

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANDRÉ MENDONÇA KRUL**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA OBTENÇÃO DE ECONOMIA NA FATURA DE  
ENERGIA ELÉTRICA DE UM HOTEL DE MANAUS, AM**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**ANDRÉ MENDONÇA KRUL**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA OBTENÇÃO DE ECONOMIA NA FATURA DE  
ENERGIA ELÉTRICA DE UM HOTEL DE MANAUS, AM**

**Analysis of scenarios to achieve savings in the electric energy bill of a hotel in  
Manaus, AM**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Evandro André Konopatzki.

**MEDIANEIRA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANDRÉ MENDONÇA KRUL**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA OBTENÇÃO DE ECONOMIA NA FATURA DE  
ENERGIA ELÉTRICA DE UM HOTEL DE MANAUS, AM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/novembro/2022

---

Evandro André Konopatzki  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Cristiane Lionço de Oliveira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Filipe Marangoni  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2022**

Dedico este trabalho à minha família, pelos  
momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Evandro André Konopatzki, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Em razão da intensa utilização de energia elétrica nas empresas consumidoras atendidas em alta tensão no Brasil, este estudo simulou a economia financeira com a instalação de uma Usina Solar Fotovoltaica (USF) em três cenários da demanda contratada de uma Unidade Consumidora (UC) do setor hoteleiro de Manaus, AM. A metodologia consistiu em verificar se o enquadramento tarifário é adequado para a demanda contratada da UC. Posteriormente foi determinada a demanda ótima de energia e seu o enquadramento tarifário verificando possível economia financeira nessa adequação. Os passos seguintes foram verificar a economia gerada pela instalação da UFV dimensionada – teoricamente – considerando os cenários: 1) com abatimento de 100% do consumo da UC, sendo necessária adequação do contrato de demanda para a potência da usina; 2) limitando a potência da UFV à demanda contratada atual e; 3) limitando a potência da UFV à demanda ótima calculada. Com os valores de aquisição das UFV, obtidos por meio de orçamento com empresas locais, foi realizada uma análise econômica dos cenários considerando vida útil de 25 anos, taxa de juros de 12,75% ao ano, correspondente à taxa Selic do período setembro de 2021 a agosto de 2022. Também foram consideradas as taxas de desconto de 5% ao ano e a inflação energética de 7% ao ano. Os resultados mostraram que a troca do tipo de tarifa e a alteração da demanda contratada geraria uma economia de 14,35% na fatura de energia. Também foi constatado que os três cenários de uso de energia solar fotovoltaica apresentam indicadores econômicos favoráveis. A conclusão foi que a unidade consumidora pode reduzir sua despesa com energia elétrica realizando alterações contratuais da demanda e instalando sistema de geração fotovoltaica; sendo que o cenário combinado de geração com demanda ótima apresentou os melhores indicadores econômicos.

**Palavras-chave:** energia elétrica; geração de energia fotovoltaica; indicadores econômicos; eficiência energética.

## ABSTRACT

Due to the intense use of electricity in consumer companies served by high voltage in Brazil, this study simulated the financial savings with the installation of a Photovoltaic Solar Plant (USF) in three scenarios of the contracted demand of a Consumer Unit (CU) in the hotel sector from Manaus, AM. The methodology consisted of verifying whether the tariff framework is adequate for the contracted demand of the UC. Subsequently, the optimal energy demand and its tariff framework were determined, verifying possible financial savings in this adaptation. The next steps were to verify the savings generated by the installation of the dimensioned UFV – theoretically – considering the scenarios: 1) with a 100% reduction in the UC consumption, requiring adaptation of the demand contract for the power of the plant; 2) limiting the UFV power to the current contracted demand and; 3) limiting the UFV power to the calculated optimal demand. With the acquisition values of the UFV, obtained through a budget with local companies, an economic analysis of the scenarios was carried out considering a useful life of 25 years, interest rate of 12.75% per year, corresponding to the Selic rate for the September 2021 to August 2022. Discount rates of 5% per year and energy inflation of 7% per year were also considered. The results showed that changing the type of tariff and changing the contracted demand would generate savings of 14.35% on the energy bill. It was also found that the three scenarios of use of photovoltaic solar energy present favorable economic indicators. The conclusion was that the consumer unit can reduce its expenditure on electricity by making contractual changes in demand and installing a photovoltaic generation system; and the combined scenario of generation with optimal demand presented the best economic indicators.

**Keywords:** electricity; photovoltaic power generation; economic indicators; energy efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica .....	16
Figura 2 - Eixos estratégicos da eficiência energética .....	18
Figura 3 - Evolução dos investimentos de PD&D em Eficiência Energética .....	19
Figura 4 - Origem dos recursos de PD&D em eficiência energética .....	19
Figura 5 - ODEX Brasil.....	20
Figura 6 - Diferença entre tarifa verde e azul .....	22
Figura 7 - Obtenção da demanda medida .....	26
Figura 8 - Demanda de ultrapassagem .....	27
Figura 9 - Evolução da capacidade instalada de energia fotovoltaica.....	29
Figura 10 - Etapas de elaboração .....	37
Figura 11 - Demanda ótima no horário de fora de ponta.....	41
Figura 12 - Demanda ótima no horário de ponta.....	42
Figura 13 - Fluxo de caixa para o primeiro cenário .....	54
Figura 14 - Fluxo de caixa para o segundo cenário .....	56
Figura 15 - Fluxo de caixa para o terceiro cenário .....	58
Quadro 1 - Tipos de grupo para enquadramento tarifário .....	21
Quadro 2 - Tarifas aplicadas .....	36



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Casos de demanda faturada .....	28
Tabela 2 - Histórico de consumo e demanda de 12 meses anteriores.....	37
Tabela 3 - Despesas referentes às demandas contratadas atuais.....	43
Tabela 4 - Despesas referentes às demandas ótimas .....	44
Tabela 5 - Despesas na tarifa azul com demandas contratadas atuais .....	45
Tabela 6 - Despesa na tarifa azul com demandas ótimas.....	46
Tabela 7 - Despesa na tarifa verde demanda contratado atual.....	47
Tabela 8 - Despesa na tarifa verde demanda ótima.....	47
Tabela 9 - Diferença entre tarifa azul e verde .....	48
Tabela 10 - Valores pagos atualmente.....	48
Tabela 11 - Valores que seriam pagos no melhor cenário .....	49
Tabela 12 - Consumos de energia .....	49
Tabela 13 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o primeiro cenário...50	
Tabela 14 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o segundo cenário..50	
Tabela 15 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o terceiro cenário ...52	
Tabela 16 - Valores pagos na fatura com energia solar e demanda de 420 kW. ....53	
Tabela 17 - Comparação de resultados .....	53
Tabela 18 - Valores pagos na fatura com energia solar e demanda de 180 kW. ....55	
Tabela 19 - Comparação de resultados .....	55
Tabela 20 - Valores pagos na fatura com tarifa verde e demanda de 106 kW.....57	
Tabela 21 - Comparação de resultados .....	57
Tabela 22 - Fatura de energia elétrica da UC no primeiro cenário.....	60
Tabela 23 - Fatura de energia elétrica da UC no segundo cenário .....	62
Tabela 24 - Fatura de energia elétrica da UC no terceiro cenário.....	65

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Tema</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Delimitação do tema</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Problemas e premissas</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5</b>	<b>Objetivos geral e específico</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Eficiência energética</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Enquadramento tarifário</b> .....	<b>20</b>
2.2.1	Modalidades do grupo A.....	21
<u>2.2.1.1</u>	<u>Tarifa verde</u> .....	<u>22</u>
<u>2.2.1.2</u>	<u>Tarifa azul</u> .....	<u>24</u>
2.2.2	Demanda de energia .....	24
<u>2.2.2.1</u>	<u>Demanda contratada</u> .....	<u>25</u>
<u>2.2.2.2</u>	<u>Demanda medida</u> .....	<u>25</u>
<u>2.2.2.3</u>	<u>Demanda de ultrapassagem</u> .....	<u>26</u>
<u>2.2.2.4</u>	<u>Demanda faturada</u> .....	<u>26</u>
<u>2.2.2.5</u>	<u>Demanda ótima contratada</u> .....	<u>27</u>
2.2.3	Consumo de energia .....	28
<u>2.2.3.1</u>	<u>Consumo no horário de ponta</u> .....	<u>28</u>
<u>2.2.3.1</u>	<u>Consumo no horário fora de ponta</u> .....	<u>28</u>
<b>2.3</b>	<b>Energia fotovoltaica</b> .....	<b>28</b>
2.3.1	Sistema de compensação de energia .....	29
2.3.2	Micro e minigeração distribuída.....	29
2.3.3	Dimensionamento teórico de um sistema fotovoltaico.....	30
<b>2.4</b>	<b>Indicadores econômicos</b> .....	<b>31</b>
2.4.1	Payback.....	31
2.4.2	Valor presente líquido.....	32
2.4.3	Taxa interna de retorno .....	32
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de pesquisa</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização do consumidor</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Métodos</b> .....	<b>36</b>

3.3.1	Cálculo otimizado para o contrato de demanda .....	36
3.3.2	Simulação tarifária.....	36
3.3.3	Dimensionamento teórico de energia solar .....	37
3.3.4	Indicadores econômicos .....	37
3.3.5	Análise dos cenários .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Cálculo da demanda ótima .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2</b>	<b>Simulação tarifária .....</b>	<b>43</b>
4.2.1	Simulação para a tarifa azul .....	43
4.2.2	Simulação para a tarifa verde.....	45
<b>4.3</b>	<b>Análise do melhor cenário de enquadramento tarifário .....</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Dimensionamento teórico de energia solar .....</b>	<b>48</b>
4.4.1	Primeiro cenário .....	48
<u>4.4.1.1</u>	<u>Investimento necessário .....</u>	<u>48</u>
4.4.2	Segundo cenário .....	49
<u>4.4.2.1</u>	<u>Investimento necessário .....</u>	<u>50</u>
4.4.3	Terceiro cenário.....	50
<u>4.4.3.1</u>	<u>Investimento necessário .....</u>	<u>51</u>
<b>4.5</b>	<b>Indicadores econômicos .....</b>	<b>51</b>
4.5.1	Primeiro cenário .....	51
4.5.2	Segundo cenário .....	54
4.5.3	Terceiro cenário.....	56
<b>4.6</b>	<b>Análise dos cenários.....</b>	<b>58</b>
4.6.1	Análise do primeiro cenário .....	58
4.6.2	Análise do segundo cenário .....	60
4.6.3	Análise do terceiro cenário .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Tema**

O número de habitantes do planeta terra está crescendo rapidamente e, conseqüentemente, abastecer energeticamente toda a humanidade vai se tornando uma tarefa cada vez mais difícil, pois o crescimento da população está ligado diretamente com o crescimento do consumo de energia, e isto está relacionado com a segurança e a necessidade de ampliação da capacidade instalada de um país (Ferreira; Corrêa; Perobelli, 2019)

Uma das maneiras para se solucionar esse problema é desenvolver novas fontes de se gerar energia, olhando, principalmente, para as energias renováveis, visando uma sustentabilidade futura e, para ser uma oportunidade de depender menos de combustíveis fósseis (Bondarick; Pilatti; Horst, 2018). Outra forma é aumentar a eficiência energética nos grandes consumidores de eletricidade existentes no país, desta forma, há uma diminuição muito grande na demanda de energia existente para as geradoras, além de baratear os custos referentes ao consumo de energia elétrica para esses consumidores.

Porém, em muitos casos a eficiência energética não é levada como prioridade para algumas unidades consumidoras. O segmento hoteleiro é um exemplo para este caso, pois têm uma das mais altas taxas de consumo de energia, pois uma de suas principais despesas classificada como variável, é a energia elétrica (Tomé, 2018). Entretanto, em diversas empresas, não há uma equipe técnica para cuidar das questões específicas de eficiência energética. Desta forma, a troca de equipamentos ineficientes, o enquadramento tarifário, o ajuste do fator de potência e o pagamento de multas desnecessárias não são revisados por esses consumidores de energia e, assim, eles acabam pagando muito mais do que deveriam na fatura de energia, causando prejuízos para eles.

### **1.2 Delimitação do Tema**

Este estudo apresenta o cálculo do valor otimizado para o contrato de demanda, a simulação entre as modalidades tarifárias (Verde ou Azul), separando em dois cenários: um com a demanda contratada atual e outro com a demanda

ótima calculada. Também é apresentado o dimensionamento teórico de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em três cenários para um hotel de Manaus, sendo o primeiro cenário abatendo 100% do consumo de energia elétrica da unidade consumidora, o segundo abatendo uma porcentagem do consumo porém limitado a demanda contratada atual e o terceiro abatendo uma porcentagem do consumo porém limitado a demanda ótima contratada. Por fim, é feito o cálculo dos indicadores econômicos e uma análise de cada cenário.

### **1.3 Problemas e premissas**

A preocupação com o aumento do consumo de energia elétrica tem se desenvolvido bastante, devido ao fato de que a inflação energética está aumentando a cada ano, o que faz aumentar cada vez mais a tarifação da energia elétrica. Por outro lado, muitas empresas não fazem a gestão das faturas de energia elétrica, com isso faz-se necessário realizar estudos para determinar se esses consumidores apresentam o melhor tipo de enquadramento tarifário e se apresentam a melhor demanda contratada, de tal forma a reduzir as despesas com energia elétrica e, também, apresentar alternativas de projetos, como a instalação de energia solar fotovoltaica, para reduzir ainda mais as despesas na fatura de energia elétrica.

### **1.4 Justificativa**

O presente trabalho se justifica pelo aumento das despesas com energia elétrica em consumidores de alta tensão no Brasil, devido ao fato do aumento das tarifas de energia e pela falta da gestão das faturas de energia elétrica. Com isso o estudo busca relacionar o cálculo de um valor de demanda otimizado para o contrato de demanda, do enquadramento tarifário e o cálculo de um sistema de energia fotovoltaica teórico como parte das ações de eficiência energética de uma unidade consumidora para apresentar resultados que podem significar diminuição das despesas na fatura de energia elétrica. A energia solar fotovoltaica foi escolhida devido ao fator de ser a mais economicamente viável hoje em dia para ser utilizada como energia distribuída.

## 1.5 Objetivos geral e específicos

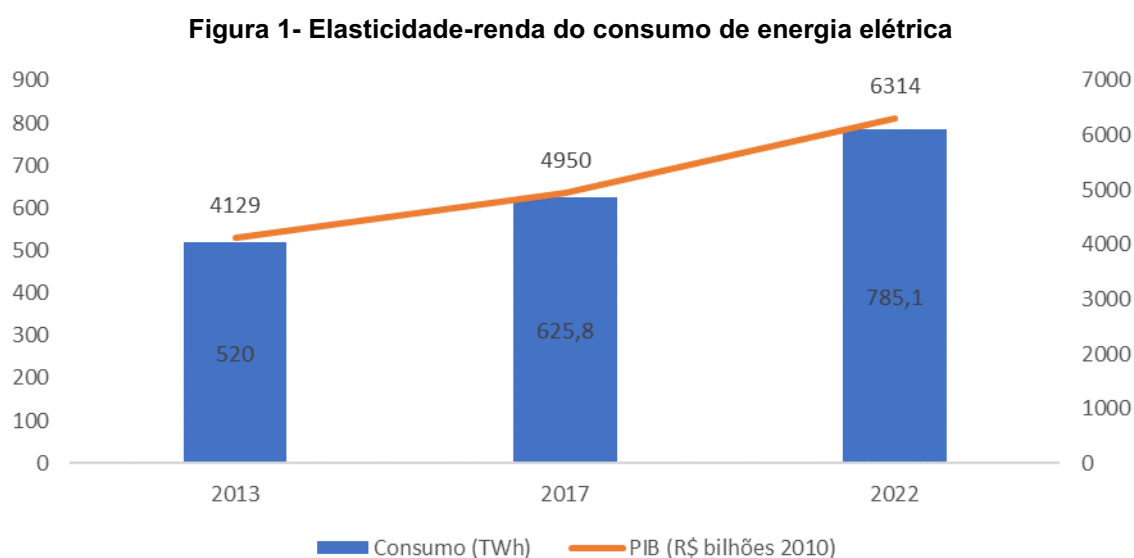
Avaliar a economia na fatura de energia elétrica de um hotel localizado no centro de Manaus, AM, por meio da análise de cenários de eficiência energética.

- Analisar o perfil de consumo e de demanda da unidade consumidora para adequação do contrato de demanda e o enquadramento tarifário em dois cenários, o primeiro com as demandas contratadas atuais e o segundo com as demandas ótimas calculadas;
- Dimensionar, de forma teórica, um sistema fotovoltaico para atendimento da unidade consumidora com base em três cenários de atendimento do consumo médio diário da unidade consumidora levando em consideração a sazonalidade do consumo anual, o primeiro cenários abatendo 100% do consumo da unidade consumidora, o segundo abatendo uma porcentagem do consumo porém limitado a demanda contratada atual e o terceiro abatendo uma porcentagem do consumo porém limitado a demanda ótima calculada;
- Estimar a redução das despesas na fatura de energia elétrica relacionadas aos cenários definidos, por meio do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado (PBd);
- Desenvolver planilhas eletrônicas que auxiliarão em todos os cálculos necessários para fazer este estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Eficiência energética

De acordo com Mamede Filho (2017), a sociedade está cada vez mais se preocupando em realizar medidas de uso racional de energia elétrica. Principalmente pelo fato de que existe um aumento acelerado no consumo de energia elétrica nos últimos anos no Brasil, como pode ser observado no Figura 1, que relaciona o consumo em TWh e o PIB brasileiro, onde é possível perceber que conforme o PIB brasileiro aumenta, o consumo de energia elétrica também aumenta.



Fonte: Adaptado de PDE (2022)

A partir da análise de que o crescimento da população é diretamente proporcional ao crescimento do consumo de energia, foram elaboradas uma série de práticas de eficiência energética em áreas industriais, comerciais e na iluminação pública com o objetivo de diminuir os desperdícios de modo a se obter uma melhor utilização da energia consumida (Mamede Filho, 2017). A ANEEL desenvolveu um programa chamado de PROCEL, com o intuito de atuar de forma a orientar, direcionar, capacitar e propor planos de ações através de guias e manuais criados e repassados às concessionárias e consumidores.

De acordo com Godoi e Oliveira Jr. (2009), a eficiência energética é a racionalização de energia que abrange o conjunto de ações que levam à redução do consumo de energia, sem perda na quantidade ou qualidade dos bens de serviço produzidos. Diversos benefícios podem ser citados através da adoção de medidas de eficiência energética, tais como:

- Redução dos custos referentes a energia elétrica;
- Aumento da capacidade de produção;
- Diminuição da frequência de manutenção de equipamentos ineficientes;
- Elaboração de estratégias de marketing para que a empresa obtenha um destaque no seu mercado;
- Contribuição para a sustentabilidade mundial.

A eficiência energética é um conceito de otimização do uso de energia elétrica, através de estratégias que sustentem o desempenho necessário da empresa com o consumo de energia, porém com abordagens sustentáveis (Brumer, 2014). Então, não se trata apenas a reduzir a utilização de equipamentos ineficientes para reduzir o consumo de energia elétrica.

Além disso, os benefícios das ações de eficiência energética não estão presentes apenas no que se refere a diminuição da fatura de energia elétrica para as unidades consumidoras, elas podem ir muito mais além, tendo influência em outros setores estratégicos da empresa, como: tecnologia, mercado, legislação e comunicação.

No setor de tecnologia, as empresas que investem em eficiência energética possuem equipamentos mais eficientes e otimizados, de tal forma que se torna algo mais lucrativo para elas, pois esses equipamentos sempre estão em busca de operar com a máxima produção de modo que seja gasto o menos possível.

Quando se trata do setor de mercado, as ações de eficiência energética implicam em incentivos financeiros e tributários. Um dos exemplos é o do BNDES que oferece linhas de créditos para investimentos em melhorias de processos, renovação ou substituição de equipamentos com vistas à eficiência energética. Outro exemplo é o Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), que é



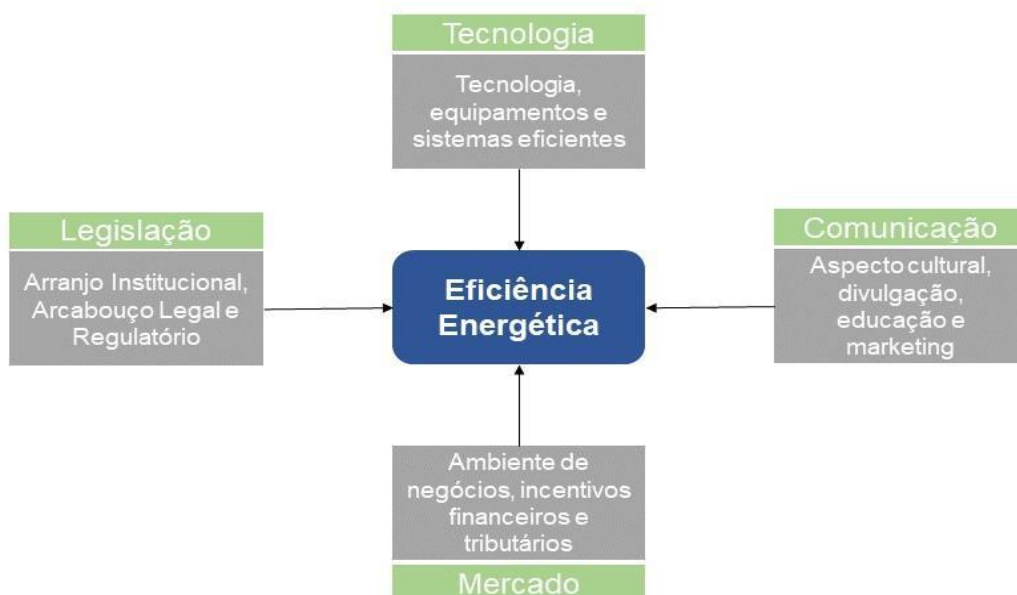
um programa de assistência técnica e global do Banco Mundial e do PNUD, onde apoia projetos que reduzam as barreiras e dificultam os governos a implementar projetos, políticas e soluções financeiras para eficiência energética (Stokler, 2016).

Olhando para o lado da legislação, existem diversas leis, regulamentos, portarias e normas que regem o tema da eficiência energética, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem, a lei 10.295 de eficiência energética, a Portaria MME/MCT/MDIC n° 553 de 08 de dezembro de 2005 e entre outras (Becker, 2014). Então as empresas evitam de pagar multas pelo não cumprimento de regras devido a qualidade da energia elétrica.

Por fim, quando se trata de comunicação, as empresas que adotam medidas de eficiência energética podem elaborar planos para melhorar a sua posição no mercado, devido ao avanço da atual visão sustentável. Então elas podem se posicionar de tal forma a ser bem-vista pela sociedade (Becker, 2014).

A Figura 2 apresenta o resumo dos tópicos de benefícios de cada eixo estratégico da eficiência energética.

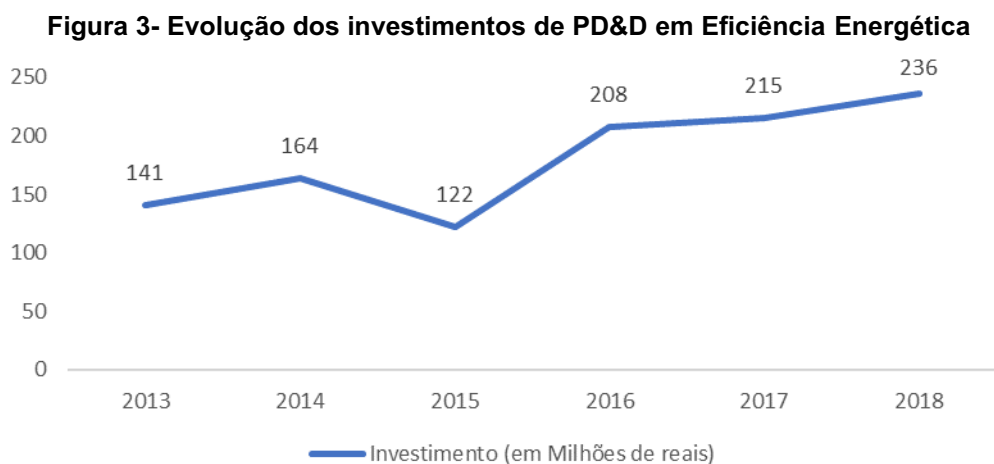
**Figura 2- Eixos estratégicos da eficiência energética**



Fonte: Adaptado de Haddad (2011)

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2011) afirma que o Brasil está evoluindo em ritmo acelerado no que se refere aos assuntos ligados à eficiência energética nos últimos anos.

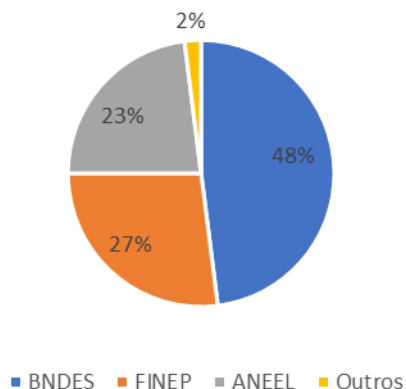
De acordo com a plataforma INOVA-E, entre 2013 e 2018, o Brasil investiu mais de 1 bilhão de reais em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em projetos de eficiência energética, que vieram a partir de investimentos públicos ou publicamente orientados. Desse total, quase metade foi oriunda do financiamento disponibilizado pelo BNDES, enquanto a ANEEL e a Finep correspondem a cerca de 23% e 27%, respectivamente (Atlas, 2022). O Figura 3 mostra a evolução dos investimentos em PD&D desde 2013 até 2018.



**Fonte: Adaptado de Atlas (2022)**

Já o Figura 4 mostra representatividade das origens dos recursos dos investimentos de PD&D em eficiência energética, onde os recursos provenientes do BNDES quase chegam a 50% de representatividade e, logo em seguida, vem os recursos provenientes do FINEP.

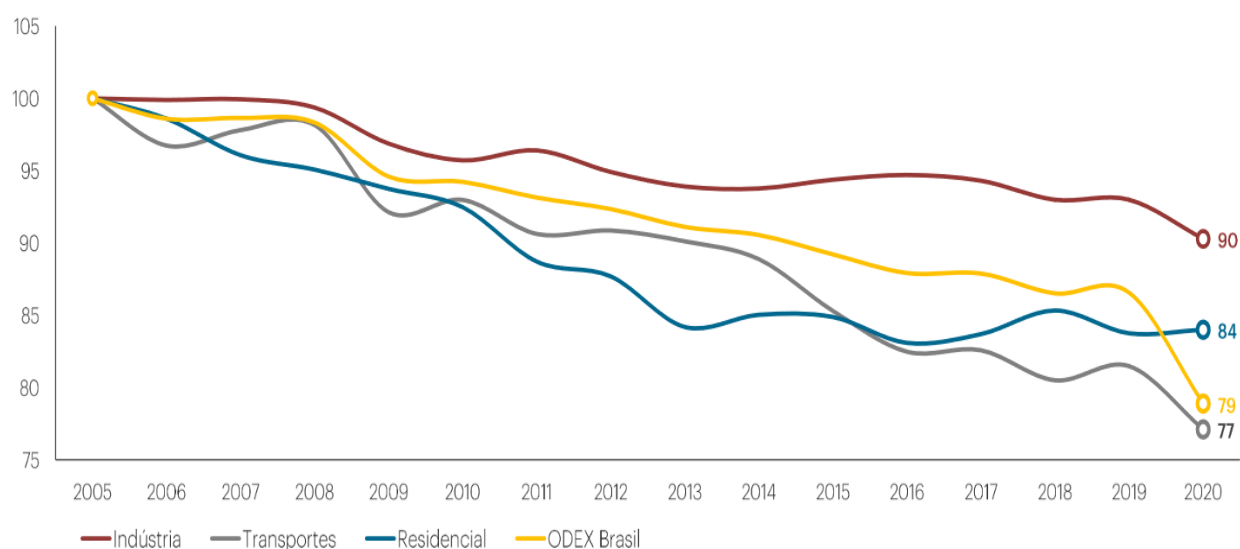
**Figura 4- Origem dos recursos de PD&D em eficiência energética**



**Fonte: Adaptado de Atlas (2022)**

Uma das formas de avaliar, analiticamente, o progresso que o país está tendo com relação a medidas de eficiência energética é por meio do indicador chamado ODEX. O ODEX apura o progresso de eficiência energética agregando por setor ou para a economia como um todo (BRASIL, 2022). Quanto menor for o ODEX de um país, mais eficiente energeticamente ele estará no período analisado, e quanto maior, menos eficiente ele estará. A Figura 5 apresenta o cálculo desse indicador englobando os setores industrial, residência, transportes e o Brasil de forma global no período de 2005 a 2020.

**Figura 5- ODEX Brasil**



**Fonte: Atlas (2022)**

Como pode ser observado na Figura 5, ao longo de 15 anos todos os setores analisados apresentaram ganhos de eficiência energética. O ODEX calculado em 2020 mostra que o país ficou 21% mais eficiente energeticamente se comparado a 2005, o que mostra que o Brasil está avançando em termos de projetos e medidas de eficiência energética. Porém, tal área necessita de uma atualização contínua e ter seu alcance expandido.

## 2.2 Enquadramento tarifário

No Brasil, o enquadramento tarifário é regulamentado pela resolução de nº 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esta resolução classifica as unidades consumidoras de energia elétrica em dois grupos: grupo A (tarifa binômica) e grupo B (tarifa monômica). A classificação é feita a partir do nível de tensão que as unidades consumidoras são atendidas, além da demanda em quilowatts (kW). Para cada tarifa estabelecida, são levados em conta os fatores relacionados aos custos, como infraestrutura, geração, transmissão e distribuição (ANEEL, 2016). O Quadro 1 apresenta a classificação existente entre esses dois diferentes grupos.

**Quadro 1 - Tipos de grupo para enquadramento tarifário**

<b>Grupo A</b>	
<b>Subgrupo A1</b>	Atendimento em tensão igual ou superior a 230 kV
<b>Subgrupo A2</b>	Atendimento em tensão de 88 kV a 138 kV
<b>Subgrupo A3</b>	Atendimento em tensão de 69 kV
<b>Subgrupo A4</b>	Atendimento em tensão de 2.3 kV a 44 kV
<b>Subgrupo AS</b>	Atendimento em tensão inferior a 2.3 kV (sistema subterrâneo)
<b>Grupo B</b>	
<b>Subgrupo B1</b>	Atendimento residencial
<b>Subgrupo B2</b>	Atendimento Rural
<b>Subgrupo B3</b>	Atendimento demais classes
<b>Subgrupo B4</b>	Atendimento iluminação pública

**Fonte: Adaptado de Andreos (2013)**

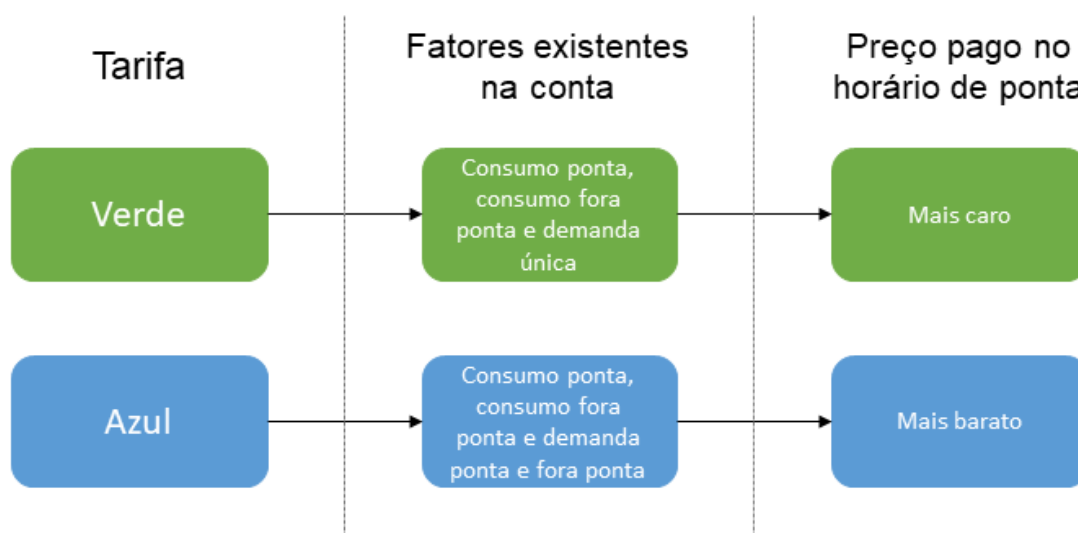
Estudar o melhor tipo de enquadramento tarifário significa adaptar seu regime de funcionamento visando redução de despesas na fatura de energia elétrica. Para encontrar a melhor modalidade tarifária é necessário que seja levado em conta os valores de consumo ponta e fora ponta, a demanda contratada e, as possibilidades de modificar a curva de carga de modo a não consumir no horário de ponta (Santos, 2006).

Existem duas modalidades tarifárias específicas para consumidores do grupo A no Brasil, apresentadas a seguir.

### 2.2.1 Modalidades do grupo A

Especificamente para consumidores do grupo A, existem duas opções de enquadramento tarifário: a tarifa verde e a tarifa azul. Na tarifa verde, a cobrança pela demanda é única, independente do horário e o preço pelo consumo no horário de ponta é maior. Já na tarifa azul, existem dois valores de demandas, um específico para o horário de ponta e o outro específico para o horário fora de ponta e, além disso, o preço pelo consumo no horário de ponta é menor. A Figura 6 resume a diferença entre as duas tarifas.

**Figura 6- Diferença entre a tarifa verde e azul**



Fonte: Autoria própria (2022)

#### 2.2.1.1 Tarifa verde

A característica desse tipo de tarifa é que se firma um acordo com a concessionária de energia, onde é contratado apenas um único valor de demanda que servirá tanto para o horário de ponta quanto para o horário fora de ponta.

O cálculo da parcela de custo no enquadramento tarifário verde é feito através da demanda contratada, consumo nos horários de ponta e fora ponta, e suas respectivas tarifas em cada estrutura tarifária.

Cabe ressaltar que apenas algumas unidades consumidoras do grupo A podem adotar essa opção (BRASIL, 2015). As unidades consumidoras que podem se enquadrar nesse tipo de tarifa são as que pertencem aos seguintes subgrupos: A3a (30 kV a 44kV), A4 (2,3kV a 25kV) e AS (Subterrâneo).

A parcela de custo do consumo, que é dado pela quantidade de kWh registrado por mês, pode ser calculada conforme apresentado na Equação (1) (Procel, 2011).

$$P_{consumo} = T_{CP} * C_P + T_{CFP} * C_{FP} \quad (1)$$

Onde:  $P_{consumo}$  - Parcela de Custo do Consumo,  $T_{CP}$  - Tarifa do Consumo de Ponta,  $C_P$  - Consumo Medido na Ponta,  $T_{CFP}$  - Tarifa do Consumo Fora de Ponta e  $C_{FP}$  - Consumo Medido Fora de Ponta

Em relação a parcela de custo referente a demanda, é utilizado o valor da própria demanda contratada quando o valor registrado de 15 em 15 minutos não exceder 5% do valor contratado, dessa forma, essa parcela é calculada a partir da Equação (2).

$$P_D = T_D * D_C \quad (2)$$

Onde:  $P_D$  – Parcela de Demanda,  $T_D$  – Tarifa de Demanda,  $D_C$  – Demanda Contratada.

Quando o valor da demanda medida ultrapassar os 5% do valor da demanda contratada, o cálculo da parcela de custo referente à demanda terá um acréscimo, que se refere a parcela de ultrapassagem, no qual pode ser calculado a partir da Equação (3).

$$P_{d+u} = T_D * D + T_{DU} * D_U \quad (3)$$

Onde:  $P_{d+u}$  - Parcela de custo da demanda mais a demanda de ultrapassagem,  $D$  - Demanda medida,  $T_{DU}$  - Tarifa da demanda de ultrapassagem,  $D_U$  - Demanda de ultrapassagem medida.

Por fim, quando a demanda medida ficar abaixo do valor da demanda contratada, será cobrada a diferença entre a demanda contratada e o valor medido, porém, multiplicada por uma tarifa isenta de ICMS, calculado a partir da Equação (4):

$$P_{d+i} = T_D * D + T_{DI} * D_I \quad (4)$$

Onde:  $P_{d+i}$  - Parcela de custo da demanda mais a demanda isenta de ICMS,  $T_{DI}$  - Tarifa da demanda isenta de ICMS,  $D_I$  - Diferença entre a demanda contratada e a demanda medida.

#### 2.2.1.2 Tarifa azul

Para se enquadrar nesse tipo de tarifa, também é necessário um contrato com a concessionária de energia, porém, ela é obrigatória para os consumidores do subgrupo A1, A2 e A3 e opcional para os consumidores do subgrupo A3a, A4 e AS.

O cálculo da parcela de custo do consumo é o mesmo, porém, o da demanda se torna diferente, pois é acrescentada uma demanda contratada a mais na fatura de energia. A equação (5) apresenta a parcela de custo da demanda mais a demanda de ultrapassagem para a tarifa azul.

$$P_{d+u} = T_{DP} * D_P + T_{DFP} * D_{FP} + T_{DPU} * D_{UP} + T_{DFPU} * D_{UFP} \quad (5)$$

Onde:  $P_{d+u}$  - Parcela de custo da demanda mais a demanda de ultrapassagem,  $T_{DP}$  - Tarifa da demanda ponta,  $D_P$  - Demanda medida na ponta,  $T_{DFP}$  - Tarifa da demanda fora ponta,  $D_{FP}$  - Demanda medida fora ponta,  $T_{DPU}$  - Tarifa da demanda de ultrapassagem na ponta,  $D_{UP}$  - Demanda de ultrapassagem medida na ponta,  $T_{DFPU}$  - Tarifa da demanda de ultrapassagem fora de ponta,  $D_{UFP}$  - Demanda de ultrapassagem medida fora de ponta.

Já a equação (6) apresenta a parcela de custo da demanda mais a demanda isenta de ICMS na tarifa azul.

$$P_{d+i} = T_{DP} * D_P + T_{DFP} * D_{FP} + T_{DPI} * D_{IP} + T_{DFPI} * D_{IFP} \quad (6)$$

Onde:  $T_{DPI}$  - Tarifa da demanda isenta de ICMS na ponta,  $D_{IP}$  - Demanda isenta de ICMS medida na ponta,  $T_{DFPI}$  - Tarifa da demanda isenta de ICMS fora de ponta,  $D_{IFP}$  - Demanda isenta de ICMS medida fora de ponta.

### 2.2.2 Demanda de energia

Todo consumidor que se enquadrar no grupo A deve fazer um contrato de demanda com a concessionária de energia. A demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela de carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado (Procel, 2011).

Há diversos conceitos de demanda dentro do enquadramento tarifário dos consumidores do grupo A que são apresentados a seguir.

#### 2.2.2.1 Demanda contratada

Demanda de potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência no contrato de fornecimento (Procel, 2011).

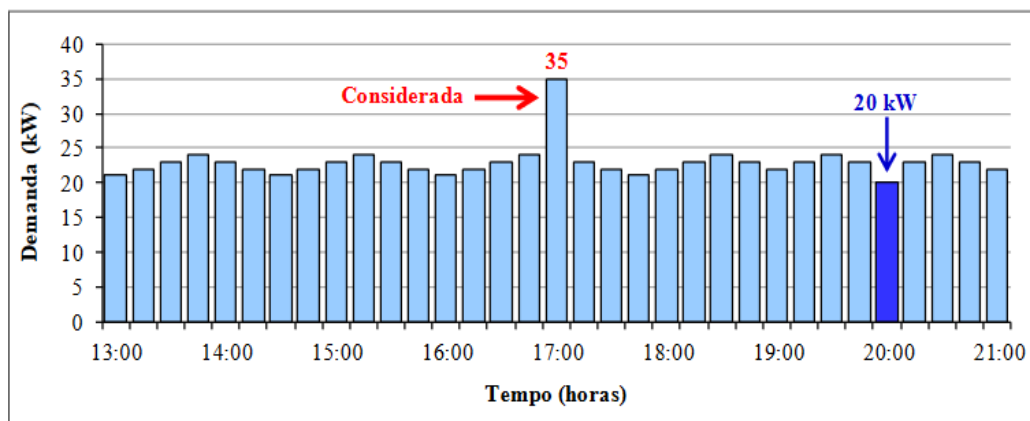
Com isso, a partir da assinatura de um contrato, a concessionária de energia garante que a unidade consumidora terá a potência necessária para poder solicitar a qualquer momento. Porém vale lembrar que a demanda contratada deverá ser paga de forma integral.



#### 2.2.2.2 Demanda medida

Maior valor de demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento (Procel, 2011). A Figura 7 mostra um exemplo de uma medição com valores de demanda medida das 13h às 21h. Onde neste exemplo, a demanda medida será a de 35 kW.

**Figura 7- Obtenção da demanda medida**



**Fonte: Marangoni, Ferreira e Konopatzki (2015)**

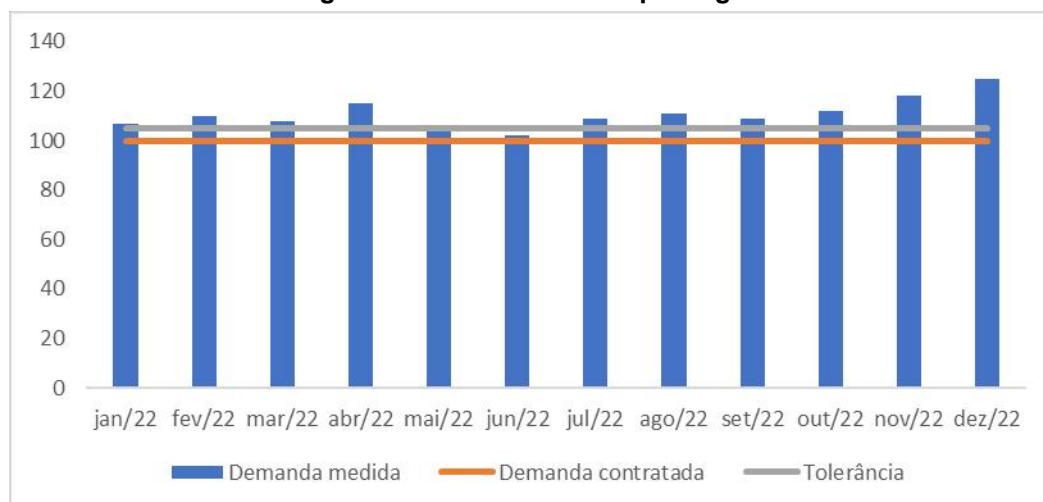
Como a medição é feita a cada 15 minutos, será considerado, na fatura de energia, o maior valor entre os 2880 valores que foram registrados ao longo do mês.

Caso a demanda medida seja menor do que a demanda contratada, será faturado o valor da demanda medida mais a diferença entre a demanda medida e a contratada sem o imposto de transmissão de energia que se enquadra no ICMS, pois não houve a solicitação do transporte de energia. O caso de quando a demanda medida ultrapassar a demanda contratada é apresentado a seguir.

### 2.2.2.3 Demanda de ultrapassagem

Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada (Procel, 2011). Porém, só é considerado demanda de ultrapassagem quando o valor da demanda medida ultrapassar 5% do valor da demanda contratada. O Figura 8 apresenta um exemplo de quando a demanda medida ultrapassar o limite da demanda contratada.

Figura 8- Demanda de ultrapassagem



Fonte: Autoria própria (2022)

Vale a pena ressaltar que a tarifa cobrada pela demanda de ultrapassagem é o dobro da tarifa da demanda.

#### 2.2.2.4 Demanda faturada

Valor da demanda considerada para fins de faturamento com a aplicação da respectiva tarifa (ANEEL, 2000).

#### 2.2.2.5 Demanda ótima contratada

Segundo Marangoni, Ferreira e Konopatzki (2015), o valor de demanda contratada que resulta no menor valor de demanda faturada durante o período analisado é chamado de demanda ótima.

Para determinar o valor da demanda ótima, é necessário, primeiro, avaliar em qual dos três casos da Tabela 1 em que a demanda faturada se encaixa:

Tabela 1 - Casos de demanda faturada

Casos	Demanda Faturada
$D_{Medida} < D_{Contratada}$	$D_{Contratada}$
$D_{Contratada} \leq D_{Medida} \leq D_{Limite}$	$D_{Medida}$
$D_{Limite} < D_{Medida}$	$D_{Medida} + D_{Ultrapassagem}$

Fonte: Adaptado de Marangoni, Ferreira e Konopatzki (2015)

Dessa forma, a demanda ótima a ser contratada é obtida tendo por base a utilização do histórico de registros de Demanda Medida. Com isso, utiliza-se a Equação (7) para calcular a demanda faturada:

$$Demanda\ Faturada = \sum_{i=1}^n [D_M + B_i * (D_C - D_M) + 2 * C_i * (D_M - D_C)] \quad (7)$$

Assim,  $B_i = 1$  se  $D_M < D_C$ ,  $B_i = 0$  se  $D_M = 1,05 * D_C$  e  $B_i = 0$  se  $D_M > 1,05 * D_C$ .

$C_i = 0$  se  $D_M < D_C$ ,  $C_i = 0$  se  $D_M = 1,05 * D_C$  e  $C_i = 1$  se  $D_M > 1,05 * D_C$ .

Onde,  $B_i$  – Variável responsável pelo acréscimo de penalidade quando a demanda medida fica abaixo da contratada;  $C_i$  – Variável responsável pelo acréscimo de penalidade por ultrapassagem;  $n$  – Número de meses em análise.

Dessa forma, de acordo com Marangoni (2021), inicia-se com um valor de demanda contratada para calcular a demanda faturada total no período  $n$ . Após isso, é incrementado um valor de potência (em kW) na demanda contratada para calcular a nova demanda faturada total no período  $n$ . Assim, por meio de tentativa e erro, é encontrada a demanda que gera o menor valor de demanda faturada.

### 2.2.3 Consumo de energia

Tanto os consumidores do grupo A quanto os consumidores do grupo B são cobrados, na fatura de energia, pelo consumo de energia elétrica mensal. O consumo de energia é a quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo, expresso em quilowatt-hora (Procel, 2011).

Porém, para os consumidores do grupo A, o consumo é separado em dois horários, que são apresentados a seguir.

#### 2.2.3.1 Consumo no horário de ponta

É o consumo de energia que se obteve no período de 3 horas consecutivas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária, em função das características de seu sistema elétrico (Procel, 2011). Na Copel, por exemplo, esse horário é das 18h até às 21h.

Nesse horário é cobrado valores mais elevados pelo consumo de energia pelo fato de que é um horário com uma maior demanda de energia para as concessionárias.

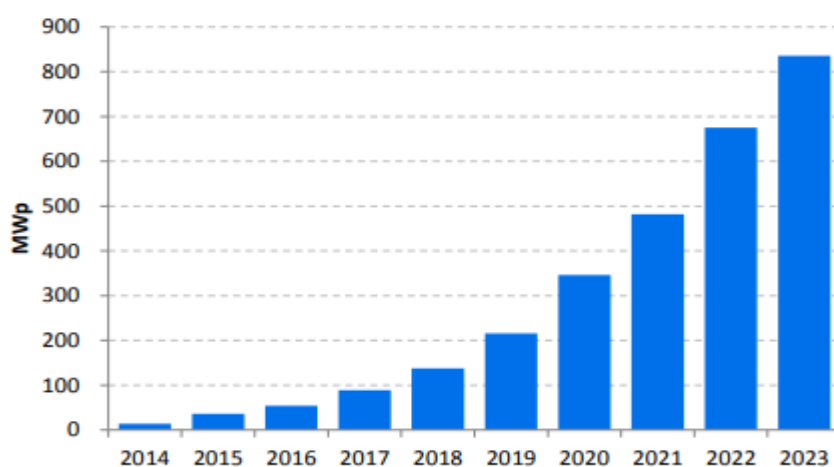
### 2.2.3.2 Consumo no horário fora de ponta

É o consumo de energia que corresponde às outras 21 horas do dia, que não sejam referentes ao horário de ponta. Geralmente, a tarifa cobrada pelo consumo nesse horário tem o valor menor.

## 2.3 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é a energia gerada através da conversão da radiação solar em eletricidade (Lana et al., 2015). Essa conversão é feita através de um equipamento conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007). No Brasil, está havendo uma evolução bem alta ao longo dos anos da capacidade instalada da geração fotovoltaica em geração distribuída, o que possibilita uma economia significativa na fatura de energia elétrica de todos os consumidores. A Figura 9 mostra a evolução da capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil e também apresenta uma projeção para 2023.

Figura 9 - Evolução da capacidade instalada de energia fotovoltaica



Fonte: EPE (2014)

### 2.3.1 Sistema de compensação de energia

O sistema de compensação de energia elétrica permite utilizar-se da rede elétrica da concessionária de energia local como uma grande bateria. Dessa forma, para sistemas on-grid, toda energia elétrica excedente é injetada na rede gerando créditos para o consumidor que a injetou. Com isso, nos meses em que o consumo de energia for menor do que a geração, um crédito em kWh é destinado ao consumidor, com o intuito de, em meses em que o consumo for maior do que a geração, abater esse consumo extra. Esses créditos podem ser utilizados em até 60 meses (ANEEL, 2016).

### 2.3.2 Micro e minigeração distribuída

Atualmente, os projetos de energia solar fotovoltaica são separados em dois tipos: Microgeração e minigeração distribuída.

A microgeração é formada por sistemas com carga total instalada menor ou igual a 75 kW, enquanto a minigeração é formada por sistemas com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2016).

### 2.3.3 Dimensionamento teórico de um sistema fotovoltaico

Para realizar o dimensionamento teórico de energia fotovoltaica para uma unidade consumidora enquadrada no grupo A, é necessário observar os seguintes dados da fatura de energia elétrica:

- Consumo e tarifa no horário de ponta;
- Consumo e tarifa no horário fora de ponta;
- Demanda de potência no horário de ponta;
- Demanda de potência no horário fora de ponta.

E também, é necessário levar em conta alguns parâmetros existentes no local em que a unidade consumidora está:

- Irradiação solar do local;
- Temperatura;
- Área disponível;
- Módulo fotovoltaico a ser utilizado no projeto.

Para calcular a quantidade de módulos que serão utilizados no sistema é necessário calcular, primeiro, a potência total do sistema em kWp. Porém, para sistemas de alta tensão, a potência do inversor é limitada pela demanda contratada, ou seja, a potência do inversor não pode ser superior a 30% do valor da demanda contratada.

1. Sistema com potência necessária para abater todo o consumo de energia da unidade consumidora, dado pela Equação (10).

$$P_T = \frac{G_N}{30 * F_{IM} * FC} \quad (10)$$

Onde:  $P_T$  – Potência do sistema,  $G_N$  – Geração necessária,  $F_{IM}$  – Fator de irradiação médio do local,  $FC$  – Fator de correção aplicado.

2. Sistema com potência limitado pela demanda contratada, dado pela Equação (11).

$$P_{LD} = D_C * 1,3 \quad (11)$$

Onde:  $P_{LD}$  – Potência limitada pela demanda,  $D_C$  – Demanda contratada.

Após calculada a potência necessária, é possível calcular a quantidade de módulos fotovoltaicos do sistema a partir da Equação (12).

$$N_{Módulos} = \frac{P_{Calculada}}{P_{Módulos}} \quad (12)$$

Onde:  $N_{Módulos}$  – Número de módulos do sistema,  $P_{Calculada}$  – Potência total do sistema calculada,  $P_{Módulos}$  – Potência escolhida dos módulos.

## 2.4 Indicadores econômicos

Para todo tipo de investimento no setor de energia elétrica, é necessário realizar a análise da viabilidade econômica do projeto, dessa forma é possível descobrir se haverá uma possibilidade de retorno de capital atrativo. Dentro dessa análise, é necessário levar em conta as implicações a longo prazo de fatores econômicos como a inflação e a taxa de juros.

Dessa forma, os cálculos realizados para analisar a viabilidade econômica, utilizam-se de alguns indicadores econômicos que se fazem presentes dentro da engenharia econômica, como: Payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

### 2.4.1 Payback

O *payback* é a medida do tempo requerido para retorno do investimento inicial em determinado empreendimento (Balarine, 2002). Para isso, é calculado o fluxo de caixa com o Valor Presente Líquido (VPL) e a partir do momento que a soma das entradas se iguala ao valor do investimento inicial, têm-se o *payback*.

O *payback* é dividido em dois: simples e descontado. No cálculo do método simples, o valor do investimento inicial é subtraído por todas as entradas de capital, sem considerar o valor do dinheiro no tempo, até achar o período em que o valor investido é quitado. Este cálculo é feito a partir da Equação (13).

$$PBS = \frac{P}{PMT} \quad (13)$$

Onde: P – Valor do investimento inicial, PMT – Ganhos ou fluxos no período analisado.

Já o *payback* descontado leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, desta forma é aplicado uma taxa de desconto que transforme os fluxos de caixa em seus valores equivalentes numa data presente ou futura (Balarine, 2002). Este cálculo é feito a partir da Equação (14).



$$PBD = \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

Onde:  $F_t$  – Fluxo de caixa relacionado às receitas menos as despesas de cada período,  $i$  – Taxa de juros,  $n$  – Período analisado.

#### 2.4.2 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) consiste em avaliar se uma determinada alternativa de investimento, em valores da data 0 (zero), apresenta lucro ou prejuízo (Nogueira, 2011). Desta forma, ele se caracteriza por ser um indicador que considera o valor do dinheiro no tempo. Se o VPL for superior a zero, os valores dos fluxos de caixa futuros deslocados para o presente superam o valor do investimento inicial, caso contrário, o investimento trará prejuízos. O VPL é obtido a partir da Equação (15).

$$VPL = \sum \frac{X_j}{(1+i)^n} \quad (15)$$

Onde:  $X_j$  – Fluxo de caixa,  $i$  – Taxa mínima de juros,  $n$  – Período analisado.

Caso o VPL seja igual a zero, o retorno do projeto será igual a taxa mínima de atratividade, ou seja, não será suficiente para tornar a alternativa analisada atrativa (Nogueira, 2011).

#### 2.4.3 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é o método que calcula a taxa de desconto que, aplicada a série de entradas e saídas do fluxo de caixa, iguala o fluxo a zero (Balarine, 2002). Esse método possibilita uma análise alternativa de um investimento por meio de sua rentabilidade. A Equação (16) apresenta:

$$VPL = \sum \frac{X_j}{(1+i)^n} = 0 \quad (16)$$

Para fazer uma análise utilizando a TIR, é necessário compará-la com o custo inicial do projeto. Se a TIR for maior do que o custo do capital, o projeto é aceito, pois ela acrescentou valor ao capital investido. Entretanto, se a TIR for menor que o custo do capital inicial, o projeto deve ser descartado (Stalla, 2000).

### **3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

A unidade consumidora que foi objeto de estudo deste trabalho pertence ao setor hoteleiro e apresenta a despesa com energia elétrica como a segunda maior despesa da empresa e não há equipe técnica presente para gerenciar a fatura de energia elétrica da empresa, conforme informações da gerência da unidade consumidora,

#### **3.2 Tipo de pesquisa**

O tipo de pesquisa deste trabalho é dividido em duas partes: pesquisa bibliográfica e análise quantitativa.

A pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório, foi realizada para obter conhecimento sobre o panorama do setor elétrico brasileiro, como funciona a eficiência energética, os diferentes tipos de enquadramentos tarifários para consumidores de alta tensão, como funciona o sistema de energia fotovoltaica e como foi feito o dimensionamento teórico de um sistema de energia solar fotovoltaica e, por fim, quais indicadores econômicos foram utilizados neste trabalho.

Já a segunda parte se refere a explicitar os dados que foram analisados e, através de análises quantitativas, apresentar os cálculos necessários para o desenvolvimento do estudo.

#### **3.3 Caracterização do consumidor**

A unidade consumidora se encontra no centro de Manaus, capital do Amazonas. Atualmente, ela está enquadrada na tarifa azul com demanda contratada de 180 kW para ambos os horários. O transformador é de 500 kVA.

Os dados para a realização deste trabalho foram disponibilizados pela própria empresa e estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Histórico de consumo e demanda de 12 meses anteriores

Mês	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora Ponta (kWh)	Demanda Ponta (kW)	Demanda Fora Ponta (kW)
Janeiro	4.449	45.788	100	109
Fevereiro	4.342	41.459	101	110
Março	5.076	48.294	100	108
Abril	3.505	37.716	72	108
Maio	3.763	38.348	71	99
Junho	3.586	37.441	78	92
Julho	4.074	38.228	77	98
Agosto	4.412	41.790	99	111
Setembro	4.211	42.826	96	95
Outubro	4.488	48.241	90	103
Novembro	4.205	44.766	92	105
Dezembro	4.989	47.325	91	108

Fonte: Adaptado da concessionária de energia (2022)

As tarifas que estão sendo aplicadas ao consumidor são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Tarifas aplicadas

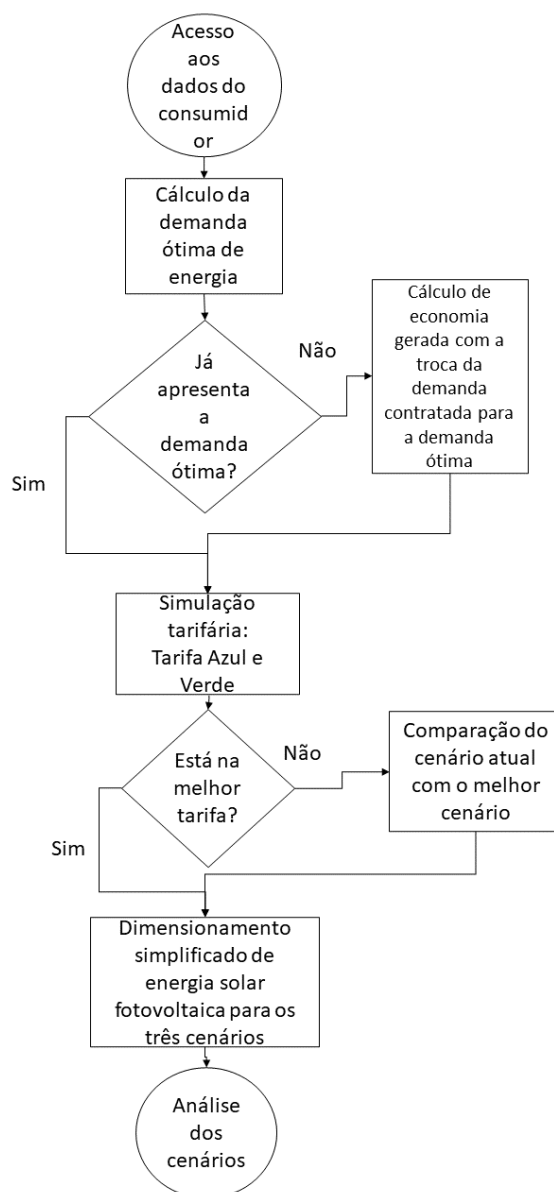
Posto tarifário	Consumo Fora Ponta	Consumo Ponta	Demanda Fora Ponta	Demanda Ponta
Verde	R\$ 0,79	R\$ 2,55	R\$ 42,57	-
Azul	R\$ 0,79	R\$ 1,02	R\$ 42,57	R\$ 79,04

Fonte: Adaptado da concessionária de energia (2022)

### 3.4 Métodos

Esta pesquisa foi baseada em uma análise de cinco cenários para a obtenção de economia na fatura de energia elétrica da empresa, utilizando-se de três indicadores de análise de engenharia econômica: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback. A Figura 10 apresenta as etapas de realização das atividades que foram feitas.

**Figura 10- Etapas de elaboração**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

### 3.4.1 Cálculo otimizado para o contrato de demanda

A partir do histórico de faturas disponibilizadas, realizou-se análise de todas as demandas medidas e comparou-se com a demanda contratada. A partir da metodologia apresentada por Marangoni (2021), com auxílio da planilha eletrônica, simulou-se o valor da demanda ótima de energia, de tal forma que a demanda ótima seja a a demanda contratada que gere o menor valor de demanda faturada no ano,

e descobriu-se quanto a troca da demanda contratada para a demanda ótima de energia geraria de economia para a unidade consumidora.

### 3.4.2 Análise da opção tarifária

Com os valores de consumo ponta, consumo fora ponta, demanda ponta e demanda fora ponta, realizou-se a simulação tarifária, a partir das equações apresentadas na seção 2.2 e com auxílio da planilha eletrônica, comparou-se os gastos na tarifa azul e verde nos dois cenários a seguir:

1. Cenário com a demanda contratada atual;
2. Cenário com a demanda ótima de energia.

Após isso, verificou-se qual é a melhor tarifa para a unidade consumidora se enquadrar.

### 3.4.3 Dimensionamento teórico de energia solar

Com os dados da série histórica dos consumos da unidade consumidora, foi realizado um dimensionamento teórico de energia a partir das equações apresentadas na seção 2.3, com auxílio de uma planilha eletrônica, para os seguintes cenários:

1. Dimensionamento fotovoltaico para abater todo o consumo, aumentando – se necessário – a demanda contratada no melhor enquadramento tarifário calculado;
2. Dimensionamento fotovoltaico com potência pico limitada à atual demanda contratada da unidade consumidora no melhor enquadramento tarifário calculado;
3. Dimensionamento fotovoltaico com potência pico limitada à demanda ótima de energia calculada no melhor enquadramento tarifário calculado;

Em todos os cenários foram feitos cálculos financeiros, a partir dos indicadores econômicos, para identificar a viabilidade de cada projeto.

#### 3.4.4 Indicadores econômicos

Para determinar a viabilidade econômica da implantação dos projetos em cada um dos cenários calculados, utilizou-se os indicadores econômicos apresentados na seção 2.4.

Para isso, primeiro foi necessário obter o valor dos investimentos em cada um dos cenários. Os investimentos para cada um dos cenários de energia solar fotovoltaica foram obtidos a partir de três orçamentos com uma empresa de Manaus que considerou os mesmos resultados obtidos com os cálculos feitos neste trabalho, apresentados na seção 4.4. Os valores dos investimentos são apresentados nos itens 4.5.1.1, 4.5.2.1 e 4.5.3.1.

Também foi necessário calcular a economia gerada com a instalação dos módulos fotovoltaicos em cada um dos cenários, de tal forma que seja possível calcular o fluxo de caixa de cada projeto. A economia foi calculada comparando o valor que a unidade consumidora pagaria na fatura de energia elétrica em cada um dos cenários com o cenário em que ela estaria no melhor enquadramento tarifário obtido neste estudo e com a demanda contratada atual. Essa economia é apresentada nos itens 4.6.1, 4.6.2 e 4.6.3.

Para o cálculo do tempo de retorno sobre o investimento, considerou-se o método de cálculo do *payback* descontado

Para o cálculo do VPL, utilizou-se uma taxa de 12,75% ao ano, correspondente a atual taxa Selic, uma taxa de desconto de 5% e a inflação energética de 7% e o projeto foi considerado com uma vida útil de 25 anos.

Por fim, para o cálculo da TIR utilizou-se os valores do fluxo de caixa descontados em cada mês ao longo da vida útil de cada projeto.

### 3.4.5 Análise dos cenários

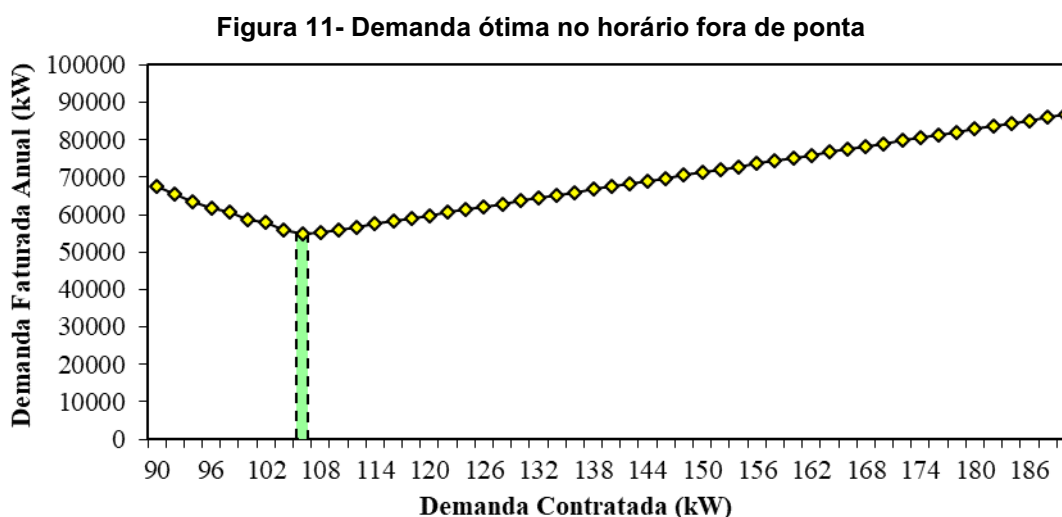
Após os estudos dos tópicos anteriores, realizou-se uma análise de cada cenário obtido com a combinação dos resultados da simulação tarifária com o dimensionamento teórico para apresentar os pontos positivos e negativos de cada um dos cenários, para que assim, a unidade consumidora se apoie neste trabalho na hora de tomar a decisão de qual caso escolher.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

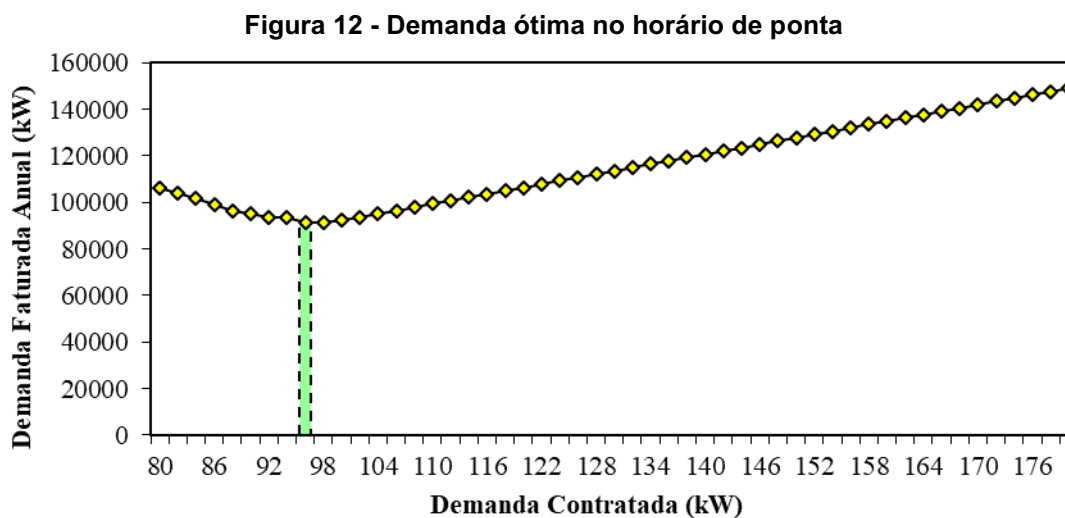
### 4.2 Cálculo da demanda ótima

Foi realizada a simulação considerando o intervalo de 90 kW a 200 kW para a demanda contratada, desta forma foi identificado o valor da demanda ótima tanto para o horário fora de ponta, quanto para o horário de ponta. O Figura 11 apresenta o resultado do cálculo para a demanda ótima no horário fora de ponta.



Fonte: Autoria própria (2022)

Como pode ser observado na Figura 11, a demanda de 106 kW foi a que gerou o menor valor de demanda faturada em todo o intervalo analisado. Já a Figura 12 apresenta o resultado do cálculo da demanda ótima no horário de ponta, onde pode ser observado que a demanda de 96 kW foi a que gerou o menor valor de demanda faturada em todo o intervalo analisado.



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Para realizar uma análise comparativa das despesas entre as demandas contratadas atuais e as demandas ótimas calculadas, realizou-se o cálculo das despesas totais em 12 meses causadas pelas demandas contratadas atuais e, após isso, foi realizada uma simulação das despesas com as demandas ótimas contratadas. A Tabela 3 apresenta o resultado das despesas obtidas com as demandas contratadas atuais.

**Tabela 3 - Despesas referentes às demandas contratadas atuais**

<b>Mês</b>	<b>Demanda Fora de Ponta</b>	<b>Demanda na Ponta</b>
Janeiro	R\$6.907,16	R\$12.646,30
Fevereiro	R\$6.917,80	R\$12.666,06
Março	R\$6.896,52	R\$12.646,30
Abril	R\$6.896,52	R\$12.093,05
Maio	R\$6.800,76	R\$12.073,29
Junho	R\$6.726,28	R\$12.211,60
Julho	R\$6.790,12	R\$12.191,84
Agosto	R\$6.928,44	R\$12.626,54
Setembro	R\$6.758,20	R\$12.567,26
Outubro	R\$6.843,32	R\$12.448,71
Novembro	R\$6.864,60	R\$12.488,23
Dezembro	R\$6.896,52	R\$12.468,47
<b>Total geral</b>		<b>R\$231.353,89</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Tabela 4, apresenta o resultado das despesas obtidas com as demandas ótimas calculada anteriormente utilizando a metodologia apresentada pro Marangoni (2021).

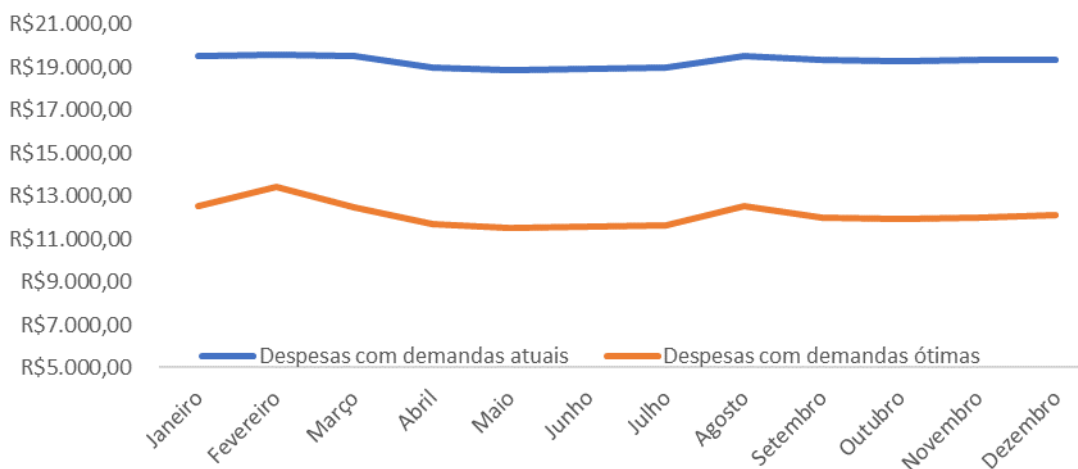
**Tabela 4 - Despesas referentes às demandas ótimas**

<b>Mês</b>	<b>Despesa com Demanda Fora de Ponta</b>	<b>Despesa com Demanda na Ponta</b>
Janeiro	R\$ 4.640,13	R\$7.903,90
Fevereiro	R\$4.682,70	R\$8.773,33
Março	R\$4.597,56	R\$7.903,90
Abril	R\$4.597,56	R\$7.113,53
Maio	R\$4.437,94	R\$7.093,77
Junho	R\$4.363,46	R\$7.232,08
Julho	R\$4.427,30	R\$7.212,32
Agosto	R\$4.725,27	R\$7.824,86
Setembro	R\$4.395,38	R\$7.587,74
Outubro	R\$4.480,50	R\$7.469,19
Novembro	R\$4.501,78	R\$7.508,71
Dezembro	R\$4.597,56	R\$7.488,95
<b>Total geral</b>		<b>R\$145.559,42</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Comparando os dois resultados obtidos com o calculo das despesas com as demandas contratadas atuais e as demandas ótimas apresentados, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5, é possível verificar que os valores de demandas ótimas calculados geraram uma despesa bem menor do que a despesa gerada pelas atuais demandas contratadas, com uma diferença de R\$ 85.794,47, representando 37% de economia.

Para verificar os gastos de forma mais visual ao longo dos meses, construiu-se o Gráfico 1 onde é possível verificar que as demandas ótimas geram uma despesa bem menor do que as demandas contratadas atuais em todos os meses do ano.

**Gráfico 1 – Gastos mensais com as demandas contratadas atuais e as demandas ótimas**

Fonte: Autoria própria (2022)

### 4.3 Simulação tarifária

Em função da potência do transformador da unidade consumidora ser de 500 kVA, a possibilidade de migração para o grupo tarifário B é excluída. Portanto, as opções restantes são: tarifa verde e tarifa azul.

A planilha de cálculo desenvolvida para a realização deste estudo calcula, a partir das tarifas atuais e do histórico de consumo ponta, consumo fora ponta, demanda ponta e demanda fora ponta o valor mensal pago pela unidade consumidora em cada um dos enquadramentos tarifários restantes.

#### 4.3.1 Simulação para a tarifa azul

Os valores obtidos para as despesas na tarifa azul com as demandas contratadas atuais (180 kW para ponta e 180 kW para fora de ponta), são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Despesas na tarifa azul com demandas contratadas atuais**

(continua)

Mês	Custo
Janeiro	R\$ 60.259,51
Fevereiro	R\$ 56.760,97
Março	R\$ 62.867,52

<b>Mês</b>	<b>Custo</b>
Abril	R\$ 52.356,80
Maio	R\$ 53.003,47
Junho	R\$ 52.170,41
Julho	R\$ 53.333,49
Agosto	R\$ 57.064,91
Setembro	R\$ 57.449,01
Outubro	R\$ 61.975,69
Novembro	R\$ 59.001,86
Dezembro	R\$ 61.835,53
<b>Total</b>	<b>R\$ 688.080,17</b>

Fonte: Aatoria própria (2022)

Já a Tabela 6 apresenta os valores obtidos para as despesas na tarifa azul com as demandas ótimas calculadas (96 kW para ponta e 106 kW para fora de ponta).

**Tabela 6 - Despesa na tarifa azul com demandas ótimas**

<b>Mês</b>	<b>Custo</b>
Janeiro	R\$ 53.250,08
Fevereiro	R\$ 50.633,14
Março	R\$ 55.826,16
Abril	R\$ 45.078,32
Maio	R\$ 45.661,13
Junho	R\$ 44.828,07
Julho	R\$ 45.991,15
Agosto	R\$ 50.060,06
Setembro	R\$ 50.106,67
Outubro	R\$ 54.633,35
Novembro	R\$ 51.660,52
Dezembro	R\$ 54.557,05
<b>Total</b>	<b>R\$ 602.285,70</b>

Fonte: Aatoria própria (2022)

#### 4.3.2 Simulação para a tarifa verde

Os valores obtidos para as despesas na tarifa verde com a atual demanda fora de ponta contratada (180 kW), são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Despesa na tarifa verde demanda contratado atual

(continua)

<b>Mês</b>	<b>Custo</b>
Janeiro	R\$ 52.157,60
Fevereiro	R\$ 50.742,51
Março	R\$ 57.992,58
Abril	R\$ 45.629,91
Mai	R\$ 46.691,33
Junho	R\$ 45.448,97
Julho	R\$ 47.378,94
Agosto	R\$ 51.193,14
Setembro	R\$ 51.328,79
Outubro	R\$ 56.398,11
Novembro	R\$ 52.952,49
Dezembro	R\$ 57.005,22
<b>Total</b>	<b>R\$ 614.919,59</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Já a Tabela 8 apresenta os valores obtidos para as despesas na tarifa verde com a demanda ótima calculada para o horário fora de ponta (106 kW).

Tabela 8 - Despesa na tarifa verde demanda ótima

<b>Mês</b>	<b>Consumo Fora Ponta</b>
Janeiro	R\$ 52.157,60
Fevereiro	R\$ 48.507,41
Março	R\$ 55.693,62
Abril	R\$ 43.330,95
Mai	R\$ 44.328,51
Junho	R\$ 43.086,15
Julho	R\$ 45.016,12
Agosto	R\$ 48.989,97
Setembro	R\$ 48.965,97
Outubro	R\$ 54.035,29
Novembro	R\$ 50.589,67
Dezembro	R\$ 54.706,26
<b>Total</b>	<b>R\$ 589.407,52</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

É possível perceber, a partir dos resultados obtidos nas seções 4.2.1 e 4.2.2, que tanto para o cenário com as atuais demandas contratadas quanto para o cenário com as demandas ótimas, o melhor enquadramento tarifário para a unidade consumidora é a tarifa verde. Como pode ser observado na Tabela 9, onde demonstra que a tarifa verde gera uma menor despesa anual.

Tabela 9 - Diferença entre tarifa azul e verde

	Tarifa azul	Tarifa verde	Diferença entre azul e verde
Demandas Contratadas atuais	R\$ 688.080,17	R\$ 614.919,59	R\$ 73.160,58
Demandas ótimas	R\$ 602.285,70	R\$ 589.407,52	R\$ 12.878,18

Fonte: Aatoria própria (2022)

#### 4.4 Análise do melhor cenário de enquadramento tarifário

Como, atualmente, a unidade consumidora não está enquadrada na melhor tarifa e nem apresenta a melhor demanda contratada, foi feita uma comparação entre o cenário atual em que a empresa se encontra com o melhor cenário, sendo este último com a demanda ótima contratada e a unidade consumidora estando enquadrada na tarifa verde. A Tabela 10 apresenta todas as despesas pagas atualmente pela unidade consumidora.

Tabela 10 - Valores pagos atualmente

Mês	Demanda	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
Janeiro	R\$ 6.907,16	R\$ 12.646,30	R\$ 36.172,52
Fevereiro	R\$ 6.917,80	R\$ 12.666,06	R\$ 32.752,61
Março	R\$ 6.896,52	R\$ 12.646,30	R\$ 38.152,26
Abril	R\$ 6.896,52	R\$ 12.093,95	R\$ 29.795,64
Maio	R\$ 6.800,76	R\$ 12.073,29	R\$ 30.294,92
Junho	R\$ 6.726,28	R\$ 12.211,60	R\$ 29.578,39
Julho	R\$ 6.790,12	R\$ 12.191,84	R\$ 30.200,12
Agosto	R\$ 6.928,44	R\$ 12.626,54	R\$ 33.014,10
Setembro	R\$ 6.758,20	R\$ 12.567,26	R\$ 33.832,54
Outubro	R\$ 6.843,32	R\$ 12.448,71	R\$ 38.110,39
Novembro	R\$ 6.864,60	R\$ 12.448,23	R\$ 35.365,12
Dezembro	R\$ 6.896,52	R\$ 12.468,47	R\$ 37.386,75
<b>Total</b>			<b>R\$ 688.080,17</b>

Fonte: Aatoria própria (2022)

Já a Tabela 11, apresenta os valores que seriam pagos caso a unidade consumidora estivesse com a demanda ótima contratada e enquadrada na tarifa verde.

Tabela 11 - Valores que seriam pagos no melhor cenário

Mês	Demanda	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta
Janeiro	R\$ 4.544,34	R\$ 11.344,95	R\$ 36.172,52
Fevereiro	R\$ 4.682,70	R\$ 11.072,10	R\$ 32.752,61
Março	R\$ 4.597,56	R\$ 12.943,80	R\$ 38.152,26
Abril	R\$ 4.597,56	R\$ 8.937,75	R\$ 29.795,64
Maio	R\$ 4.437,94	R\$ 9.595,65	R\$ 30.294,92
Junho	R\$ 4.363,46	R\$ 9.144,30	R\$ 29.578,39
Julho	R\$ 4.427,30	R\$ 10.388,70	R\$ 30.200,12
Agosto	R\$ 4.725,27	R\$ 11.250,60	R\$ 33.014,10
Setembro	R\$ 4.395,38	R\$ 10.738,05	R\$ 33.832,54
Outubro	R\$ 4.480,50	R\$ 11.444,40	R\$ 38.110,39
Novembro	R\$ 4.501,78	R\$ 10.722,75	R\$ 35.365,14
Dezembro	R\$ 4.597,56	R\$ 12.721,95	R\$ 37.386,75
<b>Total</b>			<b>R\$ 589.311,73</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Como pode ser observado, a diferença entre o que a empresa paga hoje com o que ela poderia estar pagando no melhor cenário é de R\$98.768,44, representando uma economia de 14,35%.

## 4.5 Dimensionamento teórico de energia solar

### 4.5.1 Primeiro cenário

O dimensionamento teórico de um sistema de energia solar para o primeiro cenário consiste em dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica para abater 100% do consumo de energia da unidade consumidora em análise. A Tabela 12 apresenta os consumos na ponta e fora de ponta da unidade consumidora que serão abatidos com o sistema de energia solar fotovoltaica.

Tabela 12 - Consumos de energia

Mês	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora Ponta (kWh)
Janeiro	4.449	45.788
Fevereiro	4.342	41.459
Março	5.076	48.294
Abril	3.505	37.716

(continua)



<b>Mês</b>	<b>Consumo Ponta (kWh)</b>	<b>Consumo Fora Ponta (kWh)</b>
Maio	3.763	38.348
Junho	3.586	37.441
Julho	4.074	38.228
Agosto	4.412	41.790
Setembro	4.211	42.826
Outubro	4.488	48.241
Novembro	4.205	44.766
Dezembro	4.989	47.325

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A partir disso, primeiro calcula-se a potência total do sistema a partir da Equação 10 e com o consumo médio da unidade consumidora e depois calcula-se a quantidade total de módulos fotovoltaicos que o sistema necessitaria a partir da Equação 12 apresentada na seção 2.3.3. Os resultados obtidos com os cálculos estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o primeiro cenário**

	<b>Resultado</b>
Potência do sistema	546 kWp
Potência escolhida dos módulos	600 W
Número de módulos	910
Demanda a ser contratada	420 kW

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Analisando os resultados apresentados na Tabela 13, para abater 100% do consumo de energia da unidade consumidora, serão necessários 910 módulos de 600 W. Com isso, a potência total do sistema será de 546 kWp, necessitando aumentar a demanda contratada do hotel para 420 kW, de tal forma que seja possível suportar a potência total do sistema, porém sem precisar aumentar a potência do transformador presente.

#### 4.5.1.1 Investimento necessário

O valor do investimento necessário para o primeiro caso foi retirado de um orçamento de uma empresa de Manaus. Foi solicitado à empresa que a mesma

fizesse um orçamento com as mesmas condições consideradas no dimensionamento. O valor do investimento obtido foi de R\$ 1.432.751,99.

#### 4.5.2 Segundo cenário

O dimensionamento teórico de um sistema de energia solar para o segundo cenário consiste em dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica sendo que a potência total do sistema estará limitada a demanda contratada atual da unidade consumidora (180 kW).

Para realizar estes cálculos, utilizou-se das Equações 11 e 12 apresentadas na seção 2.3.3, com os mesmos dados de consumo da Tabela 12. Os resultados obtidos com os cálculos estão apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o segundo cenário**

	<b>Resultado</b>
Potência do sistema	234 kWp
Potência escolhida dos módulos	600 W
Número de módulos	390
Demanda contratada	180 kW

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Analisando os resultados apresentados na Tabela 14, com a atual demanda contratada de 180 kW, para isso, a potência total do sistema será de 234 kWp com 390 módulos fotovoltaicos de 600 W.

##### 4.5.2.1 Investimento necessário

O investimento necessário para o segundo caso, da mesma forma como foi obtido o valor do investimento para o primeiro caso, foi retirado do orçamento feito pela empresa de Manaus. Com isso, o valor do investimento obtido foi de R\$ 631.498,27.

### 4.5.3 Terceiro cenário

O dimensionamento teórico de um sistema de energia solar para o terceiro cenário consiste em dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica sendo que a potência total do sistema estará limitada a demanda ótima no horário fora de ponta calculada na seção 4.1.

Para realizar estes cálculos, utilizou-se das Equações 11 e 12 apresentadas no tópico 2.3.3, com os mesmos dados de consumo da Tabela 12. Os resultados obtidos com os cálculos estão apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15 - Resultado dos cálculos do dimensionamento para o terceiro e quarto cenário**

	<b>Resultado</b>
Potência do sistema	138 kWp
Potência escolhida dos módulos	600 W
Número de módulos	230
Demanda contratada	106 kW

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Analisando os resultados apresentados na Tabela 15, com a atual demanda contratada de 106 kW (demanda ótima calculada), para isso, a potência total do sistema será de 138 kW com 230 módulos fotovoltaicos de 600 W.

#### 4.5.3.1 Investimento necessário

Assim como os casos anteriores, retirou-se o valor do investimento do orçamento obtido. Desta forma, o investimento necessário para o terceiro caso é de R\$ 372.614,02.

## 4.6 Indicadores econômicos

Para realizar o cálculo dos indicadores econômicos, combinou-se os três cenários calculados de energia solar fotovoltaica com o melhor cenário obtido na simulação tarifária e no cálculo da demanda ótima de energia.

#### 4.6.1 Primeiro cenário

No resultado obtido com o dimensionamento fotovoltaico para o primeiro cenário, onde é abatido 100% do consumo de energia da unidade consumidora, é necessário aumentar a demanda contratada para 420 kW, com isso calculou-se o que seria pago na fatura de energia com essa demanda na tarifa verde, já que é o melhor tipo de tarifa para a unidade consumidora em análise. A Tabela 16 apresenta os valores médios da despesa com o consumo e demanda que seriam pagos caso a demanda contratada seja de 420 kW e com sistema de energia solar instalado.

**Tabela 16 - Valores pagos na fatura com energia solar e demanda de 420 kW.**

	Valores pagos	
Consumo TUSD Fora Ponta	R\$	-
Consumo TE Fora Ponta	R\$	-
Consumo TUSD Ponta	R\$	-
Consumo TE Ponta	R\$	-
ICMS TUSD	R\$	2.786,90
ICMS TE	R\$	-
Demanda Contratada	R\$	17.880,80
Total Mês	R\$	20.667,70
Total Ano	R\$	248.012,46

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Tabela 17 compara esses resultados obtidos com o cenário em que a unidade consumidora apresenta uma demanda contratada de 180 kW (demanda atual contratada), porém com a tarifa verde (melhor tipo de tarifa visto no tópico 4.2).

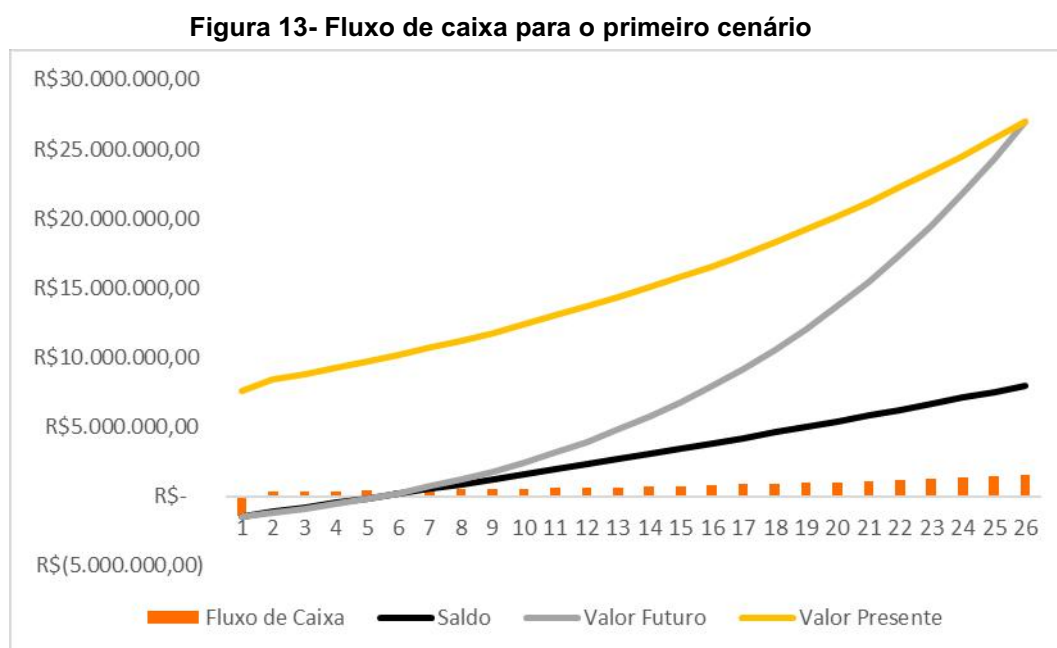
**Tabela 17 - Comparação de resultados**

	Resultado
Valor pago com demanda de 180 kW e tarifa verde	R\$ 559.597,67
Valor pago com demanda de 420 kW, tarifa verde e sistema fotovoltaico	R\$ 248.012,46

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A partir da Tabela 17, é possível observar que para o primeiro cenário estabelecido de dimensionamento fotovoltaico teórico, a unidade consumidora obterá uma economia anual de R\$ 311.585,21.

Para o cálculo do *payback* descontado, primeiro foi calculado, com auxílio de planilha eletrônica, o fluxo de caixa do projeto a partir do valor do investimento necessário para instalar o projeto dimensionado no primeiro caso, com a economia gerada, como é apresentado no Figura 13:



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir do fluxo de caixa calculado acima e utilizando-se da Equação (14), obteve-se o seguinte valor de *payback* descontado:

$$PBD = 4,42 \text{ anos}$$

Para o cálculo o Valor Presente Líquido, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (15), obteve-se o seguinte valor de VPL:

$$VPL = R\$ 7.603.174,95$$

Para o cálculo da Taxa Interna de Retorno, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (16), obteve-se o seguinte valor de TIR:

$$TIR = 29,49\%$$

#### 4.6.2 Segundo cenário

Para segundo cenário a demanda contratada é mantida em 180 kW. A Tabela 18 apresenta os valores médios que seriam pagos caso a demanda contratada seja de 180 kW e com sistema de energia solar instalado.

**Tabela 18 - Valores pagos na fatura com energia solar e demanda de 180 kW.**

	<b>Valores pagos</b>	
Consumo TUSD Fora Ponta	R\$	3.613,18
Consumo TE Fora Ponta	R\$	6.066,35
Consumo TUSD Ponta	R\$	6.838,84
Consumo TE Ponta	R\$	1.934,69
ICMS TUSD	R\$	3.830,61
ICMS TE	R\$	2.667,01
Demanda Contratada	R\$	7.663,20
<b>Total Mês</b>	<b>R\$</b>	<b>32.613,89</b>
<b>Total Ano</b>	<b>R\$</b>	<b>391.366,66</b>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Tabela 19 compara esses resultados obtidos com o cenário em que a unidade consumidora apresenta uma demanda contratada de 180 kW (demanda atual contratada), porém com a tarifa verde (melhor tipo de tarifa visto no tópico 4.2).

**Tabela 19 - Comparação de resultados**

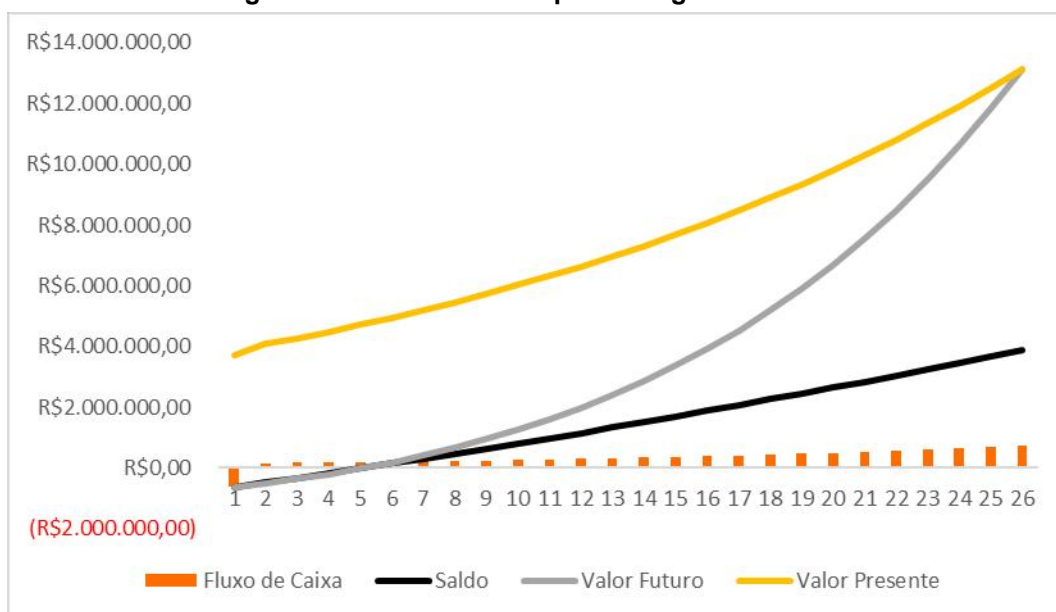
	<b>Resultado</b>
Valor pago com demanda de 180 kW e tarifa verde	R\$ 540.644,71
Valor pago com demanda de 180 kW, tarifa verde e sistema fotovoltaico	R\$ 391.366,66

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A partir da Tabela 19, é possível observar que para o segundo cenário estabelecido de dimensionamento fotovoltaico teórico, a unidade consumidora obterá uma economia anual de R\$ 149.278,04.

Para o cálculo do *payback* descontado, primeiro foi calculado, com auxílio de planilha eletrônica, o fluxo de caixa do projeto a partir do valor do investimento necessário para instalar o projeto dimensionado no segundo caso, como é apresentado no Figura 14:

**Figura 14 - Fluxo de caixa para o segundo cenário**



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir do fluxo de caixa calculado acima e utilizando-se da Equação (14), obteve-se o seguinte valor de *payback* descontado:

$$PBD = 4,08 \text{ anos}$$

Para o cálculo o Valor Presente Líquido, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (15), obteve-se o seguinte valor de VPL:

$$VPL = R\$ 3.694.928,4$$

Para o cálculo da Taxa Interna de Retorno, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (16), obteve-se o seguinte valor de TIR:

$$TIR = 31,55\%$$

#### 4.6.3 Terceiro cenário

Para o terceiro cenário a demanda contratada é 106 kW (demanda ótima calculada). A Tabela 20 apresenta os valores médios que seriam pagos caso a demanda contratada seja de 106 kW e com sistema de energia solar instalado.

**Tabela 20 - Valores pagos na fatura com tarifa verde e demanda de 106 kW.**

	<b>Valores pagos</b>	
Consumo TUSD Fora Ponta	R\$	5.084,83
Consumo TE Fora Ponta	R\$	8.537,19
Consumo TUSD Ponta	R\$	6.838,84
Consumo TE Ponta	R\$	1.934,69
ICMS TUSD	R\$	4.178,67
ICMS TE	R\$	3.490,63
Demanda Contratada	R\$	4.512,77
<b>Total Mês</b>	<b>R\$</b>	<b>34.577,62</b>
<b>Total Ano</b>	<b>R\$</b>	<b>414.931,41</b>

**Fonte: Aatoria própria (2022)**

A Tabela 21 compara os resultados obtidos com o cenário em que a unidade consumidora apresenta uma demanda contratada de 180 kW (demanda atual contratada), porém com a tarifa verde (melhor tipo de tarifa visto no seção 4.2).

**Tabela 21 - Comparação de resultados**

	<b>Resultado</b>
Valor pago com demanda de 180 kW e tarifa verde	R\$ 540.644,71
Valor pago com demanda de 106 kW, tarifa verde e sistema fotovoltaico	R\$ 414.931,41

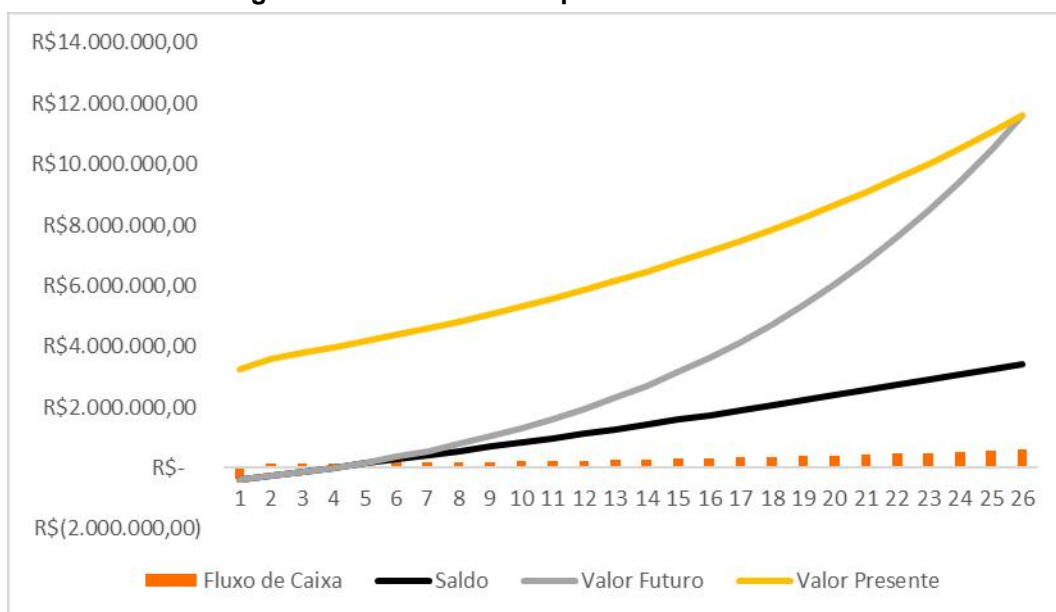
**Fonte: Aatoria própria (2022)**

A partir da Tabela 21, é possível observar que para o terceiro cenário estabelecido de dimensionamento fotovoltaico teórico, a unidade consumidora obterá uma economia anual de R\$ 125.713,3.

Para o cálculo do *payback* descontado, primeiro foi calculado, com auxílio de planilha eletrônica, o fluxo de caixa do projeto a partir do valor do investimento necessário para instalar o projeto dimensionado no terceiro caso, como é apresentado na Figura 15:



**Figura 15 - Fluxo de caixa para o terceiro cenário**



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir do fluxo de caixa calculado acima e utilizando-se da Equação (14), obteve-se o seguinte valor de *payback* descontado:

$$PBD = 2,88 \text{ anos}$$

Para o cálculo o Valor Presente Líquido, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (15), obteve-se o seguinte valor de VPL:

$$VPL = R\$ 3.263.270,57$$

Para o cálculo da Taxa Interna de Retorno, também foi utilizado o fluxo de caixa calculado e utilizando-se da Equação (16), obteve-se o seguinte valor de TIR:

$$TIR = 42,41\%$$

#### 4.7 Análise dos cenários

A análise de cada cenário foi baseada no planejamento de implementação e na verificação de todos os pontos positivos e negativos de cada um dos cenários desenvolvidos no trabalho. Então, para cada cenário, será definida quais serão as

etapas necessárias para a implementação de todo o projeto, como ficará a fatura de energia da unidade consumidora após todas as implementações e quais são os pontos positivos e negativos do cenário respectivo.

A ideia é que seja feita uma análise geral de cada cenário para que a unidade consumidora avalie, de acordo com a sua situação atual, o melhor cenário para ser implementado.

#### 4.7.1 Análise do primeiro cenário

O primeiro cenário, como já foi apresentado, é caracterizado pela mudança da demanda contratada da unidade consumidora para 420 kW, de modo que seja possível instalar a quantidade de módulos fotovoltaicos para abater 100% do consumo da mesma. E também, neste cenário, a tarifa utilizada é a verde, como foi avaliado na seção 4.2.

Para a implementação deste cenário é necessário, primeiro, alterar a demanda contratada para 420 kW e mudar de tarifa azul para a tarifa verde. Então é necessário seguir as seguintes etapas:

- Entrar em contato com a concessionária de energia para solicitar o formulário de alteração de demanda contratada e de tarifa;
- Preenchimento do formulário com assinatura de um engenheiro ou técnico responsável, com emissão de ART ou TRT e encaminhar para a concessionária de energia;
- Esperar o prazo em que as concessionárias têm para alterar a demanda contratada e a tarifa (prazo de até 180 dias).

A partir disso é possível seguir para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Então será necessário seguir as seguintes etapas:

- Solicitar a visita técnica da empresa que irá instalar os módulos para analisar todas as condições de instalação e verificar se é necessário algum tipo de adequação.
- Elaboração do projeto de instalação;

- Encaminhamento do projeto para a concessionária de energia;
- Aprovação do projeto;
- Instalação do sistema.

Lembrando que todas as etapas acima serão feitas pela própria empresa escolhida para instalar o sistema na unidade consumidora. Normalmente, as empresas que instalam um sistema desse porte apresentam um prazo de cerca de 90 dias para que o sistema já esteja instalado na unidade consumidora.

Então, somando o prazo de mudança de demanda e tarifa com o prazo da instalação do Sistema fotovoltaico, chega-se em um prazo total de 270 dias (9 meses).

Como o projeto de energia solar fotovoltaica deste cenário abate 100% do consumo da unidade consumidora, ela deixará de pagar a parcela de consumo na ponta e fora de ponta na fatura, pagando apenas pela parcela da demanda contratada. A Tabela 22 apresenta como ficaria a fatura de energia da unidade consumidora após a implementação do primeiro cenário em termos de demanda, consumo e geração.

**Tabela 22 - Fatura de energia elétrica da UC no primeiro cenário**

<b>Mês</b>	<b>Demanda</b>	<b>Consumo</b>	<b>Geração</b>
Janeiro	109	50.237	45.256
Fevereiro	110	45.801	46.059
Março	108	53.370	46.323
Abril	108	41.221	43.926
Maio	99	42.111	44.477
Junho	92	41.027	50.278
Julho	98	42.302	50.806
Agosto	111	46.202	56.573
Setembro	95	47.037	56.034
Outubro	103	52.729	54.785
Novembro	105	48.971	53.076
Dezembro	108	52.314	47.217

**Fonte: Aatoria própria (2022)**

Lembrando que nos meses em que a geração é maior do que o consumo, são gerados créditos na concessionária de energia para utilizar em meses posteriores em que a geração é menor do que o consumo.

As vantagens da implementação do primeiro cenário são:

- A unidade consumidora não precisará mais pagar pelo consumo de energia, pagando apenas pelo ICMS da TUSD que não é restituível;
- Maior valor de economia;
- Possibilidade de gerar créditos de energia para utilizar em outras unidades consumidoras de mesmo cpf ou cnpj.
- Possibilidade de expansão da empresa sem a necessidade de se preocupar com a demanda contratada;
- Possibilidade de aumento de demanda faturada sem se preocupar em pagar por demanda de ultrapassagem;

Já as desvantagens são:

- Maior valor de investimento;
- Piores indicadores econômicos se comparados aos indicadores dos outros cenários;
- Alto valor pago com demanda que não está sendo utilizada;
- Maior custo com manutenção.

Este primeiro cenário é ideal caso a unidade consumidora queira ficar livre de um dos fatores que mais impactam na fatura de energia: o consumo. Apesar dele ter os piores indicadores econômicos, a empresa não se preocupará mais em racionar o consumo de energia em diversos horários do dia.

#### 4.7.2 Análise do segundo cenário

O segundo cenário, como já foi apresentado, é caracterizado por instalar uma quantidade de módulos fotovoltaicos limitado à demanda contratada atual da unidade consumidora utilizando-se da tarifa verde.

Para a implementação deste cenário não é necessário alterar a demanda contratada, porém é necessário alterar a tarifa, já que atualmente a unidade consumidora está enquadrada na tarifa azul. Então é necessário seguir as seguintes etapas:

- Entrar em contato com a concessionária de energia para solicitar o formulário de tarifa;
- Preenchimento do formulário com assinatura de um engenheiro ou técnico responsável, com emissão de ART ou TRT e encaminhar para a concessionária de energia;
- Esperar o prazo em que as concessionárias têm para alterar a tarifa (prazo de até 180 dias).

A partir disso é possível seguir para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Então será necessário seguir as seguintes etapas:

- Solicitar a visita técnica da empresa que irá instalar os módulos para analisar todas as condições de instalação e verificar se é necessário algum tipo de adequação.
- Elaboração do projeto de instalação;
- Encaminhamento do projeto para a concessionária de energia;
- Aprovação do projeto;
- Instalação do sistema.

Normalmente, as empresas que instalam um sistema desse porte apresentam um prazo de cerca de 90 dias para que o sistema já esteja instalado na unidade consumidora.

Então, somando o prazo de mudança da tarifa com o prazo da instalação do sistema fotovoltaico, chega-se em um prazo total de 270 dias (9 meses).

Como o projeto de energia solar fotovoltaica deste cenário abate 45% do consumo da unidade consumidora, ela pagará apenas uma parte do consumo na ponta e fora ponta e também pagará apenas pela parcela da demanda contratada. A Tabela 23 apresenta como ficaria a fatura de energia da unidade consumidora após a implementação do primeiro cenário em termos de demanda, consumo e geração.

**Tabela 23 - Fatura de energia elétrica da UC no segundo cenário**

**(continua)**

<b>Mês</b>	<b>Demanda</b>	<b>Consumo</b>	<b>Geração</b>
Janeiro	109	50.237	19.396
Fevereiro	110	45.801	19.740

<b>Mês</b>	<b>Demanda</b>	<b>Consumo</b>	<b>Geração</b>
Março	108	53.370	19.853
Abril	108	41.221	18.826
Maio	99	42.111	19.061
Junho	92	41.027	21.548
Julho	98	42.302	21.774
Agosto	111	46.202	24.246
Setembro	95	47.037	24.015
Outubro	103	52.729	23.479
Novembro	105	48.971	22.747
Dezembro	108	52.314	20.236

**Fonte: Autoria própria (2022)**

As vantagens da implementação do segundo cenário são:

- Possibilidade de expansão da empresa sem a necessidade de se preocupar com a demanda contratada;
- Possibilidade de aumento de demanda sem se preocupar em pagar por demanda de ultrapassagem.

Já as desvantagens são:

- Alto valor pago com demanda que não está sendo utilizada;
- A unidade consumidora continuará pagando pelo consumo de energia.

Este cenário ficou caracterizado como um meio termo de todos os cenários feitos neste estudo. Não apresentou os melhores e nem os piores indicadores econômicos e nem o maior ou o menor investimento, gerando uma economia significativa na fatura de energia.

#### 4.7.3 Análise do terceiro cenário

O terceiro cenário, como já foi apresentado, é caracterizado por instalar uma quantidade de módulos fotovoltaicos limitado a demanda ótima calculada, utilizando-se da tarifa verde.

Para a implementação deste cenário será necessário alterar a demanda contratada e alterar a tarifa, já que atualmente a unidade consumidora está enquadrada na tarifa azul. Então é necessário seguir as seguintes etapas:

- Entrar em contato com a concessionária de energia para solicitar o formulário de alteração de demanda contratada e de tarifa;
- Preenchimento do formulário com assinatura de um engenheiro ou técnico responsável, com emissão de ART ou TRT e encaminhar para a concessionária de energia;
- Esperar o prazo em que as concessionárias têm para alterar a demanda contratada e a tarifa (prazo de até 180 dias).

A partir disso é possível seguir para a instalação dos módulos fotovoltaicos. Então será necessário seguir as seguintes etapas:

- Solicitar a visita técnica da empresa que irá instalar os módulos para analisar todas as condições de instalação e verificar se é necessário algum tipo de adequação.
- Elaboração do projeto de instalação;
- Encaminhamento do projeto para a concessionária de energia;
- Aprovação do projeto;
- Instalação do sistema.

Normalmente, as empresas que instalam um sistema desse porte apresentam um prazo de cerca de 90 dias para que o sistema já esteja instalado na unidade consumidora.

Então, somando o prazo de mudança da tarifa com o prazo da instalação do sistema fotovoltaico, chega-se em um prazo total de 270 dias (9 meses).

Como o projeto de energia solar fotovoltaica deste cenário abate 27% do consumo da unidade consumidora, ela pagará apenas uma parte do consumo na ponta e fora ponta e também pagará apenas pela parcela da demanda contratada. A Tabela 24 apresenta como ficaria a fatura de energia da unidade consumidora após a implementação do primeiro cenário em termos de demanda, consumo e geração.

**Tabela 24 - Fatura de energia elétrica da UC no terceiro cenário**

<b>Mês</b>	<b>Demanda</b>	<b>Consumo</b>	<b>Geração</b>
Janeiro	109	50.237	11422
Fevereiro	110	45.801	11624
Março	108	53.370	11691
Abril	108	41.221	11086
Maio	99	42.111	11225
Junho	92	41.027	12689
Julho	98	42.302	12822
Agosto	111	46.202	14278
Setembro	95	47.037	14142
Outubro	103	52.729	13827
Novembro	105	48.971	13395
Dezembro	108	52.314	11917

**Fonte: Autoria própria (2022)**

As vantagens da implementação do terceiro cenário são:

- Melhor demanda a ser contratada, pois gera a menor demanda faturada para a unidade consumidora;
- Investimento menor;
- Melhores indicadores econômicos.

Já as desvantagens são:

- Necessidade de ter uma pessoa responsável pela gestão de energia, para ficar acompanhando as demandas mensais;
- A unidade consumidora continuará pagando pelo consumo de energia;
- Caso a unidade consumidora queira expandir, ela terá que fazer adequações na demanda contratada para conseguir instalar mais módulos para suprir o aumento de consumo gerado por essa expansão.

Dessa forma, este caso apresenta-se como uma solução caso a unidade consumidora queira optar por um projeto com um investimento menor, pois a mesma terá um ótimo valor de economia com os melhores indicadores econômicos, justamente pela fato de que foi feita a combinação do dimensionamento da energia solar fotovoltaica com a alteração completa do contrato com a concessionária de energia.



## 5 CONCLUSÃO

A unidade consumidora poderá obter uma economia significativa na fatura de energia com a aplicação de qualquer um dos casos apresentados neste trabalho, através de um novo contrato com a concessionária e a instalação dos sistemas de energia solar fotovoltaica.

Com a simulação tarifária descobriu-se que a unidade consumidora não está enquadrada na melhor tarifa. Dessa forma, a alteração da tarifa azul para a tarifa verde irá gerar uma economia anual significativa na fatura de energia da empresa, representando R\$73.168,58 de economia anual caso mantenha a mesma demanda contratada de hoje e, caso altere a demanda contratada para a demanda ótima calculada, R\$12.878,18 de economia anual. Já com o cálculo da demanda ótima, chegou-se em um valor de demanda contratada que representa o menor valor de demanda faturada no ano para a unidade consumidora. Dessa forma, unindo a alteração do tipo da tarifa com a alteração da demanda contratada para a demanda ótima de energia chega-se a um valor anual de 14,35% de economia.

Com o dimensionamento teórico de um sistema de energia solar, foi feito o cálculo para três casos diferentes, todos considerando a economia gerada pela troca da tarifa para a tarifa verde e, sendo o terceiro caso combinado, ainda, com a economia gerada pela alteração da demanda contratada para a demanda ótima.

Dessa forma, conclui-se que o terceiro caso apresenta os melhores indicadores econômicos e é ideal para a empresa caso ela não queira investir um valor alto. Já o segundo cenário, fica no meio termo entre o primeiro e o terceiro caso, mas existe uma margem de expansão para a empresa. E por fim, o primeiro caso demanda de um investimento bem maior, não tem os melhores indicadores econômicos, porém a unidade consumidora ficará livre do fator que gera um maior custo na fatura de energia: o consumo de energia.

O estudo demonstrou duas opções de economia na fatura de energia: a alteração do tipo de tarifa e da demanda contratada da empresa e a combinação da alteração do contrato com a concessionária com a instalação de módulos fotovoltaicos.

Como recomendações para trabalhos futuros o estudo da implementação do gerador existente na unidade consumidora para operar no horário de ponta, de tal forma a verificar se isso geraria uma economia na fatura de energia com o atual consumo no horário de ponta da empresa.

Outra possibilidade é verificar o consumo de energia por apartamento, de tal forma a garantir uma previsibilidade no consumo de energia de acordo com a ocupação do hotel e verificar se no futuro será necessário aumentar a demanda contratada, caso a unidade consumidora opte por contratar a demanda ótima calculada neste estudo.

Ainda, uma outra possibilidade é realizar um estudo para ver se compensaria aumentar a demanda contratada da empresa para 500 kW, para que a unidade consumidora consiga entrar para o mercado livre de energia e verificar quais impactos isso geraria na fatura de energia da mesma.

## REFERÊNCIAS

- ABRACEEL. **Associação brasileira dos comercializadores de energia**. Disponível em: <[http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel\\_Cartilha\\_MercadoLivre\\_V9.pdf](http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf)> . Acesso em: 21 abr. 2022
- ANDREOS, R. **Estudo de viabilidade técnico-econômica de pequenas centrais de cogeração a gás natural no setor terciário do estado de São Paulo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução ANEEL nº 456 de 29 de Novembro de 2000**. 2000. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bres2000456.pdf>>, Acesso em: 25 de abr. de 2022.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Programa de Eficiência Energética**. 2016. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Minigeração Distribuída**. Brasília. 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 14 mai. 2022.
- BALARINE, O. F. O. **Tópicos de matemática financeira e engenharia econômica**. EDIPUCRS, 2002.
- BECKER, T. V. **Otimização da demanda e consumo de energia elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná–câmpus Medianeira**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BETINI, R., CASTAGNA, A., JUNIOR, O., & TIEPOLO, G. **Fontes Renováveis de energia e a influência no planejamento energético emergente no Brasil**. Curitiba. 2021
- BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J.. **Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil**. Interciencia, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.
- BOTTAMEDI, M. G. et al. **Avaliação da eficiência energética de hotéis de quatro estrelas em Florianópolis: Aplicação do programa de etiquetagem de edificações**. 2011.
- BRASIL. Ministério do Planejamento. **Cartilha de energia: como analisar gastos com energia elétrica**. 2015. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/cartilha%20de%20energia%20v%2003.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. **Plano Nacional de Eficiência**

**Energética: Premissas e diretrizes básicas.** Rio de Janeiro: MME, 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia - MME **Plano Decenal de Expansão.** 2022. Brasília: MME/EPE, 2022

BRITO, M. C.; SILVA, J. A. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade.** O instalador, v. 25, n. 676, p. 07, 2006.

BRUMER, E. **Oportunidades e desafios da geração de energia elétrica através de resíduos de cana de açúcar no estado de São Paulo.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2014.

EPE. **Atlas da Eficiência Energética–Brasil 2022.** Rio de Janeiro: EPE

EPE. **Balço energético nacional.** 2021.

EPE. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil - condicionantes e impactos.** Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 16 mai. 2022.

FERREIRA NETO, A. B.; CORRÊA, W. L. R.; PEROBELLI, F. S. Consumo de energia e crescimento econômico: uma análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**, v. 34, n. 65, p. 181-204, set. 2019.

GANIM, A.. **Setor Elétrico Brasileiro.** Rio de Janeiro: Editora Canal Energia, 2003.

GODOI, J. M. A.; JÚNIOR, S. O. **Gestão de eficiência energética.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. 22, 2009, São Paulo. USP-SP. p. 01-11

HADDAD, J..Seminário **Eficiência Energética: Capacitação em Eficiência Energética.** Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. São Paulo: 2011.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

LANA, L. T. C. et al. **Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica.** Engenharias On-line, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

LORENZO, H. C.. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro.** Perspectivas: Revista de Ciências Sociais, 2001.

MAMEDE FILHO, J.. **Instalações elétricas industriais.** 9. ed. [Reimp.] – Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MARANGONI, F. et al. **Modelo matemático de integração pelo lado da demanda: adequação do contrato de fornecimento e avaliação do uso de geração própria de energia elétrica.** 2021.

MARANGONI, F.,“**Determination of great demand for ensuring excellence in energy management,**”. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2015.

- NOGUEIRA, E. **Introdução à Engenharia Econômica**. 2011.
- OLIVEIRA, L. S. de. **Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UnB**. 2006. 236 p. Dissertação - Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2006.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.
- PROCEL, ELETROBRAS. **Manual de tarifação de energia elétrica**. Agosto de, 2011.
- SANTOS, A H. M, et al. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Itajubá: Ed. Da EFEI, 2006. 3ª edição revista e ampliada.
- SIQUEIRA, L.de C.. **Análise da competitividade de fontes renováveis de energia elétrica ao acesso a capital de bancos de desenvolvimento: o papel dos padrões de sustentabilidade**. 2018. Tese de Doutorado.
- STALLA, R. **Fixed-Income Securities & Equity Analysis: Comprehensive Study Guide for the CFA Exam**. Westlake, Ohio. 2000
- STÖKLER, S.; SCHILLINGS, C.; KRAAS, B. Solar resource assessment study for Pakistan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1184-1188, 2016.
- TOLMASQUIM, M. T. **Perspectivas e Planejamento do Setor**
- TOMÉ, L. M.. **Panorama do setor hoteleiro no Brasil**. 2018.
- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2012.