de vocês sabem a importância que possuem em minha vida e como nossa história ficará para sempre em meu coração.

Em especial, gostaria de agradecer a Janaina Graça de Oliveira Carvalho, por todo apoio e ajuda, por essa amizade que Deus planejou com tanto amor, pela parceria e pelas nossas aventuras juntas. Ao Weliton Vilhalba da Silva, por sempre estar lá por mim, pela nossa amizade, pelos conselhos e também pelos “puxões de orelha”. A Heloíse Nantes Romero Leal, minha companheira da madrugada, que me ajuda mesmo sem saber, confia em mim e me dá a alegria de poder a chamar de amiga. A vocês três, meus amigos, por nunca desistirem de mim e acreditarem no meu potencial. Vocês me ajudaram e ajudam de maneiras que nem imaginam e, se eu consegui entregar esse trabalho, podem ter a certeza que o suporte de vocês foi essencial.

*“Seja-te feito conforme tua fé. ”*

Revelação Divina de 15 de janeiro de 1931, Seicho No Ie

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Sustentabilidade .....	3
2.2 Matriz Energética brasileira.....	4
2.3 Fontes renováveis de energia .....	5
2.4 Energia fotovoltaica.....	6
2.4.1 Sistema solar conectado à rede .....	7
2.4.2 Caracterização de um sistema fotovoltaico.....	7
2.4.2.1 Módulos fotovoltaicos.....	7
2.4.2.1.1 Painel solar de silício monocristalino .....	8
2.4.2.1.2 Painel solar de silício policristalino .....	8
2.4.2.1.3 Painel solar de silício amorfo (a-Si).....	8
2.4.2.1.4 Painel solar de telureto de cádmio (CdTe).....	9
2.4.2.1.5 Painéis solares de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS/CIGS) ...	9
2.4.2.2 Inversores .....	9
2.4.2.3 Medidores.....	10
2.4.3 Energia solar no Ceará .....	10
2.5 Indicadores de viabilidade econômica.....	11
2.5.1 Fluxo de caixa .....	11
2.5.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	11
2.5.3 Valor Presente Líquido (VPL) .....	12
2.5.3.1 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) .....	12

2.5.4	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	13
2.5.5	<i>Payback</i> .....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1	Caracterização do local.....	15
3.2	Caracterização do sistema fotovoltaico da fazenda .....	19
3.3	Dados utilizados para realização dos cálculos .....	19
3.4	Índices de viabilidade econômica .....	20
3.4.1	Fluxo de caixa .....	20
3.4.1.1	Valor com despesas.....	21
3.4.2	VPL, VAUE e TIR .....	21
3.4.3	<i>Payback</i> .....	22
3.5	Redimensionamento do sistema fotovoltaico .....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1	Índices de viabilidade econômica aplicados ao sistema fotovoltaico já instalado 24	
4.1.1	Valor Presente Líquido (VPL) .....	24
4.1.1.1	Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) .....	25
4.1.2	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	26
4.1.3	<i>Payback</i> .....	27
4.2	Redimensionamento do sistema fotovoltaico .....	30
5	CONCLUSÃO .....	34
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2020. Fonte: Adaptado de Ben (2021).....	5
Figura 2. Município de Tabuleiro do Norte, localizado no estado do Ceará. Fonte: Google Earth Pro (2021).....	16
Figura 3. Fazenda FARMTECH - Produção de camarões. Fonte: Google Earth Pro (2021).....	16
Figura 4. Bacia de sedimentação. Fonte: Autor (2021). ....	17
Figura 5. Canal de abastecimento. Fonte: Autor (2021).....	18
Figura 6. Consumo anual de energia elétrica em kWh da fazenda FARMTECH. Fonte: Elaborado pelo autor (2021). ....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela para VPL do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	24
Tabela 2. Tabela para VAUE do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	25
Tabela 3. Tabela para TIR do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	26
Tabela 4. Tabela para <i>Payback</i> sem despesas do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	27
Tabela 5. Tabela para <i>Payback</i> com despesas do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	28
Tabela 6. Tabela para demonstração do <i>Payback</i> sem despesas em relação a expansão do sistema fotovoltaico na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	31
Tabela 7. Tabela para demonstração do <i>Payback</i> com despesas em relação a expansão do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos. ....	31

ROCHA, Ana Luíza Lima. **Viabilidade econômica de placas fotovoltaicas em uma fazenda de camarão no Ceará**. 2021. 52 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

## RESUMO

A utilização de combustíveis fósseis representa a maior faixa da matriz energética brasileira, sendo comprovado pela comunidade científica os impactos negativos ambientais, como aumento da temperatura dos oceanos e o aquecimento global. Com isso, a necessidade do crescimento de fontes de energia renováveis é uma necessidade emergente, como exemplo a energia solar. No Brasil, esta é uma fonte com elevado crescimento, uma vez que o país possui características favoráveis à sua geração e se destaca pela irradiação solar superior a outros países que já fazem uso desse recurso. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de viabilidade econômica em sistema de placas fotovoltaicas conectada à rede, em um empreendimento de produção de camarão marinho no interior do Ceará. O trabalho foi desenvolvido a partir da coleta de documentação do projeto de energia solar, além dos dados do consumo de energia elétrica e a irradiação solar diária do município de Tabuleiro do Norte, local onde a carcinicultura está situada. Foi realizado os cálculos dos seguintes índices de viabilidade econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* e Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE). Além disso, foi realizado um redimensionamento do sistema fotovoltaico para alcançar a autossuficiência. Os valores encontrados para este projeto, considerando as despesas, foram: VPL em R\$924.933,90, TIR em 38%, VAUE em R\$61.608,50 e *Payback* em três anos, cinco meses e 27 dias. A análise dos resultados mostrou que a implantação do sistema fotovoltaico apresentou viabilidade econômica financeira positiva, além de ótimo valor de retorno financeiro e rentabilidade.

**Palavras-chave:** carcinicultura, energia solar, sustentabilidade.

## ABSTRACT

The utilization of fossil fuel represents the largest range of the Brazilian energy matrix, with the scientific community proof of negative environmental impacts, such as increased ocean temperatures and global warming. The need for the growth of renewable energy sources is an emerging need, as example the solar energy. In Brazil, this is a source with high growth, since the country has favorable characteristics for its generation and stands out for its superior solar irradiation to other countries that already use this resource. The objective of this study was to develop an economic feasibility study of an on grid-connected photovoltaic board system, at a marine shrimp production enterprise in the interior of Ceará. The work was developed from the gathering of the solar energy project documentation, in addition to data on electricity consumption and daily solar irradiation in the Tabuleiro do Norte city, where shrimp farming is located. Calculations of the following economic feasibility indices were performed: Net Present Value (NVP), Internal Rate of Return (IRR), *Payback* and Equivalent Annual Value (EAV). In addition, the photovoltaic system was resized to achieve self-sufficiency. The found values for this project considering all the expenses were: NVP in R\$924.933,90, IRR in 38%, EAV in R\$61.608,50 and *Payback* in three years, five months and 27 days. The results analysis indicated that the photovoltaic system implementation showed positive financial economic viability, in addition to an excellent value for financial return and profitability.

**Keywords:** shrimp production, solar energy, sustainability.

# 1 INTRODUÇÃO

Para Jodar (2018), energias renováveis podem ser definidas como “[...] *aquelas que se restauram, não se exaurem, são extraídas de fontes naturais com a capacidade de se renovar. São, portanto, inesgotáveis, ao contrário dos recursos naturais não renováveis*”. Essas fontes renováveis incluem a água, madeira e derivados, vento e o sol, produzindo, respectivamente, energia hidrelétrica, energia por biomassa, energia eólica e energia solar, também conhecida como energia fotovoltaica (HINRICHS et al., 2014).

A energia solar é gerada a partir de um sistema com placas fotovoltaicas que absorvem a radiação solar, o que permite a produção de energia elétrica em residências e indústrias para o próprio consumo, além de ser capaz de fornecer um excedente para a rede de distribuição do local (RELLA, 2017).

Para isso, é necessário observar se a irradiação diária é suficiente para abastecer essa demanda energética. Nesse sentido, foi constatado que a irradiação média diária de qualquer estado do Brasil durante o período de um ano varia de 4,1 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>, valores superiores quando comparados a países de liderança em energia solar, como exemplo a Alemanha que possui média anual diária de irradiação solar em 2,5 a 3,5 kWh/m<sup>2</sup> (ROSA & GASPARIN, 2016).

O estado do Ceará, com clima predominante o tropical quente semiárido, possui um dos maiores potenciais de geração de energia limpa do país, no qual sua capacidade de produção eólica e solar é de 1.363,2 TWh/ano (SCHUBERT, 2019). Segundo esta pesquisa, se fossem utilizados cerca de 10% do potencial de energia fotovoltaica do Estado, esta porcentagem representaria 30 vezes a capacidade fotovoltaica já instalada em todo Brasil. Ressalta-se, ainda, que a irradiação global horizontal média do Ceará corresponde a 5,48 kWh/m<sup>2</sup>/dia, valor suficiente para o desenvolvimento de projetos de energia solar, sendo eles de maneira distribuída, urbana, rural ou centralizada (SCHUBERT, 2019).

Além de possuir condições favoráveis ao uso de energias renováveis como a energia fotovoltaica, o Ceará ainda dispõe de condições ambientais adequadas a produção de camarão, como o clima, solo, temperatura e água (JOVENTINO & MAYORGA, 2008). De acordo com dados da ABCC – Associação Brasileira de Criadores de Camarão (2017), a produção atingiu o valor de 41.414 toneladas, colocando o Estado na posição de maior produtor nacional de camarão em 2015. No ano de 2019, foram 54.3 mil toneladas de camarão criado em cultivo no

país, sendo que a região nordeste correspondeu a 99,6% do total nacional, com o estado cearense responsável por 30,8% do volume total (IBGE, 2019).

Este crustáceo, considerado uma ótima fonte de proteína, ácidos graxos e ômega-3, é rico em minerais como ferro e selênio e vitaminas como B12, além de possuir baixo teor de gorduras saturadas (CAHÚ & BEZERRA, 2021). Todavia, segundo Cozer (2019), dentre os custos operacionais para a carcinicultura, a energia elétrica relacionada ao uso de bombas e aeradores ocupa terceira posição de relevância, ficando atrás apenas da ração e de combustíveis e lubrificantes.

Por isso, executar o estudo de viabilidade econômica de projetos de implantação do sistema fotovoltaico reduz os riscos de investimento (JÚNIOR et al., 2019). Realizar uma análise de investimento facilita a compreensão do que ocorre com o dinheiro aplicado no empreendimento ao longo do tempo e, ainda, auxilia nas tomadas de decisões para a ampliação da empresa e aumento da produção (KÜHN & SOLDERA, 2018).

Portanto, tendo em vista o potencial da energia solar, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso sobre a utilização de um sistema fotovoltaico aplicado a uma fazenda de camarão no interior do Ceará, a fim de obter-se a viabilidade econômica da implantação do projeto, além de suas vantagens sobre o empreendimento e possível expansão de negócios.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sustentabilidade

O desenvolvimento econômico da atualidade é responsável por vários desequilíbrios sociais, isto é, a realidade é resumida em riqueza, fartura e crescimento tecnológico ao lado de miséria, degradação ambiental e poluição. O desenvolvimento sustentável vem com a proposta de equilibrar as atitudes tomadas no intuito de alcançar qualidade de vida e mantê-las para as próximas gerações (ARAÚJO & MENDONÇA, 2008).

Segundo Arruda & Quelhas (2010), o discurso para a busca de sustentabilidade não se encaixa a próximas gerações, mas sim a sociedade atual. O autor ainda revela que o debate sobre o aquecimento global vem crescendo significativamente e que grandes empresas e líderes do povo estão na busca de práticas empresariais que se situam lado a lado com valores socioambientais mais justos, com uma gestão responsável baseada em instrumentos e princípios de governança corporativa.

O termo sustentabilidade, também conhecido como desenvolvimento sustentável, foi reconhecido mundialmente a partir de 1987, após ser utilizado no relatório “Nosso Futuro Comum” da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento nas Nações Unidas, familiarizada como Comissão Brundthland. A partir desta data, várias definições de sustentabilidade surgiram, porém, ambas com as mesmas dimensões que compõem esse termo (CLARO et al., 2008).

Esse termo é descrito por WCED – Word Commission on Environment and Development (1987) como o desenvolvimento da humanidade de maneira que atenda às necessidades da população sem comprometer esta mesma capacidade às gerações futuras, utilizando os recursos ambientais disponíveis de maneira coerente à capacidade do meio ambiente de recuperação dos efeitos das atividades humanas (WCED, 1987).

Suas dimensões se resumem em econômica, ambiental e social, também conhecidas como “*Triple Bottom Line*”. Basicamente, a sociedade depende diretamente da economia, que impacta na qualidade de vida das pessoas. A economia depende do estado do ecossistema global, que depende exclusivamente do modo com as pessoas coexistem com o meio ambiente (ELKINGTON, 1997). Ainda segundo o autor, as três dimensões não são estáveis, possuem fluxo constante de acordo com a economia, sociedade e meio ambiente, o que faz com que esse ciclo desafie a sustentabilidade.

Basta pensar nessas três dimensões como placas tectônicas que se movem independentemente das outras. Como se movem abaixo, acima ou contra elas mesmas, as zonas de cisalhamento, isto é, zonas de fraqueza que acarretam tremores e terremotos, podem ser relacionadas a atual situação da economia, sociedade e do meio ambiente (ELKINGTON, 1997).

Portanto, a sustentabilidade possui como objetivo garantir que as ações humanas não limitem as dimensões econômica, ambiental e social às gerações futuras. Assim, as empresas, empreendimentos, tecnologias e habilidades de gestão precisam passar pela transição de mudança e atingir a sustentabilidade com êxito (ELKINGTON, 1998).

## **2.2 Matriz Energética brasileira**

Após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu expressivo crescimento demográfico, urbanização acelerada, processo de industrialização e a construção de infraestrutura de transporte rodoviário que influenciou diretamente no uso de energia do Brasil. Entre as décadas de 40 e 50, a população brasileira era cerca de 41 milhões de habitantes e o consumo de energia primária era de 15 milhões de tep (Tonelada Equivalente de Petróleo). Na década de 70, o consumo se aproximava de 70 milhões de tep com uma população de 93 milhões de habitantes (TOLMASQUIM et al., 2007).

Já no ano de 2000, a população brasileira alcançava a marca de 170 milhões de habitantes e seu consumo de energia era de aproximadamente 190 milhões de tep. Estima-se que no ano 2030, a população ultrapasse a mais de 238 milhões de habitantes com o consumo de energia primária em 560 milhões de tep (TOLMASQUIM et al., 2007).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a energia que precisamos para realizar atividades cotidianas, como acender a luz ou usar meio de transporte, necessitam de energia. Essa energia provém de um conjunto de fontes que recebe o nome de matriz energética. Esta matriz representa as fontes de energia disponíveis em determinado estado ou país que tem como intuito suprir a demanda de energia (ABCD Energia, 2021).

Atualmente, a utilização de combustíveis fósseis representa a maior faixa da matriz energética brasileira, possuindo comprovação dos impactos negativos ambientais pela comunidade científica, como exemplo o aumento da temperatura dos oceanos que afeta diretamente a vida marinha (PAULA, 2020).

Com o avanço das tecnologias e o aumento da utilização e produção de energia, os problemas ambientais ocasionados por este fenômeno resultaram nas preocupações mundiais para minimização dos impactos gerados e, com isso, se iniciou o movimento global para a

geração de energias renováveis (PIVA, 2010). Ainda segundo o autor, as energias renováveis são capazes de atender a demanda energética atual, além de conservar o planeta para esta geração e para as próximas.

Para o Brasil, tem-se fontes não renováveis que equivalem a 51,6% da matriz energética brasileira, sendo as principais: petróleo e derivados; gás natural; carvão mineral; urânio. Com 48,4%, as fontes renováveis no Brasil se concentram em: biomassa da cana; hidráulica; lenha e carvão vegetal; entre outras (Figura 1). A repartição da oferta de “outras renováveis” se dá em sete categorias, no qual a solar se encontra na quinta posição, com 924 000 tep em 2020 (BEN, 2021).

Segundo o Governo do Brasil (2021), a energia solar representa 2% do total das energias renováveis do Brasil, podendo aumentar a 2,9% ao final do ano de 2021. Consta-se também que a energia provinda de placas fotovoltaicas geradas por pequenas centrais cresceu mais de 2000% nos últimos três anos, devido a melhoria de tecnologias, facilidade de importação, custo elevado de energia no país, entre outros.

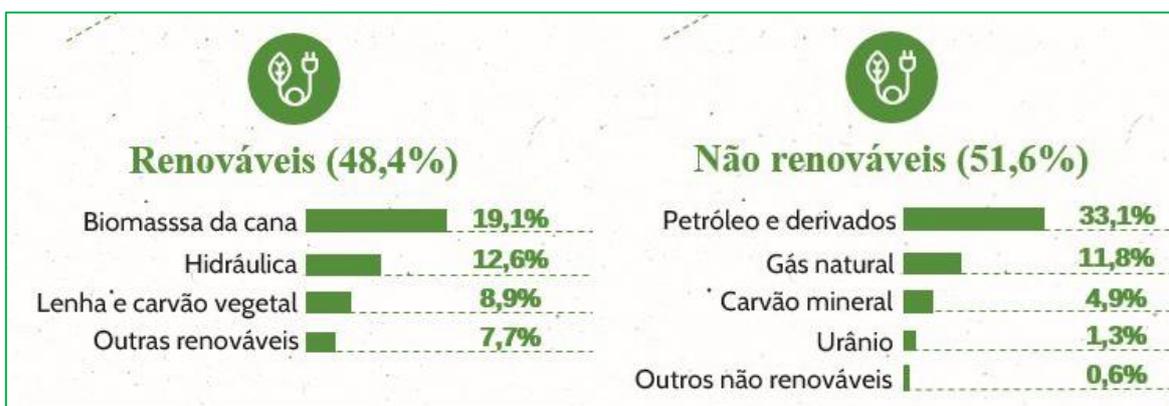


Figura 1. Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2020. Fonte: Adaptado de Ben (2021).

### 2.3 Fontes renováveis de energia

A relevância da procura de alternativas para a produção convencional de energia manifesta-se do interesse de alcançar a eficiência energética capaz de possibilitar o alcance de desenvolvimento mundial energético sustentável. Portanto, as discussões econômicas na contemporaneidade focam justamente na má utilização de recursos disponíveis no planeta que necessitam de métodos que provocam grandes impactos ambientais, além do esgotamento de recursos limitados (PIVA, 2010).

Segundo Costa & Prates (2005), energia renovável é “*uma expressão usada para descrever uma ampla gama de fontes de energia que são disponibilizadas na natureza de forma*

*cíclica. As fontes renováveis podem ser utilizadas para gerar eletricidade, para gerar calor ou para produzir combustíveis líquidos para o setor de transportes*". Essas fontes são classificadas como ambientalmente corretas e fazem parte das discussões mundiais da atualidade, uma vez que possuem grande contribuição na promoção da sustentabilidade (COSTA & PRATES, 2005).

A EPE define essas fontes como inesgotáveis, uma vez que possuem a capacidade de renovação constante, mesmo sendo utilizadas. Como exemplos: solar (energia provinda do sol), eólica (energia dos ventos), hídrica (energia da água), biomassa (energia da matéria orgânica), geotérmica (energia do interior da terra) e oceânica, que vem da movimentação dos mares e ondas (ABCDEnergia, 2021).

Para Nascimento & Alves (2016), a utilização dessas fontes alternativas substitui energias não renováveis como os combustíveis fósseis, ocasionando em menor impacto ambiental, sem afetar o balanço térmico ou a composição atmosférica do planeta. Ainda segundo o autor, desenvolver tecnologias para a uso das fontes renováveis poderá melhorar a qualidade de vida da sociedade e causar autonomia energética de empreendimentos agrícolas.

A principal fonte de energia elétrica do Brasil provém de usinas hidrelétricas, consideradas de baixo custo, porém, é responsável por grandes impactos ambientais devido a necessidade de construção de grandes reservatórios de água, que movimentam as turbinas dos geradores (URBANETZ JUNIOR, 2010).

## **2.4 Energia fotovoltaica**

A fonte hidráulica para geração de energia elétrica está em segundo lugar como a mais utilizada no Brasil em 2021 quando o assunto é energia proveniente de fontes renováveis, perdendo apenas para a biomassa da cana (BEN, 2021). Isso acontece devido o Brasil possuir uma grande bacia hidrográfica, porém, as usinas hidrelétricas, por ser de forma centralizada, geralmente são construídas longe de cidades, o que necessita de grandes linhas de transmissão, tornando-as economicamente inviável (IMHOFF, 2007).

A energia fotovoltaica, quando usada em geração distribuída, pode ser instalada de maneira mais simples sem necessidade da linha de transmissão, o que a torna uma alternativa acessível economicamente e com possibilidade do transporte de energia a comunidades mais afastadas (IMHOFF, 2007). Sucintamente, de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), esta fonte de energia resolve problemas ambientais provindos das construções de hidrelétricas e melhora o planejamento de distribuição de energia.

O uso do recurso solar converte a energia emitida pelo sol em energia térmica ou elétrica, esta última através do efeito fotovoltaico (FV), que consiste na obtenção de corrente elétrica a partir do contato de fótons provenientes da radiação solar com o material semicondutor purificado e dopado presente nas placas. Esse material geralmente é o silício, muito utilizado no mercado de geração de energia e na indústria eletrônica (ESPOSITO & FUCHS, 2013). O efeito fotovoltaico transforma energia radiante em eletricidade de maneira direta sem a produção de energia secundária, não gera poluição e pode ser adaptada a tetos e fachadas sem prejudicar a arquitetura (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

#### 2.4.1 Sistema solar conectado à rede

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) produzem energia que será fornecida à rede de distribuição, não necessitando de um banco de baterias. Com isto, esse sistema representa uma fonte de geração de energia em momentos de radiação solar e, quando não estão produzindo, a energia utilizada pelo consumidor vem diretamente da rede interligada ao sistema (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

Para reverter a situação de utilização de energia solar no Brasil, que possui grande potencial, mas sem papel expressivo no cenário energético brasileiro de fontes renováveis, o governo brasileiro possui programas com objetivo de incentivar a instalação de SFCR, para facilitar a conexão a redes de distribuição. Assim o proprietário não possui a necessidade de consumir toda sua energia produzida no momento exato de sua produção, pois ela será inserida à rede. Isso resultará em créditos em kWh na conta de luz a esta eletricidade gerada, mas não consumida (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

#### 2.4.2 Caracterização de um sistema fotovoltaico

##### 2.4.2.1 Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são compostos por um conjunto de células que utilizam semicondutores, no qual o mais utilizado é o silício. Produzem, no geral, uma média de  $0,5 V_{cc}$ , sendo necessário associá-las em série para adquirir maior nível de tensão. Além disso, um conjunto de módulos fotovoltaicos são chamados de painéis solares (BARROS, 2011; SOUSA, 2017).

As características físicas e tecnológicas dos módulos, como o modo de associação (série ou paralelo), formato e tipo de células, entre outros, variam de acordo com o fabricante e influenciam diretamente em suas características elétricas (BARROS, 2011).

A seguir serão descritos os principais tipos de painéis solares disponíveis no mercado.

#### **2.4.2.1.1 *Painel solar de silício monocristalino***

Tecnologia mais antiga com a eficiência mais alta. Possuem cor uniforme que indica a utilização de silício de alta pureza. Utiliza-se um único cristal de silício ultrapuro que é fracionado em lâminas de silício individuais para serem transformadas em células fotovoltaicas. Possui forma arredondada e as dimensões padrão das células são de 10 x 10 cm, 12,5 x 12,5 cm e 15 x 15 cm. Sua cor varia de azul escuro ou quase preto com antirreflexo e cinza ou azul acinzentado sem antirreflexo (PORTAL SOLAR, 2021).

Esses painéis solares possuem eficiência entre 15% e 22% e são vantajosos por ocuparem menos espaço e possuírem vida útil de aproximadamente 30 anos, porém, são considerados painéis muito caros devido sua matéria prima (PORTAL SOLAR, 2021).

#### **2.4.2.1.2 *Painel solar de silício policristalino***

São painéis solares a base de silício policristalino, também conhecidos como polisilício (p-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si). Os cristais de silício utilizados na confecção deste painel são fundidos em um bloco, preservando a formação de múltiplos cristais. Sua cor é azul ou cinza prateado, dependendo de sua capacidade de antirreflexo e suas células possuem as mesmas dimensões das células do painel monocristalino (PORTAL SOLAR, 2021).

Como vantagens, essas placas resultam em quantidade de silício residual durante o processo de corte das células menor que a quantidade de resíduos dos painéis monocristalino, além de serem mais baratas e de também possuírem vida útil de 30 anos. Porém, devido a menor pureza do polisilício, sua eficiência fica entre 14 e 20% e sua produção de Watt/hora por m<sup>2</sup> é menor que a produção de painéis monocristalino, necessitando de uma área para implantação de placas maior (PORTAL SOLAR, 2021).

#### **2.4.2.1.3 *Painel solar de silício amorfo (a-Si)***

As células solares são constituídas de silício amorfo, com uma técnica de fabricação chamada “empilhamento”, que consiste em várias camadas de a-Si combinadas resultando em

taxas de eficiência entre 6 e 9%. Antigamente, essa tecnologia era utilizada em baixa escala, em calculadoras de bolso, por exemplo. Esse painel utiliza apenas 1% da quantidade de silício utilizadas nas células solares de silício cristalino, mas possui custo elevado devido a tecnologia empregada (PORTAL SOLAR, 2021).

#### **2.4.2.1.4 Painel solar de telureto de cádmio (CdTe)**

Visto como a única tecnologia capaz de ultrapassar o custo/eficiência de painéis solares de silício cristalino, as células deste painel solar de película fina são compostas de telureto de cádmio, que conseguem alcançar uma eficiência na faixa de 9 a 16% (PORTAL SOLAR, 2021). Esses módulos geralmente são feitos em placas de vidro nos tons de marrom e azul escuro, o que chama atenção quando o assunto é atratividade estética e aplicações arquitetônicas, porém, devido à baixa abundância dos elementos necessários para sua produção e maior toxicidade, essa tecnologia ainda necessita de estudos para aprimoramento (RUTHER, 2004).

#### **2.4.2.1.5 Painéis solares de seleneto de cobre, índio e gálio (CIS/CIGS)**

Esses painéis solares apresentam boa aparência estética e estão surgindo no mercado com grandes superfícies, podendo ser utilizadas em diversas aplicações arquitetônicas. Assim como o CdTe, a pouca abundância de elementos e altos níveis de toxicidade e, quando o assunto é eficiência, essa tecnologia consegue trabalhar na faixa de 10 a 12% (RUTHER, 2004; PORTAL SOLAR, 2021).

#### **2.4.2.2 Inversores**

Os inversores possuem a função de estabelecer a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede ou carga. Ele transforma a corrente contínua dos geradores fotovoltaicos em corrente alternada (conversor CC/CA), ajustando a frequência e nível de tensão da rede em questão (BARROS, 2011).

Existem dois tipos de inversores, sendo o Grid-tie utilizado em sistemas conectados à rede, pois o mesmo transfere a energia produzida diretamente ao quadro de distribuição de força. Neste caso, enquanto houver a produção de energia com a luz solar, esta energia estará sendo injetada e utilizada pela própria propriedade. Se a geração de energia não for suficiente para a demanda de energia elétrica em determinado momento, a solução é a carga buscar essa

diferença na rede pública. Ainda, se a energia produzida não for utilizada, ela será então injetada na rede, sem necessidade de um banco de baterias (BARROS, 2011).

A medida que a rede elétrica pública fornece a energia em períodos críticos (como exemplo o período noturno sem forma alguma de geração de energia solar), o inversor gerencia todo o processo, sem necessidade de acompanhamento ou intervenção do usuário, sendo totalmente independente e automático (BARROS, 2011).

#### 2.4.2.3 Medidores

Os medidores são equipamentos eletromecânicos que vão medir o consumo de energia elétrica (RIBEIRO, 2015). Eles são responsáveis pelas informações da produção de energia dos sistemas fotovoltaicos, bem como o balanço da energia consumida pela própria instalação e a quantidade de energia fornecida a rede (BARROS, 2011; SOUSA, 2017).

#### 2.4.3 Energia solar no Ceará

O Nordeste brasileiro possui um dos melhores índices de radiação solar, como valores de 200 a 250 W/m<sup>2</sup> de potência contínua, o que equivale a faixa de 1.752 a 2.190 kWh/m<sup>2</sup> por ano de radiação incidente, colocando a região entre os locais do mundo com maior potência para a energia solar (MARQUES et al., 2009).

A energia elétrica do estado do Ceará provém de 129 usinas, totalizando 4.433 MW de potência, o que equivale a 2,7% da capacidade já instalada nacional. Destas usinas, 81 são eólicas e três são fotovoltaicas de maneira centralizada, adicionando 218 MW ao Sistema. Em 2018 o estado produziu 13.959 GWh de energia elétrica, dos quais 41% foram provenientes da geração eólica e 0,3% de usinas solares, o que equivale a 38 GWh (SCHUBERT, 2019).

O potencial solar e eólico total do Ceará é de 1.363,2 TWh/ano, o que seria equivalente a cerca de 40% da oferta interna bruta nacional de energia em 2018 (3.354,1 TWh). Porém, a utilização dessas fontes de energia depende de aspectos e limitações econômicas, tecnológicas e de infraestrutura estadual e federal, o que explica a dificuldade de seu desenvolvimento no estado (SCHUBERT, 2019). Apesar disso, o estado cearense ocupa a segunda posição de maior produtor de energia solar do país, ficando atrás apenas do Piauí (PORTAL SOLAR, 2020).

Com a Resolução Normativa ANEEL n°482/2012 (alterado pela RN n° 687/2015), a população brasileira é capaz de produzir sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, além de fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua cidade. O Ceará

possui mais de 4 milhões de unidades consumidores, com potencial de geração solar maior que 2TWh/ano, somando apenas as áreas urbanas (SCHUBERT, 2019).

## 2.5 Indicadores de viabilidade econômica

Realizar uma análise de investimento facilita a compreensão do que ocorre com o dinheiro investido no empreendimento ao longo do tempo e, ainda, auxilia nas tomadas de decisões para a ampliação da empresa e aumento da produção, isto é, a possibilidade de investimento em novas máquinas, matéria-prima e mão de obra (KÜHN & SOLDERA, 2018).

Para França et al. (2006), existem indicadores financeiros que determinam a viabilidade do projeto, bem como suas particularidades. São eles: Fluxo de Caixa, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a relação custo/benefício. Neste trabalho ainda será mencionado o *Payback*.

### 2.5.1 Fluxo de caixa

De acordo com Friedrich (2005), o Fluxo de Caixa pode ser compreendido como *“os registro e controles existentes da movimentação do caixa, compreendendo assim as entradas e saídas de recursos financeiros que tenham ocorrido em um determinado intervalo de tempo. Logo o fluxo de caixa é uma prática dinâmica, que deverá ser revista e atualizada constantemente, com vistas a ser útil na tomada de decisões”*.

O Fluxo de Caixa possibilita a empresa visualizar e implementar ações que auxiliam na gestão de recursos, impossibilitando problemas de liquidez e insolvência (FRIEDRICH, 2005). Ainda segundo o autor, a utilização desta ferramenta proporcionará ao empreendedor o conhecimento de independência financeira de seu próprio negócio.

As etapas para elaboração de Fluxo de Caixa podem ser divididas em: definição do investimento inicial e fase de operação do projeto que gera os fluxos de caixa líquidos anuais. Para sua construção, são consideradas as entradas e saídas de recursos somente quando acontecem (BORDEAUX-RÊGO et al, 2013).

### 2.5.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Para a obtenção dos valores de alguns índices de viabilidade econômica como o VPL e TIR, os critérios se baseiam em fluxos de caixa e uma determinada taxa, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que representa o retorno mínimo esperado para um projeto de

investimento. Ela pode ser definida de acordo com cada empresa ou empreendimento, porém, a determinação da TMA é de grande importância na decisão de alocação dos recursos (SCHROEDER et al., 2005).

Para Schroeder et al. (2005), o custo de capital é a TMA mais adequada para a avaliação de novos projetos de investimentos, servindo como determinante na aceitação ou rejeição da proposta.

### 2.5.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é um método utilizado em estudos de viabilidade econômica que realiza uma comparação do investimento realizado com o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto (BORDEAUX-RÊGO et al, 2013). Para o valor de VPL, é necessário substituir o investimento inicial do projeto ( $FC_0$ ) do valor presente de suas entradas de caixa ( $FC_t$ ), que serão descontadas à taxa de custo de capital da empresa ( $r$ ) (GITMAN, 2010). Sua equação é dada pela expressão:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (1)$$

Onde:

$VPL$  = Valor presente líquido

$FC_t$  = Fluxo de caixa no período  $t$

$t$  = período

$r$  = Taxa de desconto

$FC_0$  = Investimento inicial do projeto

$n$  = Horizonte de planejamento

#### 2.5.3.1 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

Também conhecido como Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), o Valor Anual Uniforme Equivalente auxilia a visualizar a expectativa de ganho de um projeto ou investimento em um período de um ano. O VAUE facilita as interpretações e análises de retorno aplicado a longo prazo, ou seja, mostra o retorno real de um investimento (REMESSA ONLINE, 2020). Segundo Pinheiro (2019), a equação é dada pela expressão:

$$VPLa = VPL \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Onde:

$VPLa$  = Valor presente líquido anualizado

$VPL$  = Valor presente líquido

$i$  = Taxa de desconto

$n$  = Horizonte de planejamento

#### 2.5.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para Gitman (2010), a Taxa Interna de Retorno (TIR) pode ser considerada uma das técnicas de orçamento de capital mais utilizada, apesar de ser vista como mais difícil de ser calculada à mão quando comparada ao VPL. Ainda segundo o autor, a TIR “*é a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se investir no projeto e receber as entradas de caixa previstas*”. Sua equação é dada pela expressão:

$$\$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0 \quad (3)$$

Onde:

$FC_t$  = Fluxo de caixa no período  $t$

$TIR$  = Taxa interna de retorno

$t$  = período

$FC_0$  = Investimento inicial do projeto

$n$  = Horizonte de planejamento

É possível observar que, matematicamente, a TIR corresponde ao valor de  $r$  na expressão para cálculo de VPL e, igualmente, também possui critérios de avaliação para a tomada de decisão de aceitação-rejeição do projeto, na qual: TIR maior que o custo de capital, *aceitar* o projeto; TIR menor que o custo de capital, *rejeitar* o projeto (GITMAN, 2010).

#### 2.5.5 Payback

O *Payback* é usado para analisar e determinar o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial de um projeto, calculado a partir das entradas de caixa (GITMAN, 2010).

Um prazo máximo deve ser definido para recuperação de investimento do projeto, servindo como base para a análise de viabilidade econômica. Período a período, os fluxos de caixa líquidos são descontados ao valor aplicado do projeto, resultando no tempo necessário para a recuperação do capital (BORDEAUX-RÊGO et al, 2013).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho analisou a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico já instalado à rede, aplicado em um empreendimento aquícola no interior do estado do Ceará, além de sugerir uma readequação do conjunto de placas com o intuito de aumentar sua produção de energia anual.

Os dados referentes ao presente estudo foram diretamente da fazenda de camarão, por meio de entrevistas não-estruturadas (MATTOS, 2005) e coleta de documentação do projeto de energia solar com o proprietário do empreendimento entre os meses de julho e outubro de 2021.

A seguir serão descritas as particularidades do local escolhido para o estudo em questão.

#### 3.1 Caracterização do local

A fazenda FARMTECH – Produção de camarões, local escolhido para a realização desse estudo, está situada no logradouro EST BR 437, KM 95, distrito Lagoa do Peixe, no município de Tabuleiro do Norte no estado do Ceará (Figura 2 e 3). Sua área total é de aproximadamente 21 hectares e suas coordenadas são latitude  $5^{\circ}16'10.23''\text{S}$  e longitude  $38^{\circ}4'38.93''\text{O}$ . O proprietário é José de Souza Junior, engenheiro de pesca e mestre em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal do Ceará. Possui como atividade econômica principal a criação de *Litopenaeus vannamei* climatizados e cultivados em águas oligohalinas, isto é, em baixas concentrações de íons que constituem a salinidade.



Figura 2. Município de Tabuleiro do Norte, localizado no estado do Ceará. Fonte: Google Earth Pro (2021).



Figura 3. Fazenda FARMTECH - Produção de camarões. Fonte: Google Earth Pro (2021).

A carcinicultura possui três viveiros ativos de aproximadamente um hectare cada, sendo o viveiro 01 de 193,80 x 60,50 m, o viveiro 02 de 247,10 x 56,10 m e o viveiro 03 de 270 x 44,30 m, e um viveiro menor autodenominado “raceway”, um sistema de fluxo contínuo de água, de dimensões 24,60 x 6,40 m. Ainda, possui uma bacia de sedimentação (Figura 4), no qual a água provinda dos cultivos é tratada e, por meio de bombeamento, é transposicionada ao

canal de abastecimento (Figura 5). A água para o abastecimento provém de poços artesianos e que por meio do canal que possui comportas conexas aos viveiros e os guarnecem de acordo com a necessidade. Ou seja, cada viveiro possui entradas e saídas individuais de água.



Figura 4. Bacia de sedimentação. Fonte: Autor (2021).



Figura 5. Canal de abastecimento. Fonte: Autor (2021).

A fazenda ainda compreende sala de ração, almoxarifado, escritório, cozinha e banheiro para os funcionários e, ainda, possui em sua estrutura alojamento para o proprietário e também para estágios. O cultivo se inicia com a compra de larvas no laboratório CELM, com suas entregas alinhadas conforme sua disponibilidade. Habitualmente são entregues pós-larvas 15 e 18, com a densidade de estocagem da fazenda entre 35 e 60 animais por  $m^2$ . O povoamento é feito de forma direta, uma vez verificado os parâmetros da água do viveiro e da caixa de transporte. São realizados aproximadamente três ciclos por ano para cada viveiro. A comercialização dos camarões ocorre conforme tabela de preço e custos dos viveiros para o atravessador, no qual os camarões são vendidos entre 8 g e 14 g.

A irradiação solar média diária da fazenda FARMTECH está entre 5,05 a 6,58  $kWh/m^2$ .dia durante os 12 meses do ano, de acordo com o site Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), que necessita apenas das coordenadas geográficas para disponibilizar esses dados de forma gratuita.

Para o cultivo de camarões, a fazenda conta com aeradores de pás para a incorporação de oxigênio na água por meio de rotação. Esses aeradores possuem potência de 2.0 CV e consumo estimado de 1,49 kW por hora. Ainda, o empreendimento possui um banco capacitor com a finalidade de compensar a energia reativa produzida pelo acionamento de bombas e

aeradores, com intuito de proteger os equipamentos e impossibilitar a cobrança da multa pela ação reativa.

### **3.2 Caracterização do sistema fotovoltaico da fazenda**

O projeto e instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede para a fazenda foi realizado por uma empresa especializada localizada no centro de Limoeiro do Norte (CE), a aproximadamente 13 km da cidade Tabuleiro do Norte, onde a carcinicultura está localizada.

O sistema é composto por 52 unidades de módulos fotovoltaicos policristalinos da marca Risen Solar Technology® (Ninghai, China). Sua eficiência pode chegar a 17,3% e possuem dimensões de 1.640 x 990 x 35 mm e peso em 18,3 kg. Dispõe de uma garantia de 12 anos e promete 25 anos de performance.

Para o inversor, foi adquirido um aparelho 20kW da marca RENOVIGI Technology, que possui sua máxima eficiência em 98,7% e suas dimensões em 310 x 563 x 219 mm com peso 18,9 kg. Possui resfriamento por ventilação forçada inteligente, comunicação por WiFi Plug e monitoramento em plataforma exclusiva da marca. Ademais, tem garantia de 12 anos de fabricação.

Além destes, o sistema também conta com quadros de proteção e controle DC, quadro de interligação à rede AC e estruturas de suporte e ancoragem em alumínio anodizado e aço inox, capazes de suportar ventos de até 150 km/h. O sistema possui potência nominal de 17,30 kWp e foi instalado na superfície do telhado, com uma área ocupada de 138 m<sup>2</sup> com conexão BT Trifásico. Tem como produção média mensal de 2.508,88 kWh e anual em 30.170 kWh, conseguindo suprir boa parte da necessidade energética da fazenda, porém, sua geração não é o suficiente para a autossuficiência em energia elétrica do empreendimento.

### **3.3 Dados utilizados para realização dos cálculos**

A seguir será descrito cada um dos dados necessários para o trabalho.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), aprovou para a Enel Ceará o reajuste tarifário de 8,95% para o ano de 2021 (SABINO, 2021). Esta porcentagem será aplicada ao preço do kWh a cada ano, para a elaboração do fluxo de caixa. Atualmente, o valor do kWh cobrado é de R\$0,82701 (DIÁRIO DO NORDESTE, 2021).

Para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), será considerado o valor da caderneta de poupança em 4,38% ao ano (ALVARENGA, 2021).

Este trabalho analisou os índices VPL, TIR, *Payback* e Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) para determinação da viabilidade econômica do sistema fotovoltaico. Os cálculos foram feitos a partir do software Microsoft Excel®.

### 3.4 Índices de viabilidade econômica

#### 3.4.1 Fluxo de caixa

Precedente a realização do estudo de viabilidade econômica, foi necessário realizar a elaboração do fluxo de caixa. Para isso, foi multiplicado a geração anual do sistema pelo valor do kWh para cada ano.

Para a valor em economia no ano 1, a geração anual do sistema foi multiplicada pelo valor atual do kWh, como mostra a equação (4).

$$30.170 \frac{kWh}{ano} \times 0,82701 = R\$24.950,89 \quad (4)$$

Para os próximos anos, a equação utilizada se encontra a seguir.

$$FC_n = GA \times kWh_n \quad (5)$$

Onde:

$FC_n$  = Valor do fluxo de caixa no ano  $n$

$GA$  = Geração anual de energia pelo sistema fotovoltaico da fazenda FARMTECH

$kWh_n$  = Valor do kWh do ano  $n$

O ajuste tarifário foi aplicado ao valor do kWh do ano 1, resultando no valor do kWh para o ano 2 e, seguindo a mesma regra, foi feito para os demais anos. Portanto, a regra para encontrar o valor de kWh para cada período a partir do ano 2 pode ser representada de acordo com a equação (6).

$$kWh_n = kWh_{n-1} + (kWh_{n-1} \times RT) \quad (6)$$

Onde:

$kWh_n$  = Valor do kWh do ano  $n$

$kWh_{n-1}$  = Valor do kWh do ano anterior a  $n$

$RT$  = Reajuste Tarifário

### 3.4.1.1 Valor com despesas

O presente trabalho também estabeleceu o fluxo de caixa considerando as despesas, isto é, a depreciação dos equipamentos do sistema fotovoltaico. Para isso, foi realizado uma simulação dos gastos com o sistema pelo período de 25 anos, que é igual a vida útil total das placas fotovoltaicas.

O valor de todos os equipamentos do projeto foi de R\$ 63.000,00. Para as 52 placas, o inversor e a estrutura metálica em aço inox e alumínio, foram investidos, respectivamente, os valores de R\$ 50.000,00, R\$ 10.000,00 e R\$ 3.000,00.

O inversor possui vida útil de 12 a 13 anos, logo, seu valor será multiplicado por dois, para obter sua depreciação em 25 anos. Portanto, o valor final para a utilização do inversor 20kW da marca RENOVIGI Technology é de R\$ 20.000,00. Por isso, ano 0 representa o investimento total do projeto que foi de R\$ 79.000,00, com todos os valores inclusos, isto é, os equipamentos, materiais e mão de obra no valor de R\$6.000,00.

Desse modo, os valores dos equipamentos foram somados e divididos por 25, resultando em R\$ 2.920,00 de depreciação ao ano. Esse valor foi subtraído a economia gerada de cada ano do fluxo de caixa.

### 3.4.2 VPL, VAUE e TIR

Com o fluxo de caixa pronto, foi calculado a partir do software Microsoft Excel®, os valores de VPL com sua equação (7):

$$= VPL(TMA; V_1: V_2: V_3 \dots V_n) - IT \quad (7)$$

Onde:

$TMA$  = Taxa Mínima de Atratividade

$V_1: V_2: V_3 \dots V_n$  = Valores do fluxo de caixa, do ano 1 ao ano  $n$ .

$IT$  = Investimento total do projeto

Os valores de VAUE, com equação (8):

$$= PGTO(TMA; N; -VPL; VF; T) \quad (8)$$

Onde:

$TMA$ = Taxa Mínima de Atratividade

$N$ = Período de  $N$  anos

$VPL$ = Valor Presente Líquido

$VF$ = Valor Futuro

$T$ = Tipo de vencimento dos pagamentos

E os valores de TIR, com equação (9):

$$= TIR(V_0:V_1:V_2 \dots V_n) \quad (9)$$

Onde:

$V_0:V_1:V_2 \dots V_n$ = Valores do fluxo de caixa, do ano 0 ao ano  $n$

Vale destacar que o Valor Futuro e o Tipo, utilizados para cálculo do VAUE, são opcionais. Neste trabalho, ambos não se aplicam, resultando no uso do número 0 para VF e T na equação (8).

### 3.4.3 Payback

Foram elaboradas duas tabelas para *Payback*, uma com o valor do fluxo de caixa e outra com o fluxo de caixa com despesas. Para sua realização, o primeiro passo foi calcular o *Payback* descontado para cada ano, cuja equação está representada a seguir.

$$Pd_n = FC_n \div (1 + TMA)^n \quad (10)$$

Onde:

$Pd_n$ = *Payback* descontado do ano  $n$

$FC_n$ = Valor do fluxo de caixa no ano  $n$

$TMA$ = Taxa Mínima de Atratividade

$n$ = Ano  $n$

O saldo do ano 1 foi calculado a partir do investimento total do projeto que foi somado ao valor do *Payback* descontado do ano em questão. Para os próximos períodos, o saldo do ano anterior foi somado ao valor do *Payback* descontado do período escolhido, como demonstra a equação (11):

$$S_n = S_{n-1} + Vp_n \quad (11)$$

Onde:

$S_n$  = Saldo do ano  $n$

$S_{n-1}$  = Saldo do ano anterior a  $n$

$Vp_n$  = Valor do *Payback* descontado para o ano  $n$

### 3.5 Redimensionamento do sistema fotovoltaico

Com intuito de simular a autossuficiência em energia elétrica da fazenda FARMTECH, foi estimado um número de placas fotovoltaicas a serem adquiridas para completar o sistema, produzindo a quantidade em kWh suficiente com objetivo de suprir a demanda do empreendimento.

Para isso, foram coletados os dados do consumo mensal de energia injetada da rede de março a outubro de 2021. Posteriormente, foi realizada a média de consumo mensal e em seguida o resultado foi multiplicado por 12 para encontrar a média de consumo anual.

Para o cálculo do número de placas fotovoltaicas a serem compradas, foi preciso ter conhecimento do valor anual de kWh gerado por uma placa, para que a média do consumo anual de kWh injetada da rede seja dividido por ele, como demonstra a equação (12). Após encontrar o número total de placas necessárias para a autossuficiência, foi preciso multiplicá-lo pelo valor em reais de uma placa fotovoltaica da mesma marca utilizada no projeto inicial, para a obtenção do investimento total.

$$NP = CA \div PA \quad (12)$$

Onde:

$NP$  = Número de placas

$CA$  = Consumo anual em kWh

$PA$  = Produção anual de uma placa fotovoltaica em kWh

Posteriormente, foi calculado a depreciação e *Payback* do novo investimento, com os mesmos procedimentos realizados anteriormente, para avaliar o tempo que a expansão do sistema fotovoltaico será paga. Ressalta-se que essa aquisição foi simulada a partir do ano em que o projeto já implantado estiver gerando lucro ao proprietário, ou seja, quando já estiver pago.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índices de viabilidade econômica aplicados ao sistema fotovoltaico já instalado

#### 4.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

A seguir consta a tabela 1 com os valores de VPL para o fluxo de caixa e fluxo de caixa com despesas.

Tabela 1. Tabela para VPL do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor com Despesas (RS)</b>
0	-79.000,00	-79.000,00
1	24.950,89	22.030,89
2	27.184,00	24.264,00
3	29.616,96	26.696,96
4	32.267,68	29.347,68
5	35.155,64	32.235,64
6	38.302,07	35.382,07
7	41.730,11	38.810,11
8	45.464,95	42.544,95
9	49.534,06	46.614,06
10	53.967,36	51.047,36
11	58.797,44	55.877,44
12	64.059,81	61.139,81
13	69.793,16	66.873,16
14	76.039,65	73.119,65
15	82.845,20	79.925,20
16	90.259,85	87.339,85
17	98.338,10	95.418,10
18	107.139,36	104.219,36
19	116.728,34	113.808,34
20	127.175,52	124.255,52
21	138.557,73	135.637,73
22	150.958,65	148.038,65
23	164.469,45	161.549,45
24	179.189,46	176.269,46
25	195.226,92	192.306,92
<b>VPL</b>	<b>R\$968.772,11</b>	<b>R\$924.933,90</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH possui o valor de VPL em R\$ 924.933,90 para 25 anos já com as despesas dos equipamentos previstas, demonstrando ótima entrega financeira ao empreendimento.

Para Gitman (2010), os critérios utilizados para aceitação-rejeição de um projeto em questão com finalidade de retorno financeiro são: VPL maior que \$ 0, *aceitar* projeto; VPL menor que \$ 0, *rejeitar* projeto. Com VPL acima de \$ 0, entende-se que a atividade alcançará um retorno maior do que o custo de seu capital. Pode-se observar que o sistema fotovoltaico da fazenda entrega grande retorno econômico ao proprietário.

Segundo Bordeaux-Rêgo et al. (2013), o VPL positivo significa que o valor presente de todos os futuros fluxos de caixa será maior do que o de todo capital investido. Ou seja, o investimento inicial consegue ser recuperado no tempo estimado e o projeto gera um ganho de riqueza representado pelo valor do VPL que, no caso da fazenda, é de R\$ 924.933,90 considerando todas as despesas.

Ao realizar a análise de viabilidade econômica em um sistema fotovoltaico em piscicultura familiar, Sousa (2017) concluiu que seu resultado de VPL para o sistema fotovoltaico em R\$ 134.566,85 comprovou a viabilidade da proposta, uma vez que há receitas positivas advindas do empreendimento. Vale ressaltar que o valor de VPL do projeto da FARMTECH é quase sete vezes maior que o valor encontrado por Sousa (2017). Já Oliveira (2017), considerou que o VPL em R\$ 582.882,61, demonstra ser um ótimo valor de retorno financeiro para o projeto de geração de energia solar.

#### 4.1.1.1 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

A tabela 2 mostra valores de VAUE para o fluxo de caixa e fluxo de caixa com despesas. O retorno do investimento anual fica em R\$ 61.608,50 já considerando as despesas do sistema fotovoltaico.

Tabela 2. Tabela para VAUE do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor com Despesas (RS)</b>
0	-79.000,00	-79.000,00
1	24.950,89	22.030,89
2	27.184,00	24.264,00
3	29.616,96	26.696,96
4	32.267,68	29.347,68

5	35.155,64	32.235,64
6	38.302,07	35.382,07
7	41.730,11	38.810,11
8	45.464,95	42.544,95
9	49.534,06	46.614,06
10	53.967,36	51.047,36
11	58.797,44	55.877,44
12	64.059,81	61.139,81
13	69.793,16	66.873,16
14	76.039,65	73.119,65
15	82.845,20	79.925,20
16	90.259,85	87.339,85
17	98.338,10	95.418,10
18	107.139,36	104.219,36
19	116.728,34	113.808,34
20	127.175,52	124.255,52
21	138.557,73	135.637,73
22	150.958,65	148.038,65
23	164.469,45	161.549,45
24	179.189,46	176.269,46
25	195.226,92	192.306,92
<b>VAUE</b>	<b>R\$64.528,50</b>	<b>R\$61.608,50</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.1.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Na tabela 3 a seguir, os valores de TIR para o fluxo de caixa e fluxo de caixa com despesas.

Tabela 3. Tabela para TIR do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor com Despesas (RS)</b>
0	-79.000,00	-79.000,00
1	24.950,89	22.030,89
2	27.184,00	24.264,00
3	29.616,96	26.696,96
4	32.267,68	29.347,68
5	35.155,64	32.235,64
6	38.302,07	35.382,07
7	41.730,11	38.810,11
8	45.464,95	42.544,95
9	49.534,06	46.614,06

10	53.967,36	51.047,36
11	58.797,44	55.877,44
12	64.059,81	61.139,81
13	69.793,16	66.873,16
14	76.039,65	73.119,65
15	82.845,20	79.925,20
16	90.259,85	87.339,85
17	98.338,10	95.418,10
18	107.139,36	104.219,36
19	116.728,34	113.808,34
20	127.175,52	124.255,52
21	138.557,73	135.637,73
22	150.958,65	148.038,65
23	164.469,45	161.549,45
24	179.189,46	176.269,46
25	195.226,92	192.306,92
<b>TIR</b>	<b>40%</b>	<b>38%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após análise de dados referentes aos custos do empreendimento, é possível constatar que o sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH possui ótimo valor para taxa de retorno, uma vez que o TIR é de 38% já com o valor das despesas aplicado a ele.

Neves (2021) obteve o valor de TIR em 38%, mesmo valor encontrado para esse estudo, para um empreendimento com investimento inicial de R\$ 386.976,75. Pode-se observar que o valor investido na fazenda FARMTECH é consideravelmente menor, porém, entrega a mesma TIR, comprovando sua eficiência e vantagem financeira.

#### 4.1.3 Payback

A seguir será apresentado duas tabelas para *Payback*, com e sem despesas, com intuito de analisar o tempo necessário para quitar o investimento do projeto.

Tabela 4. Tabela para *Payback* sem despesas do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

Ano	Fluxo de caixa (RS)	Valor Presente (VPL)	Saldo (RS)
0	-79.000,00	-79.000,00	
1	24.950,89	23.903,90	-55.096,10
2	27.184,00	24.950,47	-30.145,63
3	29.616,96	26.042,86	-4.102,77

4	32.267,68	27.183,08	23.080,31
5	35.155,64	28.373,21	51.453,52
6	38.302,07	29.615,46	81.068,98
7	41.730,11	30.912,09	111.981,08
8	45.464,95	32.265,50	144.246,57
9	49.534,06	33.678,16	177.924,73
10	53.967,36	35.152,67	213.077,40
11	58.797,44	36.691,73	249.769,13
12	64.059,81	38.298,18	288.067,31
13	69.793,16	39.974,96	328.042,27
14	76.039,65	41.725,16	369.767,43
15	82.845,20	43.551,99	413.319,42
16	90.259,85	45.458,79	458.778,21
17	98.338,10	47.449,09	506.227,30
18	107.139,36	49.526,52	555.753,82
19	116.728,34	51.694,90	607.448,72
20	127.175,52	53.958,23	661.406,95
21	138.557,73	56.320,65	717.727,59
22	150.958,65	58.786,49	776.514,09
23	164.469,45	61.360,30	837.874,39
24	179.189,46	64.046,80	901.921,19
25	195.226,92	66.850,92	968.772,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 5. Tabela para *Payback* com despesas do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor Presente (VPL)</b>	<b>Saldo (RS)</b>
0	-79.000,00	-79.000,00	
1	22.030,89	21.106,43	-57.893,57
2	24.264,00	22.270,39	-35.623,18
3	26.696,96	23.475,24	-12.147,95
4	29.347,68	24.723,20	12.575,25
5	32.235,64	26.016,56	38.591,81
6	35.382,07	27.357,69	65.949,50
7	38.810,11	28.749,07	94.698,57
8	42.544,95	30.193,24	124.891,81
9	46.614,06	31.692,85	156.584,66
10	51.047,36	33.250,67	189.835,33
11	55.877,44	34.869,55	224.704,87
12	61.139,81	36.552,46	261.257,33
13	66.873,16	38.302,50	299.559,83
14	73.119,65	40.122,87	339.682,70
15	79.925,20	42.016,93	381.699,63

16	87.339,85	43.988,15	425.687,79
17	95.418,10	46.040,16	471.727,94
18	104.219,36	48.176,71	519.904,65
19	113.808,34	50.401,74	570.306,39
20	124.255,52	52.719,33	623.025,72
21	135.637,73	55.133,73	678.159,45
22	148.038,65	57.649,38	735.808,83
23	161.549,45	60.270,91	796.079,74
24	176.269,46	63.003,12	859.082,86
25	192.306,92	65.851,03	924.933,90

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após análise dos dados obtidos por meio das tabelas de *Payback*, consta-se que o sistema fotovoltaico estará pago a partir do quarto ano.

No primeiro cenário, desconsidera-se as despesas, portanto, a tempo necessário para o investimento começar a economizar é de três anos, um mês e 25 dias.

Para o segundo cenário, com todas as despesas incluídas, o projeto terá se pagado em três anos, cinco meses e 27 dias, apenas quatro meses a mais que a simulação anterior, provando que o sistema fotovoltaico possui viabilidade econômica positiva.

Segundo Bordeaux-Rêgo et al. (2013), o método *Payback* entrega o tempo real de retorno do capital investido, de acordo com o prazo máximo estabelecido para essa recuperação, que servirá como o padrão de análise desse índice de viabilidade. Para Gitman (2010), se este período de *Payback* for menor que o período máximo aceitável para retorno do valor de investimento, o projeto deve ser aceito, pois menor será sua exposição ao risco e imprevistos.

Neste estudo foi estipulado um prazo de 25 anos devido a vida útil das placas de material policristalino. É possível afirmar que, mesmo com período máximo de retorno alto, o sistema da FARMTECH se paga no quarto ano de funcionamento.

Oliveira (2017) apresentou *Payback* de seis anos para retornar o valor investido em um sistema de placas fotovoltaicas instaladas em prédios públicos. Para Sousa (2017), a resposta de retorno do investimento projetado a uma piscicultura familiar ficou em seis meses, considerando o mês zero para a implementação do projeto. Já Moura (2021) obteve o *Payback* em sete anos e 3 meses de operação, para o sistema de aquaponia integrado a energia solar. Ambos os trabalhos apresentaram ser viáveis para implantação.

Pode-se entender que investimentos em geração de energia elétrica por meio da irradiação solar, fonte renovável favorável as regiões do Brasil, resultam em grande produção de energia suficiente para atender as necessidades do local determinado. É considerada uma

inovação tecnológica limpa e corresponde a uma alternativa economicamente viável, estando em harmonia com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, garantindo qualidade de vida a população atual e as próximas gerações.

#### 4.2 Redimensionamento do sistema fotovoltaico

A Figura 6 traz a soma do consumo mensal de energia injetada da rede de março a outubro de 2021, assim como a média de consumo mensal e a média de consumo anual.

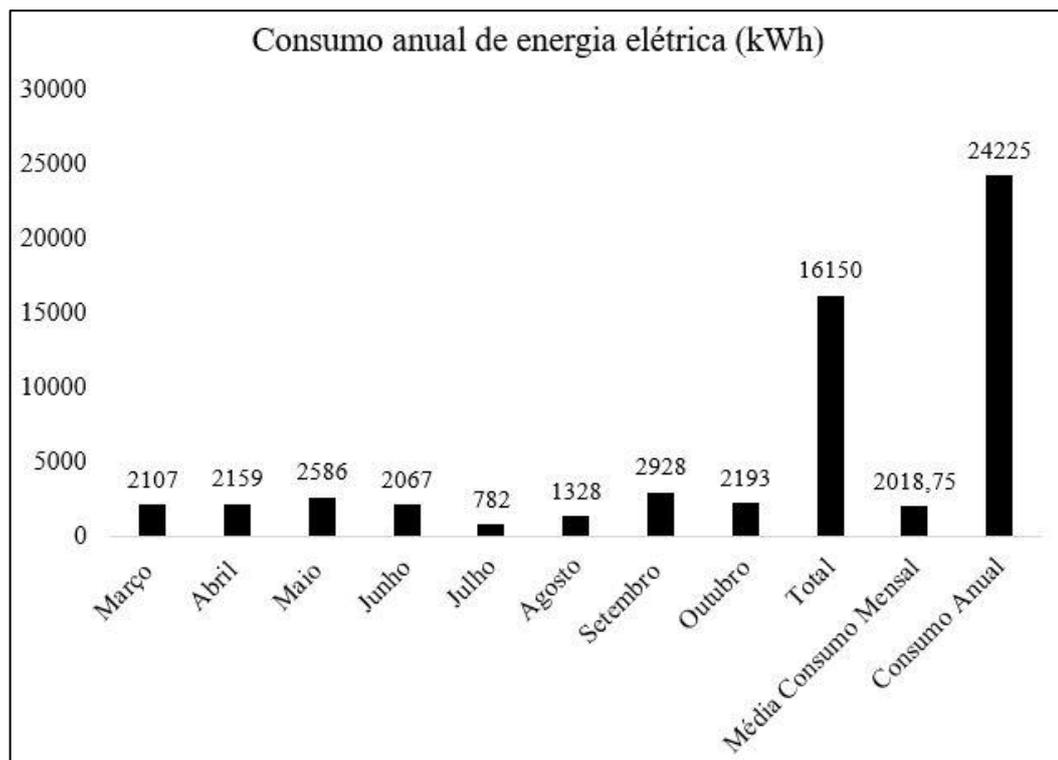


Figura 6. Consumo anual de energia elétrica em kWh da fazenda FARMTECH. Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Sabe-se que uma placa fotovoltaica utilizada nesse projeto da marca Risen Solar Technology® entrega 48,25 kWh de produção mensal e aproximadamente 579 kWh anualmente. Deste modo, utilizando a equação (12), é possível constatar que serão necessárias 42 placas, como demonstra a equação a seguir.

$$24.225 \frac{kWh}{ano} \div 579 \frac{kWh}{ano} = 41,84 \quad (13)$$

Cada placa custa aproximadamente R\$961,54 que, multiplicado por 42, resulta em um investimento de R\$40.384,62. Com vida útil de 25 anos, sua depreciação fica em R\$1.615,38.

A seguir, duas novas tabelas para *Payback*, com e sem despesas. A aquisição será simulada a partir do quarto mês, quando o sistema já está gerando lucro ao proprietário.

Tabela 6. Tabela para demonstração do *Payback* sem despesas em relação a expansão do sistema fotovoltaico na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor Presente (VPL)</b>	<b>Saldo (RS)</b>
0	-40.384,62	-40.384,62	
1	26.008,80	24.917,42	-15.467,20
2	28.336,59	26.008,36	10.541,16
3	30.872,71	27.147,07	37.688,22
4	33.635,82	28.335,63	66.023,85
5	36.646,23	29.576,23	95.600,08
6	39.926,06	30.871,14	126.471,23
7	43.499,45	32.222,76	158.693,98
8	47.392,65	33.633,54	192.327,53
9	51.634,29	35.106,10	227.433,62
10	56.255,56	36.643,13	264.076,75
11	61.290,43	38.247,45	302.324,19
12	66.775,92	39.922,01	342.246,20
13	72.752,37	41.669,89	383.916,09
14	79.263,70	43.494,29	427.410,38
15	86.357,81	45.398,57	472.808,96
16	94.086,83	47.386,23	520.195,19
17	102.507,60	49.460,91	569.656,10
18	111.682,03	51.626,42	621.282,52
19	121.677,57	53.886,75	675.169,27
20	132.567,72	56.246,04	731.415,31
21	144.432,53	58.708,62	790.123,93
22	157.359,24	61.279,02	851.402,95
23	171.442,89	63.961,96	915.364,91
24	186.787,03	66.762,36	982.127,27
25	203.504,47	69.685,37	1.051.812,64

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 7. Tabela para demonstração do *Payback* com despesas em relação a expansão do sistema fotovoltaico instalado na fazenda FARMTECH para o período de 25 anos.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa (RS)</b>	<b>Valor Presente (VPL)</b>	<b>Saldo (RS)</b>
0	-40.384,62	-40.384,62	
1	24.393,42	23.369,82	-17.014,80
2	26.721,21	24.525,70	7.510,91
3	29.257,33	25.726,63	33.237,53
4	32.020,44	26.974,79	60.212,33

5	35.030,85	28.272,50	88.484,82
6	38.310,68	29.622,12	118.106,94
7	41.884,07	31.026,14	149.133,09
8	45.777,27	32.487,14	181.620,23
9	50.018,91	34.007,80	215.628,03
10	54.640,18	35.590,92	251.218,95
11	59.675,05	37.239,39	288.458,34
12	65.160,54	38.956,25	327.414,59
13	71.136,99	40.744,66	368.159,25
14	77.648,32	42.607,89	410.767,14
15	84.742,43	44.549,36	455.316,50
16	92.471,45	46.572,65	501.889,16
17	100.892,22	48.681,47	550.570,63
18	110.066,65	50.879,69	601.450,32
19	120.062,19	53.171,35	654.621,68
20	130.952,34	55.560,66	710.182,34
21	142.817,15	58.052,00	768.234,34
22	155.743,86	60.649,96	828.884,30
23	169.827,51	63.359,29	892.243,59
24	186.787,03	66.762,36	959.005,95
25	201.889,09	69.132,22	1.028.138,18

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Analisando a Tabela 7, é possível constatar que em apenas dois anos o investimento na expansão do painel fotovoltaico já estará pago, precisamente em um ano, oito meses e 10 dias, considerando as despesas por depreciação.

Portanto, vale ressaltar que a possibilidade de ampliação do sistema garantirá a autossuficiência em energia elétrica da fazenda e, todo o seu investimento, será pago em cinco anos, 2 meses e sete dias, contando a partir do primeiro ano de instalação e sua expansão no ano seguinte em que o Payback do sistema é alcançado. Logo, este trabalho contribui para auxiliar no entendimento da implementação de sistemas de energia solar e suas vantagens econômicas e ambientais aos proprietários de empreendimentos na área de produção aquícola.

Salienta-se que as energias renováveis possuem grande importância na construção do futuro mundial. O desenvolvimento e utilização de tecnologias precisam estar em harmonia com a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, garantindo o desenvolvimento humano e tecnológico aliado à sua conservação, sob condição que empreendimentos aquícolas passem a valorizar não apenas a economia, mas também a produção com responsabilidade ambiental.

Além disso, a meta 12.2 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), isto é, os objetivos para consumo e produção responsáveis, define que até 2030 é necessário que os

empreendimentos alcancem a gestão sustentável com o uso eficiente dos recursos naturais. Portanto, as atividades na área aquícola que estejam em conformidade com essa meta garantirão competitividade no nicho de mercado (IPEA, 2019).

Apesar de possuir elevado custo para implantação, este trabalho mostrou que o retorno financeiro pode ser alcançado em menos de 10 anos, além de garantir lucratividade. Para que o Brasil passe a expandir sua geração de energia solar, é preciso apoio a políticas de investimento por meio de financiamentos com baixas taxas de juros e isenções fiscais, assim, o consumidor poderá realizar a aquisição de seu projeto com redução de custos para sua implantação (MIRANDA, 2014).

## **5 CONCLUSÃO**

Conclui-se que, o sistema fotovoltaico conectado à rede implantado na fazenda FARMTECH – Produção de Camarões apresenta viabilidade econômica financeira positiva, além de ótimo valor de retorno financeiro e rentabilidade. Além disso, a expansão proposta neste trabalho atenderia toda a demanda do empreendimento de forma satisfatória e o mesmo conseguiria alcançar a autossuficiência. Fica evidenciado a importância de sistemas de geração elétrica através da energia solar para competitividade da carcinicultura frente a grandes países produtores, pois proporcionam economia aos consumidores e ainda possuem grande eficácia na corrida contra a degradação ambiental e o aquecimento global.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCC – Associação Brasileira de Criadores de Camarão. **Censo da Carcinicultura do Litoral Norte do Estado do Ceará e Zonas Interioranas Adjacentes 2015/2016**. Natal, 2017.

ABCD Energia. Fontes de energia. **EPE – Empresa de pesquisa Energética**. Disponível em < <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia#:~:text=S%C3%A3o%20exemplos%20de%20fontes%20renov%C3%A1veis,das%20mar%C3%A9s%20e%20das%20ondas>>. Acesso em 14 outubro 2021.

ABCD Energia. Matriz Energética e Elétrica. **EPE – Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em < <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em 14 outubro 2021.

ALVARENGA, D. Selic a 6,25%: veja como fica a rentabilidade da poupança e de outros investimentos. **G1 Economia**, 2021. Disponível em < <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/09/22/veja-como-fica-o-rendimento-da-poupanca-com-a-alta-da-selic-para-625percent-ao-ano.ghtml>>. Acesso em 29 outubro 2021.

ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. **Revista de Administração Mackenzie**, v.10, p. 31-56, 2009.

ARRUDA, L.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade: um longo processo histórico de reavaliação crítica da relação existente entre a sociedade e o meio ambiente. **Boletim técnico do SENAC**, v. 36, n. 3, p. 53-63, 2010.

BARROS, H. A. **Anteprojeto de um sistema fotovoltaico de 12KP conectado à rede**. 2011. 71 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BEN – Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2021 – ano base 2020**. 2021. Disponível em < [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf)>. Acesso em 14 outubro 2021.

BITTENCOURT, C.; BASSACO, R. L. **Estudo do desempenho fotovoltaico conectado à rede: estudo de caso – escritório verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná –**

**Campus Curitiba.** 2013. 114p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

BORDEAUX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos.** 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

CAHÚ, T. B.; BEZERRA, R. S. Camarão faz bem à saúde: além de ser um alimento funcional e rico em nutrientes essenciais, também faz bem a indústria da saúde. **ABCCAM.** [S. I.] 2021. Disponível em < <https://abccam.com.br/2021/01/camarao-faz-bem-a-saude/>>. Acesso em: 31 agosto 2021.

CASTRO, R. A. **Análise de viabilidade de troca de motores elétricos superdimensionados e a influência da energia reativa.** 2008. 120p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração – RAUSP**, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado.** 2005. Disponível em <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%20c3%a1veis\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%20c3%a1veis_P.pdf)>. Acesso em: 14 outubro 2021.

COZER, N. **A produção integrada na carcinicultura brasileira.** 2019. 210p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CRESESB. **Irradiação solar no plano horizontal para Tabuleiro do Norte – CE: localidades próximas.** Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 26 outubro 2021.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Reajuste da bandeira vermelha deve elevar conta de luz dos cearenses em até 10%; Veja simulações.** 2021. Disponível em: < <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/reajuste-da-bandeira-vermelha-deve-elevar-conta-de-luz-dos-cearenses-em-ate-10-veja-simulacoes-1.3104069>>. Acesso em 29 outubro 2021.

ELKINGTON, J. Cannibals with forks: the triple bottom line of 21<sup>st</sup> century business. **Capstone Publishing Limited**, 1997.

ELKINGTON, J. The triple bottom line: sustainability's accountants. **Environmental management: Readings and cases**, v.2, p. 49-68, 1997.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, p. 85-114, 2013.

FRANÇA, F. M. C.; MARTINS, E. C.; JUNIOR, E. V. H.; NETO, J. M. S. Indicadores de viabilidade financeira e econômica do sistema de produção familiar de leite de cabra no Rio Grande do Norte. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA BRASILEIRAS, 5., 2006, Campo Grande. **Palestras e resumos**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte; Embrapa Caprinos, 2006. Seção resumos. 6 f. 1 CD-ROM.

FRIEDRICH, J. Fluxo de caixa – sua importância e aplicação nas empresas. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, v.2, n.2, 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOVERNO DO BRASIL. **Entenda como a matriz elétrica brasileira está mudando**. 2021. Disponível em < <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/entenda-como-a-matriz-eletrica-brasileira-esta-mudando>>. Acesso em: 14 outubro 2021.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**. Tradução de Lineu Belico dos Reis, Flávio Maron Vichi e Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 47, 12 p., 2019. Disponível em < [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2019\\_v47\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v47_br_informativo.pdf)>. Acesso em: 12 outubro 2021.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos**. 2007. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Brasileiro de Energia Solar 2**. São José dos Campos, 2017.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **ODS12 – Consumo e Produção Sustentáveis**. 2019. Disponível em: < <https://www.ipea.gov.br/ods/ods12.html>>. Acesso em: 13 novembro 2021.

JODAR, D. K. C. **Energias renováveis: dicionário terminológico da energia eólica em português brasileiro com equivalentes em espanhol europeu**. 2018. 324p. Tese (Doutorado em Letras) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

JOVENTINO, F. K. P.; MAYORGA, M. I. O. Diagnóstico socioambiental e tecnológico da carcinicultura no município de Fortim, Ceará, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 2, n. 1, p. 80-96, 2008.

JÚNIOR, A. J. S.; GHILARDI, W. J.; MADRUGA, S. R.; ALVARENGA, S. M. Energia solar em organizações militares: uma análise da viabilidade econômico-financeira. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 63-73, 2019.

KÜHN, D. D.; SOLDERA, D. **Indicadores de viabilidade financeira: considerações sobre instrumentos de análise**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 41-59, 2018.

MARQUES, R. C.; KRAUTER, S. C. W.; LIMA, L. C. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia Fortaleza**, v. 30, n. 2, p. 153-162, 2009.

MATTOS, P. L. C. L. A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. **Revista de Administração Pública – RAP**, v. 39, n. 4, p. 823-846, 2005.

MIRANDA, A. B. C. M. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. 2014. 98p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

MOURA, P. T. **Sistema de aquaponia integrada com energia solar fotovoltaica: uma alternativa econômica para comunidades rurais**. 2021. 89p. Qualificação (Pós-Graduação em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis) – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção.

NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais. In: **XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**,

**XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência. Universidade do Vale da Paraíba, 2016.**

NEVES, J. J. C. **Estudo de viabilidade econômica para a implantação de um sistema de geração de energia solar em uma indústria de pequeno porte.** 2021. 56p. Monografia (Graduação em Engenharia Mecatrônica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

OLIVEIRA, W. P. **Estudo da viabilidade de instalação de energia fotovoltaica em prédios públicos de São Domingos das Dores – MG.** 2017. 72p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga.

PAULA, Y. C. **Análise da capacidade de aplicação de um conversor de energia das ondas no bombeamento de água de uma fazenda de carcinicultura.** Rio de Janeiro: UFRJ, Escola Politécnica, 75 p., 2020.

PINHEIRO, G. T. **Análise de viabilidade econômico-financeira para instalação de uma indústria de laticínios em Dourados/MS.** 2019. 115p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

PIVA, R. B. **Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas.** Porto Alegre: UFRGS, LUME Repositório Digital, 80 p., 2010.

PORTAL SOLAR. **Ceará ganha segunda posição como o maior produtor de energia solar do país.** 2020. Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/ceara-ganha-segunda-posicao-como-o-maior-produtor-de-energia-solar-do-pais.html>>. Acesso em 19 outubro 2021.

PORTAL SOLAR. **Tipos de Painel Solar Fotovoltaico.** [s. d.]. Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 19 outubro 2021.

RELLA, R. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**, v. 15, n. 1, 11 p., 2017.

REMESSA ONLINE. **VPLa: entenda como funciona essa métrica de investimentos.** 2020. Disponível em: <<https://www.remissaonline.com.br/blog/vpla-metrica-de-investimentos/>>. Acesso em 04 novembro 2021.

RIBEIRO, D. R. **A participação dos medidores eletrônicos na rede inteligente de energis elétrica**. 2015. 63 p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016.

RUTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. UFSC/LABSOLAR, 2004.

SABINO, M. Aneel aprova reajuste médio de 8,95% nas tarifas da Enel Ceará. **Uol Economia**, 2021. Disponível em: < <https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2021/04/22/aneel-aprova-reajuste-medio-de-895-nas-tarifas-da-enel-ceara.htm#:~:text=Aneel%20aprova%20reajuste%20m%C3%A9dio%20de,%2F04%2F2021%20%2D%20UOL%20Economia>>. Acesso em 29 outubro 2021.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital com taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, p. 33-42, 2005.

SCHUBERT, C. **Atlas Eólico e Solar: Ceará**. Curitiba: Camargo Schubert; Fortaleza: ADECE: FIEC: SEBRAE, 2019. 188 p. Disponível em <<http://atlas.adece.ce.gov.br/ebook/mobile/index/html>>. Acesso em: 23 agosto 2021 e 19 outubro 2021.

SOUSA, I. L. M. **Sistema de energia solar para piscicultura – TO**. 2017. 52 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília, Brasília.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, p. 47-69, 2007.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade**. 2010. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

WORD COMMISSION ON ENVIROMENTAL AND DEVELOPMENT (WCED). **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 300 p., 1987.