



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FRANCIS ONASSES PEREIRA DE ARAUJO LIMA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS  
FOTOVOLTAICAS EM UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE LEITE  
CAPRINO**

**SUMÉ - PB  
2022**

**FRANCIS ONASSES PEREIRA DE ARAUJO LIMA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS  
FOTOVOLTAICAS EM UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE LEITE  
CAPRINO**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Professor Me. Josean da Silva Lima Junior.**

**SUMÉ - PB  
2022**



L732a Lima, Francis Onasses Pereira de Araujo.  
Análise técnico-econômica da implantação de placas fotovoltaicas em uma usina de beneficiamento de leite caprino. / Francis Onasses Pereira de Araujo Lima. - 2022.

42 f.

Orientador: Professor Me. Josean da Silva Lima Junior.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Energia solar fotovoltaica. 2. Usina de beneficiamento de leite. 3. Energias renováveis. 4. Estudo de viabilidade - energia solar. 5. Sistema fotovoltaico. I. Lima Junior, Josean da Silva. II. Título.

CDU: 658:33(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**FRANCIS ONASSES PEREIRA DE ARAUJO LIMA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS  
FOTOVOLTAICAS EM UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE LEITE  
CAPRINO**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Me. Josean da Silva Lima Junior.  
Orientador - UAEP/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras.  
Examinador I - UAEP/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Adriano Trindade de Barros.  
Examinador II - UAEP/CDSA/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 08 de abril de 2022.**

**SUMÉ - PB**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter permitido chegar até aqui, dando forças e coragem ao longo dessa jornada.

A minha família, em especial aos meus pais, José Francisco de Lima Filho e Luzenilde Pereira de Araujo Lima por terem dado total apoio em todos os passos desta caminhada, acreditando junto comigo que esse sonho seria concretizado.

Ao meu irmão, José Francisco de Lima Neto e ao meu sobrinho Bernardo, pelo carinho e incentivo compartilhado.

A toda minha família em geral pelo apoio durante minha formação acadêmica.

Aos meus amigos, em especial a minha namorada e companheira Luana Magna pela paciência, compreensão e ombro amigo no momento em que mais precisei, que sempre acreditou no meu potencial. Ao Joab Santos pela imensa contribuição, na construção dessa etapa, vencendo os limites da distância e não medindo esforços em ajudar um amigo.

A todos os meus amigos que compartilharam de momentos importantes durante essa caminhada, tornando-a mais leve e possível ao longo do tempo.

A instituição, Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade concedida e pela capacitação profissional.

Ao meu professor e orientador Josean da Silva Lima Junior, homem íntegro, comprometido e dedicado com a arte de ensinar. Pelos ensinamentos e orientações transmitidos durante esse período, demonstrando ser além de um excelente profissional um grande ser humano. Meu muito obrigado!

A banca examinadora, Prof. Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva e Prof. Dr. Adriano Trindade de Barros, pelas contribuições enriquecedoras na construção deste trabalho.

Obrigado a todos que participaram de forma direta e indireta da minha jornada.

**Meus sinceros agradecimentos!**

Seja forte e corajoso; não se apavore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com  
você por onde quer que andares.

**Josué 1:9**

Se eu vi mais longe, foi por estar apoiado em ombros de gigantes.

**Isaac Newton**

## RESUMO

A região Nordeste do nosso país, em especial o Cariri Paraibano, permite que a implementação de projetos fotovoltaicos promova significativos ganhos sociais e econômicos. O crescente uso das placas fotovoltaicas para agroindústria justifica a necessidade de gerenciamento de projetos, que pode ser definido como o processo técnico de criação de algo novo com o objetivo de facilitar, melhorar e garantir a qualidade final do produto. Foram abordados nesse presente trabalho os processos de dimensionamento e implantação do sistema (*On-grid*), promovendo uma visão mais abrangente de como é seu funcionamento através de uma breve revisão de literatura. Também foi realizada uma revisão dos principais temas de gestão de projetos, para se ter uma noção da importância da existência de um projeto prévio a um investimento e, dentro deste contexto, utilizamos duas técnicas de análise de investimento para avaliar o projeto de implementação do sistema fotovoltaico: payback simples e payback descontado. O projeto de implantação das placas fotovoltaicas na usina de beneficiamento de leite de caprino da Prata apresentou significativas vantagens econômicas, em especial em relação ao baixo tempo de retorno do investimento frente à vida útil do sistema projetado.

**Palavras-chave:** energia solar; payback simples; orçamentação; sistemas on-grid; energias renováveis.

## ABSTRACT

The Northeast region of our country, especially Cariri Paraibano, allows the implementation of photovoltaic projects to promote significant social and economic gains. The growing use of photovoltaic panels for agribusiness justifies the need for project management, which can be defined as the technical process of creating something new with the objective of facilitating, improving and guaranteeing the final quality of the product. The processes of dimensioning and implantation of the system (*On-grid*) were approached in this present work, promoting a more comprehensive view of how it works through a brief literature review. A review of the main themes of project management was also carried out, in order to have an idea of the importance of the existence of a project prior to an investment and, within this context, we used two investment analysis techniques to evaluate the system implementation project. photovoltaic: simple payback and discounted payback. The project for the implementation of photovoltaic panels in the goat milk processing plant in Prata presented significant economic advantages, especially in relation to the low payback time of the investment compared to the useful life of the designed system.

**Keywords:** solar energy; simple payback; budgeting; on-grid systems; renewable energy.

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<b>Figura 1</b> - Esquema do módulo fotovoltaico detalhado.....	<b>16</b>
<b>Figura 2</b> - Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.....	<b>16</b>
<b>Figura 3</b> - Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica e isolado.....	<b>17</b>
<b>Figura 4</b> - Sistema ligado à rede (On-Grid).....	<b>19</b>
<b>Tabela 1</b> - Potência-pico de algumas capitais brasileiras e de alguns países.....	<b>18</b>
<b>Tabela 2</b> - Informações dos aparelhos da usina de leite caprino.....	<b>29</b>
<b>Tabela 3</b> - Histórico de consumo mensal pela Usina de beneficiamento de leite de cabra - Março de 2021 à Março de 2022.....	<b>30</b>
<b>Tabela 4</b> - Dados da fabricante do modelo BSM250P-60 de painel fotovoltaico.....	<b>31</b>
<b>Tabela 5</b> - Dados da irradiação média solar entre os meses.....	<b>31</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS.....	10
1.1.1	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS.....	11
2.2	FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA.....	12
2.2.1	<b>Energias Renováveis.....</b>	<b>12</b>
2.2.2	<b>Energia Solar e o uso de placas fotovoltaicas na agroindústria.....</b>	<b>13</b>
2.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	17
2.3.1	<b>Sistemas isolados (Off-Grid).....</b>	<b>18</b>
2.3.2	<b>Sistemas conectados à rede (On-Grid).....</b>	<b>19</b>
2.3.3	<b>Sistemas conectados à rede – dimensionamento.....</b>	<b>20</b>
2.4	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS.....	21
2.4.1	<b>Valor Presente Líquido (VPL).....</b>	<b>21</b>
2.4.2	<b>Payback Simples (PBS).....</b>	<b>22</b>
2.4.3	<b>Payback Descontado (PBD).....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	25
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>28</b>
4.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E CENÁRIO DE ESTUDO DE VIABILIDADE	28
4.2	DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS - ESTIMADO POR LEVANTAMENTO DE APARELHOS.....	28
4.3	DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS - ESTIMADO POR HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA.....	29
4.4	COMPARAÇÃO DO CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO.....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente uso das placas fotovoltaicas na agroindústria e a crescente migração do uso da energia convencional para o seguimento de mercado de energias renováveis pode ser justificada pelo aumento da demanda por energia, pois quanto mais se expande o mercado e a clientela de uma agroindústria, maior é a necessidade de energia elétrica para suprir o conseqüente aumento no uso dos equipamentos agroindustriais.

Além de ser uma forma de energia limpa, estes tipos de projetos aproveitam o que uma significativa parte da região Nordeste brasileira, e em especial o Cariri Paraibano, local do estudo desse trabalho oferece gratuitamente, altos índices de insolação na maior parte dos meses do ano. E devido a isto, projetos de sistemas fotovoltaicos apresentam boas perspectivas de exploração.

Nesse contexto, percebe-se uma valiosa perspectiva fornecida pela engenharia de produção, pois ela possui princípios de gerenciamento de projetos, que permite uma análise do sistema já implementado e, também, de futuras implementações, através da avaliação de diferentes recursos, dentre os quais está a comparação de custos. Isto é um dos principais desafios para profissionais que possuem a qualificação em engenharia de produção e compreendem que a energia é um dos principais fatores de impacto ambiental e econômico.

O gerenciamento de projetos, em especial a etapa de estudo de viabilidade econômica, pode ser definido como as etapas de criação de algo novo com objetivo de facilitar e melhorar a qualidade de vida ou a qualidade de um processo pré-existente, através da utilização de ferramentas apropriadas. É visível o impacto que uma boa gestão de projetos pode provocar, e isto pode ser visto nos tempos atuais em podem ser vistoso surgimento de sistemas cada vez mais complexos, por exemplo a construção de um supercomputador quântico e celulares cada vez menores e mais eficientes, além de uma variedade de outros serviços de dispositivos eletrônicos de ponta. Tais projetos, assim como sistemas fotovoltaicos, não evoluiriam tanto se não houvesse a luz de princípios de gerenciamento de projeto.

Diante do exposto, este estudo concentrou-se na avaliação da implantação de placas fotovoltaicas conectado à rede (*On-Grid*) para suprimento de energia de uma usina de beneficiamento de leite caprino, localizada no município da Prata. Para tal objetivo, procurou-se fazer uso de ferramentais estudados ao longo do curso de engenharia de produção para avaliar as vantagens, o tempo de retorno do investimento e apresentar uma visão mais ampla de todo o projeto de implantação.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma análise técnica e econômica da implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (*On-Grid*) na usina de beneficiamento de leite caprino.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- i. Quantificar a energia produzida pela usina no período de um ano utilizando como referência o histórico de consumo de energia.
- ii. Quantificar a energia produzida pela usina através da realização de pesquisa de campo de todos os aparelhos elétricos e/ou eletrônicos.
- iii. Dimensionar o sistema fotovoltaico e comparar o dimensionamento realizado com o dimensionamento fornecido por empresas da região.
- iv. Prever possíveis benefícios econômicos decorrentes da implantação do sistema fotovoltaico em uma usina de beneficiamento de leite caprino.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

O engenheiro de produção dispondo da ferramenta de gestão de projetos obtém ampla visão do processo produtivo, sendo capaz de almejar e projetar da melhor forma possível todo segmento, com intuito de aumentar os rendimentos e reduzir custos (CASTRO, 2021).

Assim sendo, o projeto é considerado uma seção gerada e implantada na estruturação de empresas com prazo determinado para seu encerramento. Por menor que seja a empresa, e/ou tipo de empresa, a mesma se beneficia do gerenciamento de projetos e do que nele se estabelece (ALMEIDA JÚNIOR e COUTINHO, 2006). É possível encontrar projetos em todo tipo de atividade, seja ela econômica, social, política e cultural, bem como na construção de grandes obras, equipamentos e desenvolvimento de *softwares*, incluindo também ordenação de recursos para suprir necessidades diversas da sociedade, interesses ambientais, entre outros (RABECHINI e CARVALHO, 2009).

Logo, a aplicação da gestão de projetos é de suma importância. Desde, as grandes construções do Egito Antigo, no qual já se dispunha do conhecimento do gerenciamento de projetos, sendo esse largamente difundido e sua importância para execução de grandes obras já comprovada como diferencial competitivo (KEELING, 2017).

No entanto, o gerenciamento de projetos em conjunto ao planejamento estratégico é fundamental no desenvolvimento de atividades sistemáticas, subdivididas e bem planejadas, priorizando a execução de tarefas e quais iniciativas a serem estabelecidas, visando melhor tomada de decisão (SANTOS, 2013), seja ela uma melhoria na implantação de uma nova unidade industrial, um novo produto, um investimento para redução de custos, até mesmo no acompanhamento do início até a entrega de um projeto finalizado (RABECHINI e CARVALHO, 2009).

Historicamente, a origem do gerenciamento de projeto se deu nos Estados Unidos, pelo professor Henry Gantt, onde na década de 50 do século passado aconteceu o início da era moderna de projeto (SCHMIDT e RADÜNS, 2020). Assim, o *Project Management Body of knowledge* (PMBOK), criado como guia para o direcionamento de um bom plano de projeto, define projeto como esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Primeiramente, necessita-se de maturidade para implantação desse conhecimento, objetivando escolher e definir quais os processos, ferramentas e técnicas específicas para cada projeto, a exemplo da colocação de placas solares em uma empresa com finalidade de melhorar a eficiência econômica (AKEL, 2019).

Dessa forma, todos os projetos são caracterizados pelas seguintes atribuições: por considerar que são empreendimentos independentes, possuem propósito, e têm compromisso com o cronograma estabelecido, definindo tempo inicial e final. Logo, os resultados são específicos de cada projeto, no qual inclui recursos humanos, financeiros e administrativos, além do próprio controle administrativo. Seu encerramento se dá quando as metas definidas são alcançadas. (KEELING, 2017).

Diante disto, o gerente de projeto é esse profissional encarregado de coordenar, motivar e orientar tecnicamente seus membros, buscando ter máximo rendimento. Contudo, o grande desafio para o gerente é manter sua equipe motivada, para que as metas previamente estabelecidas sejam alcançadas (PETERSON, 2007).

A ação desse profissional é importante, pois define as atividades que serão executadas primeiro, e os demais passos a serem seguidos, cumprindo todo planejamento do projeto. Além disso, é interessante que o mesmo possua a devida experiência em gerenciamento de projetos (KERZNER, 2001).

Todavia, entende-se que a motivação segue algum comportamento externo. Portanto, pessoas motivadas exercem um maior esforço, empenho e dedicação para desempenhar uma determinada atividade, seja no trabalho, em um grupo de pesquisa ou até mesmo no esporte (FROHMAN, 1996).

Em resumo, o gerenciamento de projetos é a arte de coordenar atividades com o objetivo de atingir as expectativas dos *stakeholders*. Logo, gerar competências na formação de equipes de trabalho passa a ser uma preocupação fundamental, bem como administrar múltiplas funções em diferentes perspectivas (FRAME, 1995; PATAH e CARVALHO, 2002).

## 2.2 FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA

### 2.2.1 Energias Renováveis

Conforme Grubert e Oliveira (2019), o aumento da população mundial frente aos obstáculos consequenciais disto, somado aos níveis altamente poluentes de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso) e combustíveis nucleares, são alguns dos motivos para a busca por alternativas viáveis e menos onerosas para evitar possíveis colapsos. Ainda segundo esses autores, no Brasil as principais fontes de energias renováveis são: energia eólica, solar e de biomassa.

Pacheco (2006) conceituou as energias renováveis como aquelas provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar e, por isso, podem ser consideradas inesgotáveis, além de não alterar o balanço térmico do planeta e se configurarem como um conjunto de fontes de energia não-convencionais que, segundo a autora, seriam aquelas não baseadas nos combustíveis fósseis e grandes hidrelétricas. Ainda segundo a autora, incluem neste conjunto de energias renováveis: energia eólica, de biomassa e a solar.

A energia eólica é definida por Grubert e Oliveira (2019, p.56) como sendo a “energia dos ventos e que pode ser explicada como sendo de origem cinética formada nas massas de ar em movimento”. Ainda segundo esses autores, seu aproveitamento ocorre a partir da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação por meio de aerogeradores formados por hélices conectadas em turbinas que acionam um gerador elétrico.

Souza (2015) descreve a energia de biomassa, como toda matéria orgânica, vegetal ou animal que pode ser empregada na geração de energia. Bem como, o uso deste recurso como sendo de elevado potencial energético para o Brasil, porém devido à falta de políticas públicas claras, este potencial ainda é modesto.

A energia solar é conceituada como aquela proveniente do sol que pode ser utilizada diretamente para o aquecimento do ambiente e matérias como a água, além da utilização para produção de eletricidade por meio do efeito sobre determinados materiais, como os materiais termoelétricos e fotovoltaicos (PACHECO, 2006).

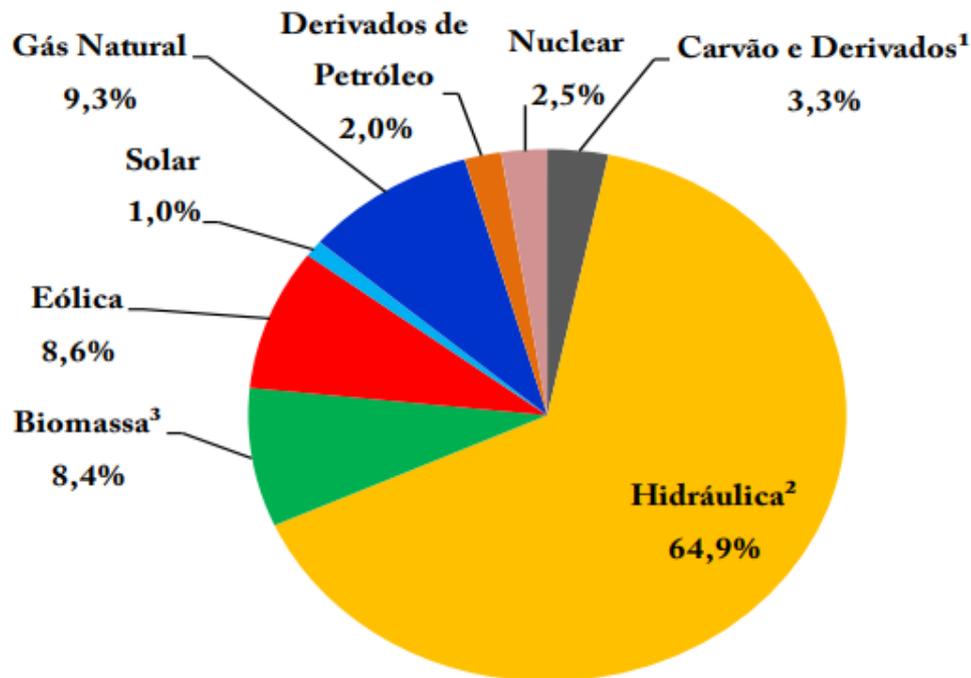
### **2.2.2 Energia Solar e o uso de placas fotovoltaicas na agroindústria**

O desenvolvimento da sociedade está envolto por diversos parâmetros importantes, dentre eles encontra-se a energia como papel fundamental para realização de exigências básicas de locomoção, alimentação, moradia e conforto da população. Desse modo, existe uma relação inerente entre energia e crescimento econômico, bem como, nos interesses que regem a qualidade de vida (ABRÃO *et al.*, 2021).

O crescente desenvolvimento das atividades econômica, industrial e humana acelerou o consumo de energia finita, aquela não renovável, advinda de combustíveis fósseis e causadora de danos ambientais (AZEVEDO *et al.*, 2021). Segundo Vasconcelos (2019, p.32): “Com o aumento da população mundial e os obstáculos consequenciais, a política internacional começa a buscar alternativas viáveis e menos onerosas para evitar um verdadeiro colapso que seria a escassez das fontes energéticas”.

Quase que na totalidade, o modelo de geração de energia brasileira baseia-se em fontes hidroelétricas, devido a abundância desse recurso nacionalmente, no entanto, crises hídricas atuais e possíveis futuras são a grande preocupação para esse tipo de geração energética (SUZIGAN, 2015; EPE, 2022). Pesquisas realizadas em 2019 mostram que 83% da matriz energética do Brasil seria composta por energias renováveis, conforme observa-se no Gráfico 1 (BEN, 2020).

**Gráfico 1 - Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil em 2019.**



Fonte: MME, 2017.

Entretanto, como o Brasil apresenta forte potencial relacionado a energia renovável, uma maior utilização da energia solar diminuiria a necessidade do uso eminente de energia gerada por combustíveis fósseis (GOBBO *et al.*, 2018). Todavia, o quesito energia representa grandes desafios para o avanço atual. A busca por meios sustentáveis de geração de energia, que permitam o desenvolvimento socioeconômico, com intuito de minimizar a degradação ambiental são critérios importantes. Logo, a utilização de recursos naturais com objetivo de reduzir os impactos ambientais vem sendo foco de interesse ao longo dos anos (ALMEIDA e ALMEIDA, 2022).

No Brasil, o elevado custo da energia promove o interesse pelo conhecimento do uso de fontes geradoras de energia renováveis que dispõem de recursos naturais. Dentre essas fontes pode-se citar as energias marinha, eólica, solar, entre outros tipos. Deste modo, a

energia solar é considerada muito promissora na geração de eletricidade, sendo a energia fotovoltaica amplamente evidenciada, que atua na transformação de energia solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas (BORGES e SERA, 2010; CEPEL-CRESESB, 2014).

O sistema fotovoltaico apresenta alguns impactos benéficos na sua implantação e uso, seja ele em empresas, indústrias/agroindústrias, construções públicas e residências populares, como por exemplo: Redução de 20% na liberação de dióxido de carbono comparado com a geração de energia térmica, produzindo a mesma energia; não utilização de combustíveis fósseis, por isso, é considerada energia limpa; apresenta vida útil de aproximadamente 25 anos, com pouca ou nenhuma intervenção; baixa e simples manutenção, bem como baixo custo operacional; possui módulos de fácil transporte e adaptação; sistema de tamanho ajustado para a necessidade do empreendimento ou local; podendo resistir as intempéries ambientais, dentre outros. (ASSUNÇÃO, 2010; ABB, 2010; SANTOS e BLANCO, 2022)

No entanto, também apresenta algumas desvantagens como: alto investimento inicial; geração de energia irregular, a depender da radiação solar; pode haver necessidade de baterias para armazenamento de energia, principalmente à noite, encarecendo o sistema; apesar de longa durabilidade ainda existem dúvidas no adequado descarte dos painéis fotovoltaicos (ASSUNÇÃO, 2010; ABB, 2010; SANTOS e BLANCO, 2022).

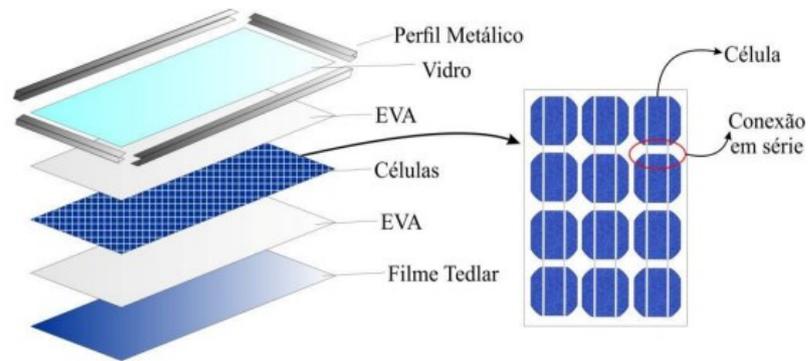
**Fotografia 1** - Módulo fotovoltaico.



**Fonte:** SANTOS e BLANCO, 2022; MACHADO e MIRANDA, 2015.

A energia solar fotovoltaica vem se tornando uma relevante fonte de eletricidade, podendo ser utilizada para vários fins (ABRÃO *et al.*, 2021). Logo, esse tipo de energia é originado por intermédio do efeito fotovoltaico, que se forma através da conversão direta da irradiância solar em energia elétrica por meios de células fotovoltaicas. Dessa forma, a Figura 3 apresenta o esquema do módulo fotovoltaico de maneira detalhada (GASPARIN *et al.*, 2017).

**Figura 1** - Esquema do módulo fotovoltaico detalhado.



**Fonte:** Adaptado da Tecnometal (2014).

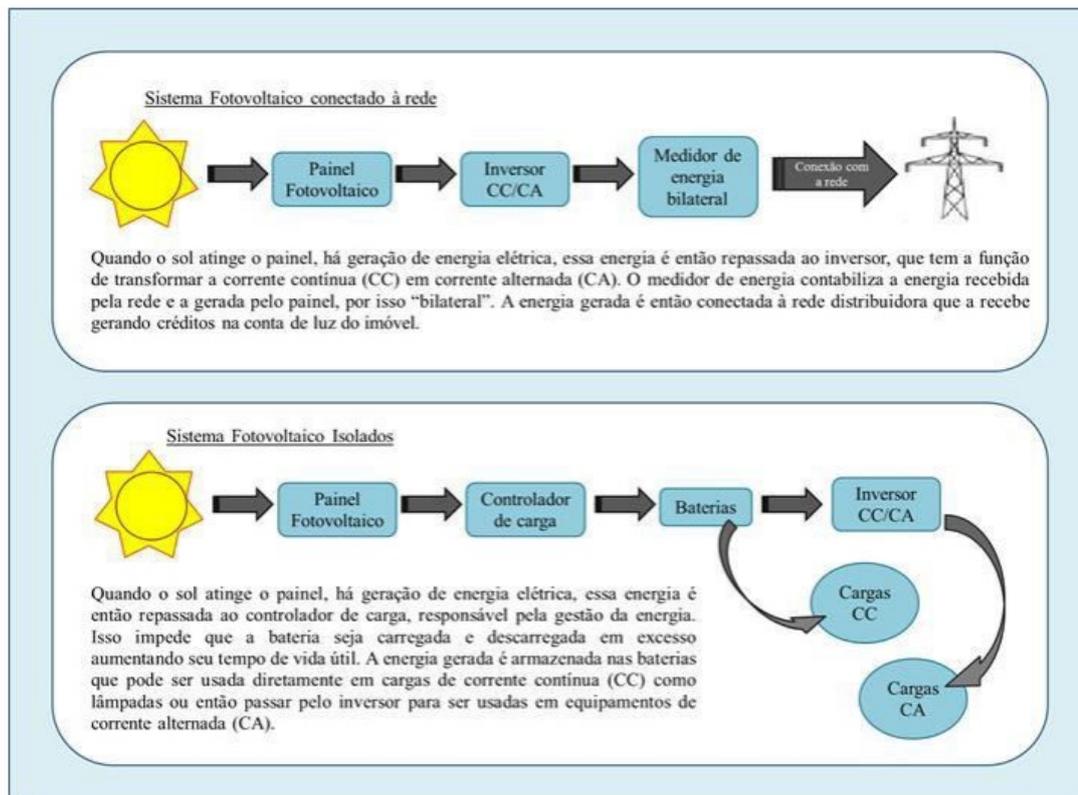
O sistema de energia fotovoltaica pode ser conectado diretamente a rede elétrica comumente utilizada, desde a aprovação da resolução normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012), facilitando o uso, ou de forma isolada trabalhando de maneira independente, conforme as Figuras 2 e 3.

**Figura 2** - Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.



**Fonte:** Souza, 2015.

**Figura 3** - Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica e isolado.



**Fonte:** Machado e Miranda, 2015.

De acordo com Abrão *et al.* (2021) são inúmeros os benefícios de implantar o sistema de energia fotovoltaica, principalmente em relação a economia financeira anual em reais. Os mesmos autores, no estudo para implantação de placas fotovoltaicas em residências, observaram uma economia anual com energia elétrica de aproximadamente R\$4.000,00, obtendo o retorno gasto no investimento aos 5 anos de uso, pós implementação do sistema, além de ser um sistema de baixo impacto ao meio ambiente e fonte de energia limpa.

Diante deste cenário, as energias alternativas apresentam potencial para geração de eletricidade sustentável, sendo a energia solar uma dessas alternativas, considerada limpa, renovável e sustentável.

### 2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Segundo Freitas (2008), os sistemas solares fotovoltaicos apresentam-se de três modos de operação diferentes: sistemas ligados à rede, sistemas isolados e sistemas híbridos. O autor define sistema isolado como sendo aquele que fornece energia a um conjunto de baterias a

partir da radiação solar, porém alguns dos sistemas isolados não necessitam do banco de baterias. Dessa forma, em conjunto com o painel solar, o sistema isolado pode incluir: baterias, controlador de carga para efetuar a gestão da carga da bateria e inversor (utilizado no caso de haver cargas alimentadas somente em corrente alternada).

Machado e Miranda (2015), apresentam alguns problemas relacionados aos sistemas fotovoltaicos. Os autores questionam o custo para se obter um sistema fotovoltaico, sendo que “no Brasil, esse valor é estimado em R\$10/W<sub>p</sub>, logo um sistema instalado de 1 kW<sub>p</sub> custaria R\$10.000,00”. Nesta mesma perspectiva, os autores apresentam um quadro com a potência-pico de algumas capitais brasileiras, sendo que a potência-pico tem relação direta com a quantidade de energia que um painel pode fornecer, de modo que, quanto maior a potência-pico fornecida melhor rendimento do sistema fotovoltaico.

**Tabela 1** - Potência-pico de algumas capitais brasileiras e de alguns países.

<b>Cidade / País</b>	<b>Potência pico do sistema (kW<sub>p</sub>)</b>
Maceió – AL	0,98
Manaus – AM	1,03
Salvador – BA	0,98
Fortaleza – CE	0,99
Brasília – DF	0,91
Belo Horizonte – MG	0,94
Curitiba – PR	1,05
Rio de Janeiro – RJ	0,95
Porto Alegre – RS	1,02
Florianópolis – SC	1,04
São Paulo – SP	1,05
Alemanha	1,83
Espanha	1,09
Estados Unidos	1,03
Japão	1,45

Fonte: Machado e Miranda, 2015.

### 2.3.1 Sistemas isolados (Off-Grid)

Sistemas isolados, ou sistemas off-grid, não dependem da rede elétrica convencional para funcionar, e seu uso é indicado para locais onde não existe sistema de distribuição de energia pública. Esses sistemas autônomos podem ou não armazenar energia em um banco de baterias, sendo que o armazenamento de baterias se faz necessário devido ao fato de que painéis fotovoltaicos só conseguem captar e converter a radiação em energia durante horas de sol, ou seja, durante a noite não conseguem fornecer energia. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Seguel (2009), classifica os sistemas fotovoltaicos isolados em função da disposição das baterias no sistema, sendo apresentadas duas formas: sistemas em série ou sistemas em paralelo. O autor define os sistemas em série como sendo aqueles em que o banco de baterias é configurado em série com o fluxo de carga, enquanto no sistema paralelo o banco de baterias fica configurado em paralelo com o fluxo de energia.

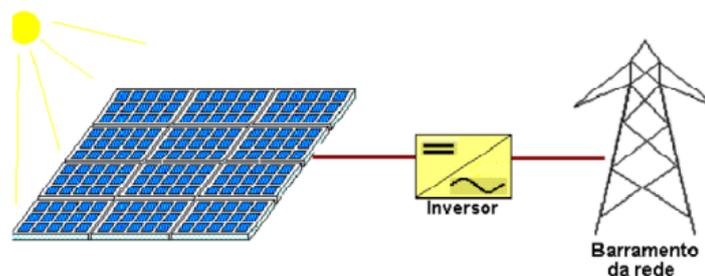
Já Villalva e Gazoli (2012) classificam o sistema isolados em autônomos ou híbridos. Sendo que nos sistemas autônomos pode ou não haver a necessidade de armazenamento de carga.

### 2.3.2 Sistemas conectados à rede (On-Grid)

O Sistema On-Grid, ou sistema conectado à rede, funciona através de uma conexão do painel fotovoltaico à rede de transmissão de energia da concessionária e conectada nos aparelhos existentes no local onde o sistema for implementado, por exemplo uma residência. O excesso de energia, ou seja, a quantidade que não for consumida pela residência, é repassada pela rede de transmissão e sendo nesta convertida em créditos de energia para a mesma residência. Desde a Resolução nº 482 da ANEEL em dezembro de 2012, os sistemas fotovoltaicos passaram a poder ser conectados à rede elétrica de concessionárias (BOSO *et al.*, 2015, MACHADO e MIRANDA, 2015).

Conforme Freitas (2008), sistemas ligados à rede são aqueles em que toda a energia proveniente da radiação solar é entregue à rede da concessionária. Para isso o sistema exigiria: inversor e painéis, conforme visto na Figura 4.

**Figura 4** - Sistema ligado à rede (On-Grid).



**Fonte:** Freitas, 2008.

### 2.3.3 Sistemas conectados à rede - dimensionamento

Alguns conceitos são extremamente relevantes e necessários para um perfeito entendimento deste trabalho, sendo eles: cálculo da média de consumo mensal, cálculo da energia gerada por um módulo fotovoltaico, dentre outros importantes.

O cálculo da média de consumo mensal é uma estimativa média tomada a partir de uma série histórica de consumo mensal e é calculada conforme a equação a seguir:

$$Média\ do\ consumo\ mensal = \frac{\sum_{i=1}^N CM_i}{N} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

CM<sub>i</sub> = consumo mensal do respectivo mês (i).

N = número de meses da série histórica;

Para o cálculo da energia gerada por cada módulo fotovoltaico deve ser mencionado que diferentes fatores podem influenciar na eficiência do módulo fotovoltaico. Eberhardt (2005) cita alguns fatores, como: condições de temperatura, condições de irradiação, dependência angular, dentre outros.

Em função destes e de outros fatores, a determinação da potência de saída de uma célula fotovoltaica está condicionada a variáveis como: área efetiva e irradiância solar. Dessa forma, estima-se o rendimento de uma célula fotovoltaica através da equação a seguir (CANTOR, 2017, *apud*, EVANS, 1981).

$$\eta_c = \frac{I_{saída} V_{saída}}{Área\ efetiva * Irradiância} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

I<sub>saída</sub> = corrente de saída (Ampère);

V<sub>saída</sub> = tensão de saída (Volts);

η<sub>c</sub> = rendimento.

Neste estudo de caso, a Equação 2 foi modificada para estimar a potência do painel fotovoltaico, quantificando-se a potência para o mês, e, em função de possíveis ineficiências

decorrentes de diferentes fatores conforme já mencionados anteriormente, utilizamos a eficiência do painel fornecido pela fabricante, dessa forma tem-se:

$$P_{\text{painel/mes}} = I_d * A_p * \eta_p * 30 \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

$A_p$  = área de um painel fotovoltaico ( $m^2$ );

$I_d$  = Irradiação local ( $kWh/m^2/dia$ );

$\eta_p$  = Rendimento do painel fotovoltaico (%).

Os dados de área e rendimento do painel fotovoltaico quase sempre são fornecidos pelos próprios fabricantes. Para a quantificação da irradiação local podem ser utilizados dados fornecidos pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito.

Com a quantificação de consumo mensal e energia gerada por um único painel fotovoltaico, os próximos passos são definição do número de painéis obtidos por regra de três simples e dimensionamento do inversor utilizando a quantificação da potência total do sistema e coeficiente de minoração de 1,2.

## 2.4 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

### 2.4.1 Valor Presente Líquido (VPL)

A análise do projeto deve ser economicamente viável. O estudo da viabilidade econômica engloba uma série de atividades desenvolvidas por um interessado na proposta, que pode ser um engenheiro econômico, com intuito de investigar os benefícios esperados e buscar a verificação dos custos, que serão investidos ao longo do tempo fazendo certas comparações, e assim podendo ter noção de um todo, facilitando a tomada de decisão e ação do projeto (ZAGO *et al.*, 2009).

O engenheiro econômico desempenha função importante dentro da empresa ou instituição, que garante a saúde financeira e rentabilidade do negócio por agir em equilíbrio e adequada administração dos recursos financeiros (VERAS, 2001).

Uma análise de estudo de investimento numa situação como redução nos custos de energia e geração de energia limpa e renovável inclui alguns fatores como: investimento a ser

realizado; enumeração de alternativas viáveis; análise técnica das escolhas; comparação das alternativas e escolha do melhor caminho a seguir na busca de um projeto economicamente viável. A utilização do Método do Valor Presente Líquido (VPL) apresenta uma noção de quanto tempo o investimento será compensado e dará retorno lucrativo ao proprietário (TORRIES, 2008). (OBSERVAÇÃO: essa citação não aparece na lista das Referências bibliográficas!)

No entanto, o VPL de um projeto de aplicação pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Segundo Veras (2001), esse método constitui-se em calcular o fluxo de entradas e saídas de caixa de um determinado investimento, usando a taxa de atratividade do investidor. Dessa maneira, é possível considerar o valor do dinheiro no tempo utilizando-se uma forma elaborada de análise de avaliação de recursos financeiros (GITMAN, 2002).

Em suma, para obter o VLP, somam-se as receitas líquidas futuras, e subtrai-se o valor presente com uma taxa mínima de atratividade (BRITO, 2006; SANTOS e BLANCO, 2022), como pode ser visto na equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^T \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad (\text{Equação 04})$$

Onde:

VPL = valor presente líquido;

FC = fluxo de caixa;

t = momento em que o fluxo de caixa aconteceu;

i = taxa de desconto.

#### **2.4.2 Payback Simples (PBS)**

É considerado como payback o tempo necessário para recuperar o investimento/custo gerado em um negócio/empreendimento. Assim, ele demonstra o período de recuperação do investimento, o prazo no qual os rendimentos alcançados igualam-se aos valores gastos inicialmente (BRITO, 2006; SANTOS e BLANCO, 2022). Então, pode-se definir

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Somatório dos ganhos no período}} \quad (\text{Equação 05})$$

A função do método em estudo é priorizar a data de retorno financeiro do capital investido. Essa é uma ferramenta muito válida e fundamental para tomada de decisão. Dessa forma, uma avaliação em termos de números de receita que define em quanto tempo o retorno do seu investimento será atingido. A importância da utilização do método Payback está na determinação prévia da data para ser cumprido o retorno do investimento, que é geralmente em anos (PEREIRA, 2010). Logo, para determinação de tempo pode-se utilizar da seguinte equação de Payback Simples:

$$I_0 = \sum_{t=1}^T FC_t \quad (\text{Equação 06})$$

Onde:

$I_0$  = Investimento Inicial;

$FC_t$  = Fluxo de caixa no t-ésimo período;

$\Sigma$  = símbolo do somatório, indicando que deve ser realizada a soma da data 1 até a data n dos fluxos de caixa descontados ao período inicial.

Sendo importante seguir a regra de decisão, na qual:

- Se  $T < \text{PBS máximo}$ , aceitar o projeto;
- Se  $T = \text{PBS máximo}$ , indiferente;
- Se  $T > \text{PBS máximo}$ , rejeitar o projeto.

Um dos problemas possíveis com a utilização do Playback Simples é estimar o período de corte exato, uma vez que se trabalha com estimativas que não dão a certeza do ano correto. Como não existe um discernimento econômico para examinar o momento do payback, não podendo afirmar o período de corte, escolhe-se de maneira aleatória (ROSS *et al.* 2002).

### 2.4.3 Payback Descontado (PBD)

Fanti (2015), *apud* Fonseca e Bruni (2010, p.6), compara o payback descontado ao payback simples, sendo que “o que difere é que nele calcula-se o tempo de retorno do capital investido a partir do valor presente dos fluxos de caixa, considerando o custo de capital”.

O mesmo autor apresenta a fórmula para o payback descontado como sendo:

$$FCC(t) = -I \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1 + t)^j} \quad (\text{Equação 07})$$

Onde:

FCC (t) = valor presente do capital;

I = investimento inicial (em módulo);

R<sub>j</sub> = receita proveniente do ano j;

C<sub>j</sub> = custo proveniente do ano j;

i = taxa de juros empregada; (OBSERVAÇÃO: essa variável não aparece na equação 07!)

j = índice genérico que representa os períodos j: 1 a t.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Menezes *et al.* (2019, p.28), existem diferentes formas de classificar uma pesquisa e “cada pesquisador define seu objetivo de estudo levando em consideração os objetivos da pesquisa e como ele pretende alcançá-los” (MENEZES *et al.*, 2019, p.28).

Quanto aos objetivos, esta pesquisa classifica-se em exploratória, descritiva e aplicada, uma vez que busca fornecer ao leitor uma revisão bibliográfica, além de utilizar dados quantitativos e qualitativos para a produção do estudo de caso, cujo objetivo principal é a implantação de um sistema solar fotovoltaico em uma Usina de beneficiamento de leite de cabra da Associação dos criadores de caprinos e ovinos de Prata-PB, Latitude: 07°41'27''S e Longitude: 37°04'49''W, Sítio Tanquino, S/N, área rural, classe rural, subclasse agro industrial, CNPJ/ rani 04592262/0001-43.

Sendo assim, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa de cunho exploratório com intuito de inserir a aplicação e o debate de energia limpa e alternativa à energia elétrica convencional. Já que é uma pesquisa muito específica, na maioria das vezes se torna um estudo de caso (GIL, 2008).

#### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para a realização deste trabalho as seguintes etapas foram seguidas como podem ser vistas na figura 7:

**Fluxograma 1 - Etapas da pesquisa.**

**Fonte:** O próprio autor, 2022.

Em relação a execução e obtenção dos dados as seguintes etapas foram exploradas:

- i. Levantamento de todos os equipamentos elétricos instalados na usina.
- ii. Levantamento individual da potência (Watts) para cada um dos equipamentos elétricos levantados no item anterior.
- iii. Estimar a quantidade de horas que cada equipamento fica ligado durante a semana através de pesquisa em campo.
- iv. Estimar a potência requerida do sistema em função dos equipamentos listados e horas de funcionamento.
- v. Levantar o histórico de consumo da empresa a partir de dados fornecidos pela conta de energia.
- vi. Estimar a média de consumo mensal utilizando o histórico de consumo registrado pelas contas de energia.
- vii. Comparar o consumo mensal demandado determinado pela potência requerida em função dos equipamentos elétricos e o consumo mensal demandado determinado pelo histórico de consumo dado pelas contas de energia.
- viii. Dimensionar o painel fotovoltaico em função da maior potência demandada determinada.

- a. Determinar a quantidade de painéis calculados.
  - b. Determinar a potência dos inversores.
  - c. Determinar a quantidade máxima de módulos possíveis de conectar.
  - d. Determinar a quantidade de módulos fotovoltaicos.
- ix. Avaliar o tempo de retorno para o investimento utilizando a técnica de previsão fornecida pelo Payback simples e realizar a avaliação do investimento tendo como parâmetros a demanda histórica.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E CENÁRIO DE ESTUDO DE VIABILIDADE

É importante esclarecer que nossa avaliação não contemplou itens como: custo de implementação, custo de manutenção das placas, custos de transporte, dentre outros custos associado a todo o projeto de implementação, uma vez que nosso objetivo esteve restringido à avaliação de viabilidade da implementação sistema fotovoltaico. Entretanto, o fluxo de caixa utilizado neste trabalho foi minorado em mais de 50%, a fim de contrabalancear os custos não avaliados mencionados neste parágrafo, ANEXO B.

Dessa forma, foi considerado apenas a demanda e o consumo mensal de energia, tomado a partir dos últimos 12 meses de 2021 e 2022, e o orçamento fornecido por empresas de energia solar que possuem atividades na região, através de entrevista e solicitação de orçamento, para o estudo de viabilidade técnica e financeira.

Também é importante esclarecer que este estudo não necessitou avaliar a tendência de aumento no consumo de energia nos próximos anos, em função de uma certeza obtida através de entrevista de que ocorrerá uma redução para os próximos anos. Dessa forma, foi avaliado apenas os dados mais recentes de consumo de energia, conforme subtópico 4.3.

É importante observar também que, na etapa de dimensionamento, o próprio método utilizado já contempla a depreciação do sistema fotovoltaico que tem o ciclo de vida de 25 anos. E, mesmo que não o método não contemplasse, o projeto também pode ser avaliado através da análise de tempo de retorno *versus* tempo de lucro *versus* investimentos alternativos, conforme subtópico 4.5.

### 4.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS - ESTIMADO POR LEVANTAMENTO DE APARELHOS

O levantamento do consumo de energia mensal foi realizado através do levantamento de todos os aparelhos elétricos existentes nas instalações. A partir dos dados da Tabela 2, foi calculada a demanda mensal de energia em 6.323,36 kWh/mês.

**Tabela 2** - Informações dos aparelhos da usina de leite caprino.

<b>Aparelhos</b>	<b>QTD</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>	<b>Tempo de uso (h)</b>	<b>Consumo diário (Wh/dia)</b>	<b>Consumo mensal (kWh/mês)</b>
Ar-condicionado	1	2.051	2.051	4	8.204	164,08
Bombas	5	243	1.215	6	7.290	145,8
Banco de Gelo	1	4.101,35	4.101,35	24	98.432,4	1.968,648
Câmara Fria	1	4.101,35	4.101,35	24	98.432,4	1.968,648
Tanque de resfriamento	1	950	950	24	22.800	456
Agitador	1	736	736	24	17.664	353,28
Bomba d'água	2	368	736	24	17.664	353,28
Embaladeira	1	1.320	1.320	6	7.920	158,4
Computadores	2	210	420	4	1.680	33,6
Geladeira	1	143	143	24	3.432	68,64
Geláguia	1	143	143	24	3.432	68,64
Compressor	1	3.700	3.700	6	22.200	444
Chaleira elétrica	1	1.500	1.500	0,25	375	7,5
Lavadora de auto pressão	1	736	736	0,4	294,4	5,888
TV	1	53	53	4	212	4,24
Sistema de câmeras	1	210	210	24	5.040	100,8
Impressora	2	45	90	4	360	7,2
Bomba do tanque	1	368	368	2	736	14,72

Fonte: O próprio autor, 2022.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS - ESTIMADO POR HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA

Para o cálculo da média mensal de consumo foi tomado como base o histórico de consumo do período de março de 2021 a março de 2022, conforme o Anexo A. Os dados estão apresentados na Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3** - Histórico de consumo mensal pela Usina de beneficiamento de leite de cabra - Março de 2021 à Março de 2022.

Mês/Ano	Consumo (kWh/mês)
Março/2021	4.547,00
Abril/2021	5.185,00
Maio/2021	4.592,00
Junho/2021	4.316,00
Julho/2021	4.683,00
Agosto/2021	4.719,00
Setembro/2021	5.078,00
Outubro/2021	4.879,00
Novembro/2021	5.084,00
Dezembro/2021	6.213,00
Janeiro/2022	4.872,00
Fevereiro/2022	4879
Março/2022	7084

Fonte: Conta de energia elétrica, Energisa, 2022 - ANEXO A.

É importante destacar que, para o cálculo do valor mensal, o consumo médio foi estimado pela Equação 1, em 5.087,74 kWh/mês.

Entretanto, avaliando os valores de forma individual, o maior valor mensal (7.084,00 kWh/mês) e o menor valor mensal de (4.316,00 kWh/mês), e comparando individualmente cada valor com o valor médio estimado, percebe-se que seria razoável escolher o valor médio para representar o consumo mensal. Entretanto foi avaliado o valor do mês de Março/2022 de forma individual, visto que este valor apresentou-se com uma distância significativamente alta para a média. Devido a isto, foi questionado junto aos gestores da usina qual possível razão para este aumento, e este valor foi justificado em função do aumento de alterações tarifárias e, além disso, a associação estaria trocando alguns equipamentos o que acarretaria na possível redução do valor da demanda energética. Diante disso, a escolha do valor de 5.087,74 kWh/mês, foi tomado como sendo o melhor valor representativo para o consumo mensal.

Para este estudo de caso foi considerado o módulo bluesun BSM250P-60. Este módulo tem, conforme fabricante, as seguintes características:

**Tabela 4** - Dados da fabricante do modelo BSM250P-60 de painel fotovoltaico.

Variáveis	Valores
Máx. Potência	250 W
Dimensões	1655mm x 992mm
Eficiência solar	16,2%

Fonte: EnergyPal, 2022.

A irradiação local para o município de Prata foi coletada a partir dos dados disponibilizados pelo portal do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 5 a seguir.

**Tabela 5** - Dados da irradiação média solar entre os meses.

Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
5° N	6,00	6,00	6,07	5,86	5,14	4,66	4,81	5,57	6,29	6,40	6,48	6,14	5,78

Fonte: Cresesb, 2022.

Dessa forma, utilizando a Equação 2, a potência do painel selecionado neste estudo de caso forneceria uma potência de 46 kWh/mês.

Dando sequência ao dimensionamento, dividindo os valores obtidos para consumo mensal e para a energia gerada por um painel, e adicionando 10% de perda em função de diferentes fatores já mencionados na revisão teórica (OBSERVAÇÃO: veja que  $5087,74/46 = 110,6$ , ou seja, o número 111 é obtido sem os 10% mencionados!), estimamos número de painéis estimados para este estudo de caso foi de 111 painéis.

Com a quantidade de painéis, o dimensionamento do inversor foi estimado em:

$$\text{Potência total do sistema: } 250 \text{ Wp} \times 111 \text{ painéis} = 27,75 \text{ kWp.}$$

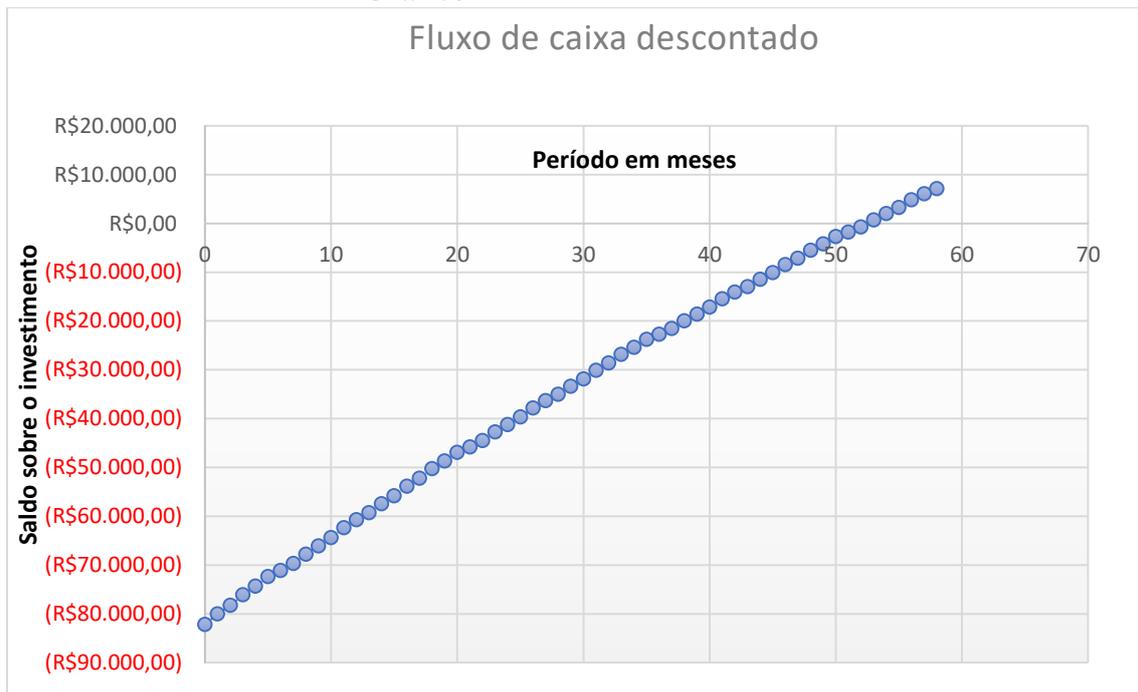
$$\text{Potência do inversor: } 27,75/1,2 = 23,12 \text{ kWp.}$$

Dando sequência, é importante discutir que uma parte das empresas de energia solar recomendam o uso do payback simples (Equação 1), para o cálculo do tempo de retorno do investimento. Para efeitos de comparação, também estimamos este retorno utilizando a técnica de payback descontado, que pode ser visualizado na Figura 8, utilizando os seguintes dados:

- Tarifa de energia no estado da Paraíba: R\$ 0,55/kWh;
- Potência do Sistema instalado: 5.087,74 kWh/mês;

- Economia anual: R\$ 33.579,08;
- Custo de implementação: R\$ 82.207,50;
- Payback simples: 2,5 anos.
- Payback descontado: 4,42 anos.
  - taxa de retorno mensal da poupança em 2022: 0.637%.

**Gráfico 2 - Fluxo de caixa descontado.**



**Fonte:** próprio autor, 2022.

É importante notar que o tempo de retorno tem um impacto positivo quando a tarifa praticada no estado aumenta, e isto está sendo recorrente nos últimos anos. Em 2020 a tarifa de energia no estado era de R\$ 0,55/kWh e aumentou para R\$ 0,58/kWh no ano de 2021. Justificando a boa decisão de investimento em energia solar.

#### 4.4 COMPARAÇÃO DO CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO

Para comparar os custos de implementação, entrevistamos duas empresas que possuem atividades na região: Voltaica e Samsol. Esta entrevista foi realizada no mês de março de 2022 e, através dela, conseguimos acesso, pelas duas empresas, a orçamentos reais de um possível projeto implementado por elas na mesma usina que é alvo deste trabalho.

É possível observar que, tanto utilizando o método do playback simples quanto utilizando o playback descontado, o tempo de retorno estimado pode ser considerado como razoável, considerando que a maior parte dos investimentos em energia solar apresenta um tempo de retorno de 2 a 5 anos. Além disso, o custo da implementação do sistema fotovoltaico, quando comparado com o valor indicado no trabalho de Machado e Miranda (2015), apresenta uma diminuição de 64,00%, sendo o custo atual estimado para este projeto de R\$ 3,56/Wp.

Além desta comparação, também foi realizada a comparação entre os orçamentos realizados neste trabalho com projetos reais fornecidos por empresas (Voltaica e Samsol energia), verificando que não houve variação significativa nos valores apontados pelo orçamento.

O custo de implementação fornecida pela empresa Voltaica foi tomado como 46% a mais que o dimensionamento apresentado neste trabalho, porém a empresa considerou custos extras como estruturas metálicas, condutores, sistemas de monitoramento e mão de obra para instalação. Dessa forma, os valores podem ser considerados próximos se comparados em mesmos termos.

O custo de implementação fornecido pela empresa Samsol foi tomado como 34% a mais que o dimensionamento apresentado neste Trabalho, porém a empresa considerou custos extras, da mesma forma que a primeira empresa mencionada. É interessante notar também que a empresa selecionou previamente um painel com maior potência por módulo (450W), o que promoveu um sistema que fornece uma maior potência como um todo de 34,10kWp, e, dessa forma, o tempo de retorno estimado por esta empresa foi de aproximadamente 2 anos, bem próximo ao dimensionamento apresentado neste trabalho que foi de 2,5 anos.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso com base no que foi apresentado na fundamentação teórica em relação aos princípios de geração de energia fotovoltaica e dos princípios de gestão e avaliação de projetos. Desse modo, foi feito o dimensionamento elétrico de um possível sistema fotovoltaico, tendo como base a análise quantitativa da energia consumida por uma usina de beneficiamento de leite no período de um ano, utilizando como referência o histórico de consumo de energia da usina.

Por fim, ao ser efetuada a comparação do dimensionamento realizado com projetos elaborados e fornecidos por empresas que atuam neste setor, foi possível concluir que um projeto de sistema fotovoltaico poderia ser um bom investimento, uma vez que o tempo de retorno estimado se encontra em torno de 3 anos, para um projeto que apresenta uma vida útil em torno de 25 anos.

Diante disto, o presente trabalho possibilitou prever possíveis benefícios econômicos decorrentes da implantação do sistema fotovoltaico em uma usina de beneficiamento de leite caprino.

## REFERÊNCIAS

ABB, **Photovoltaic Plants** Technical Application Papers No. 10, 2010.

ABRÃO, M. E. G.; ANDRADE, F. V.; CARVALHO, J. W. M.; BRITO, P. A. T.; DE JESUS, A. M.; DA SILVA, A. P. S.; SILVA, A. D. Dimensionamento econômico para implantação da energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica em uma residência na cidade Ituiutaba-MG. **Brazilian Journal of Development**, 7(5), 46358-46378, 2021.

AKEL, Rodrigo Peixoto. **Estudo comparativo entre a metodologia tradicional e ágil de gerenciamento de projetos**. In: XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP Santos, 2019.

ALMEIDA JÚNIOR, João Antônio de. COUTINHO, Ítalo. **Gestão de Contratos e Aquisições em Projetos de Engenharia e Arquitetura**. Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenheiros, 2006.

ALMEIDA, H. A. DE, & ALMEIDA, E. DE C. V. DE. Potencial da energia solar fotovoltaica no Semiárido nordestino. **Concilium**, 22(2), 197–210, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012**. ANEEL, 2012.

ASSUNÇÃO, F. C. R. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Subsídios para Tomada de Decisão**. Série Documentos Técnicos, CGEE, maio de 2010.

AZEVEDO, A. B. A.; FREITAS, S. C.; & FLORIANO, S. **Sistema fotovoltaico na hidrelétrica de boa esperança: comparação de modelo terrestre e flutuante**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2021.

BEN. **Balanco Energético Nacional**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/balancoenergeticonacional2020>. Acesso: 06.03.2022.

BRITO, Paulo. **Análise e Viabilidade de Projetos de Investimentos**. 2. ed., Atlas, 2006.

BORGES, C. G. R., SERA, A. S. Dimensionado mediante sistema de energia fotovoltaica. **Ingeniería Mecánica**. v.14, n° 1, 2010.

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil. **Anap Brasil**. v. 08, n.12, 2015.

CANTOR, G. A. R. **Influência dos fatores climáticos no desempenho de módulos fotovoltaicos em regiões de clima tropical**. Pós-Graduação. UFPB, Paraíba, 2017.

CASTRO, Nadir Alves. **Qualidade nos processos produtivos de embalagens plásticas: estudo de melhoria de processos**. 2021.

CEPEL-CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Edição revisada e atualizada, Rio de Janeiro, 2014.

CRESESB, Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 21/03/2022.

EBERHARDT, D. **Desenvolvimento de um sistema completo para caracterização de células solares**. PUC-RS. 2005.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Fontes**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-dageracao/fontes>. Acesso em: 03.03.2022.

ENERGYPAL. **Plurigas Solar Energias Solar Panel Spec Datasheet BSM250M-60**. Disponível em: <https://energypal.com/best-solar-panels-for-homes/plurigas-solar-energias/bsm250m-60>. Acesso em: 21.03.2022.

FANTI, L. D., DIAS, T. S., LUCENA, L. P., REIS, R. A., NASCIMENTO, L. B. O uso das técnicas de valor presente líquido, taxa de interna de retorno e payback descontado: um estudo de viabilidade de investimentos no grupo brenda LTDA. **Desafio Online, Campo Grande**, v.3, n.1, Jan./Abr. 2015.

FRAME, J. D. *Managing Projects In Organizations*, São Francisco Jossey-Bass inc., 1995

FREITAS, S. S. A. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. Instituto Politécnico de Bragança. Novembro, 2008.

FROHMAN, Mark A. Unleash urgency and action. *Industry Week. Cleveland*, V 245, N 20, pág.13-23, 4 de Nov.1996.

GASPARIN, Fabiano Perin; KRENZINGER, Arno. Desempenho de um sistema fotovoltaico em dez cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 8, n. 1, p. 10-17, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. **Princípios de administração financeira**. 7.ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GOBBO, E. R., da SILVS, M. A. T. F., BONE, R. B. Do petróleo à energia fotovoltaica: a inserção do brasil neste novo mercado. *In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*, 2018.

GRUBERT, S. S., OLIVEIRA, V. A. Evolução das energias renováveis e perspectivas para o futuro utilizando a biomassa. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça / RJDSJ**, v. 6, n. 8, Jul.-Dez./2019.

KEELING, Ralph. **Gestão de projetos**. Saraiva Educação SA, 2017.

KERZNER, H. **Project Management – A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. Nova York: John Wiley & Sons, 2001.

MACHADO, C. T., MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, 7(1), 126-143, 2015.

MME, 2017a. **“Resenha Energética Brasileira”**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/resenha-energetica-brasileira>. Acesso em: 06.03.2022.

MENEZES, A. H. N.; DUARTE, F. R.; CARVALHO, L. O. R.; SOUZA, T. E. S. **Metodologia científica teoria e aplicação na educação a distância**. Univasf, Petrolina - PE, 2019.

PACHECO, F. **Energias renováveis: breves conceitos**. Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.149, 2006.

PATAH, L. A., CARVALHO, M. D. **Estruturas de gerenciamento de projetos e competências em equipes de projetos**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, PR, Brasil, 23-25, 2002.

PEREIRA, J. Dos Santos. **Contribuição da análise de sensibilidade e da simulação de monte carlo na análise da viabilidade financeira de projetos**. Curso de graduação em engenharia de produção. Trabalho de Conclusão de Curso, Juiz de Fora, 2010.

PETERSON, Tanya M. Motivation: How to increase project team performance. **Project Management Journal**, Boston, V38, N4, pág. 60-69, dez, 2007.

RABECHINI JR, Roque; CARVALHO, Marly Monteiro. Gestão projetos inovadores em uma perspectiva contingencial: análise teórico-conceitual e proposição de um modelo. **INMR-Innovation & Management Review**, v. 6, n. 3, p. 63-78, 2009.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D. **Princípios de Administração Financeira**. Tradução Antônio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas. 2002.

SANTOS, L. M.; BLANCO, B. B. CUSTO E BENEFÍCIO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM RESIDÊNCIAS NO RIO DE JANEIRO. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, 5(1), 89-102, 2022.

SANTOS, T. C. S. **Gestão de projetos: evolução do conhecimento nos eventos científicos na área de administração e engenharia da produção no Brasil e sua aplicação prática**. Dissertação (Mestrado) - Uninove, 2013.

SEGUEL, J. I. L. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital**. UFMG, 2009.

SCHMIDT, Felipe Renah; RADÜNS, Caroline Daiane. GESTÃO DE PROJETOS APLICADO NA ENGENHARIA. **Salão do Conhecimento**, v. 6, n. 6, 2020.

SOUZA, R. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. São Paulo: Blue Sol Energia Solar, 2015.

SUZIGAN, K. R. **A transição para uma matriz energética limpa: os avanços na tecnologia solar**. 2015. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 121p, 2015.

TECNOMETAL. Disponível em: <http://www.tecnometalenergiasolar.com.br/index.html>. 2014. Acesso em: 18 de mar. 2022.

VASCONCELOS, Priscila Elise Alves. **Responsabilidade Jurídico-Ambiental das Usinas Sucroenergéticas e a Recuperação de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Processo, 2019, 148p.

VILLALVA, M. G., GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.

VERAS, L. L. **Matemática financeira: uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

ZAGO, Camila Avozani; WEISE, Andreas Dittmar; HORNBURG, Ricardo André. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. *In: VI CONVIBRA–Congresso Virtual Brasileiro de Administração. Anais*. 2009. p. 1-15.

## APÊNDICE

CGI- Código de Classificação do Item	
Tarifa s/ Tributos:	0,596920
<b>RESERVADO AO FISCAL</b>	
<b>HISTÓRICO DE CONSUMO</b>	
Mar/22	7084
Fev/22	4879*
Jan/22	4872*
Dez/21	6213
Nov/21	5084
Out/21	4879
Set/21	5078
Ago/21	4719
Jul/21	4683
Jun/21	4316
Mai/21	4592*
Abr/21	5185
Mar/21	4547
Media	4921
* Faturamento pela média/mínimo	
<b>INDICADORES DE QUALIDADE</b>	
<b>META</b>	
Horas que o cliente ficou sem energia - DIC	
Vezes que o cliente ficou sem energia - FIC	
Duração da maior interrupção de energia no período	
Duração da interrupção individual em dia crítico -	
- Conforme determinação da Aneel, cliente	
A bandeira não tem custo extra. Para os	
condições críticas para geração hidrelétrica	
item 0601, que soma a bandeira vermelha	

Taxa de juros mensal	0,0064			
Período (Meses)	Fluxo de caixa (R\$)	Fluxo de caixa descontado (R\$)	Fluxo de caixa descontado	Saldo
0	82207,5	82207,50	R\$ 82.207,50	-R\$ 82.207,50
1	2200,00	2186,07	R\$ 2.186,07	-R\$ 80.021,43
2	1800,00	1777,29	R\$ 1.777,29	-R\$ 78.244,14
3	2200,00	2158,49	R\$ 2.158,49	-R\$ 76.085,65
4	1800,00	1754,86	R\$ 1.754,86	-R\$ 74.330,79
5	2000,00	1937,50	R\$ 1.937,50	-R\$ 72.393,30
6	1300,00	1251,40	R\$ 1.251,40	-R\$ 71.141,89
7	1500,00	1434,79	R\$ 1.434,79	-R\$ 69.707,11
8	2000,00	1900,94	R\$ 1.900,94	-R\$ 67.806,16
9	1800,00	1700,02	R\$ 1.700,02	-R\$ 66.106,15
10	1800,00	1689,26	R\$ 1.689,26	-R\$ 64.416,89
11	2200,00	2051,58	R\$ 2.051,58	-R\$ 62.365,31
12	1800,00	1667,94	R\$ 1.667,94	-R\$ 60.697,37
13	1500,00	1381,15	R\$ 1.381,15	-R\$ 59.316,22
14	2000,00	1829,88	R\$ 1.829,88	-R\$ 57.486,34
15	1800,00	1636,47	R\$ 1.636,47	-R\$ 55.849,87
16	2200,00	1987,47	R\$ 1.987,47	-R\$ 53.862,41
17	1800,00	1615,82	R\$ 1.615,82	-R\$ 52.246,59
18	2200,00	1962,39	R\$ 1.962,39	-R\$ 50.284,21
19	1800,00	1595,43	R\$ 1.595,43	-R\$ 48.688,78
20	2000,00	1761,47	R\$ 1.761,47	-R\$ 46.927,31
21	1300,00	1137,71	R\$ 1.137,71	-R\$ 45.789,59
22	1500,00	1304,43	R\$ 1.304,43	-R\$ 44.485,16
23	2000,00	1728,24	R\$ 1.728,24	-R\$ 42.756,92
24	1800,00	1545,57	R\$ 1.545,57	-R\$ 41.211,35
25	1800,00	1535,79	R\$ 1.535,79	-R\$ 39.675,57
26	2200,00	1865,19	R\$ 1.865,19	-R\$ 37.810,38
27	1800,00	1516,40	R\$ 1.516,40	-R\$ 36.293,98
28	1500,00	1255,67	R\$ 1.255,67	-R\$ 35.038,30
29	2000,00	1663,63	R\$ 1.663,63	-R\$ 33.374,67
30	1800,00	1487,79	R\$ 1.487,79	-R\$ 31.886,88
31	2200,00	1806,90	R\$ 1.806,90	-R\$ 30.079,98
32	1800,00	1469,02	R\$ 1.469,02	-R\$ 28.610,96
33	2200,00	1784,10	R\$ 1.784,10	-R\$ 26.826,86
34	1800,00	1450,48	R\$ 1.450,48	-R\$ 25.376,38

35	<b>2000,00</b>	<b>1601,44</b>	<b>R\$ 1.601,44</b>	<b>-R\$ 23.774,94</b>
36	<b>1300,00</b>	<b>1034,35</b>	<b>R\$ 1.034,35</b>	<b>-R\$ 22.740,59</b>
37	<b>1500,00</b>	<b>1185,92</b>	<b>R\$ 1.185,92</b>	<b>-R\$ 21.554,67</b>
38	<b>2000,00</b>	<b>1571,22</b>	<b>R\$ 1.571,22</b>	<b>-R\$ 19.983,45</b>
39	<b>1800,00</b>	<b>1405,15</b>	<b>R\$ 1.405,15</b>	<b>-R\$ 18.578,29</b>
40	<b>1800,00</b>	<b>1396,26</b>	<b>R\$ 1.396,26</b>	<b>-R\$ 17.182,04</b>
41	<b>2200,00</b>	<b>1695,73</b>	<b>R\$ 1.695,73</b>	<b>-R\$ 15.486,30</b>
42	<b>1800,00</b>	<b>1378,64</b>	<b>R\$ 1.378,64</b>	<b>-R\$ 14.107,67</b>
43	<b>1500,00</b>	<b>1141,59</b>	<b>R\$ 1.141,59</b>	<b>-R\$ 12.966,08</b>
44	<b>2000,00</b>	<b>1512,49</b>	<b>R\$ 1.512,49</b>	<b>-R\$ 11.453,59</b>
45	<b>1800,00</b>	<b>1352,62</b>	<b>R\$ 1.352,62</b>	<b>-R\$ 10.100,96</b>
46	<b>2200,00</b>	<b>1642,74</b>	<b>R\$ 1.642,74</b>	<b>-R\$ 8.458,22</b>
47	<b>1800,00</b>	<b>1335,55</b>	<b>R\$ 1.335,55</b>	<b>-R\$ 7.122,67</b>
48	<b>2200,00</b>	<b>1622,01</b>	<b>R\$ 1.622,01</b>	<b>-R\$ 5.500,66</b>
49	<b>1800,00</b>	<b>1318,70</b>	<b>R\$ 1.318,70</b>	<b>-R\$ 4.181,96</b>
50	<b>2000,00</b>	<b>1455,95</b>	<b>R\$ 1.455,95</b>	<b>-R\$ 2.726,01</b>
51	<b>1300,00</b>	<b>940,38</b>	<b>R\$ 940,38</b>	<b>-R\$ 1.785,63</b>
52	<b>1500,00</b>	<b>1078,18</b>	<b>R\$ 1.078,18</b>	<b>-R\$ 707,45</b>
53	<b>2000,00</b>	<b>1428,48</b>	<b>R\$ 1.428,48</b>	<b>R\$ 721,02</b>