



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Lucas de Freitas Romão**

**Análise de Incentivo Fiscal e Estudo de *Payback* na Implementação de Sistemas  
Fotovoltaicos**

Palmas – TO  
2018

**Lucas de Freitas Romão**

**Análise de Incentivo Fiscal e Estudo de *Payback* na Implementação de Sistemas  
Fotovoltaicos**

Trabalho de Graduação submetido ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Tocantins, como o requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. MSc. Alexandre Motta de Andrade.

Palmas – TO

2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- R761a ROMÃO, LUCAS.  
ANÁLISE DE INCENTIVO FISCAL E ESTUDO DE PAYBACK NA  
IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. / LUCAS ROMÃO.  
– Palmas, TO, 2018.  
57 f.  
  
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica, 2018.  
Orientador: ALEXANDRE ANDRADE  
  
1. USINA FOTOVOLTAICA. 2. INCENTIVOS FISCAIS. 3. VIABILIDADE.  
4. ENERGIA RENOVÁVEL. I. Título

**CDD 621.3**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**Lucas de Freitas Romão**

**Análise de Incentivo Fiscal e Estudo de *Payback* na Implementação de Sistemas  
Fotovoltaicos**

Trabalho de Graduação submetido ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Tocantins, como o requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. MSc. Alexandre Motta de Andrade  
Universidade Federal do Tocantins

---

Prof. Dr. Jadiel Caparrós da Silva  
Universidade Federal do Tocantins

---

Eng. MSc. Lucas Braga Cherem  
Companhia de Saneamento do Tocantins

Palmas – TO

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por proporcionar força e toda a capacidade necessária para realização desse trabalho.

Aos meus pais, Renato Romão e Lucilma Romão, por doar motivação e confiança nos momentos de mais dificuldade.

As minhas irmãs, Débora e Sara, por cederem toda dedicação e carinho em todas as ocasiões e momentos.

Ao meu orientador, Alexandre Andrade, por me conceder a oportunidade de aprender e crescer através da confecção deste trabalho.

Ao meu líder e amigo, Lucas Cherem, por ensinar, orientar e motivar o crescimento intelectual e profissional através dos desafios propostos.

A todos os professores do colegiado de Engenharia Elétrica por serem verdadeiros conselheiros durante todo o curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

No decorrer dos anos, com o crescimento da economia e sistemas de produção industrial, o aumento do consumo de energia desordenado associado a poucas políticas ambientais acabaram ocasionando a crise do petróleo na década de 1970. Como a matriz de geração da maioria dos países desenvolvidos é baseada nos combustíveis fósseis, tornou-se necessária a implementação de novas fontes alternativas geradoras de eletricidade, trazendo à tona novas tecnologias além do desenvolvimento de outras já existentes, como a fotovoltaica. A energia solar cresceu substancialmente nos últimos anos, com uma taxa bem maior em outros países em relação ao Brasil. Com isso, o trabalho propõe, através de uma prévia revisão bibliográfica quanto as tarifas de energia, uma análise dos incentivos fiscais locais para implementação de uma usina fotovoltaica em unidades consumidoras pertencentes ao Grupo A e Grupo B, com o objetivo de observar se as leis de incentivo da ANEEL são suficientes para garantir a viabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotovoltaica; Incentivos; Viabilidade.

## **ABSTRACT**

Over the years, with the growth of the economy and industrial production systems, the increase in the consumption of disordered energy associated with few environmental policies ended up causing the oil crisis in the 1970s. As the generation matrix of most developed countries is based on fossil fuels, it became necessary to implement new alternative sources of electricity, bringing to light new technologies beyond the development of other existing ones, such as photovoltaics. Solar energy has grown substantially in recent years, with a much higher rate in other countries compared to Brazil. With this, the work proposes, through a previous literature review on energy tariffs, an analysis of local tax incentives for the implementation of a photovoltaic plant in consumer units belonging to Group A and Group B, in order to observe whether laws ANEEL incentive measures are sufficient to ensure viability.

**KEYWORDS:** Photovoltaic; Incentives; Viability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Consumo da Unidade Pertencente ao Grupo A em 2017.....	<b>39</b>
<b>Figura 2</b> – Radiação Solar em Palmas.....	<b>40</b>
<b>Figura 3</b> – Consumo da Unidade Pertencente ao Grupo B em 2017.....	<b>44</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Cronograma de Execução de Atividades.....	<b>15</b>
<b>Tabela 2</b> – Dados de Consumo da Estação.....	<b>27</b>
<b>Tabela 3</b> – Dados de Geração da Usina no Primeiro Caso.....	<b>40</b>
<b>Tabela 4</b> – Dados de Geração da Usina no Segundo Caso.....	<b>44</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica Brasileira  
BT – Baixa Tensão  
CA – Corrente Alternada  
CC – Corrente Contínua  
CMM – Consumo Médio Mensal  
COFINS – Contribuição Para Financiamento da Seguridade Social  
DC – Demanda Contratada  
FP – Fora Ponta  
GMM – Geração Média Mensal  
IAES – Índice de Aproveitamento de Energia Solar  
ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços  
IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano  
ITBI – Imposto de Transmissão de Bens Imóveis  
IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MT – Média Tensão  
P – Ponta  
PI – Potência Instalada  
PIS – Programa de Integração Social  
TE – Tarifa de Energia  
Ti – Total de Impostos  
THS – Tarifa Horó Sazonal  
TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição  
V1 – Isenção de ICMS sobre a TUSD  
V2 – Isenção de ICMS sobre o PIS  
V3 – Isenção de ICMS sobre o COFINS  
Vp – Valor Parcial  
Vs – Valor do Subsídio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	12
1.2	JUSTIFICATIVA .....	13
1.3	OBJETIVOS GERAIS.....	13
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.5	METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	14
1.6	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO .....	14
1.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	15
<b>2</b>	<b>ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	17
2.2	DEFINIÇÃO .....	17
2.3	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	18
2.4	MODOS DE INSTALAÇÃO .....	20
2.5	DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	20
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22
<b>3</b>	<b>TARIFAS DE ENERGIA .....</b>	<b>23</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	23
3.2	METODOLOGIA .....	23
3.3	CÁLCULO REAL DO VALOR COBRADO .....	27
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
<b>4</b>	<b>INCENTIVOS FISCAIS .....</b>	<b>32</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	32
4.2	PROGRAMA PALMAS SOLAR .....	34
4.3	OUTROS INCENTIVOS NO BRASIL .....	36
4.4	PROGRAMA DE INCENTIVO DA ALEMANHA .....	37
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>39</b>
5.1	CÁLCULO DE <i>PAYBACK</i> PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A .....	39
5.1.1	CONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR.....	41
5.2	CÁLCULO DE <i>PAYBACK</i> PARA CONSUMIDORES DO GRUPO B.....	43

5.2.1	CONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR.....	45
5.2.2	DESCONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR .....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos dias atuais, assuntos acerca da geração de energia elétrica por fontes alternativas que são conhecidas como fontes renováveis, ou seja, repostas imediatamente pela natureza sem deixar resíduos poluentes, tem sido abordados de maneira incessante. Isto ocorre, principalmente, em decorrência da crise energética, que não é uma questão recente. O fator predominante relacionado a essa crise é a redução das reservas de petróleo no últimos anos, levando em consideração que a maioria dos países que possuem alto consumo de energia elétrica tem suas principais gerações baseadas em combustíveis fósseis, como acontecem nos países europeus (CABRAL, 2012; SILVA, 2015).

Dentre as formas de geração sustentáveis de eletricidade que foram sendo desenvolvidas nas últimas décadas, as que ganham destaque são as gerações eólicas, fotovoltaicas e biomassa. Sendo a primeira proveniente da velocidade dos ventos, a segunda dos pequenos pacotes de energia enviados pelo sol que são chamados de fótons, e a última proveniente de resíduos orgânicos reaproveitados (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). Vale ressaltar que a geração fotovoltaica apresentou um crescimento de 395% ao redor do mundo, entre 2003 e 2013, chegando a uma potência instalada de 139 GWp, ficando atrás em crescimento apenas da geração eólica (EPE, 2014).

No Brasil, a geração solar tem ganhado destaque como opção de fonte alternativa em razão de alguns fatores, que são eles: apresentar um potencial de geração de altíssimo nível em razão da irradiação solar, que varia entre 1.200 a 2.400 kWh/m<sup>2</sup>/ano, em relação a Alemanha, maior detentora de geração fotovoltaica do mundo, que possui irradiação média anual de 900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano; grandes reservas de quartzo, de onde é retirado o silício, ou seja, matéria prima para construção da célula fotovoltaica; um enorme espaço físico disponível para possíveis implantações de usinas, em função da vastidão territorial brasileira; e vários incentivos por parte da ANEEL e de alguns governos estaduais e municipais (MACHADO e MIRANDA, 2014; SILVA, 2015).

É neste contexto que o trabalho visa apresentar de maneira detalhada as exequibilidades para a instalação de usinas fotovoltaicas, sejam elas classificadas como micro ou mini geração distribuída, abordando temas a respeito das viabilidades econômicas para os diferentes grupos e postos tarifários, levando em consideração as tarifas horo-sazonais, comparativos entre os

incentivos fiscais e de financiamento apresentados pelo governo federal brasileiro e de outros países para consumidores que possuem instalações de geração solar.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Como citado anteriormente, sabe-se de que o Brasil é um fortíssimo candidato para instalação de usinas fotovoltaicas, principalmente por causa dos altos índices de irradiação solar e espaço territorial disponível, mas mesmo assim o crescimento de instalações dessa natureza continua com nível inferior, em relação a outros países como Alemanha, Itália, Japão, Espanha e Estados Unidos, que juntos detinham em 2011 cerca de 88% da potência total instalada no mundo, sendo a Alemanha detentora de 50% (MACHADO e MIRANDA, 2014).

Em função disto, o trabalho propõe um estudo no âmbito nacional a respeito dos incentivos fiscais e outros fatores que podem justificar o porquê do Brasil não se apresentar um forte implementador da tecnologia de usinas fotovoltaicas (SILVA, 2015).

## 1.3 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo central estudar os incentivos fiscais promovidos pelo governo federal, juntamente com o Ministério de Minas de Energia, MME, e a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, para consumidores que já possuem ou vislumbram instalações fotovoltaicas, bem como incentivos de outros países, como Alemanha, e a partir de análises mostrar se as facilidades e investimentos oferecidos pelo Brasil são suficientes para tornar o país competitivo no âmbito em questão.

## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos desse trabalho consistem em:

- Estudar temas que abrangem a micro e a mini geração de energia elétrica alternativa, com foco na geração fotovoltaica nos sistemas *on-grid* e *off-grid*;
- Estudar as estruturas tarifárias do Brasil e seus derivados com o intuito de explicar sobre a viabilidade da instalação de usina fotovoltaica para grupos diferentes de consumidores;

- Estudar os incentivos promovidos pelo governo federal junto a ANEEL, pelos governos estaduais e municipais com foco na Resolução Normativa 482, 687, ambas revisadas em 2015, e no Programa Palmas Solar;
- Desenvolver habilidades de simulação de *payback*;
- Analisar as viabilidades de implantação de sistemas fotovoltaicos em unidades consumidoras do Grupo A e Grupo B.

## 1.5 METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Para a realização deste trabalho, será realizada uma revisão bibliográfica acerca dos temas: estruturas tarifárias do Brasil (desde o século XX até os dias atuais), viabilidade econômica e ambiental e incentivos fiscais oferecidos de maneira geral para o uso de energia fotovoltaica, sendo principalmente proveniente da geração distribuída.

Dentro da revisão, também serão explanadas informações acerca das células, painéis e módulos fotovoltaicos, bem como as metodologias de instalação desses sistemas conectados ou não-conectados à rede elétrica de distribuição.

Posteriormente, serão feitas análises para avaliar a receptividade brasileira a sistemas de geração de energia provenientes de painéis solares, levando sempre em consideração os programas de incentivos fiscais oferecidos pelos governos de todas as esferas, com foco no Programa Palmas Solar, resolução normativa 482 e 687 estabelecidas pela ANEEL.

Serão explanadas estruturas para cálculo de *payback* na plataforma, para os diferentes grupos tarifários no Brasil, levando também em consideração os incentivos fiscais.

E por fim, uma avaliação e comparativo entre projetos que utilizem a usina fotovoltaica sendo unidades consumidoras do grupo A ou do grupo B, a fim de mostrar as viabilidades relacionadas a cada um em casos diferentes, ou seja, com e sem a implementação do Programa Palmas Solar.

## 1.6 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Como citado anteriormente, primeiramente será feita uma revisão bibliográfica acerca de temas voltados para energia e geração fotovoltaica, bem como os incentivos relacionados, para assim, ser feita uma análise com base em comparativos para mostrar as viabilidades relacionadas com e sem a adesão do programa.

Abaixo segue detalhamento bem como o cronograma das atividades a serem executadas no decorrer do trabalho em questão.

- I. Levantamento bibliográfico e revisão de literatura acerca dos temas relacionados a tarifas de energia, usinas fotovoltaicas e incentivos fiscais de modo geral;
- II. Levantamento de dados em campo para obtenção de informações de consumo de energia das unidades consumidoras dos grupos A e B;
- III. Análise de viabilidade financeira para instalação de usinas fotovoltaicas em unidades consumidoras dos grupos A e B, explicitando a estrutura de cálculo de *payback* sem a presença dos incentivos fiscais;
- IV. Análise de viabilidade financeira para instalação de usinas fotovoltaicas em unidades consumidoras comerciais e industriais dos grupos A e B, explicitando a estrutura de cálculo de *payback* com a presença dos incentivos fiscais locais;
- V. Desenvolvimento de comparativo entre as diferentes viabilidades econômicas apresentadas no trabalho em questão para os consumidores brasileiros;
- VI. Estudo conclusivo para explanar as dificuldades e desafios encontrados pelo Brasil para se tornar competitivo em relação aos demais países em se tratando de instalações fotovoltaicas.
- VII. Desenvolvimento final e síntese do Trabalho de Conclusão de Curso.

Tabela 1 – Cronograma de Execução das Atividades.

ETAPA / MÊS	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
I	✓	✓	✓							
II			✓	✓						
III				✓	✓					
IV						✓	✓			
V							✓	✓		
VI								✓		
VII									✓	✓

## 1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram explanadas informações acerca da parte introdutória do trabalho, mostrando quais serão os principais objetivos e como os mesmos serão alcançados.

No capítulo 2, será feita uma revisão teórica acerca de energia solar de maneira geral, detalhando de forma simples e objetiva as estruturas dos painéis fotovoltaicos, os modos que essas usinas podem ser instaladas e o crescimento dessas instalações na última década.

No capítulo 3, ainda será feita uma revisão teórica no que se refere as tarifas de energia do Brasil, mostrando as definições de demanda, consumo, grupos tarifários e o cálculo para se chegar no valor final de uma conta de energia.

No capítulo 4 serão explanados os incentivos fiscais e econômicos em relação a instalação de usinas fotovoltaicas, com foco nas normativas da ANEEL 482, 687 e programa Palmas Solar, bem como incentivos de outros países referência.

No capítulo 5 far-se-á a síntese de estruturas de cálculo de *payback* para unidades consumidoras do grupo A e B, com e sem a presença dos incentivos fiscais apresentados no capítulo anterior, bem como uma análise dos resultados.

E por último, no capítulo 6 serão apresentados as conclusões obtidas com base nos cálculos feitos no capítulo 5, mostrando de maneira conclusiva qual a viabilidade associada em cada grupo tarifário com a presença e a ausência de um programa de incentivo.

## 2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As fontes alternativas para geração de energia elétrica tem sido cada vez mais exploradas de maneira geral. Esse fato se deve principalmente à crise energética mundial, que teve maior destaque após a queda do petróleo na década de 1970. A crise teve seu início por conta do crescimento (com ênfase nas maiores potências do mundo) vegetativo e industrial ter sido maior do que a capacidade de produção de energia elétrica como um todo, bem como a diminuição das reservas de petróleo (CABRAL, 2012).

Várias formas de se produzir energia elétrica foram estudadas e desenvolvidas no mercado, tendo como principais destaques a eólica e a fotovoltaica, como já citado no capítulo anterior. Essas são superiores as demais por conta da abundância de suas matrizes geradoras ao redor do mundo, emissão mínima de resíduos de poluentes durante a produção e também dos incentivos governamentais oferecidos para que as mesmas sejam implantadas (EPE, 2014). Contudo, a energia solar tem o foco principal desse trabalho.

Os painéis fotovoltaicos são constituídos basicamente por pequenas células compostas por um semicondutor (na maioria quase absoluta dos casos é utilizado o silício) que por sua vez é dopado com elementos que favoreçam o fluxo de elétrons quando em contato com a radiação solar. Essas células são conectadas em série ou paralelo entre si, formando um módulo, e por conseguinte, a conexão desses módulos forma o painel solar (MACHADO e MIRANDA, 2014).

Existem vários modos de utilização e arranjos para usinas fotovoltaicas. Podem ser sistemas de baixa, média ou alta potência, aplicados em cargas residenciais, comerciais ou industriais, sendo conectados (*on-grid*) ou não conectados à rede elétrica (*off-grid*). Há muitos tipos diferentes de instalação, de acordo com a aplicação e preços desejados, por conta dos equipamentos de operação e proteção da usina.

### 2.2 DEFINIÇÃO

A energia solar fotovoltaica é: energia produzida através da irradiação solar por meio do efeito fotoelétrico que ocorre nas células solares compostas por semicondutores de silício dopado de um modo que favoreça a geração de uma diferença de potencial CC no meio. Também pode ser entendida como a conversão da energia luminosa advinda do sol em

eletricidade em função da transmissão de energia do pacote de fótons para o elétron de valência da célula de silício transportando-o para a banda de condução. O fenômeno pode ser melhor explicado no item seguinte.

### 2.2.1 EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico é simplesmente a emissão de elétrons, ou geração de diferença de potencial em um meio geralmente condutor, através do contato desse meio com radiação eletromagnética, como a luz, que é produzida por fótons (pequenos pacotes de energia que compõem a luz solar e são provenientes da colisão de partículas subatômicas opostas, como os quarks e anti-quarks).

De outro modo, também pode ser explicado através da interação e radiação ionizante. A radiação ionizante é, em resumo, quando uma radiação (com ou sem massa de repouso) interage com algum corpo e remove elétrons dos átomos ou moléculas que o constituem. Dentro desse fenômeno tem-se o efeito fotoelétrico, que é entendido como um fóton sendo absorvido pelo átomo e um elétron é liberado para se mover no material. A energia recebida por esse elétron (cujo movimento gera a corrente elétrica) é a diferença entre a energia do fóton e a energia de ligação do elétron ao átomo (YOSHIMURA, 2009).

Em meios condutores, ou com baixa resistência elétrica, a condução se torna mais fácil por conta da energia necessária para o “desprendimento” do elétron ser baixa, ou seja, passar o elétron da camada de valência para a banda de condução. Isso faz com que a energia cinética do elétron seja maior e a corrente elétrica flua com mais facilidade.

Lembrando que os metais bons condutores não são utilizados na construção das células solares em razão de não serem um meio favorável à criação da diferença de potencial por não serem dopados, ou seja, não possuem regiões P e N. Com isso, acaba se tornando uma região equipotencial, mesmo com elétrons livres. Já o silício dopado, além de portar as regiões em questão, é um elemento que tem relativa baixa resistência elétrica (os metais não permitem o processo de dopagem porque não possuem o mesmo número de elétrons e lacunas na camada de valência).

### 2.3 MÓDULO FOTOVOLTAICO

O efeito fotoelétrico ou fotovoltaico veio a ser descoberto ainda em 1839, por um físico francês, Edmond Becquerel, quando em um experimento notou que duas placas imersas em um

eletrólito líquido produzem eletricidade quando expostas à luz do sol. A primeira célula solar preparada a base de silício foi desenvolvida em 1954 pela *Bell Labs*, e tinha uma eficiência de aproximadamente 6% (MACHADO e MIRANDA, 2014).

O desenvolvimento dos painéis fotovoltaicos se deu principalmente pelos avanços na indústria espacial, isso porque qualquer meio de produção alternativa de energia é sempre vantajoso e competitivo nessa área, e isso acabou provocando o rápido desenvolvimento dessa nova tecnologia (CASTRO, 2002).

As placas que são produzidas atualmente, dependendo dos aspectos construtivos, podem chegar a um rendimento máximo de até 25%, de acordo com testes realizados em laboratório. Existem três estruturas principais que compõem os módulos fotovoltaicos, podem ser formados por silício monocristalino, policristalino e amorfo. Sendo que o primeiro apresenta o maior rendimento, e o último o menor. Vale ressaltar também que o silício utilizado é de grau solar, ou seja, deve apresentar uma pureza de pelo menos 99% para a aplicação em células fotovoltaicas (MACHADO e MIRANDA, 2014).

### 2.3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Inicialmente, para se controlar um semicondutor a base de silício é necessário utilizar o processo de dopagem. O semicondutor, por definição, é entendido como algo que dependendo da sua formação química pode se comportar como um condutor ou isolante elétrico. E o processo de dopagem consiste na adição de elétrons de elementos diferentes na estrutura original, para se criar as regiões conhecidas como P e N. A região se torna do tipo P quando a mesma é ocupada majoritariamente por lacunas, e do tipo N quando composta em maioria por portadores de carga negativas.

Para se produzir um painel/célula fotovoltaica de silício monocristalino é utilizado o processo de fabricação conhecido como Czochralski. Esse método consiste em fundir o silício em um recipiente, e desse material é retirado um único cristal (chamado de cristal semente). Durante a etapa de crescimento, são adicionadas pequenas quantidades de boro, formando um cristal dopado com região do tipo P.

Posteriormente, o cristal é puxado para cima formando um lingote. Esse lingote é cortado em finas fatias e levado para o forno de difusão, que submete o material a temperaturas extremamente elevadas. E após esse processo de aquecimento, são adicionadas as partículas de fósforo para criação da região do tipo P, formando um semicondutor com junção P-N (MACHADO e MIRANDA, 2014).

Após esse processo, as fatias tem suas duas junções conectadas a terminais condutores, permitindo o arranjo série ou paralelo da célula fotovoltaica. Já o painel policristalino não adere ao processo de Czochralski, a principal diferença em relação ao monocristal é na segunda parte do processo de dopagem, em vez de ser aquecido o mesmo é resfriado a temperaturas abaixo de zero graus, formando vários cristais, e a partir daí é feita a dopagem com o fósforo para criação da região P.

É por conta do resfriamento e do nível de pureza do silício que o material cria várias estruturas cristalinas no seu interior, e não somente uma estrutura como na placa monocristal, fazendo com que seja nominada de policristalina.

## 2.4 MODOS DE INSTALAÇÃO

Vários métodos, e principalmente arranjos, são utilizados para instalação de usinas fotovoltaicas, sendo diversificados pelo preço e nível de proteção requerido pelo proprietário(a) da instalação.

As configurações mais conhecidas para sistemas monofásicos de baixa potência utilizadas para o processo da energia gerada são: com único estágio inversor não-isoladas, com único estágio inversor isoladas, com múltiplos estágios isoladas e as não isoladas.

Em resumo, a variação dessas topologias contempla tipos que utilizam sistema isolado para proteção da usina contra surtos externos, múltiplos estágios de conversão com conversores *fly-back* para melhorar o desempenho da modulação por largura de pulso (PWM), e outras características que são focadas na diminuição das perdas e melhora do fator de potência (TEIXEIRA, 2003).

## 2.5 DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA

Para que seja feita uma análise de energia para instalações que desejam fazer a implantação de usinas solares, deve-se primeiramente dimensionar o tamanho e potência da usina em questão para se ter uma noção do quanto, em dinheiro, irá custar e a partir daí montar a estrutura do cálculo de *payback*, que é basicamente o quanto o consumidor deixará de gastar com a concessionária em função de estar gerando a própria energia.

Primeiramente, deve ser considerado que a usina deve ter a máxima geração possível, ou seja, a potência geradora tem de ser igual ou mais próximo possível do permitido por lei.

Para usuários do grupo B (atendidos em baixa tensão) isso pode ser alcançado levando em consideração o consumo médio mensal da unidade consumidora, a radiação solar média por metro quadrado da cidade, e por último o rendimento dos painéis na temperatura local. Em sequência, o processo funciona da seguinte maneira:

1. Com base nas contas de energia dos últimos doze meses, é feita uma média de consumo da unidade consumidora;
2. Essa média de energia consumida por mês é dividida por 30 (por ser o número de dias do mês) para se chegar ao consumo médio diário da unidade;
3. Considerando que painéis não geram energia durante a noite, e sim apenas numa média de 6 (seis) horas por dia, a potência somada dos painéis deve gerar uma quantidade de energia igual ao consumo médio diário, mas apenas em 6 horas do dia;
4. Através da multiplicação entre a radiação média por metro quadrado por mês, a área de superfície do painel e a eficiência de conversão do mesmo, tem-se então a quantidade de energia que 1 (um) painel irá gerar em um mês;
5. Como os painéis devem gerar em seis horas o mesmo que a média diária de consumo, basta dividir essa energia total a ser gerada por dia pela quantidade gerada por um painel calculada no item anterior, assim é encontrado o número de painéis que serão usados na usina. Se esse número não for inteiro (4,5 por exemplo), deve-se arredondar sempre para o número inteiro superior mais próximo (5, no caso).
6. Por último os inversores de frequência, para fazer a conversão de tensão contínua para alternada, tem suas potências calculadas através da soma das potências de todos os painéis juntos, ficando uma folga notável, visto que os painéis não alcançam potência máxima nas temperaturas do Brasil. Isso para não ocorrer sobrecarga na parte de conversão.

O procedimento para os consumidores atendidos em média tensão, no caso os do grupo A, difere do anterior apenas quanto ao consumo médio mensal, para se dimensionar uma usina nesta situação será utilizada a demanda contratada como parâmetro de potência máxima de projeto, pois a diretriz estabelecida pela ANEEL só permite que usinas para instalações atendidas nessa faixa de tensão tenham uma potência máxima instalada menor ou igual a demanda contratada. Segue os passos:

1. Com a divisão entre o valor da demanda contratada pela potência nominal de cada painel escolhido, tem-se o número total de painéis que serão utilizados;
2. Com a multiplicação entre a área total de superfície dos painéis, a radiação média por metro quadrado e a eficiência média (correlacionada a temperatura local), tem-se então a energia total gerada no mês;
3. Fazendo a somatória de todas as gerações mensais, de janeiro a dezembro (através da variação de radiação e eficiência mensais), tem-se a quantidade de energia gerada em um ano inteiro.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram explanados os assuntos relativos aos módulos fotovoltaicos, no que se diz respeito ao princípio de funcionamento, aos tipos de painéis com seus respectivos processos de fabricação, bem como os modos de instalação que são utilizados para construção de usinas solares.

Em adição, foi explanado como são dimensionadas usinas solares fotovoltaicas para unidades consumidoras pertencentes aos grupos A e B, utilizando o consumo médio mensal, geração média mensal, demanda contratada e a potência nominal de cada painel em kWp (quilowatt pico).

### 3 TARIFAS DE ENERGIA

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A história geral da energia no Brasil passou por vários momentos ao longo do tempo. Primeiramente começou com certo monopólio de empresas de fora do país em relação as usinas de geração hidrelétrica, os recursos naturais hídricos não possuíam políticas para serem geridos, e as tarifas de energia eram formuladas com base nas metas de lucro das geradoras.

Com o passar dos anos, em razão de questões ambientais e financeiras internas ao país, as reformas foram sendo implantadas. Dentre essas, destaca-se a criação do Ministério de Minas e Energia (MME) em 1960 através da Lei nº 3.782, com a principal função de gerir os recursos naturais (mineral e energético) bem como o aproveitamento da energia hidráulica, metalurgia mineração e petróleo. Vale ressaltar também que o MME tem vínculo direto com a Eletrobrás e a Petrobrás, que são empresas de economia mista(<http://www.mme.gov.br/web/guest/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio>).

Outro acontecimento de demasiada importância na história da energia é a criação da primeira agência reguladora do país, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. A mesma foi criada através da Lei nº 9.427 em 1996, implantada durante a gestão do então presidente Fernando Henrique Cardoso. Tem como principais objetivos fazer a gestão dos contratos de fornecimento, estabelecer as regras para a geração, transmissão, distribuição e comercialização, criar metodologias para o cálculo das tarifas, e por último, fiscalizar o fornecimento de energia elétrica (<http://www.aneel.gov.br/competencias>).

Esse capítulo tem como objetivo mostrar de maneira resumida os métodos e caminhos utilizados pela ANEEL para criação das tarifas e dos grupos tarifários em geral. Em seguida expor como é feito o cálculo do valor final da energia de unidades consumidoras que pertencem ao grupo A e B, as que são locadas na tarifa horo-sazonal verde e baixa tensão.

#### 3.2 METODOLOGIA

Tradicionalmente as tarifas de energia no Brasil eram formuladas com base no custo do serviço (*cost of service*), que em resumo fazia a cobrança com base no custo completo do serviço que fora estimado no ano anterior e garantia o retorno de todo investimento realizado pela concessionária com uma taxa de 10 a 12%. Essa metodologia permite que a

comercializadora cubra seus custos para manter a operação e ainda obter algum lucro. Dentro desse método, alguns modelos foram sendo desenvolvidos como o *Price Cap*, *Revenue Cap*, *Sliding Scale*, *Yardstick*, entre outros (CARÇÃO, 2011).

Além disso, com o passar do tempo as cargas alimentadas pelas usinas geradoras passou a ter um crescimento exponencial em virtude da industrialização, crescimento do comércio e vegetativo. Em decorrência de tal fato começou a causar certo sobre carregamento nas linhas de transmissão e distribuição da rede elétrica, em algumas horas do dia. Com o intuito de aliviar essa sobrecarga foi implantado o sistema de tarifa horo-sazonal, fazendo com que o preço mais elevado da tarifa provocasse uma redução do consumo de energia de maneira natural sem cessar o fornecimento da mesma, ou seja, eliminando a necessidade de um racionamento.

As tarifas horo-sazonais vieram trazendo a diferenciação do horário de ponta e fora ponta, sendo esta diferença expressa através do preço. Na ponta o preço da energia é superior em dez vezes ou mais em relação ao valor cobrado no período fora ponta. Vale ressaltar que o período de ponta é das 18 às 21h todos os dias da semana com exceção do sábado, domingo e feriados.

Em adição a implementação dos horários sazonais, para uma melhor distribuição das cobranças, as tarifas foram adequadas as características de consumo e potência demandada de cada consumidor, e isto associado a tensão de atendimento. A partir daí foram criados os grupos tarifários. Os grupos são divididos em duas grandes partes: grupo A e grupo B. Sendo os integrantes do grupo A aqueles que são atendidos com tensão acima de 2,3 kV, e os integrantes do grupo B os atendidos abaixo de 2,3 kV.

Dentro do grupo A as subclasses são separadas de acordo com os níveis de tensão, podendo assumir a cobrança na Tarifa Horo-Sazonal Verde (THS Verde) ou na Tarifa Horo-Sazonal Azul (THS Azul). Enquanto que dentro da classe B, as subclasses são divididas de acordo com a característica dominante da carga (residencial, rural, entre outras).

### 3.2.1 DEFINIÇÕES

- Consumo: toda energia consumida pela unidade em um intervalo que é compreendido entre 15 e 45 dias, é medida em kWh (quilowatt hora) ou MWh (megawatt hora);
- Consumo Ponta: toda energia consumida pela unidade no intervalo compreendido entre 18 e 21h, com exceção de sábados, domingos e feriados;

- Consumo Fora Ponta: toda energia consumida no restante do intervalo não compreendido pelo horário de ponta;
- Demanda: maior valor medido entre as médias de potência em um intervalo de 15 minutos (cada) durante o período faturamento, é medida em kW (quilowatt) ou MW (megawatt);
- Demanda Ponta: maior valor medido entre as médias de potência em um intervalo de 15 minutos (cada) durante o período de 18 às 21h, com exceção de sábados, domingos e feriados;
- Demanda Fora Ponta: maior valor medido entre as médias de potência em um intervalo de 15 minutos cada durante o período não compreendido entre 18 e 21h;
- Tarifa Horo-sazonal Verde: cobrança feita através da medição dos consumos ponta e fora ponta, e a demanda contratada;
- Tarifa Horo-sazonal Azul: cobrança feita através da medição dos consumos ponta e fora, e a demanda medida na ponta e fora ponta.

A cobrança da energia elétrica é feita basicamente de acordo com a quantidade de energia que foi consumida e a demanda de potência solicitada pelo consumidor em um determinado intervalo de tempo, onde o valor da energia é medido em kWh ou MWh, a demanda em kW. Ou seja, se são consumidos “X” kWh em “Y” dias, em um cálculo extremamente elementar o valor final da conta seria uma multiplicação entre “X” e o valor da tarifa de consumo (medida em R\$/kWh), mais o maior valor médio da demanda multiplicado pela tarifa (medida em R\$/kW).

A demanda contratada, em resumo, é uma parcela de potência que é cedida pela concessionária para a unidade consumidora durante 24 horas por dia, nos sete dias da semana. Ou seja, se o consumidor contratou 100kW de demanda, a distribuidora deve ter obrigatoriamente disponibilidade ininterrupta para fornecer essa potência para a unidade, independente da mesma estar demandando essa potência ou não. Se o valor da demanda medida for menor que a contratada, será cobrado o valor contratado de qualquer maneira. Observando também que se a unidade consumir uma potência maior que 5% em relação a contratada, a mesma pagará multa por ultrapassagem de demanda.

Vale ressaltar que nem todos os grupos tarifários tem cobrança direta da demanda contratada, isso depende do enquadramento do consumidor quanto a potência demandada da

rede, nível de tensão de atendimento, e outros. Em outras palavras, a cobrança de demanda ou consumo ponta só é feita para aqueles que estão enquadrados no grupo A. Enquanto os pertencentes ao grupo B, possuem sua cobrança baseada apenas no consumo, sem diferenciação de “ponta” e “fora ponta”, ou seja, tem a cobrança baseada em apenas uma tarifa.

### 3.2.2 COMPOSIÇÃO DAS TARIFAS

A metodologia utilizada pela ANEEL, a grosso modo, consiste primeiramente em dividir a receita requerida das concessionárias de energia em duas grandes parcelas: Parcela A que compõe os custos não gerenciáveis, e a Parcela B que constitui o restante, ou seja, os custos gerenciáveis. A receita também pode ser separada em outras duas grandes parcelas, que é a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Energia (TE).

A Parcela A compõe aqueles custos que não são gerenciáveis pela empresa, em outras palavras são custos pelos quais a empresa não possui controle. São esses:

- Encargos Setoriais: composto por alguns programas que possuem cobrança “obrigatória”, como a Reserva Global de Reservação, Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis, Pesquisa & Desenvolvimento, Operador Nacional do Sistema (ONS), entre outros. Possui a maior influência nos ajustes de preços nas tarifas ao longo dos anos, superando o valor da inflação;
- Custo com Transporte de Energia: entendido como a própria denominação diz, sendo composto pelo Uso das Instalações de Conexão, Transporte de Energia de Itaipu, Montante do Uso do Sistema de Transmissão;
- Compra da Energia Elétrica para Revenda.

Já a composição da parcela B se dá pelos custos gerenciáveis da empresa, que são divididos em:

- Custos Operacionais: constituído pelos custos de pessoal, materiais, serviços terceirizados, despesas gerais e outras;
- Despesas de Capital: em resumo é a recuperação do capital e a quota de reintegração regulatória.

Como mostrado anteriormente, a receita pode ser dividida pela parcela A e parcela B como a tarifa também pode ser formada pela soma da TUSD com a TE, segundo a Resolução Normativa nº 166 de 2005 da ANEEL.

A Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, é formada basicamente para cobrir os gastos relacionados a distribuição de energia como um todo. Esses gastos são os custos operacionais com pessoal para planejamento, monitoramento e execução, gastos com materiais para execução de melhorias, manutenções corretivas e preventivas, custos das perdas técnicas na distribuição, além de outros encargos de serviços.

Já a formação da Tarifa de Energia – TE é mais simples, basicamente consiste no rateio da compra de energia entre todos os consumidores de todos os níveis com exceção dos consumidores livres (são aqueles que compram a energia diretamente da geradora, tendo apenas o custo da transmissão, ou seja, a TUSD), além dos custos de transmissão e das perdas. A principal diferença entre a TE e TUSD é que a primeira não depende das informações das topologias de carga.

Vale ressaltar que para se obter o valor da final da conta de energia é necessário adicionar alguns outros valores referentes as tarifas. A soma da TUSD com a TE proporciona uma valor “vazio” da tarifa, não conta com os impostos, cobrança dos adicionais de bandeira (amarela, vermelha patamar 1 e 2), taxa de iluminação pública, e multa pelos excedentes. Os impostos cobrados explicitamente são apenas três: o Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) e o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Os valores médios utilizados e como esses impostos e cobranças são feitas, serão explanados durante o cálculo de uma conta de energia real com base apenas na TUSD, TE, consumo, demanda contratada e medida, ambos na ponta e fora ponta, bem como os valores divulgados de PIS, COFINS e ICMS.

### 3.3 CÁLCULO REAL DO VALOR COBRADO

Com base em uma conta de energia, e os valores da TE e TUSD disponibilizados através da Resolução Homologatória nº 2.413 em 3 de julho de 2018 da ANEEL para a concessionária de energia elétrica no estado do Tocantins – Energisa, será explanado como é feito o cálculo de uma conta de energia de uma unidade consumidora pertencente ao Grupo A que adote a THS Verde, bem como uma simulação dessa mesma unidade adotando a THS Azul e Baixa Tensão trifásica, isso a fim de mostrar as diferenças dos cálculos entre os grupos tarifários.

A unidade consumidora em questão é uma parte constituinte da Companhia. A mesma adota a THS Verde como posto tarifário, tendo uma demanda contratada de 1600 kW, atendida por uma linha em média tensão de 34,5 kV.

### 3.3.1 COLETA DE DADOS

Para começo da formação da planilha de cálculo é necessário levantar os dados básicos da unidade consumidora, como a demanda contratada, o consumo ponta e fora ponta medidos, a demanda ponta e fora ponta medidas, os valores relativos a TUSD e TE para THS Verde do ano de 2018 disponibilizados pela resolução da ANEEL, e os impostos aplicados no mês em questão (PIS, CONFINS e ICMS). Os levantados são:

Tabela 2 – Dados de Consumo da Estação.

<b>DADOS</b>	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALOR</b>
Demanda Contratada (kW):	1600,00
Demanda Medida Ponta (kW):	1747,20
Demanda Medida Fora Ponta (kW):	1747,20
Consumo Medido Ponta (kWh):	21905,00
Consumo Medido Fora Ponta (kWh):	982777,00
Tarifa do Consumo Ponta para TUSD (R\$/MWh):	1836,24
Tarifa do Consumo F. Ponta para TUSD (R\$/MWh):	45,18
Tarifa da Demanda para TUSD (R\$/kW):	26,49
Tarifa do Consumo Ponta para TE (R\$/MWh):	429,33
Tarifa do Consumo F. Ponta para TE (R\$/MWh):	260,61
Tarifa da Demanda para TE (R\$/kW):	0,00
PIS (%):	1,00
COFINS (%):	4,00
ICMS (%):	25,00

Fonte: Dados do autor.

Vale ressaltar que os dados relativos aos impostos, consumos e demandas podem ser encontrados na própria conta de energia a ser faturada pela concessionária, e também são dados que mudam mensalmente, diferentemente das tarifas que são disponibilizadas anualmente pela ANEEL.

Outra consideração importante é que como se trata de uma unidade consumidora de uma companhia que presta serviços relativos a água, esgoto e saneamento, logo a mesma detém um

desconto de 15% em cima da tarifa “vazia”, ou seja, sem imposto. E também, por fazer parte do grupo de prestação de serviços públicos, conta com a isenção de ICMS sobre a TUSD para cálculo final da conta de energia.

### 3.3.2 METODOLOGIA DE CÁLCULO REAL

Após a coleta dos dados e considerando os descontos para a unidade consumidora em questão, são feitos os seguintes passos para o cálculo:

1. Aplicação do desconto de 15% em cima de todas as tarifas da TUSD e TE sem a inclusão do imposto;
2. Adição de todos os impostos (PIS, COFINS e ICMS) nas tarifas com o desconto, sendo que essa implementação é feita por “dentro”, ou seja, através de uma divisão e não multiplicação;
3. Adição apenas dos impostos PIS e COFINS novamente nas tarifas com o desconto, fazendo de maneira semelhante ao item anterior;
4. Após a adição **total** dos impostos, as tarifas TUSD e TE relativas ao consumo ponta, fora ponta e demanda são somadas entre si para se obter os valores globais;
5. Após a adição **parcial** dos impostos, as tarifas TUSD e TE relativas ao consumo ponta, fora ponta e demanda são somadas entre si para se obter os valores globais;
6. Depois de ter encontrado os valores das tarifas usados para o cálculo, são então considerados os valores de consumo e demanda medidos na conta de energia para criação de uma base de cálculo, ressaltando que a demanda que será utilizada é sempre maior ou igual a demanda contratada e os valores de consumo são iguais aos medidos;
7. Com os valores das tarifas calculados no primeiro item, é feita uma multiplicação com os consumos e demandas encontrados no item 6, encontrando um valor parcial **V<sub>p</sub>** da conta (sem impostos);
8. O valor do subsídio **V<sub>s</sub>** oferecido através do desconto de 15% é encontrado em sua totalidade por meio da aplicação da porcentagem em forma de divisão em **V<sub>p</sub>**, subtraindo posteriormente o mesmo valor **V<sub>p</sub>** inicial, sobrando assim apenas a diferença do valor parcial com e sem o subsídio;

9. O valor total referente ao imposto  $T_i$  é encontrado de maneira semelhante, aplicando as porcentagens de PIS, COFINS e ICMS por meio de divisão em cima do valor da soma de  $V_p+V_s$ , e depois é subtraído desse valor último novamente a soma  $V_p+V_s$ ;
10. Com os valores totais do subsídio e dos impostos encontrados, agora são calculados os valores das isenções do ICMS sobre a TUSD, isso em cima do próprio ICMS, do PIS e COFINS, por isso o cálculo das tarifas com e sem o ICMS nos itens 2 e 3. Para isso é feita uma subtração entre a soma das multiplicações dos valores da base de cálculo de consumo e demanda com as tarifas correspondentes com e sem ICMS, tendo como multiplicador final a porcentagem do imposto. Ressaltando que o valor referente a isenção do ICMS sobre a TUSD no próprio ICMS é chamado de  $V_1$ , do PIS de  $V_2$  e do COFINS de  $V_3$ .
11. Por último é feita uma soma entre o valor parcial  $V_p$  e o valor total dos impostos  $T_i$ , ao mesmo tempo subtraindo os valores das três isenções encontradas no item 10 ( $V_p+T_i-V_1-V_2-V_3$ ). Com isso o valor final da conta de energia em R\$ é encontrado.

No Anexo 01 segue através de uma ilustração como são feitos os passos citados anteriormente para o cálculo de uma conta de energia de uma unidade consumidora THS Verde, de maneira mais visual e fácil entendimento.

Para a simulação da mesma carga com o mesmo consumo na tarifa THS Azul, basta seguir os mesmos passos citados para o cálculo no posto tarifário Verde, mas agora considerando os valores da Resolução para THS Azul. Levando em consideração também os valores da demanda ponta e fora ponta, sendo que ambos podem ser encontrados na própria fatura de energia, já que a unidade consumidora em questão tem a medição feita em média tensão.

A única diferença considerável entre os cálculos da conta na THS Verde e Azul é que quando forem somadas as duas parcelas da TUSD e TE para encontrar o valor de  $V_p$ , e também para se achar as isenções  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  (terá de ser considerado dois valores de demanda). Para os valores do subsídio e impostos a metodologia continua a mesma, bem como para o cálculo do valor final da conta.

No Anexo 02 segue através de uma ilustração como são feitos os passos citados anteriormente para o cálculo de uma conta de energia de uma unidade consumidora THS Azul, de maneira mais visual e fácil entendimento.

Para uma simulação do valor final de uma conta de energia nessa mesma unidade consumidora na baixa tensão trifásica, deve-se atentar para o fator mais importante que consiste na somatória do consumo ponta com o consumo fora ponta, pois a baixa tensão tem a aplicação apenas de uma única tarifa: consumo. Não são levadas em consideração as demandas de nenhuma natureza.

Então para essa simulação será executado o procedimento de maneira similar aos dois anteriores, contando apenas com o consumo, sendo ainda necessária a aplicação do desconto, da isenção e afins. Segue no Anexo 03 ilustrações de como é feito o cálculo para essa mesma unidade consumidora se a mesma estivesse enquadrada na baixa tensão trifásica.

Com os mesmos valores de consumo e demanda, e através da mesma resolução homologatória de 2018 para a Energisa, através da simulação e utilizando o critério do menor preço, conclui-se que a unidade consumidora ETA 006 se encontra no subgrupo tarifário correto para as características de carga e consumo, sendo que o menor valor encontrado foi na THS Verde.

Para um análise mais aprofundada recomenda-se que se faça o mesmo comparativo, mas levando em consideração todos os últimos 12 meses de consumo da unidade, comparando apenas a soma final entre os três subgrupos de tarifação. Isso porque as características de consumo da unidade variam de acordo com as épocas do ano, como por exemplo, em épocas de estiagem são utilizadas mais bombas para captação de água bruta além da estação funcionar alguns dias no horário sazonal com plena carga para compensar a redução da produção das outras unidades de Palmas.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, neste capítulo foram abordados assuntos relativos as tarifas de energia em geral, dentre os quais estão a formação das estruturas tarifárias no Brasil, as metodologia para o cálculo segundo a ANEEL sendo explanadas, primeiramente, as definições de consumo, demanda, e posteriormente as diferentes classes de consumidores e suas subclasses, como as Tarifas Horo-sazonal verde, azul e convencional.

Foram mostradas também as metodologias de cálculo da conta de energia, com base apenas na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Energia (TE), com a implementação dos impostos, demanda contratada e cobrança na ponta e fora ponta para o caso do consumidor enquadrado na THS Verde, Azul e Baixa Tensão.

## 4 INCENTIVOS FISCAIS

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos momentos iniciais, com os primeiros avanços no desenvolvimento das usinas fotovoltaicas os governos dos países desenvolvedores viram a oportunidade de uma geração de energia elétrica que não dependesse da queima de combustíveis fósseis ou da utilização de recursos hídricos, ou seja, sem a emissão de resíduos poluentes provenientes de carvão mineral, petróleo e gás natural, ou inundações provocadas pela construção de barragens.

Contudo, a implementação desse tipo de geração de energia tinha um custo elevado nos primeiros momentos e ainda continua até os dias de hoje. Tal fato se deve, principalmente, pelo preço da tecnologia e *know how* do processo de fabricação dos painéis. Como mencionado anteriormente, a construção de um painel que funcione requer que o silício tenha no mínimo 99% de pureza, ou “grau solar”, e esse processamento da matéria prima juntamente com a montagem do módulo é uma ciência que poucos países dominam, como a China, Alemanha e Estados Unidos.

Com a crise energética provocada pela falta de petróleo, novas fontes alternativas para geração começaram a ser buscadas, como a eólica, hidráulica, biomassa e solar, tendo como destaque a última pela maior facilidade de implementação em baixa escala, o que atende principalmente os comércios e residências, aliviando as gerações hidrelétricas e as baseadas em combustíveis fósseis para atendimento de grandes unidades consumidoras, como indústrias. Isso já está sendo melhor estruturado pela Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) para futuras aplicações.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE em uma pesquisa feita no ano de 2012, foi constatado que em nenhum país da Europa foi alcançada a paridade tarifária praticada pelas concessionárias a partir da geração de energia fotovoltaica, ou seja, a energia fornecida pela rede de distribuição tinha um preço mais acessível que a geração solar. Ressaltando que foi feita uma estimativa que até 2015 a paridade seria alcançada em alguns países como na Itália, França, Alemanha, Espanha e Reino Unido.

Os agentes principais do preço elevado para se adquirir as instalações fotovoltaicas ainda são os equipamentos da usina, que são basicamente os painéis, o inversor de frequência e o sistema de proteção. Contudo, o preço dos painéis estão caindo com o passar dos anos. Segundo uma outra pesquisa realizada em 2014 pela EPE, existe uma tendência de que os custos totais deverão cair, respectivamente, 48,7%, 46,3% e 54,8% entre 2010 e 2020 (SILVA, 2015).

Como o preço elevado para instalação dessas usinas solares e ao mesmo tempo a necessidade de novas fontes de geração, os governos começaram a criar programas de incentivos com o objetivo de tornar mais acessível a implementação desses sistemas. Em resumo, esses programas diminuem o tempo de retorno do investimento (*payback*), e serão explanados de maneira mais detalhada no decorrer do capítulo.

#### 4.1 RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482 – ANEEL

Os sistemas fotovoltaicos que são implementados por unidades comerciais, residenciais e também industriais, podem ser conectados à rede ou não, sem uma unidade de banco de baterias a geração cessa com a ausência de luz solar, então para manter o suprimento de eletricidade durante a noite, quando a usina sai de operação, a unidade passa a consumir a partir da rede de distribuição da concessionária.

Para regulamentação dessas unidades consumidoras que são conectadas à rede, foi criada em 2012 (e revisada em 2015) pela ANEEL a Resolução Normativa n°482 juntamente com redação n° 687, a resolução tem como objetivo estabelecer as condições gerais para o acesso da micro geração e mini geração a rede de distribuição de energia, bem como o sistema de compensação de energia para aqueles que possuem instalações de geração solar.

Primeiramente são definidas as classes para micro e mini geração distribuída, onde a primeira são aquelas com potência de geração instalada igual ou inferior a 75kW, e a segunda com potência instalada superior a 75kW e igual ou inferior a 5 MW. Depois é definido como deve funcionar de maneira global o sistema de compensação de energia, que é o meio pelo qual a energia injetada na rede de distribuição pelas micro e mini geração por intermédio de empréstimo gratuito, é posteriormente compensada com consumo de energia elétrica ativa, ou seja, a energia que foi cedida à concessionária pelo excedente de geração é compensada com consumo de energia na proporção 1:1.

Essas compensações podem acontecer não só na mesma unidade consumidora, mas em locais diferentes também, ou seja, a energia pode ser injetada na rede em um local e ser compensada em outra unidade (geração compartilhada), ou em outro caso, quando várias unidades consumidoras que estão sob o mesmo domínio de pessoa física ou jurídica podem ter o consumo de energia compensado através de uma só unidade geradora que também submetida a esse mesmo domínio.

Vale ressaltar que pela normativa os modos de compensação diferem para algumas circunstâncias. Por definição, **o excedente de energia é igual a diferença positiva entre a**

**energia injetada na rede e a energia consumida pela unidade**, mas no caso de um empreendimento com várias unidades consumidoras, o excedente é igual a energia injetada na rede.

Uma consideração de extrema importância é que para os consumidores da classe A e B sempre será feita a cobrança pela disponibilidade de energia do sistema de distribuição, assim como para os consumidores do grupo A também sempre será cobrado o valor relativo à demanda contratada, assim a conta de energia não terá seu valor abatido em 100%, ou seja, em todos os casos ocorrerá a cobrança de um valor, a não ser que o ponto de fornecimento seja desativado. E para os consumidores que não tem custos com a Tarifa de Energia (TE), que são os consumidores livres e especiais, a adesão ao sistema de compensação **não** se aplica.

Quanto a medição da unidade consumidora que deseja possuir instalação fotovoltaica, algumas adequações deveram ser feitas para que tudo esteja de acordo com as diretrizes estabelecidas pelos Procedimento de Distribuição – PRODIST, sendo que o custo para execução dessas adequações é de responsabilidade da concessionária quando se tratar de micro geração, e será de responsabilidade do interessado quando a unidade pertencer a mini geração.

#### 4.2 PROGRAMA PALMAS SOLAR

A cidade de Palmas – Tocantins, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) conta com uma radiação solar média de 5,54 kWh/m<sup>2</sup>/dia no decorrer do ano, com base nisso e com o intuito de aumentar a estrutura econômica da cidade, a prefeitura do município no ano de 2017, através do decreto N° 1.506 implantou o programa Palmas Solar como forma de incentivo a utilização de instalações fotovoltaicas para geração de energia, e de placas térmicas para aquecimento de água.

Primeiramente são definidas as diretrizes gerais para adesão ao programa, onde algumas são que a empresa executante do serviço de instalação da usina deve ter o CNPJ locado na cidade de Palmas, a unidade consumidora deve estar devidamente regulamentada com a concessionária quanto a medição e os padrões de geração, para consumidores do grupo A a potência instalada de geração tem de ser igual ou inferior a demanda contratada pela unidade. Seguindo essas diretrizes a unidade passa a ter o Selo Solar. Quanto as demais definições, seguem os padrões que são expostos nas resoluções publicadas pela ANEEL.

Os incentivos que são oferecidos pelo programa tem suas proporções baseadas em um indicador, chamado de Índice de Aproveitamento de Energia Solar – IAES, onde os parâmetros são calculados de maneira diferente de acordo com o tipo de instalação e classe consumidora,

ou seja, para os que possuem usinas fotovoltaicas os parâmetros são de acordo com a potência e afins, enquanto que para os que aderem o aquecimento solar de água os elementos são relativos aos volumes de água quente e água fria armazenados.

Os descontos oferecidos pelo programa são aplicados no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), no Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) e no Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI). Sendo que o desconto sobre o IPTU e ITBI podem chegar a até 80% de acordo com o IAES, destacando que ambos são cumulativos entre si no caso de edificações que possuam instalações fotovoltaicas e aquecimento solar de água, ou seja, **a soma dos dois benefícios deve ter um desconto máximo de 80%** nesses casos.

Abaixo algumas definições para uma posterior exposição dos cálculos de IAES:

- Demanda Contratada (DC): demanda de potência ativa obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora no ponto de entrega;
- Potência Instalada (PI): potência total do sistema fotovoltaico em kW, conforme projeto aprovado na concessionária;
- Consumo Médio Mensal (CMM): valor médio do consumo de energia elétrica dos últimos 12 meses;
- Geração Média Mensal (GMM): valor médio mensal de energia gerada pelo sistema fotovoltaico em kWh.

Os descontos de IPTU e ITBI para os consumidores do grupo A, são calculados através do índice de aproveitamento da seguinte maneira:  $IAES (TA) = PI/DC$  (Potência Instalada / Demanda Contratada), sendo que para os consumidores do grupo B é:  $IAES (TB) = GMM/CMM$  (Geração Média Mensal / Consumo Médio Mensal). As variações desse índice determinam quais serão as porcentagens de descontos oferecidos as unidades consumidoras de cada grupo, como está explícito abaixo:

- Se o IAES for igual a 1, o desconto será de 80%;
- Se o IAES for menor que 1 e maior ou igual a 0,75, o desconto será de 65%;
- Se o IAES for menor que 0,75 e maior ou igual a 0,5, o desconto será de 50%;
- Se o IAES for menor que 0,5 e maior ou igual a 0,25, o desconto será de 35%;
- Se o IAES for menor que 0,25, o desconto será de 20%;

Vale ressaltar que os incentivos oferecidos pelo programa Palmas Solar tem um prazo de vigência, ou seja, com o passar dos anos as porcentagens de desconto são diminuídas gradativamente. O programa em geral tem uma duração de 20 (vinte) anos, contudo, a porcentagem de incentivos só carrega o valor de 100% apenas nos 5 (cinco) primeiros anos, caindo para 75%, 50% e 25% com a mesma variação de 5 anos cada.

Com isso, o descontos de IPTU e ITBI também irão variar, mesmo com o índice de aproveitamento igual a 1 (um), após os cinco primeiros anos de adesão ao programa a porcentagem de desconto máximo oferecida passa a ser 60%, caindo gradativamente para 40% e depois 20%. Deve-se cuidado para não confundir as informações de desconto, a taxa de desconto **oferecido** que decresce inevitavelmente com o passar dos anos, mas se o consumidor aderir ao programa no último ano no qual os benefícios ainda são de 100%, o mesmo aproveitará essa mesma taxa de desconto pelos próximos 5 (cinco) anos.

De maneira um pouco mais clara, se o consumidor aderir ao programa em 2020 (que é o último ano da vigência de 100% dos benefícios), o mesmo usufruirá dessa mesma taxa de descontos de 2021 até 2025 sem qualquer alteração na porcentagem.

Com a implementação do programa acompanhado da Lei Complementar N° 327, veio também a obrigatoriedade de que toda edificação pública no município de Palmas, nova ou em reforma, deve possuir instalação fotovoltaica desde que seja uma ampliação de área ou de consumo energético. Isso provoca o aquecimento no mercado local como um todo, trazendo uma maior taxa de crescimento do comércio, e maior competitividade no quesito inovação com as outras cidades do país.

#### 4.3 OUTROS INCENTIVOS NO BRASIL

Além dos incentivos locais, como o Programa Palmas Solar, existem os outros descontos e vantagens oferecidas pelo próprio governo federal, como por exemplo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES oferece para aqueles detentores de fontes de geração alternativa de energia formas de financiamento diferenciadas, com taxas de juros abaixo das praticadas no mercado e com amortização de até 20 (vinte) anos.

Existem também apoios a projetos de eficiência energética através da PROESCO, onde são financiadas os meios que de maneira comprovada contribuam para a economia de energia, aumenta a eficiência global do sistema de energia elétrica ou que provoque a diminuição do consumo de combustíveis fósseis. A Caixa Econômica Federal também oferece a oportunidade

da pessoa física adquirir os equipamentos para micro geração com a quitação em até 240 (duzentos e quarenta) meses, com uma taxa de juros mensal de 1,4%.

Outro incentivo de grande importância que é aplicado no estado do Tocantins é a isenção do ICMS na conta de energia, por meio da Lei nº 3.179/2017, para aqueles que possuem instalações fotovoltaicas de micro e mini geração distribuída (disponível em [www.portal.to.gov.br](http://www.portal.to.gov.br)).

#### 4.4 PROGRAMA DE INCENTIVO DA ALEMANHA

Como já citado anteriormente, a crise do petróleo na década de 1970 criou uma forçada motivação para que os países que dependiam de fontes fósseis para geração de energia começassem a aderir novos modelos de geração, com isso a energia solar alavancou no país tornando a Alemanha referência mundial na tecnologia adotada. Outro fator determinante nesse crescimento foi a substituição da matriz energética do país, que passou de nuclear para solar.

Segundo a AL-INVEST, em 2011, um dos principais programas que foram implantados no país foi o Programa de Incentivos de Mercado (*Marktanreizprogramm*), que é um programa praticado como uma estratégia do governo alemão de expansão das energias renováveis como matriz energética do país.

Outra medida que foi de extrema eficiência para a que os sistemas de geração crescesse no país foi a implementação da Lei *Electricity Feed-in Law*, adota em 1990. Essa lei trata da inserção da energia produzida pelas fontes renováveis na rede elétrica convencional, e tem como principal objetivo promover a compra obrigatória, pelas concessionárias, dessa energia produzida através do mecanismo da tarifa-prêmio.

Essa política de compra da energia pelas concessionárias é uma das principais diferenças pelas quais a Alemanha se destaca em relação ao Brasil quanto ao crescimento da implantação das usinas. Isso porque a tarifa-prêmio se baseia em uma real compra, ou seja, o pequeno produtor de energia renovável é pago em dinheiro proporcionalmente a quantidade de energia que é injetada na rede de distribuição.

Também é levado em consideração pelo governo alemão que a energia produzida por meio de geração fotovoltaica é mais valiosa, por ser renovável e ter um custo de produção mais elevado, portanto aquele que gera e injeta na rede mais do que consome no mês consegue manter o saldo positivo no final das contas. Enquanto que no Brasil, como citado anteriormente, a moeda de troca é de 1:1 (um para um), sendo que o excedente contado como crédito é igual a

diferença positiva entre o consumido e gerado para a rede, além do fato de não ser paga em dinheiro e sim com kWh.

Para manter esse contínuo avanço, em 2004 o governo promoveu uma mudança na legislação que limitava o pagamento das grandes indústrias para as gerações alternativas, preservando a competitividade da indústria alemã. Com os pagamentos das concessionárias para os pequenos geradores, isso poderia provocar uma quebra no mercado de distribuição, e os grandes consumidores não podem ser supridos pela pequena geração fotovoltaica, logo essa limitação foi uma medida preventiva para evitar que esses “gigantes” se virassem contra o crescimento da geração alternativa.

Segundo dados divulgados pela British Petroleum em 2017, a energia fotovoltaica teve um crescimento mundial de 33,2% em 2016, sendo a Europa responsável por um terço desse crescimento, com destaque para a Alemanha com uma potência de geração de 41,3 GW.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No capítulo em questão foram abordados assuntos relativos aos incentivos fiscais presentes no Brasil, com a principal norma reguladora formulada pela ANEEL nº 482/2015 pré estabelecendo as diretrizes para instalações elétricas que possuam usinas de geração alternativa.

Além disso, também explanou-se sobre o Programa Palmas Solar, que tem como objetivo principal incentivar o crescimento da economia local da cidade através de serviços de instalação e manutenção de usinas fotovoltaicas, fazendo isso por meio da isenção de até 80% do IPTU do local da geração (ou não), e também colocando como exigência que a empresa prestadora do serviço deve ter o CNPJ cadastrado no município de Palmas-TO.

Por último fora realizado um comparativo teórico entre os incentivos fiscais presentes no Brasil para geração de energia alternativa e os criados pelo governo alemão, trazendo uma superficial, porém fundamentada, conclusão de que o Brasil permite o crescimento de instalações fotovoltaicas mas como uma eficiência e liberdade muito inferiores as presentes na Alemanha.

No próximo capítulo serão desenvolvidos os métodos para dimensionamento de uma usina fotovoltaica para consumidores dos grupos A e B, bem como a estrutura de cálculo de *payback* para ambos os casos, e finalmente comparando os prazos para retorno com e sem a aplicação do Programa Palmas Solar.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

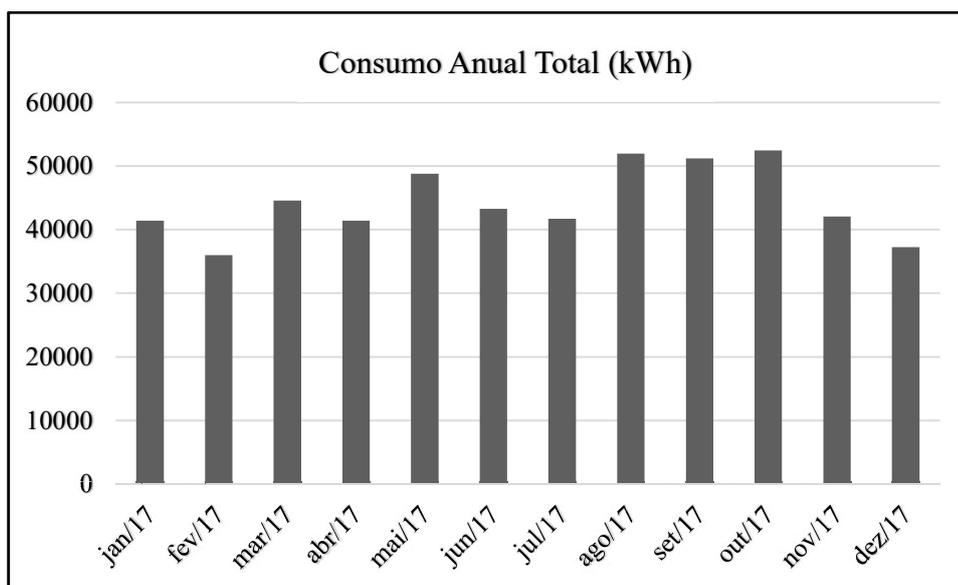
### 5.1 CÁLCULO DE *PAYBACK* PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A

Primeiramente, como citado no capítulo 2, é necessário que seja dimensionada uma usina solar fotovoltaica para que o seu preço de implantação seja estimado, e a partir daí vem a formulação da estrutura de cálculo de *payback*.

Seguindo os passos para dimensionamento de uma usina para unidades consumidoras do grupo A, devemos considerar em primeiro lugar qual é a demanda contratada dessa unidade, isso se deve a dois principais fatores: a resolução da ANEEL n° 482 não permite que uma unidade atendida em média tensão possua uma instalação de geração de energia alternativa com potência instalada superior a sua demanda contratada; e o Programa Palmas Solar tem como índice de aproveitamento de energia solar (IAES) a relação entre a potência instalada da usina e a demanda contratada, sendo maior os benefícios quanto perto esse indicador estiver de 1.

Para o dimensionamento em questão foi utilizada uma unidade consumidora da Companhia prestadora de serviços públicos, localizada em Palmas – TO. Sendo esta possuidora de uma área livre considerável para abrigar uma futura instalação e também pertencente ao grupo A. Considerando que a demanda contratada da unidade é igual a 180kW, presente na THS Verde subgrupo A4, e tendo os seguintes dados de consumo no ano de 2017:

Figura 1 – Consumo da Unidade Pertencente ao Grupo A em 2017.



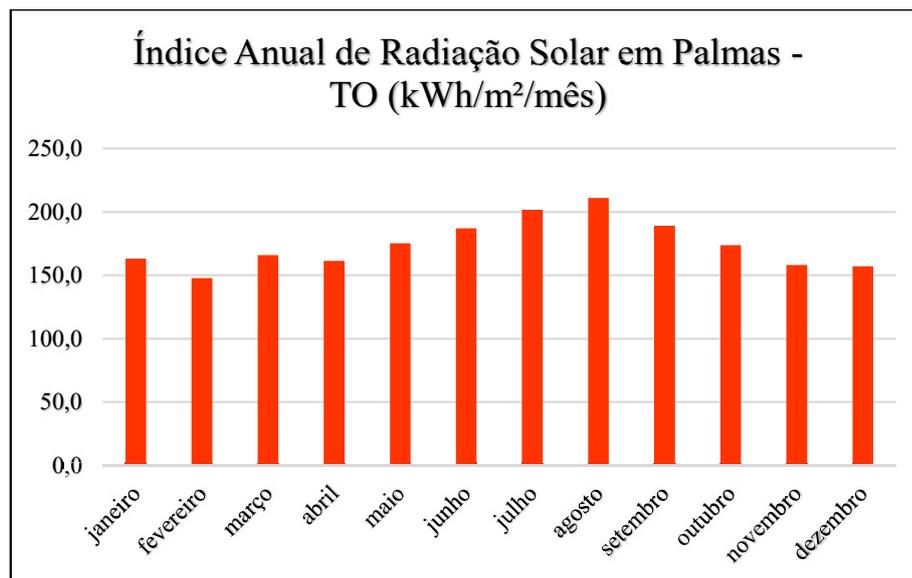
Fonte: Dados do Autor.

Através da metodologia desenvolvida no capítulo 2, tem-se que a usina dimensionada contará com um total de 621 painéis, sendo de 290Wp (watt-pico) cada, com uma área modular total de 1215,24 m<sup>2</sup>. Com a conversão de corrente contínua para corrente alternada feita através de três inversores de frequência de 60kW cada, a potência instalada da usina, obviamente, será de 180kW, alcançando um IAES igual a 1.

Vale ressaltar também que a radiação solar varia na região de acordo com a época do ano, e com isso a eficiência dos painéis por conseguinte sofrerá alterações. Em decorrência disto, para o cálculo da energia gerada durante o ano deve-se considerar a curva de incidência de radiação solar e temperatura ambiente, que são proporcionais entre si. Então, representando apenas uma das duas de maneira gráfica, é possível ter uma visão de como será o desempenho da usina como um todo.

Segue abaixo representação gráfica do índice anual de radiação solar em Palmas.

Figura 2 – Radiação Solar em Palmas.



Fonte: ARASOL Energia Solar®, 2017.

Com base na área total modular de geração, na curva de incidência e também na temperatura ambiente (aproximada), é então confeccionada a tabela da energia gerada pela usina fotovoltaica desenvolvida pela ARASOL®, que segue abaixo:

Tabela 3 – Dados de Geração da Usina no Primeiro Caso.

Mês	Temp (°C)	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	Rad. Mês kWh/m <sup>2</sup>	E. Gerada MWh	E. Injetada na Rede MWh	Eficiência Est. (%)	Eficiência Real (%)
Janeiro	25,10	163,1	152,9	23,71	22,61	11,96	11,41
Fevereiro	24,70	147,7	139,3	21,52	20,51	11,99	11,43
Março	24,60	165,8	156,5	24,30	23,19	12,06	11,51
Abril	24,70	161,4	152,6	23,62	22,52	12,04	11,48
Mai	25,00	175,2	166,2	25,63	24,45	12,04	11,48
Junho	25,20	187,0	177,8	27,41	26,17	12,06	11,52
Julho	25,80	201,6	191,8	29,33	27,98	11,97	11,42
Agosto	27,70	210,9	200,7	30,32	28,91	11,83	11,28
Setembro	30,10	189,2	179,3	26,85	25,61	11,68	11,14
Outubro	29,60	173,8	164,0	24,69	23,55	11,69	11,15
Novembro	27,60	158,0	148,5	22,60	21,57	11,77	11,23
Dezembro	26,20	157,2	147,5	22,68	21,65	11,87	11,33
<b>ANUAL</b>		<b>5,808056</b>	<b>5,4919444</b>	<b>302,65</b>	<b>288,74</b>		

Fonte: Dados do Autor.

Na tabela mostrada acima, tem-se duas colunas mostrando a quantidade energia em MWh anual, sendo a primeira com um total de 302,65 MWh e a segunda 288,74 MWh. A de maior valor representa a geração considerando a eficiência estimada dos painéis, enquanto que a de menor valor representa a geração com a eficiência real e testada dos painéis fotovoltaicos.

Como a empresa em possuidora da unidade não permite a liberação dos dados de consumo de energia de forma integral sem fins últimos, não foi possível encontrar um valor exato para a proposta usina, e sim um valor estimado em R\$ 1.000.000,00 segundo a FERPAM Solar®. Nesse valor já contém os custos de instalação, material e *start-up* da unidade geradora.

### 5.1.1 CONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR

Estruturando agora a metodologia de *payback*, a usina deve ser dividida em dois grandes grupos:

- Economia: engloba os valores relativos a isenção de 80% do valor total de IPTU, a energia que seria consumida durante o dia (mas que agora é gerada), e a energia consumida durante a noite pela concessionária mas que é compensada pelo excedente de geração diurno;

- Gastos: custo total de implementação da usina, manutenção periódica da estrutura de geração por empresa especializada e energia consumida pela concessionária durante a noite.

Deve-se considerar também uma taxa de reajuste aproximado de 3% ao ano no custo de manutenção (devido a inflação), e o decréscimo das porcentagens de incentivos do programa ao longo dos anos como é exposto no capítulo 4.

O cálculo de recuperação do investimento é feito da seguinte maneira:

1. No mês zero é computado o investimento total para instalação da usina, ou seja, um valor de 1 milhão de reais;
2. O valor do custo de manutenção é adicionado em um total de R\$ 5.000,00 por mês nos primeiros doze meses, e nos demais meses com a correção de 3% ao ano;
3. O valor relativo a economia de IPTU é inserido com exatos 80% do valor total a cada doze meses (considerando que a usina tem IAES igual a 1) sendo adicionado logo no primeiro ano;
4. A economia é colocada como a multiplicação entre a energia produzida em cada mês e a tarifa de energia de consumo na fora ponta com inclusão de todos os impostos na THS Verde;
5. É considerado um valor igual a zero para o gasto no horário de ponta (durante a noite) pois a unidade conta com geração própria a base de combustão.

Com o valor estimado do IPTU em R\$ 900.000,00 e o custo de manutenção inicial de R\$ 5.000,00 ao ano, seguindo a lógica de que o mês zero é apenas o custo total de implementação, o primeiro mês de cálculo terá a soma de todas as economias menos o valor de 1 milhão. É considerado o mês do retorno financeiro total aquele que o valor da soma das economias menos os gastos passa a ser positivo.

Seguindo o mesmo raciocínio para os meses subsequentes, e trazendo as considerações citadas anteriormente, chega-se à conclusão de que a usina fotovoltaica projetada para um consumidor do grupo A (subgrupo A4) com a inclusão do Programa Palmas Solar com IAES igual a 1 (um) tem seu custo de implementação revertido em exatos **13 (treze) meses**.

Vale ressaltar que de acordo com o 2º parágrafo do artigo 14º da Lei Complementar Palmas Solar, os benefícios do programa relativos ao desconto do IPTU **NÃO** se aplicam a

unidades consumidoras que sejam denominadas “**glebas não micro parceladas**” pela política de loteamento da prefeitura do município.

### 5.1.2 DESCONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR

Utilizando a mesma metodologia de dimensionamento para a usina, considera-se agora que o cálculo de *payback* será feito de maneira semelhante ao item anterior, mas terá como principal diferença a não consideração dos descontos do IPTU. A implementação da unidade geradora terá o mesmo custo inicial, e será desconsiderada a correção de 3% ao ano com manutenção especializada, sendo esse abono compensado pelo não ajuste na tarifa ao longo dos anos.

Portanto a implementação da usina, nesse caso, trará apenas o benefício concedido pela normativa nº 482 da ANEEL da compensação de energia por meio do excedente injetado na rede de distribuição, o restante dos valores permanecem análogos.

Aplicando a mesma lógica de cálculo chega-se à conclusão de que sem a participação do programa, ou simplesmente desconsiderando o desconto do IPTU, a usina tem um total **182 (cento e oitenta e dois) meses**, ou seja, aproximadamente **15,5 anos** para ter o seu investimento totalmente recompensado com base apenas na compensação de energia.

Isso se deve ao fato de que os valores de consumo (TUSD e TE em R\$/MWh) são diferentes para horário de ponta e fora ponta na THS Verde, obviamente. Sem a aplicação dos impostos a soma das tarifas de energia e de uso do sistema de distribuição são iguais a aproximadamente 0,306 R\$/kWh no horário fora ponta, enquanto que no horário ponta a soma se aproxima a 2,266 R\$/kWh.

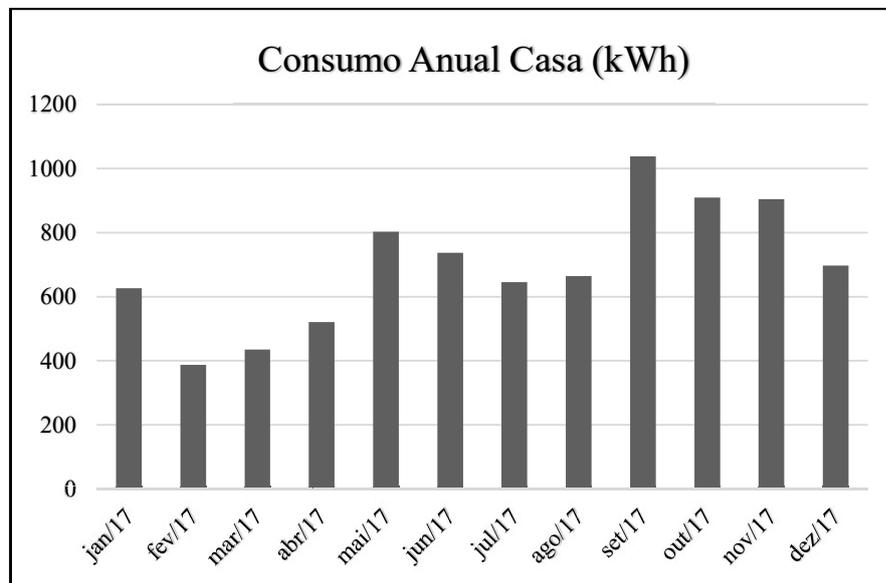
Como a geração de energia ocorre apenas durante o dia, quando é aplicada a tarifa fora ponta, e a conta de energia para essa unidade consumidora contempla, além das tarifas de consumo, a cobrança fixa da demanda contratada, a economia no consumo é baixíssima pois a unidade deixará de arcar com o um dos menores custos relativos a energia, mostrando de maneira clara que com a ausência do Programa Palmas Solar, a instalação de usinas fotovoltaicas em Palmas – TO em unidades do grupo A, do ponto de vista financeiro/econômico, é altamente inviável.

### 5.2 CÁLCULO DE *PAYBACK* PARA CONSUMIDORES DO GRUPO B

Para que seja estruturada a metodologia de cálculo de retorno para unidades consumidoras do grupo B, primeiramente será considerada que a carga a ser suprida é uma residência atendida em baixa tensão com o tipo de tarifa convencional. A unidade em questão é localizada na quadra 307 sul, no plano diretor sul de Palmas – TO.

De maneira análoga ao item anterior, é necessário o histórico de consumo da unidade para o dimensionamento da usina e cálculo de retorno do investimento. Através do consumo no ano de 2017 que será possível fazer a média e então encontrar o Consumo Médio Mensal – CMM da residência. Abaixo segue ilustrado de maneira gráfica a tendência de gasto da unidade com energia.

Figura 3 – Consumo da Unidade Pertencente ao Grupo B em 2017.



Fonte: Dados do Autor.

Utilizando a mesma variação de radiação solar mostrada no item subsequente e seguindo a metodologia exposta no Capítulo 2, tendo agora como principal parâmetro o valor do CMM sendo igual a GMM, pois com essa igualdade o valor de IAES é 1 trazendo o desconto máximo para a cobrança do IPTU, com isso chega-se a uma área modular total de 43,05m<sup>2</sup>.

Através do método ilustrado na seção anterior, chega-se aos seguintes valores para a energia gerada pela usina considerando a variação da temperatura ambiente da cidade e o índice de radiação solar:

Tabela 4 – Dados de Geração da Usina no Segundo Caso

Mês	Temp (°C)	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	Rad. Mês kWh/m <sup>2</sup>	E. Gerada MWh	E. Injetada na rede MWh	Eficiencia Est. (%)	Eficiencia Real (%)
<b>Janeiro</b>	25,10	163,1	152,9	0,84	0,80	11,96	11,41
<b>Fevereiro</b>	24,70	147,7	139,3	0,76	0,73	11,99	11,43
<b>Março</b>	24,60	165,8	156,5	0,86	0,82	12,06	11,51
<b>Abril</b>	24,70	161,4	152,6	0,84	0,80	12,04	11,48
<b>Mai</b>	25,00	175,2	166,2	0,91	0,87	12,04	11,48
<b>Junho</b>	25,20	187,0	177,8	0,97	0,93	12,06	11,52
<b>Julho</b>	25,80	201,6	191,8	1,04	0,99	11,97	11,42
<b>Agosto</b>	27,70	210,9	200,7	1,07	1,02	11,83	11,28
<b>Setembro</b>	30,10	189,2	179,3	0,95	0,91	11,68	11,14
<b>Outubro</b>	29,60	173,8	164,0	0,87	0,83	11,69	11,15
<b>Novembro</b>	27,60	158,0	148,5	0,80	0,76	11,77	11,23
<b>Dezembro</b>	26,20	157,2	147,5	0,80	0,77	11,87	11,33
<b>ANUAL</b>		<b>5,808056</b>	<b>5,4919444</b>	<b>10,72</b>	<b>10,23</b>		

Fonte: Dados do Autor.

Fazendo a divisão entre a área total e a área unitária tem-se um número de 22 (vinte e dois) painéis para suprir o consumo da unidade residencial durante o dia, com uma potência de geração de 6,38kWp. Considerando ainda o custo do inversor, proteção elétrica, estrutura metálica para locação dos painéis e a instalação, a usina tem um custo estimado em R\$ 31.000,00 para *startup* segundo a empresa FERPAM Solar®.

### 5.2.1 CONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR

Com a presença do programa, e o IAES com valor máximo, são feitas as seguintes considerações quanto as economias e gastos:

- Economia: engloba os valores relativos a isenção de 80% do valor total de IPTU, a energia que seria consumida durante o dia (mas que agora é gerada), e a energia consumida durante a noite pela concessionária (abatida pelo excedente de produção diurno).
- Gastos: custo total de implementação da usina e cobrança de disponibilidade mínima de 30kWh por mês;
- O consumo total da unidade é dividido em duas partes iguais, pois consome metade da energia mensal durante o dia e outra metade durante a noite;

- Um saldo mensal é construído a partir da subtração entre a energia gerada e o consumo da unidade para o mês, e por conseguinte é calculado um saldo acumulado em kWh;

Vale ressaltar que a usina para consumidores residenciais do grupo B não considera os custos de manutenção realizada por empresa especializada, pois a única atenção que os painéis necessitam em uma instalação desse porte é da realização da limpeza dos mesmos uma vez a cada mês, periodicamente. Essa limpeza pode ser feita por qualquer pessoa que possua os cuidados necessários para executar trabalhos em altura.

A economia total é calculada por meio da diferença entre o custo antes e após a implementação da usina, somando-se a isenção de 80% do IPTU da residência. O custo anterior a usina é calculado por meio do consumo total mensal multiplicado pela tarifa convencional, e o custo após a usina é tido por intermédio da subtração das economias diurnas e noturnas no valor do custo anterior, somando-se o valor da cobrança mínima de disponibilidade.

A economia diurna é calculada pela condição “se” do programa, se a geração mensal for maior que o consumo diurno então a economia é igual a multiplicação do consumo diurno mensal pela tarifa com os impostos, se a geração for menor a economia é igual a multiplicação entre a diferença do consumo e geração com a tarifa.

De modo semelhante a economia noturna é calculada com a condição “se”, se o saldo acumulado (como não se tem geração durante o dia, esse desconto noturno é baseado no saldo) for maior que o consumido durante a noite, então a economia é igual a multiplicação da energia que seria consumida pela noite com a tarifa sem a presença do ICMS. Enfim o valor da economia total é encontrado.

O valor final de *payback* do mês é igual a soma do custo inicial de implementação no mês zero (sendo este negativo) com a economia total. Somando de maneira análoga ao exposto para o grupo A, tem-se então para cada mês o valor que resta para retorno total do investimento. Seguindo os passos citados acima, mas agora com os valores de IPTU e da usina iguais a R\$ 500,00 e R\$ 31.000,00 respectivamente, tem-se que o tempo para retorno do investimento com o uso do incentivo oferecido pelo programa é igual a **52 meses**, ou **4,5 anos**.

## 5.2.2 DESCONSIDERANDO O PROGRAMA PALMAS SOLAR

Analogamente ao item anterior, e apenas desconsiderando os descontos de IPTU para o cálculo do *payback*, mantendo os mesmos valores para energia gerada, preço da usina e energia

consumida, chega-se à conclusão de que, sem o programa, o investidor tem o valor compensado em exatos **56 (cinquenta e seis) meses** ou aproximadamente **5 anos**.

Isso mostra que para unidades consumidoras do grupo B a adesão ao programa contribui para a diminuição do tempo para retorno do investimento, mas de maneira pouca considerável, uma vez que a parte de maior economia se encontra na compensação por meio do consumo não realizado pela unidade, e não no desconto do IPTU em si, como no caso do grupo A.

Portanto, para aqueles que são atendidos pela concessionária em baixa tensão a implementação da usina na condição do Consumo Médio Mensal ser igual a Geração Média Mensal é viável tanto para os que aderem ao programa quanto para os que não aderem.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com base nos cálculos de retorno de investimento feitos no Capítulo 5 para as unidades consumidoras do Grupo A, pode-se concluir que sem a presença de um incentivo fiscal não relacionado aos custos de energia impostos pela concessionária, não é viável do ponto de vista econômico a implementação de uma usina solar fotovoltaica. E mesmo com a presença do Programa Palmas Solar, deve-se atentar aos pré-requisitos legais para adesão do mesmo.

A unidade utilizada como exemplo no trabalho pertence a uma companhia prestadora de serviços públicos, ou seja, conta com um total de 15% de desconto no valor da tarifa sem a inclusão de impostos, segundo a Resolução Homologatória N° 2.413 da ANEEL, com isso e levando em consideração o raciocínio desenvolvido no decorrer do trabalho, conclui-se que o valor da energia economizada é menor em relação as demais unidades do mesmo grupo que não possuem o desconto.

Analogamente, a implementação de usina solar fotovoltaica em unidades consumidoras pertencentes ao Grupo B tem viabilidade econômica comprovada, tanto com a presença quanto com a ausência do programa de incentivo da cidade de Palmas – TO. Isso é ilustrado de maneira mais clara a partir da pouca diferença encontrada entre os prazos estimados para retorno do investimento (seis meses de diferença).

Como proposta de trabalho futuro sugere-se que sejam estudados os incentivos fiscais oferecidos pelos países detentores das maiores taxas de crescimento na implantação de usinas solares, e a partir daí construída uma metodologia de recompensação para análise e comparativo entre os prazos para retorno do Brasil e os países em questão. Considerando também que as usinas possam ser construídas com base em financiamentos e empréstimos com taxas de juros menores oferecidas pelo governo federal.

Sugere-se que os trabalhos posteriores levem em conta uma estrutura de cálculo mais bem estruturada e detalhada, carregando características de correção da inflação ao longo dos anos (variando assim a os valores do gasto de energia), considerando também a taxa de variação do rendimento dos painéis fotovoltaicos, pois os mesmos tem um desgaste natural na estrutura construtiva.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARASOL Energia Solar®. **Cálculo de Dimensionamento de Usinas Fotovoltaicas e Estrutura de Payback**, 2017.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. **Viabilidade Econômica X Viabilidade Ambiental do Uso de Energia Fotovoltaica no Caso Brasileiro: Uma Abordagem no Período Recente**. III TERCEIRO CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Goiânia – GO, 2012.

CARÇÃO, J. F. C. **Tarifas de Energia Elétrica no Brasil**. Dissertação para título de Mestre em Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, 2011.

CASTRO, R. M. G. **Introdução a Energia Fotovoltaica: Energias Renováveis e Produção Descentralizada**. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, 2002.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, maio/2012 (Nota Técnica). Disponível em: [http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos\\_23/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf). Acesso em 03 de abril de 2018.

FERPAM Solar®. **Cálculo de Dimensionamento de Usinas Fotovoltaicas e Estrutura Para Consumidores do Grupo A e Grupo B**, 2018.

FUGIMOTO, S. K. **Estrutura de Tarifas de Energia Elétrica: Análise Crítica e Proposições Metodológicas**. Tese apresentada para título de Doutor em Engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, 2010.

GOLDEMBERG, J., LUCON, O. **Energias Renováveis: Um Futuro Sustentável**. REVISTA USP, São Paulo, n. 72, p 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Universidade Federal Fluminense – UFF, 2014.

MITYE, C. **Tocantins Institui a Pró Solar que Incentiva Geração e Uso de Energia Solar**. Disponível em <[www.portal.to.gov.br](http://www.portal.to.gov.br)>. Acesso em 1 de setembro de 2018.

MOREIRA, O; SOUZA, C. C. **Aproveitamento Fotovoltaico, Análise Comparativa Entre Brasil e Alemanha**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - 2017.

Prefeitura de Palmas, Secretaria Municipal de Governo e Relações Institucionais. **Lei Complementar N° 327 – PROGRAMA PALMAS SOLAR. 24 de novembro de 2015**.

RODRIGUES, M. C. B., TEIXEIRA, E. C., BRAGA, H. A. C. **Uma Visão Topológica Sobre Sistemas Fotovoltaicos Monofásicos Conectados à Rede de Energia Elétrica**. Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, 2003

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos Incentivos aos Desafios**. Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa, 2015.

Sítio da Agência Nacional de Energia Elétrica – **Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 3 de abril de 2018.

## ANEXOS

IMPOSTOS	
ICMS	25%
PIS	1%
COFINS	4%
<b>TOTAL</b>	<b>30%</b>

TARIFAS S/ IMPOSTO e S/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	1,83624	0,42933
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,04518	0,26061
DEMANDA FP (R\$/kW)	26,49	0



DESCONTO	15%
DEMANDA (kW)	1600

TARIFAS S/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	1,56080	0,36493
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,038403	0,2215185
DEMANDA FP (R\$/kW)	22,51650	0



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	2,22972	0,521329
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,054861	0,316455
DEMANDA FP (R\$/kW)	32,16643	0

\*sem isenção do ICMS



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	1,642952	0,521329
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,040424	0,316455
DEMANDA FP (R\$/kW)	23,70158	0

\*com isenção do ICMS



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P (R\$/kWh)	2,22972	0,521329	2,75105
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,054861	0,316455	0,37132
DEMANDA FP (R\$/kW)	32,16643	0	32,1664

\*sem isenção do ICMS



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P (R\$/kWh)	1,642952	0,521329	2,16428
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,040424	0,316455	0,35688
DEMANDA FP (R\$/kW)	23,70158	0	23,7016

\*com isenção do ICMS



VALORES		BASE DE CÁLC.
CONSUMO P (kWh)	21905	21905
CONSUMO FP (kWh)	982777	982777
DEMANDA FP (kW)	1747,2	1747,2



VALORES (R\$)	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P	R\$ 34.189,41	R\$ 7.993,80	
CONSUMO FP	R\$ 37.741,59	R\$ 217.703,29	
DEMANDA FP	R\$ 39.340,83	R\$ -	
<b>Vp (TUSD + TE)</b>	<b>R\$ 111.271,83</b>	<b>R\$ 225.697,09</b>	<b>R\$ 336.968,92</b>



VALORES (R\$)		
SUBSÍDIO (Vs)	$Vp/(1-15\%) - Vp$	R\$ 59.465,10
IMPOSTOS (Ti)	$(Vp+Vs)/(1-I)-(Vp+Vs)$	R\$ 169.900,29
ICMS TUSD (V1)	-	R\$ 39.739,94
ICMS PIS (V2)	-	R\$ 418,32
ICMS COFINS (V3)	-	R\$ 1.673,26



TOTAL	
Vp+Ti-V1-V2-V3	<b>R\$ 465.037,69</b>

IMPOSTOS	
ICMS	25%
PIS	1%
COFINS	4%
<b>TOTAL</b>	<b>30%</b>

DESCONTO	15%
DEMANDA (kW)	1600

TARIFAS S/ IMPOSTO e S/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,04518	0,4293
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,04518	0,2606
DEMANDA P (R\$/kW)	74,18	0
DEMANDA FP (R\$/kW)	26,49	0



TARIFAS S/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,0384	0,3649
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,0384	0,2215
DEMANDA P (R\$/kW)	63,053	0
DEMANDA FP (R\$/kW)	22,5165	0



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,05486	0,5213
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,05486	0,3165
DEMANDA P (R\$/kW)	90,0757	0
DEMANDA FP (R\$/kW)	32,1664	0

\*sem desconto do ICMS sobre a TUSD



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,04042	0,5213
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,04042	0,3165
DEMANDA P (R\$/kW)	66,3716	0
DEMANDA FP (R\$/kW)	23,7016	0

\*com desconto do ICMS sobre a TUSD



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,05486	0,5213	0,57619
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,05486	0,3165	0,37132
DEMANDA P (R\$/kW)	90,0757	0	90,0757
DEMANDA FP (R\$/kW)	32,1664	0	32,1664

\*sem desconto do ICMS



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P (R\$/kWh)	0,04042	0,5213	0,56175
CONSUMO FP (R\$/kWh)	0,04042	0,3165	0,35688
DEMANDA P (R\$/kW)	66,3716	0	66,3716
DEMANDA FP (R\$/kW)	23,7016	0	23,7016

\*com desconto do ICMS



VALORES		BASE DE CÁLC.
CONSUMO P (kWh)	21905	21905
CONSUMO FP (kWh)	982777	982777
DEMANDA P (kW)	1747,2	1747,2
DEMANDA FP (kW)	1747,2	1747,2



VALORES (R\$)	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO P	R\$ 841,22	R\$ 7.993,80	
CONSUMO FP	R\$ 37.741,59	R\$ 217.703,29	
DEMANDA FP	R\$ 39.340,83	R\$ -	
DEMANDA P	R\$ 110.166,20	R\$ -	
<b>Vp (TUSD + TE)</b>	<b>R\$ 188.089,83</b>	<b>R\$ 225.697,09</b>	<b>R\$ 413.786,92</b>



VALORES (R\$)		
SUBSÍDIO (Vs)	$Vp/(1-15\%) - Vp$	R\$ 73.021,22
IMPOSTOS (Ti)	$(Vp+Vs)/(1-I) - (Vp+Vs)$	R\$ 208.632,06
ICMS TUSD (V1)		R\$ 67.174,94
ICMS PIS (V2)		R\$ 707,10
ICMS COFINS (V3)		R\$ 2.828,42



TOTAL	
$Vp+Ti-V1-V2-V3$	<b>R\$ 551.708,52</b>

IMPOSTOS	
ICMS	25%
PIS	1%
COFINS	4%
<b>TOTAL</b>	<b>30%</b>

DESCONTO	15%
DEMANDA (kW)	1600

TARIFAS S/ IMPOSTO e S/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO (R\$/kWh)	0,33063	0,2747



TARIFAS S/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO (R\$/kWh)	0,28104	0,2335



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO (R\$/kWh)	0,40148	0,3335

\*sem isenção



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO		
	TUSD	TE
CONSUMO (R\$/kWh)	0,29583	0,3335

\*com isenção



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO (R\$/kWh)	0,40148	0,3335	0,73501

\*sem isenção



TARIFAS C/ IMPOSTO C/ DESCONTO			
	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO (R\$/kWh)	0,29583	0,3335	0,62935

\*com isenção

VALORES	
CONSUMO (kWh)	1004682



VALORES (R\$)	TUSD	TE	TOTAL
CONSUMO	R\$ 282.351,31	R\$ 234.562,60	
<b>Vp (TUSD + TE)</b>	<b>R\$ 282.351,31</b>	<b>R\$ 234.562,60</b>	<b>R\$ 516.913,91</b>



VALORES (R\$)		
SUBSÍDIO (Vs)	$Vp/(1-15\%) - Vp$	R\$ 91.220,10
IMPOSTOS (Ti)	$(Vp+Vs)/(1-I) - (Vp+Vs)$	R\$ 260.628,86
ICMS TUSD (V1)	-	R\$ 100.839,75
ICMS PIS (V2)	-	R\$ 1.061,47
ICMS COFINS (V3)	-	R\$ 4.245,88



TOTAL	
Vp+Ti-V1-V2-V3	<b>R\$ 671.395,67</b>