



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mateus Dias dos Santos Alves

**ANALISE DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA A
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: um estudo de caso no CEULP- ULBRA.**

Palmas-TO

2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mateus Dias dos Santos Alves

**ANALISE DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA A
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: um estudo de caso no CEULP- ULBRA.**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II(TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.e Murilo de Padua Marcolini

Palmas-TO

2017

Mateus Dias dos Santos Alves

ANALISE DA IMPLANTAÇÃO DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS PARA A
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: um estudo de caso no CEULP- ULBRA.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil pelo Centro Universitário Luterano de
Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Murilo de Pádua
Marcolini.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Murilo de Pádua Marcolini.
Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.a Esp. Tailla Alves Cabral Brito
Avaliadora Interna
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Hider Cordeiro de Morais
Avaliador Externo
Faculdade ITOP e Diretor de Energia Renováveis da Prefeitura

Palmas – TO
2017

Dedico esse trabalho primeiramente à Deus, pois Ele tem me norteado e me abençoado por toda minha vida.

Dedico a toda minha família, e principalmente a meus pais e irmãos, que tanto amo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que tem me sustentado até aqui.

Agradeço aos meus pais, pois eles foram parte fundamental para a minha formação.

Agradeço ao meu orientador pelas horas disponibilidades para junto discutirmos sobre o trabalho aqui feito.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original.
Albert Einstein

RESUMO

ALVES, Mateus Dias dos Santos. **Análise da implantação de placas solares fotovoltaicas para a geração de energia elétrica:** um estudo de caso no CEULP- ULBRA. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

O presente trabalho é um estudo de caso no qual se propõe estudar a viabilidade de uma nova fonte de energia para atender a demanda energética do CEULP-ULBRA. No trabalho é proposto a utilização do sistema de captação de energia solar fotovoltaica. O estudo de caso tem como obtido principal elaborar e quantificar um projeto de suprimento parcial de energia elétrica nas Edificações do CEULP-ULBRA através da utilização de placas solares fotovoltaicas implantadas no teto dos prédios. Verificando a viabilidade do sistema como fonte alternativa de energia a curto, médio e longo prazo. Considerando que a energia solar fotovoltaica é considerada uma fonte de energia limpa e inesgotável, esse tipo de energia é gerado por meios de células fotovoltaicas que captam os raios proveniente do sol. Diante disto, buscou-se nesse trabalho dimensionar um projeto para suprir a necessidade energética do CEULP- ULBRA trazendo mensalmente para a faculdade um gasto inferior ao dos últimos meses atendendo parte da demanda energética da faculdade, respeitando os aspectos econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Energia Solar. Fotovoltaico. Fonte Alternativa.

ABSTRACT

ALVES, Mateus Dias dos Santos. **Analysis of the implantation of photovoltaic solar panels for the generation of electric energy:** a case study at CEUL-ULBRA. 2017. 60 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering, University Center Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2017.

The present work is a case study in which it is proposed to study the viability of a new energy source to meet the energy demand of CEULP-ULBRA. In the work is proposed the use of the photovoltaic solar energy capture system. The main work has been to elaborate and quantify a complete or partial electric energy supply project in the CEULP-ULBRA Buildings through the use of photovoltaic solar panels implanted in the roof of the buildings. Checking the feasibility of the system as an alternative energy source in the short, medium and long term. Considering that photovoltaic solar energy is considered a source of clean and inexhaustible energy. This type of energy is generated by means of photovoltaic cells that cap the rays from the sun. In view of this, it was sought in this work to dimension every project to meet the energy needs of Ceulp-ULBRA bringing monthly to the college an expense lower than the last months attending part of the energetic demand of the faculty, respecting the economic and environmental aspects.

Keywords: Solar Energy. Photovoltaic. Alternative Source.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Declinação Solar	10
Figura 2 - Ilustração ângulos e coordenadas de orientação	11
Figura 3 - Configuração de sistema fotovoltaico on-grid.....	13
Figura 4 - Configuração básica de Sistema Fotovoltaico	14
Figura 5 - Diagrama de blocos de um sistema fotovoltaico	16
Figura 6 - Local de Estudo	27
Figura 7- Arquitetura e organização do CEULP-ULBRA	28
Figura 8 – Placa solar Canadian 330Wp	30
Figura 10 - Inversor sungrou de 60 kw	31
Figura 11 -Consumo de energia de acordo com o horário	34
Figura 12 - Vista do local de implantação do sistema fotovoltaico.....	35
Figura 14 - Áreas da Planta de cobertura do CEULP.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de Feriados.....	20
Tabela 2 - Consumo mensal de energia do CEULP-ULBRA	33
Tabela 3 - Tarifas de cobrança do período estudado	34
Tabela 4 - Variáveis para cálculo do número de placas do projeto 1	36
Tabela 5 - Variáveis para cálculo do número de placas do projeto 2.....	37
Tabela 6 - Orçamento sistema fotovoltaico projeto 1.....	38
Tabela 7 - Orçamento sistema fotovoltaico projeto 2.....	38
Tabela 8 – Financiamento de crédito FNO projeto 1	40
Tabela 9 - Financiamento de crédito FNO projeto 2	40
Tabela 10 - Analise financeira projeto 1	41
Tabela 11- Analise financeira projeto 2	42
Tabela 12 - Quantidade de Crédito de carbono projeto 1	43
Tabela 13 - Quantidade de Crédito de carbono projeto 2.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEULP	Centro Luterano de Palmas
CRESESB	Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
GTES	Grupo de Trabalho de Energia Solar
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
UC	Unidade Consumidora
TE	Tarifa de Energia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	7
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.2.1. Objetivos Gerais.....	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 JUSTIFICATIVA.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	9
2.2 COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	14
2.3 PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	16
2.3.1 Etapas do Projeto de um Sistema Fotovoltaico.....	16
2.3.1.1 Avaliação solar	17
2.3.1.2 Estimativa da Curva de Carga	17
2.3.1.3 Escolha da Configuração.....	18
2.3.1.5 Dimensionamento da Geração Fotovoltaica	18
2.3.1.6 Especificação dos Demais Componentes Básicos	19
2.3.1.7 Projeto Elétrico	19
2.4 REGULAMENTAÇÃO ANEEL.....	20
2.4.4 Geração Distribuída.....	23
2.4.5 Projeto Palmas Solar	24
2.5 CRÉDITO DE CARBONO.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	27
3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	29
3.3.1 Escolha do Módulo Fotovoltaico.....	30
3.3.2 Escolha dos Inversores	30
3.4 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.....	32
4 RESULTADOS E DISCURSÕES.....	33
4.1 CÁLCULO DA DEMANDA ENERGÉTICA.....	33
4.2 VISITA AO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO	35
4.3 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO.....	35

4.3.2 Cálculo do Número de placas fotovoltaicas	36
4.4 ORÇAMENTO.....	37
4.5 LOCAÇÃO DAS PLACAS SOLARES	39
4.5.1 Radiação Solar	39
4.6. ANÁLISE ECONÔMICA.....	40
4.6.1 Financiamento	40
4.6.2 Retorno financeiro	41
4.7 ANÁLISE AMBIENTAL	42
5 CONCLUSÃO.....	44
6 REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE – Projeto de locação das placas solares.....	47
ANEXOS	48

1 INTRODUÇÃO

As fontes energéticas para a geração de energia elétrica e as tecnologias utilizadas para a captação e transmissão dela, tem sido algo bastante estudado e discutido mundialmente nos últimos anos. No Brasil, tem-se investido cada vez mais, em novas alternativas para melhor aproveitamento do potencial hidráulico, solar e eólico existente no país.

Diante da imensa capacidade energética do Brasil destaca-se entre elas a energia hidráulica proveniente das usinas hidrelétricas devido a presença de grandes bacias hidrográficas nessas regiões. Mas apesar da maior fonte energética atual do Brasil ser hidrelétrica, a energia solar tem ganhado grande espaço no mercado energético. O país está localizado numa região aonde há uma boa incidência dos raios solares, e isso vem favorecendo muito a implantação do sistema de captação por meio das células fotovoltaicas (TORRES,2012).

Anualmente, a terra recebe em cerca de $1,5 \times 10^{18}$ de energia solar em sua superfície. Essa grande quantidade de irradiação solar sobre a terra torna a radiação solar uma inesgotável fonte de energia, na qual gera um potencial de energia bastante útil para a humanidade, por meio de equipamentos que captam e convertem a energia solar em outra fonte de energia. A conversão de energia solar através do efeito fotovoltaico, é a forma de conversão que irá ser abordada nesse estudo de caso (CRESESB, 2014).

. Nesse trabalho busca-se analisar a viabilidade econômica para a instalação de um sistema de captação de energia solar para conjunto predial do Centro Luterano de Palmas, visto que suas edificações apresentam uma grande demanda de consumo de energia elétrica. No entanto, a comercialização da energia solar ainda possui alguns aspectos complexos, pois necessita uma estrutura de equipamento que exige um investimento inicial muito elevado.

O projeto foi elaborado baseado nos dados obtidos das faturas de energia, pela qual buscou-se averiguar a real necessidade da demanda energética da UC do CEULP. O estudo de caso buscou por meio da simulação de dois projetos orçamentais verificar o sistema que melhor atendesse as necessidades energéticas para a Universidade com retorno financeiro visível.

O seguinte trabalho buscou utilizar da grande fonte de energia existente em nosso planeta, para geração de energia elétrica para o CEULP-ULBRA com o intuito de gerar energia de forma sustentável, e ao mesmo tempo visando obter melhores retornos financeiros. Para a realização do estudo, será caracterizado o sistema de geração de energia fotovoltaica

on-grid e suas particularidades assim como os principais componentes necessários para implementação desse sistema.

1.1 PROBLEMA

É possível implantar um sistema de energia solar no Centro Luterano de Palmas-CEULP-Ulbra para geração de energia elétrica, trazendo mensalmente para a faculdade um gasto inferior ao dos últimos meses atendendo a demanda energética da faculdade, tendo um retorno financeiro à curto prazo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos Gerais

Elaborar e quantificar um projeto de suprimento completo ou parcial de energia elétrica nas Edificações do CEULP-ULBRA através da utilização de placas solares fotovoltaicas implantadas no teto dos prédios. Verificando a viabilidade do sistema como fonte alternativa de energia a curto, médio e longo prazo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento da demanda energética de toda edificação do CEULP-ULBRA,
- Dimensionar um sistema de captação de energia solar on-grid (conectado à rede) para o CEULP-ULBRA,
- Verificar viabilidade econômica de execução do projeto de captação de energia solar,
- Apresentar estudo de avaliação ambiental do referido sistema fotovoltaico.

1.3 JUSTIFICATIVA

Diante do grande consumo de energia elétrica do Centro Luterano de Palmas- CEULP-ULBRA busca-se nesse trabalho estudar uma nova fonte de energia para atender a demanda energética da faculdade. A faculdade é localizada numa região que pode ser bastante favorável para instalação de um sistema de energia solar.

Palmas está localizada no centro geodésico do Brasil na qual a concentração de raios solares é cerca de $5,78 \text{ kW/m}^2$, por isso, a viabilidade da implantação do sistema de captação de energia solar para a geração de energia elétrica é a algo a se estudar. A geração de energia

fotovoltaica em edifícios se mostra uma alternativa eficiente dentre as renováveis, visto que é sustentável e reduz as perdas por transmissão atreladas as grandes distâncias.

Ao implantar um sistema fotovoltaico em uma determinada residência ou prédio existe inúmeras vantagens do ponto de vista socioambiental pois gera benefícios, tais como: a redução do uso de recursos naturais, redução de poluição, o desenvolvimento da economia local e contribuir para a eficiência no uso de recursos financeiros na construção, além da valorização do imóvel pelo mercado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é considerada uma fonte de energia limpa e inesgotável. Como seu nome já diz, esse tipo de energia é gerado por meios de células fotovoltaicas que captam os raios proveniente do sol.

A energia solar é captada por um sistema de placas solares fotovoltaicas que são instaladas em locais de maior concentração de raios. Essas placas solares fazem a conversão por meio do dispositivo de células fotovoltaico, da luz proveniente dos raios solares em eletricidade para o consumo em instalações elétrica residencial e predial. A irradiação liberada é interligada com os semicondutores fazendo com que haja a circulação de elétrons para gerar a diferença de potencial (CRESESB, 2014, apud TORRES,2012, p.40).

A maneira mais tradicional de fabricar uma célula fotovoltaica é com fatias superfinais de silício. O silício é considerado o segundo elemento mais abundante da face da terra. A eletricidade produzida nas células vai para um equipamento chamado inversor, responsáveis em deixá-la com as características da rede elétrica quando o sistema é instalado em edificação a eletricidade solar pode ser utilizado pelos eletrodoméstico e lâmpadas, e o que não for consumido no local poderá ser lançado na rede elétrica (CRESESB, 2014).

As vantagens para a utilização do sistema fotovoltaica é o baixo impacto na instalação, além do sistema apresentar menos desperdício de energia, ou seja, a redução de perdas em transmissão e distribuição de energia, pois geralmente a eletricidade é consumida no mesmo local onde é produzida (PALZ, 2002).

Os edifícios com tecnologia fotovoltaica geram mais eletricidade nos momentos de maior demanda no Brasil. Já que usamos ar condicionado justamente nos momentos que há maior incidência de raios solares. Ela sua grande modularidade os painéis de células fotovoltaicas podem ser rapidamente instalados, aumentando a geração de energia em uma mesma área. A radiação solar no Brasil é abundante, na qual possui umas das maiores reservas de silício do mundo (BARROS, 2014, p. 69).

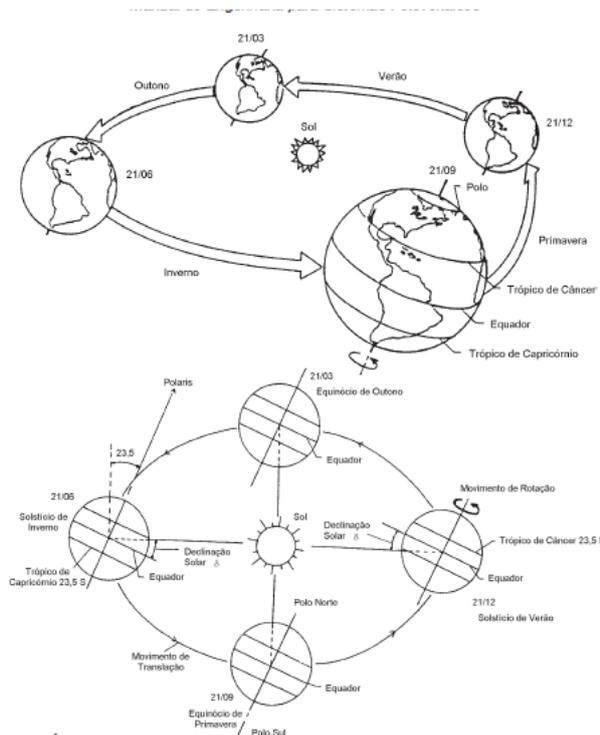
2.1.1 Capitação e conversão da radiação solar

A trajetória anual do planeta terra ao redor do Sol, percorre uma trajetória elíptica em um plano inclinado de aproximadamente 23,5° em relação ao plano da linha do equador. A

inclinação desse plano é basicamente responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte, mudando de acordo com as estações do ano.

Na Figura 1 abaixo pode-se observar a posição angular do sol em relação a linha do equador:

Figura 1 - Declinação Solar



Fonte: Photovoltaic System Technology- Na European Handbook apud CRESESB,2004

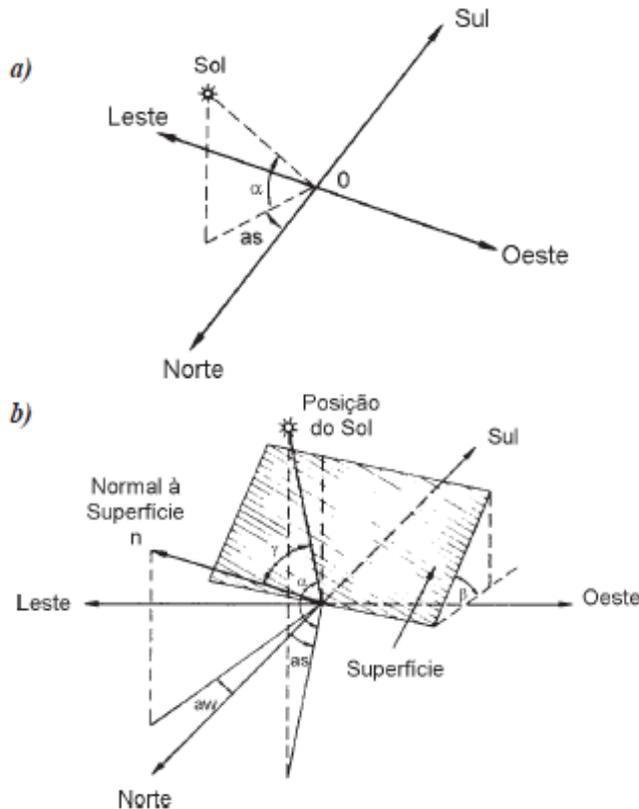
Esse ângulo tem variação de $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$, na qual a soma da declividade com a latitude local determina a trajetória do movimento aparente do sol para um determinado dia em certo ponto da superfície terrestre (GTES, 2004, p.120).

De acordo com o movimento da terra, é gerado entre a superfície terrestre e raios solares relações geométricas angulares. O ângulo de incidência (γ) é o ângulo formado entre os raios do Sol e a normal à superfície de captação. O ângulo Azimutal da Superfície (a_w) é o ângulo entre a projeção da normal à superfície do plano horizontal e da direção Norte-Sul, variando a partir do norte de $-180^\circ \leq a_w \leq 180^\circ$.

O ângulo Azimutal do Sol (a_s) é localizado entre a projeção do raio solar no plano horizontal e a direção norte-sul. Também ângulo é o Altura Solar (α), ele é compreendido entre o raio solar e a projeção do mesmo sobre um plano horizontal. Outros ângulos é

inclinação (β), que fica entre o plano da superfície e a horizontal, o ângulo Horário do Sol (ω) que acompanha o movimento de rotação da terra e por fim o ângulo Zenital (θ_z) formado entre os raios solares e a vertical.

Figura 2 - Ilustração ângulos e coordenadas de orientação



**Figura 2.1.2 - (a) Ilustração dos ângulos α e α_s .
(b) Coordenadas de orientação da superfície, α_w e β , e o ângulo γ .**

Fonte: CRESESB (2004)

Segundo os dados da WMO (World Meteorológica Organização) indica que o valor de radiação solar incidente sobre a superfície situada no topo da atmosfera é um valor médio de 1367 W/m^2 . A radiação eletromagnética do sol se propaga pela superfície terrestre a uma velocidade de 300.000 km/s . Essa radiação ocupa uma faixa espectral de $0,1 \mu\text{m}$ a $0,5 \mu\text{m}$, chamada de luz verde.

No entanto segundo o Grupo de Trabalho de Energia (GTES):

De toda a radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fração atinge superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Esta fração que atinge o solo é constituída por uma componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa. (CRESESB, 2004, p.26)

Diante disso, e de todas as perdas de radiação solar devido a interação dos raios com a atmosfera, o recurso energético solar apresenta grande variabilidade, portanto deve-se

selecionar o sistema mais apropriado de estocagem para o melhor resultado no processo de conversão de energia.

2.1.2 Classificação do sistema fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos segundo o CRESESB (2014), podem ser classificados em três categorias principais: isolados, híbridos ou conectados à rede. A utilização desses sistemas vai de acordo a aplicação e também da disponibilidade de recursos energéticos. Cada um deles poderá ser de complexidade variável dependendo da aplicação em questão e das restrições específicas de cada projeto.

Esses sistemas são conceituados pelo o CRESESB, da seguinte forma:

Sistemas autônomos, não conectados à rede elétrica, podem ou não apresentar fontes de energia complementares à geração fotovoltaica. Quando a configuração não se restringe à geração fotovoltaica, temos os sistemas híbridos. Se o sistema é puramente fotovoltaico, então ele é chamado de sistema isolado. (CRESESB, 2004, p.37)

Para a utilização com efetividade desses sistemas, quanto as autônomos, isolado ou híbridos é necessário de algum meio para o armazenamento de energia. Esse armazenamento pode ser em baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos nos períodos em que não há geração fotovoltaica, ou outras formas de energia.

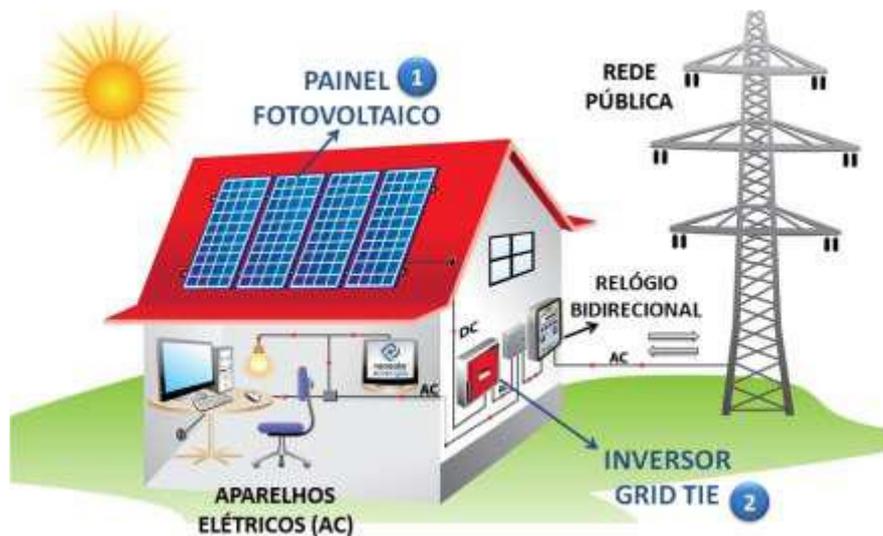
O sistema isolado fotovoltaico apresenta inúmeras configurações possíveis, tais como:

- Sistema de Carga CC sem Armazenamento- a energia elétrica gerada é utilizada no momento da geração por equipamentos que operam em corrente contínua.
- Sistema de Carga CC com Armazenamento - é utilizando quando deseja-se usar equipamentos elétricos, em corrente contínua, independentemente de haver ou não geração fotovoltaica simultânea. Para que isto seja possível, a energia elétrica deve ser armazenada em baterias.
- Sistema Carga CA sem Armazenamento - usado em equipamentos que operem em corrente alternada sem o uso de baterias, bastando, para tanto, a introdução de um inversor entre o arranjo fotovoltaico e o equipamento a ser usado
- Sistema Carga CA com Armazenamento – utilizado na alimentação de equipamentos que operem em corrente alternada é necessário que se utilize um Sistema inversor. É comum sistemas deste tipo incorporarem um seguidor do ponto de máxima potência, que pode estar embutido no próprio inversor.

2.1.3 Sistemas Conectados à Rede

Segundo o CRESESB (2014), “Estes sistemas são basicamente de um único tipo e são aqueles em que o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectado.” Nesse sistema geralmente toda energia gerada é transferida automaticamente para a rede de distribuição de energia elétrica. Esse tipo de sistema atende tanto em instalações de pequeno porte, como em instalações residenciais, quanto de grande porte. Estes sistemas se diferenciam quanto à forma de conexão à rede; nos sistemas residenciais esta dependerá fortemente da legislação local. Na figura 3 a seguir observa-se o funcionamento desse sistema:

Figura 3 - Configuração de sistema fotovoltaico on-grid



Fonte: Neosolar

Os sistemas residenciais são divididos em três tipos de conexão de acordo com a forma de medição da energia: medição única do balanço de energia, medição única do balanço de energia e medição dupla. Os critérios de qualidade de energia da concessionária local quanto aos limites em distorção harmônica, desvio de frequência e fator de potência devem ser atendidos por todos os tipos de conexão.

A medição única do balanço de energia é quando um único medidor registra a entrada ou saída de energia elétrica na residência. A concessionária local é responsável em remunerar a energia produzida, e caso necessário tirar a diferença entre a energia entregue a rede e a consumida pelo produtor. Na conexão de medição dupla existem dois medidores operando cada um num sentido, registrando de forma individual a compra e a venda de energia à rede. Assim, no final os valores diferentes podem ser atribuídos a cada uma das parcelas.

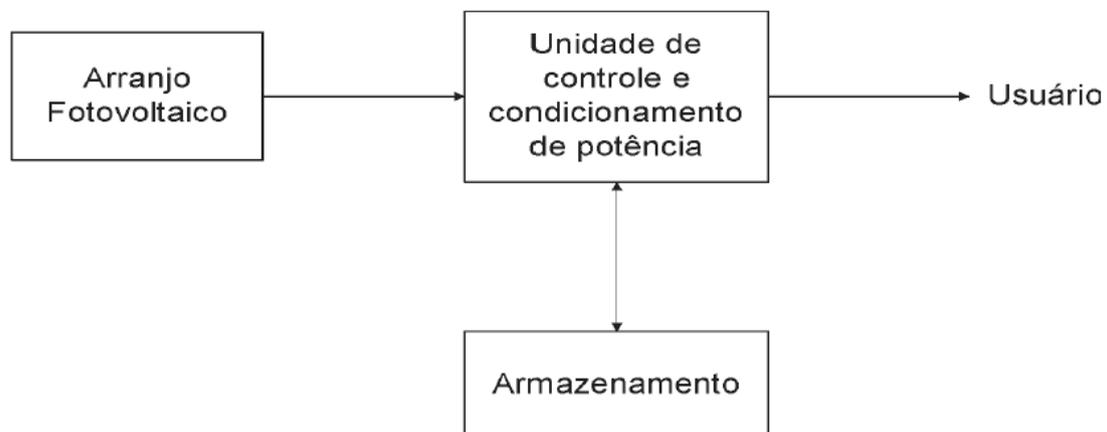
A medição simultânea é utilizada quando o produtor deseja saber maiores informações sobre o consumo de energia e a produção do SF, deve-se adotar este tipo de medição. Neste caso a conexão do SF à rede é feita independente do painel de serviço local, evitando qualquer interferência do circuito de consumo local com a produção e/ou tarifação da energia gerada, garantindo que toda energia gerada seja computada e paga pela concessionária local.

Outro sistema de conexão à rede são os Sistemas de Grande Porte, estes sistemas são operados por empresas e sua conexão com a rede é em geral feita em média tensão, para tanto é necessário à presença de um transformador para elevar a tensão ao nível de distribuição (CRESESB, 2014, p 45).

2.2 COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O Sistema Solar Fotovoltaico é constituído por um módulo de painéis fotovoltaicos e de outros equipamentos convencionais, que tem com finalidade transformar ou armazenar a energia elétrica. No geral, o sistema fotovoltaico é basicamente constituído de três partes: o arranjo dos módulos, o subsistema de condicionamento de potência que converte a potência de saída do arranjo em potência útil, e as baterias com finalidade de armazenamento de energia.

Figura 4 - Configuração básica de Sistema Fotovoltaico



Fonte: CRESESB (2004)

A célula fotovoltaica responsável em converter a energia solar em energia elétrica está localizada nos módulos presente no arranjo fotovoltaico. Já na unidade de controle e condicionamento de potência é constituído pelo: controlador de carga, inversor, conversor e o seguidor do ponto de máxima potência MPPT. (CRESESB, 2004, p. 220)

Segundo GTES (2004, p.43), “O módulo fotovoltaico é a unidade básica de todo o sistema. O módulo é composto por células conectadas em arranjos produzindo tensão e

corrente suficientes para a utilização da energia. ” No sistema de arranjo, as células devem estar conectadas em um módulo de acordo a necessidade da corrente elétrica, para a obtenção da quantidade de energia elétrica objetivada.

A célula fotovoltaica é constituída de um material semicondutor. Na qual os semicondutores de maior eficiência são aqueles que geram a maior quantidade de corrente-tensão para a luz visível. Antes dos semicondutores ser transformado em célula fotovoltaicas eles são purificados.

Os semicondutores mais apropriados a conversão da luz solar são os mais sensíveis, ou seja, são aqueles que dão o maior produto corrente-voltagem para a luz visível. Pois os maiores volumes de energia transmitida pelos raios do Sol estão dentro da faixa visível do espectro. Um dos semicondutores mais utilizado é o silício. O silício é considerado o material semicondutor mais importante para a conversão fotovoltaica da energia solar (PALS, 2002).

Usualmente são utilizados materiais semicondutores como o silício, o arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio, na qual todo material passa por uma espécie de dopagem para melhorar o efeito fotovoltaico. Entretanto aproximadamente cerca 95% das células solares são oriundas do silício (IST; DGS; UE,2004 apud TORRES, 2012. p 28).

As Baterias são as grandes responsáveis em armazenar energia gerada. Nelas há produção de corrente contínua através da conversão de energia química em energia elétrica, pois em seu interior a uma transformação eletroquímica.

Segundo Behenck (2011) a bateria pode ser definida como dois eletrodos imersos em um eletrólito. Elas podem ser classificadas como recarregáveis ou não-recarregáveis. As baterias recarregáveis são as baterias que pode de sua composição química recuperada por meio de outra fonte energética, pois são compostas de células secundárias. Já as baterias não-recarregáveis têm sua vida útil acabada logo que são descarregadas por inteiro.

As baterias recarregáveis são classificadas em dois outros grupos: em abertas ou seladas, levando em consideração o confinamento do eletrólito. E em relação a sua aplicação elas se dividem em automotivas, de tração, estacionária ou fotovoltaicas. As baterias automotivas são utilizadas quando o consumo de energia é em horário diferente da produção de energia. Usa-se a de tração quando à ausência de geração de energia em dias nublados. Já as fotovoltaicas são projetadas para suportar as diferenças de ciclos diárias da rasa até a mais profunda.

2.3 PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O projeto de um Sistema Fotovoltaico é a combinação entre a energia fornecida pelo Sol ao sistema e a demanda de energia pela carga. Para o dimensionamento do projeto SF é utilizado com critério o custo da energia gerada, confiabilidade, eficiência ou uma combinação destes fatores.

Segundo o CRESESB:

O dimensionamento de um SF deve levar em conta robustez e facilidade de instalação e manutenção visto que, na maioria dos casos, eles serão utilizados em locais remotos e inóspitos. Também devem ser consideradas as perdas relativas aos componentes que, embora não sejam considerados básicos, são de igual importância para o seu funcionamento adequado. Trata-se do Balanço do Sistema (BOS), derivado da expressão em inglês *Balance of System*. O BOS envolve os condutores, diodos de bloqueio, proteções etc (CRESESB, 2014, p 101).

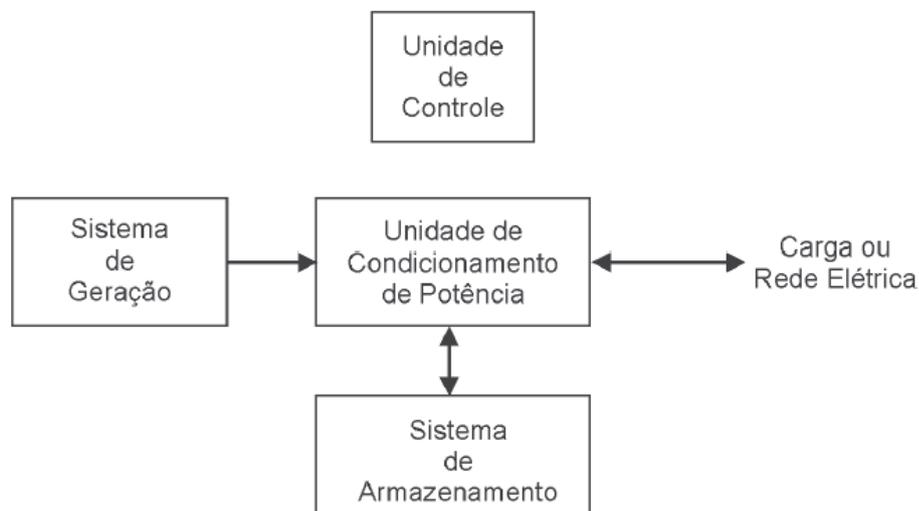
Para tanto é necessário para o dimensionamento de SF de um software ou planilhas que venha facilitar na elaboração do projeto de um Sistema Fotovoltaico.

2.3.1 Etapas do Projeto de um Sistema Fotovoltaico

Segundo CRESESB (2014) os blocos básicos de um Sistema Fotovoltaico são: geração (fotovoltaica e outras fontes), armazenamento de energia e unidades de controle e condicionamento de potência. Partindo dos dados meteorológicos e de uma boa estimativa da curva de carga, o projetista irá dimensionar ou especificar cada um destes blocos, além dos demais componentes necessários à operação segura e confiável do sistema.

As principais etapas do projeto de um SF com armazenamento, está representada no diagrama abaixo:

Figura 5 - Diagrama de blocos de um sistema fotovoltaico



Fonte: CRESESB (2004)

2.3.1.1 Avaliação solar

A etapa de avaliação solar objetiva calcular a quantidade de radiação solar global incidente sobre o painel fotovoltaico, para que depois possa calcular a energia gerada. Por meio de equipamentos sofisticados é possível fornecer informações sobre as componentes difusa e direta da radiação solar, num plano normal aos raios do sol. Estas componentes são essenciais no dimensionamento de sistemas com concentração da radiação solar e equipados com seguidores do movimento do Sol.

Para calcular a o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia é através do número de horas de Sol Pleno, expressado pela fórmula:

$$SP = \frac{6[kWh / m^2]}{1[kW / m^2]} = 6[horas / dia]$$

Diante disso, para que os dados sejam com um maior índice de confiabilidade. Utiliza-se métodos de tratamentos de dados que têm como objetivos: a tradução dos valores medidos no plano horizontal para superfícies inclinadas, a estimativa das componentes direta e difusa a partir dos dados sobre a radiação global, o cálculo da potência ou energia a partir do número de horas de insolação e outros fatores que contribuem para um projeto com maior eficiência (CRESESB, 2014).

Segundo dados obtidos pela Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS a radiação solar global horizontal diária média, ao longo do ano, na Capital do Tocantins é de 5,78 KWh/m²/dia. Nessa situação geográfica e climática de Palmas coloca o município em condição de destaque em potência de radiação solar. (BARBIERO,2015).

2.3.1.2 Estimativa da Curva de Carga

No dimensionamento do projeto de sistema de geração de energia, a análise da demanda de energia pela carga é fundamental. Com essa estimativa é possível gerar com maior precisão uma curva de carga que identifica as sazonalidades que o projeto está suscetível. Esse levantamento da curva de carga pode levar em uma redução do custo do sistema e prevenir contra efeitos gerados pelas variações localizadas no comportamento da carga (CRESESB, 2014, p 70).

2.3.1.3 Escolha da Configuração

Segundo CRESESB (2014), a escolha da configuração para o sistema de geração de energia é baseada de acordo com as características de cada carga e também pela disponibilidade de material e recurso energéticos no local onde pretende-se montar o sistema.

2.3.1.4 Dimensionamento do Sistema de Armazenamento

Para o armazenamento da energia elétrica gerada umas das formas mais utilizadas é por meio das baterias, porém existem outros meios de armazenamento. Na elaboração do projeto do sistema de armazenamento, deve-se dimensionar as baterias considerando aspectos como vida útil, confiabilidade, custo, e outros fatores fundamentais para melhor aproveitamento energético.

Entretanto, "Os parâmetros mais importantes para o dimensionamento do banco de baterias são a eficiência, a máxima profundidade de descarga (para ciclos diários e ciclos esporádicos) e a autonomia do sistema." a eficiência da bateria é baseada em dois valores: a de Wh e a de Ah. A bateria de Wh apresenta apenas 85% de eficiência, já a bateria Ah tem sua eficiência de aproximadamente 100%. Para conservar a melhor eficiência das baterias devem evitar baixas temperaturas e também o estado de carga próximo à carga plena.

O valor do número de dias sem sol é grande importância para se prever o máximo consumo de energia para repor o estado de carga inicial das baterias. A máxima capacidade de descarga da bateria é limitada pelo cíclico diário e o esporádico. Esses limites estabelecidos dependem da expectativa de vida de cada bateria, pois quanto mais profundo o ciclo, mais curta a vida da bateria. Já os ciclos esporádicos estão mais ligados aos períodos críticos de geração solar portando o projetista deve avaliar o efeito de cada ciclo no desempenho do projeto. (CRESESB, 2014, p.106).

2.3.1.5 Dimensionamento da Geração Fotovoltaica

Nessa etapa que se dimensiona os painéis fotovoltaicos. Para tanto é necessário que todos os dados meteorológicos de relevância e da expectativa de demanda de energia para o sistema estejam formulados para assim começar a dimensionar os painéis.

No dimensionamento da geração fotovoltaica é preciso que o projetista tenha em mãos dados técnicos com a maior quantidade de produtos disponíveis e dimensionando vários modelos visando o melhor aproveitamento energético e também economia. Nessa etapa software e planilhas de dimensionamento são essenciais para garantir a melhor escolha de projeto (CRESESB, 2014).

2.3.1.6 Especificação dos Demais Componentes Básicos

Existem outros equipamentos a serem dimensionado pelo projetista além dos equipamentos de geração e de armazenamento. Estes componentes serão responsáveis pelo controle de carga e condicionamento de potência. Eles são fundamentais para reduzir as dificuldades e custo, além de maximizar a confiabilidade do sistema.

Os equipamentos de controladores de cargas devem garantir ao sistema o valor máximo de corrente, tensão de operação, setpoints ajustáveis, compensação de temperatura, alarme de tensão baixa na bateria, proteção contra corrente reversa, seguidor do ponto de máxima potência e Indicativos visuais.

Para os dispositivos de condicionamento de potência os parâmetros básicos para especificação de inversores e conversores CC-CC são a tensão de entrada, a potência nominal e máxima, características de saída, eficiência, potência nominal e máxima, taxa de utilização, tensão de entrada fator de potência, o consumo permanente tamanho e peso, e o ruído, proteções e indicativos visuais (TORRES, 2012, p 48).

2.3.1.7 Projeto Elétrico

A última etapa para a elaboração de um sistema de fotovoltaico é o projeto elétrico. Para tanto segundo o CRESESB (2014) esse projeto deve ser composto pela: interconexão dos diversos componentes do sistema de forma eficiente, evitando perdas de energia; deve garantir a segurança do sistema e do usuário, e obedecer aos códigos locais para instalações elétricas.

Na composição do projeto elétrico deve-se incluir os diodos de proteção com o objetivo de melhorar a captação de energia do arranjo e evitar danos aos módulos na presença de períodos com sombreamento parcial do sistema ou quando os módulos que compõem o arranjo possuem características elétricas diferentes. Também é utilizado para prevenir contra fuga de corrente da bateria para o painel fotovoltaico, em sistemas com armazenamento, durante o período noturno ou quando os níveis de insolação são muito baixos.

Para o dimensionamento da fiação do sistema elétrico segundo não existe ainda no Brasil normas relacionadas ao dimensionamento dos condutores. Já a proteção do projeto, segue a mesma normativas relacionada ao sistema elétrico normal, ressaltando que a maioria elementos dos Sistemas Fotovoltaicos trabalha com corrente contínua.

2.4 REGULAMENTAÇÃO ANEEL

2.4.1 Tipos de tarifas

Segundo ANEEL a fatura é um documento comercial que apresenta a quantia monetária total que deve ser paga pelo consumidor à distribuidora, em função do fornecimento de energia elétrica, da conexão e uso do sistema ou da prestação de serviços, devendo especificar claramente os serviços fornecidos, a respectiva quantidade, tarifa e período de faturamento de modo a possibilitar ao consumidor o acompanhamento de seu consumo mensal.

A fatura pode ser apresentada impressa ou em meio eletrônico; (Redação dada pela RENA ANEEL 775 de 10.07.2017). Para a geração da fatura de uma unidade consumidora é levado em conta algumas definições para efeito de cálculo. Em relação ao período de consumo de energia, a ANEEL classifica em:

Horário de ponta: que é o período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados: (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

Tabela 1 - Tabela de Feriados

Dia e mês · Feriados nacionais · Leis federais
01 de janeiro · Confraternização Universal · 10.607, de 19/12/2002
21 de abril · Tiradentes · 10.607, de 19/12/2002
01 de maio · Dia do Trabalho · 10.607, de 19/12/2002
07 de setembro · Independência · 10.607, de 19/12/2002
12 de outubro · Nossa Senhora Aparecida · 6.802, de 30/06/1980
02 de novembro · Finados · 10.607, de 19/12/2002
15 de novembro · Proclamação da República · 10.607, de 19/12/2002
25 de dezembro · Natal · 10.607, de 19/12/2002

Fonte: ANEEL

Horário fora de ponta: segundo a ANEEL é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta; (Redação dada pela RENANEEL 418, de 23.11.2010)

Período úmido: período de 5 (cinco) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

Período seco: período de 7 (sete) ciclos de faturamentos consecutivos, referente aos meses de maio a novembro; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

Tarifa azul: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de tarifas diferenciadas de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia; e (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

Tarifa verde: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de uma única tarifa de demanda de potência. (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

Posto tarifário: período de tempo em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia, considerando a seguinte divisão: (Redação dada pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)

Posto tarifário ponta: período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados: (Incluída pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)

b) posto tarifário intermediário: período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o Grupo B, admitida sua flexibilização conforme Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária; e (Incluída pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)

c) posto tarifário fora de ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta e, para o Grupo B, intermediário; (Incluída pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)

Potência ativa: quantidade de energia elétrica solicitada por unidade de tempo, expressa em quilowatts (kW);

Potência disponibilizada: potência que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos da unidade consumidora, segundo os critérios estabelecidos nesta Resolução e configurada com base nos seguintes parâmetros:

a) unidade consumidora do grupo A: a demanda contratada, expressa em quilowatts

(kW); e

b) unidade consumidora do grupo B: a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA).

2.4.2 Divisão de grupos de consumo

O grupo A é um grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 KV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos: (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010).

a) subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

b) subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

c) subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

d) subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

e) subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

f) subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição. (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

XXXVIII – grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômica e subdividido nos seguintes subgrupos: (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

a) subgrupo B1 – residencial; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

b) subgrupo B2 – rural; (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

c) subgrupo B3 – demais classes; e (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

d) subgrupo B4 – Iluminação Pública. (Redação dada pela REN ANEEL 418, de 23.11.2010)

2.4.3 Bandeiras tarifárias

Segundo a ANEEL as bandeiras tarifárias é um sistema tarifário que tem como finalidade sinalizar aos consumidores faturados pela distribuidora por meio da Tarifa de Energia, os custos atuais da geração de energia elétrica; (Incluído pela REN ANEEL 479, de 03.04.2012)

As modalidades tarifárias é um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, considerando as seguintes modalidades:

- a) modalidade tarifária convencional monômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
- b) modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia;
- c) modalidade tarifária convencional binômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia;
- d) modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência; e
- e) modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

2.4.4 Geração Distribuída

Segundo a ANEEL, a geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica.

De forma geral, a presença de pequenos geradores próximos às cargas pode proporcionar diversos benefícios para o sistema elétrico, dentre os quais se destacam a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o

baixo impacto ambiental; a melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada e a diversificação da matriz energética.

Uma importante inovação trazida pela Resolução Normativa nº 482/2012 é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Esse sistema permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora, a qual funcionará como uma bateria, armazenando esse excedente (ANEEL, Resolução Normativa nº 482/2012).

Quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito em energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses (ANEEL,2016).

Como no sistema fotovoltaico a geração de energia se dar no período fora de ponta, o valor compensado primeiro na fatura é o valor referente a esse horário. Após o valor compensado no horário fora de ponta, faz a compensação do valor do horário de ponta. Para tanto, para que seja compensado o restante do que foi gerado no horário fora de ponta, e necessário aplicar o fator de ajuste que é o resultado da divisão do valor de uma componente da tarifa (a componente TE – Tarifa de Energia) de ponta pela fora de ponta (nos casos do excedente ser originado no posto tarifário ponta), ou da tarifa fora de ponta pela tarifa de ponta, quando o excedente surgir no posto fora de ponta (ANEEL,2016).

2.4.5 Projeto Palmas Solar

O projeto Palmas solar é uma LEI COMPLEMENTAR Nº 327, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015, que tem visa estabelecer incentivos ao desenvolvimento tecnológico, ao uso e a instalação de sistemas de conversão e/ou aproveitamento de energia solar no município de Palmas, e adota outras providências.

O Programa Palmas Solar tem os seguintes objetivos principais que são: aumentar a participação da energia solar na matriz energética do Município e a competitividade do Município para atrair e desenvolver empresas e empreendimentos que tenham a matriz energética solar como uma possibilidade economicamente viável. Também visa contribuir para a melhoria das condições de vida de famílias palmenses, aumentando a competitividade e estimular o uso de energia fotovoltaica e termo solar.

Em termos ambientais o projeto visa mitigar a geração e emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), criando alternativas para compensação de áreas degradadas. Busca também

reduzir a demanda de energia elétrica em horários de pico de consumo, contribuindo para a eletrificação de localidades distantes de redes de distribuição de energia elétrica.

Nesse projeto de lei foi estabelecido incentivos fiscais na qual terá um desconto de até 80% (oitenta por cento) do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), proporcional ao índice de aproveitamento de energia solar, para quem implantar projeto fotovoltaico. O prazo do incentivo descrito no *caput* fica limitado em até 5 (cinco) anos.

Outros descontos foram nos impostos Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), de 80% que incidente sobre: os projetos, as obras e instalações destinadas à fabricação, comercialização e distribuição de componentes para os sistemas de energia solar e para os serviços de instalação, operação e manutenção dos sistemas de energia solar, pelo prazo de até 10 (dez) anos. Também é estabelecido o desconto de até 80% (oitenta por cento) do Imposto de Transferência de Bens Imóveis (ITBI), proporcional ao índice de aproveitamento de energia solar.

2.5 CRÉDITO DE CARBONO

Um dos grandes problemas atuais em pauta na ordem mundial é a questão do meio ambiente, principalmente a emissão do gás carbono na atmosfera. Nessas condições criou-se a comercialização dos créditos de carbono, que são certificados gerados por projetos que, comprovadamente através de metodologias, reduzam ou absorvam emissões de gases do efeito estufa.

Os compradores destes créditos são empresas ou governos de países desenvolvidos que precisam alcançar metas (instituídas pelo Protocolo de Kyoto, pela própria empresa ou outros programas) de redução destas emissões, e os vendedores são diversificados dependendo do país de origem do projeto.

Com a criação dos créditos de carbono as empresas buscam um mercado econômico com base social e ambiental que visa a redução da emissão de gases de efeito estufa, conciliando a produção das empresas à proteção ambiental do planeta. Essa redução de gases poluentes de efeito estufa pode ser vista no mercado econômico como “seqüestro de carbono” que se transformou em commodities negociadas no mercado, conhecida como crédito de carbono.

Para tanto, para melhor compreender o mercado de créditos de carbono é necessário conhecer o protocolo de Quioto, na qual é um documento onde foram pautadas regras para redução de gases poluentes causadores do efeito estufa e solução encontrada pela Organização

das Nações Unidas (ONU) a fim de minimizar as intervenções humanas na degradação do planeta. (ALVES, 2003, p. 56).

O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional criado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, aprovado na cidade de Kyoto, no Japão, em 1997 e que entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Seu principal objetivo é estabilizar a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e assim frear o aquecimento global e seus possíveis impactos. Ao todo, 184 países ratificaram o tratado até o momento.

De acordo com Meio Ambiente (2014), para que haja cumprimento da redução de emissões de GEE, o Protocolo propõe três Mecanismos de Flexibilização, as quais são a implementação conjunta diz respeito apenas aos países desenvolvidos, acontece quando dois ou mais deles implementam projetos que reduzam a emissão de GEE para posterior comercialização.

O comércio de emissões existe quando uns países desenvolvidos já reduziram a emissão de GEE além da sua meta. Assim, ele pode comercializar o excedente com outros países desenvolvidos que não tenham atingido sua meta de redução, assim, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) possibilita a participação dos países em desenvolvimento no tratado. Eles podem vender para países desenvolvidos os créditos de projetos que estejam contribuindo para a redução de emissões de carbono.

O Brasil ainda não recebeu, compromissos como metas de redução, e no momento apenas faz parte dos grupos que auxiliam a mitigação de carbono através do MDL ajudando os países desenvolvidos a cumprirem suas metas de redução de emissões, o mercado de crédito oferece vantagens tanto para quem compra, pois ajudaria os países industrializados a atingir as metas de emissão e estes não precisariam alterar o processo produtivo já existente, quanto para quem vende, pois é uma maneira de obter receita.

Para as empresas, os investimentos para este mercado é a vinculação de torna-se uma empresa sustentável, cumprindo seu papel sócio ambiental. Com essa visão as empresas passam a agregar valor a seus produtos e diferenciando-se das demais empresas que não possuem essa visão de redução dos gases poluentes de efeito estufa (ALVES, 2003, p. 80).

3 METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado no Centro Luterano de Palmas (CEULP- ULBRA), localizado na Av. Joaquim Teotônio Segurado, 1501 - Plano Diretor Sul, Palmas - TO, 77000-900, como mostra a figura 7 abaixo:

Figura 6 - Local de Estudo



Fonte: Google maps

Levando-se em consideração que a pesquisa é um estudo de caso no CEULP-ULBRA. O processo metodológico do estudo foi dividido em etapas, que nortearam todo desenvolvimento e análise do projeto fotovoltaico.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Na primeira etapa, iniciou-se com a caracterização da unidade consumidora. O CEULP-ULBRA é constituído por uma área total de 268.233,32 m² e 51.166,00 m² de área construída. A instituição conta com diversos laboratórios, para oferecer suporte às aulas teóricas de todos os cursos; fomenta o desenvolvimento de pesquisas científicas, na formação profissional dos acadêmicos; e permite a prestação de serviços à comunidade.

Figura 7- Arquitetura e organização do CEULP-ULBRA



Fonte: Site do CEULP-ULBRA

Como pode ser observado na figura 8, a estrutura da Universidade é bastante ampla, visto que possui 6 prédios principais, complexos laboratoriais e demais estruturas para atender as necessidades acadêmicas e institucionais.

A Instituição oferece 23 cursos de graduação, na qual Administração, Agronomia, Arquitetura e Urbanismo, Biomedicina, Ciência da Computação, Ciências Biológicas – Licenciatura, Ciências Contábeis, Comunicação Social - Publicidade e Propaganda, Curso Superior de Tecnologia em Estética e Cosmética, Direito, Educação Física – Bacharelado, Educação Física – Licenciatura, Enfermagem, Engenharia Civil, Engenharia de Minas, Engenharia de Software, Farmácia, Fisioterapia, Medicina Veterinária, Odontologia, Psicologia, Serviço Social e Sistemas de Informação.

Diante dessa gama de curso e de uma estrutura de laboratórios a instituição de ensino necessita de uma grande demanda de energia elétrica para suprir suas necessidades energéticas durante todo dia e na parte da noite, visto que a maioria das turmas são noturnas.

Depois realizou-se o cálculo do consumo médio anual por meio de doze faturas de energia elétrica da instituição referente ao período de agosto 2016 a julho de 2017. Os dados foram computados por meio de planilhas eletrônica utilizando-se o software Excel 2016 da Microsoft e posteriormente foi gerado os gráficos para análise.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Para obter as informações da unidade consumidora em estudo, foi necessário solicitar as faturas de energia da Universidade. Entrou-se em contato com a direção administrativa do CEULP, por meio de ofício solicitou-se ao diretor administrativo Enéias Cardoso de Oliveira as faturas de energia.

Por meio das faturas de energia elétrica predial podem-se obter diversas informações da unidade consumidora, tais como os valores contratados e o consumo de ponta e fora ponta, a tensão de fornecimento, o valor da fatura e o encargo de uso do sistema de distribuição, com a fatura em mãos segundo a Energisa, empresa responsável pela distribuição de energia do Tocantins, pode-se constatar que a unidade consumidora do CEULP pertence ao grupo A, grupamento este composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 KV.

Em relação à modalidade tarifária da UC do CEULP, segundo a Energisa ela se encacha na modalidade tarifária horária azul, que se aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Segundo a Energisa, a demanda contratada pela a UC do CEULP é de 780 KW, porém analisando as faturas observou-se que na maioria dos meses esse limite é excedido. Realizou-se uma visita na cobertura de alguns prédios do CEULP-ULBRA para verificar a disposição dos prédios, em relação a inclinação do telhado para as instalações das placas solares e também as condições estruturais do telhado dos prédios visando um bom desempenho na instalação do sistema sem comprometer a estrutura do mesmo

3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Posterior a visita ao local de estudo, fez-se o dimensionamento de projeto de captação de energia solar a ser implantado na instituição de ensino. O dimensionamento do projeto foi também realizado por meio do software Excel 2016, na qual foi realizado um estudo utilizando duas gerações de energia mensal. Calculou-se a quantidade de placas fotovoltaicas para a captação da energia solar e os materiais necessários para a instalação do sistema para geração de energia elétrica. Nessa etapa escolheu-se o tipo de painéis solares e dos inversores:

3.3.1 Escolha do Módulo Fotovoltaico

Para a escolha do módulo fotovoltaico procurou-se priorizar diversos fatores, como a eficiência, a garantia de potência, o coeficiente de temperatura, a disponibilidade no mercado e o custo do módulo.

Utilizou-se para o sistema de geração de energia a placa CanadianSolar 330 WP que é uma placa bem-conceituada no mercado, pois apresenta classificação A pelo INMETRO, apresentando eficiência de 16,46% e dez anos de garantia contra defeitos de fabricação. O módulo solar fotovoltaico Canadian Solar de 330W é ideal para uso em sistemas conectados à rede, como mostra a figura 13:

Figura 8 – Placa solar Canadian 330Wp



Fonte: Próprio autor.

Esse modelo CS6U-330P, possui estrutura reforçada feita em alumínio anodizado com barra estabilizadora adicional. Pesa 22,4Kg e tem dimensões de 1960 x 992 x 40 (mm). As células fotovoltaicas são protegidas por uma resistente camada de vidro temperado a moldura em alumínio já vem com as furações para fixação. Em condições ideais de insolação, este módulo solar fotovoltaico produz 330W, 8,69A e 36,8V em corrente contínua.

3.3.2 Escolha dos Inversores

O inversor é o componente do sistema fotovoltaico responsável por converter a energia elétrica de corrente contínua (c.c.) proveniente dos módulos ou do banco de baterias

para corrente alternada (c.a.). A tensão fornecida pelo inversor deve ser compatível com a dos equipamentos a serem alimentados, e em sistemas conectados a rede, é preciso que seja sincronizada com a tensão da rede.

A escolha do inversor leva em consideração os critérios técnicos do módulo fotovoltaico e também a forma como eles serão arranjados. Optou-se por utilizar inversores Sungrow 60kW 480VAC 1000VDC TL String Inverter SG60KU-M, como mostra a figura a 14:

Figura 9 - Inversor sungrou de 60 kw



Fonte: civicsolar.com

O inversor apresenta as seguintes características:

- Alta flexibilidade para configurações complexas devido a 4 rastreadores MPP e uma ampla faixa de tensão de entrada;
- Alto rendimento devido à eficiência até 98,9% e eficiência da CEC de 98,5%;
- Potência de saída até 66kVA / 60kW no fator de potência de 1.

Design inteligente

- Caixa combinadora integrada: 16 pares de terminais de parafuso com fusíveis de corrente DC (ambos positivos e negativos), proteção contra sobre tensão tipo II (DC e AC), interruptor DC e AC, mais segurança e menor custo do sistema
- Função de detecção de cordas integrada e detecção de falhas de arco

Grid-friendly

- Potência ativa ajustável continuamente (0 ~ 100%);
- Cumprir uma variedade de requisitos de ajuste de potência reativa com o fator de potência 0.8 sobreexistido ~ 0.8 subexistente;
- Função LVRT e HVRT integrada;

- Inclui interface RS-485 e Ethernet, compatível com todos os sistemas de monitoramento comuns.

Confiável

- Certificação do produto: UL 1741, IEEE 1547, IEEE1547.1, CSA C22.2 107.1-01-2001, FCC Part 15 Sub-parte B Limites de Classe B;
- Certificação do fabricante: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18000.

3.4 ANALISE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Após o dimensionamento dos projetos em estudo e de todos os resultados obtidos, realizou-se uma análise de viabilidade em termos de área disponível para implantação do projeto, na qual foi feita a verificação da disponibilidade de áreas tanto no telhado dos prédios do CEULP-ULBRA como e outros possíveis locais, para comporta a quantidade de placas necessárias para suprimento da necessidade energética do CEULP.

Com o projeto de cobertura em mãos fez-se no software AutoCad 2016 um projeto de locação das placas, na qual buscou a melhor direção para o aproveitamento energético.

Diante do levantamento de todos os dados de dimensionamento e de todos os resultados gerado pelas planilhas e gráficos, buscou-se analisar a viabilidade financeira para a implantação do sistema. Realizou-se o orçamento baseado nos dois projetos calculados e fez-se uma simulação posteriormente por meio do aplicativo do Banco da Amazonas. Também analisou-se o tempo de retorno de todo investimento utilizado para implantação do projeto de placas solares fotovoltaicos.

E por fim fez-se um análise do que o sistema de energia fotovoltaica poderia trazer de benefícios em relação a sociedade e o meio ambiente. Nessa etapa calculou-se a quantidade crédito de CO₂ que a instituição ganharia a implantar o sistema.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1 CÁLCULO DA DEMANDA ENERGÉTICA

Para dar o ponto pé inicial ao projeto, primeiro foi necessário calcular a média do consumo de energia da UC do CEULP-ULBRA em um período de 12 meses, sendo essa de agosto de 2016 a julho de 2017. A tabela a seguir mostra em KWh o consumo de cada mês e a média levando em consideração todos os meses:

Tabela 2 - Consumo mensal de energia do CEULP-ULBRA

PLANILHA DE CONSUMO MENSAL DE ENERGIA				
ANO	Nº	MESES	CONSUMO (KWh)	
			PONTA	FORA DE PONTA
2016	1º	AGOSTO	47709,00	177711,00
2016	2º	SETEMBRO	37908,00	151347,00
2016	3º	OUTUBRO	38010,00	155604,00
2016	4º	NOVEMBRO	36662,00	150194,00
2016	5º	DEZEMBRO	17927,00	100064,00
2016	6º	JANEIRO	8974,00	74577,00
2017	7º	FEVEREIRO	27186,00	104530,00
2017	8º	MARÇO	39356,00	144967,00
2017	9º	ABRIL	25338,00	106834,00
2017	10º	MAIO	43915,00	160190,00
2017	11º	JUNHO	29935,00	128154,00
2017	12º	JULHO	9082,00	71375,00
MÉDIA			30166,83	127128,92

Fonte: Próprio autor.

Como pode ser observado na tabela dividiu-se o consumo no horário de ponta e fora de ponto, visto que nesses horários a tarifa cobrada é diferente. Na figura 10, mostra-se o valor das tarifas sem os tributos de cada mês estudado:

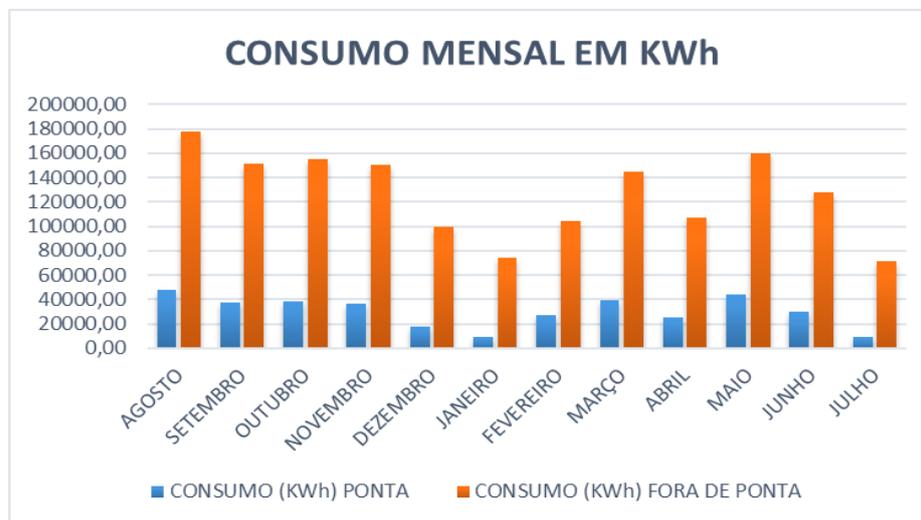
Tabela 3 - Tarifas de cobrança do período estudado

ANO	MESES	TARIFAS SEM TRIBUTOS	
		PONTA	FORA DE PONTA
2016	AGOSTO	2,070290	0,252230
2016	SETEMBRO	2,070290	0,252230
2016	OUTUBRO	2,070290	0,252230
2016	NOVEMBRO	2,070290	0,252230
2016	DEZEMBRO	2,070290	0,252230
2016	JANEIRO	2,070290	0,252230
2017	FEVEREIRO	2,070290	0,252230
2017	MARÇO	2,070290	0,252230
2017	ABRIL	2,018520	0,200460
2017	MAIO	2,062300	0,247240
2017	JUNHO	2,065300	0,247240
2017	JULHO	2,129310	0,262530
MÉDIA		2,069813	0,247943

Fonte: Próprio autor.

Diante dos valores gerados pelas tabelas pode-se criar um gráfico que mostra o comportamento do consumo energético durante o período dos anos estudados:

Figura 10 -Consumo de energia de acordo com o horário



Fonte: Próprio autor.

Analisando o gráfico pode-se observar que os períodos de menor consumo de energia foram nos meses na qual a Universidade está no período de férias, que corresponde principalmente aos meses de janeiro e julho.

4.2 VISITA AO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

Foi realizado uma visita in loco de estudo para verificação do local a ser implantado o sistema de geração de energia fotovoltaica. O telhado dos prédios do CEULP-ULBRA é composto por telhas de tipo onduline, telha plan e telha de fibrocimento e segundo o projeto de cobertura, possui inclinação de 17% o que favorece bastante a implantação das placas solares.

A cobertura de alguns prédios possui platibandas gerando a necessidade de uma análise com maior detalhamento pois nas áreas próximas as platibandas há incidência de sombreamento, o que pode prejudicar a geração de energia nesses pontos. Na figura 12, pode ser verificado uma das principais áreas a ser aproveitada para a implantação das placas solares:

Figura 11 - Vista do local de implantação do sistema fotovoltaico



Fonte: Próprio autor

Na visita verificou-se que o telhado apresenta boas condições estruturais para a implantação das placas solares, visto que o sistema de placas solares tem cargas leves por isso não compromete a estrutura dos prédios.

4.3 DIMENSIONAMENTOS DO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO

4.3.1 Escolha da quantidade de energia a ser gerada

Fez-se o projeto de duas gerações de energia, uma em relação à média do consumo de energia anual do horário de ponta e fora ponta, e a outra baseado na potência contratada pela UC do CEULP.

Para o projeto 1 a composição da geração média foi por meio do seguinte cálculos:

$$\text{Geração Média} = \text{PONTA} + \text{FORA PONTA} + (0,62 * \text{PONTA})$$

$$\text{Geração Média} = 30166,83 + 127128,92 + 18703,4$$

$$\text{Geração Média} = \mathbf{183703,4 \text{ KWh/mês}}$$

Portanto, para o suprimento total da demanda energética a geração média deve ser de com o valor de 183703,4 kWh/mês.

Para o projeto 2 escolheu-se para a geração a partir da demanda da potência contrata que na UC do CEULP é 780 KW. Obedecendo os seguintes cálculos:

$$\text{Geração Média} = \text{Potência instalada} \times \text{IRS} \times \text{FC} \times 30$$

$$\text{Geração Média} = 780 \times 5,78 \times 0,80 \times 30$$

$$\text{Geração Média} = \mathbf{100203,48 \text{ KWh/mês}}$$

Portanto para o projeto 2 a geração média para atender a potência instalada deve ser de 100203,48 KWh/mês.

4.3.2 Cálculo do Número de placas fotovoltaicas

Para o dimensionamento da quantidade de placas a serem utilizados para a captação de energia solar foi utilizado a seguinte formula:

$$\text{N}^\circ \text{ de placas} = \frac{\text{GM}}{\text{FC} * \text{IRS} * \text{POT PLACA} * 30}$$

Na qual corresponde as seguintes variáveis:

Tabela 4 - Variáveis para cálculo do número de placas do projeto 1

VARIÁVEIS	Valor	Unidade
FC (Fator de correção)	0,80	%
IRS (Índice de radiação solar de palmas)	5,78	KW/m ²
POT PLACA (Potência de cada placa)	0,33	KW
GM (Geração Média)	183703,4	KWh

Fonte: Próprio autor.

Após definido todas as variáveis realizou-se o cálculo do número de placas para o projeto 1:

$$\text{N}^\circ \text{ de placas} = \frac{183703,4}{0,80 * 5,78 * 0,33 * 30}$$

Nº de placas= 4334 placas fotovoltaicas

Então tem-se que para o suprimento total de energia elétrica é preciso de 3893 painéis fotovoltaicos para geração energia necessária.

Para o dimensionamento da quantidade de placas a serem utilizados para a captação de energia solar para o projeto 2 foi utilizado os seguintes dados:

Tabela 5 - Variáveis para cálculo do número de placas do projeto 2

VARIÁVEIS	Valor	Unidade
FC (Fator de correção)	0,80	%
IRS (Índice de radiação solar de palmas)	5,78	KW/m ²
POT PLACA (Potência de cada placa)	0,33	KW
GM (Geração Média)	100203,48	KWh

Fonte: Próprio autor.

Após definido todas as variáveis realizou-se o cálculo do número de placas:

$$\text{Nº de placas} = \frac{100203,48}{0,80 * 5,78 * 0,33 * 30}$$

Nº de placas= 2246 placas fotovoltaicas

4.3.3 Cálculo do número de inversores

Visto que o a potência dos inversores deve atender ser no mínimo igual a potência da geração de energia instalada então tense que para projeto 1 o seguinte número de inversores:

$$\text{Nº de inversores} = \frac{4334 * 330}{60000}$$

$$\text{Nº de inversores} = 22$$

Para o projeto 2 o número de inversores foi de 13, visto que a potência instalada é menor.

4.4 ORÇAMENTO

O sistema solar de energia fotovoltaica tem como o foco gerar economia financeira de forma sustentável para quem utiliza-lo, visto que o sistema apesar de ser uma fonte de energia renovável o consumidor apresenta uma certa resistência em relação sua implantação.

Para visualização do valor necessário para a implantação de um sistema solar fotovoltaico, solicitou-se um orçamento em certa empresa A de Palmas-TO, para chegarmos nos valores mais próximos da realidade.

No projeto 1 foi realizado o orçamento quantitativo de acordo com a média do consumo anual, obtendo os seguintes resultados como consta na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Orçamento sistema fotovoltaico projeto 1

ORÇAMENTO				
	DESCRIÇÃO	VALOR(unidade)	QUANTIDADE	TOTAL(R\$)
PLACAS	Placa solar Canadian 330Wp	655,00	4.013,00	2.628.515,00
INVERSORES	Inversor sunrou de 60 kw	42.560,00	22,00	936.320,00
EQUIPAMENTOS	Intalação, suportes fiação, torre e etc			982.030,50
MÃO DE OBRA	Profissionais, fretes e deslocamentos			589.218,30
TOTAL				5.136.083,80

Fonte: Empresa A

De acordo com a tabela 6, observar-se que a empresa A fez orçamento considerando todos os equipamentos que compõe o sistema solar, os materiais necessários para a instalação do sistema e todos os serviços a serem executados até chegar no produto final.

O orçamento do projeto 1 foi elaborado visando atender a demanda o mais próximo do consumo real da instituição de ensino. O projeto orçado ficou em torno de 5,14 milhões de reais.

Para o projeto 2, o orçamento foi realizado de acordo a potência contratada da Unidade Consumidora da Universidade; como pode ser observado na tabela 7:

Tabela 7 - Orçamento sistema fotovoltaico projeto 2

ORÇAMENTO				
	DESCRIÇÃO	VALOR(unidade)	QUANTIDADE	TOTAL(R\$)
PLACAS	Placa solar Canadian 330Wp	655,00	2.246,00	1.471.130,00
INVERSORES	Inversor sunrou de 60 kw	42.560,00	13,00	553.280,00
EQUIPAMENTOS	Intalação, suportes fiação, torre e etc			637.674,60
MÃO DE OBRA	Profissionais, fretes e deslocamentos			382.604,76
TOTAL				3.044.689,36

Fonte: Empresa A

Ao analisar os valores orçados na tabela 7, observa-se que o valor do projeto ficou bem menor que a do projeto 1, visto que a potência instalada é menor. O projeto ficou orçado em um valor de aproximadamente 3,05 milhões de reais, levando em consideração todos os equipamentos, materiais, serviços de instalação e também a homologação do projeto.

4.5 LOCAÇÃO DAS PLACAS SOLARES

4.5.1 Radiação Solar

Segundo a empresa A, em Palmas a melhor posição para os painéis fotovoltaicos é em direção ao norte verdadeiro com inclinação de 15%. De acordo com os dados do projeto verificou-se que a inclinação do telhado de 17% nesse caso para melhor aproveitamento deve-se fazer a correção com os suportes de metal.

O CEUL-ULBRA conta com uma grande área de cobertura como mostra na figura 20 a seguir:

Figura 12 - Áreas da Planta de cobertura do CEULP

01 - BLOCO 1 - ADMINISTRAÇÃO	Área = 3.452,16 m ²
02 - BLOCO 2 - SALAS DE AULA	Área = 2.342,04 m ²
03 - BLOCO 3 - SALAS DE AULA	Área = 2.439,48 m ²
04 - BLOCO 4 - SALAS DE AULA	Área = 2.342,04 m ²
05 - BLOCO 5 - COMP. LABORATORIAL	Área = 6.038,08 m ²
06 - BLOCO 6	Área = 3.663,52 m ²
07 - BLOCO 7	Área = 1.369,42 m ²
08 - RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	Área = 1.848,32 m ²
09 - AUTO ATENDIMENTO	Área = 300,16 m ²
10 - ESTACIONAMENTO DESCOBERTO	Área não computada
11 - GINÁSIO DE ESPORTES	Área = 5.361,28 m ²
12 - CAMPO DE FUTEBOL GRAMADO	Área não computada
13 - PASSARELA ACADEMICA	Área = 1.288,16 m ²
14 - MACENARIA GARAGEM	Área = 857,59 m ²
15 - LAB. DA CONTRUÇÃO CIVIL	Área = 138,77 m ²
16 - MEDICINA VETERINARIA	Área = 255,26 m ²
17 - LAB. DE FARMACIA	Área = 280,05 m ²
18 - DCE	Área = 210,80 m ²
19 - GUARITAS X2	Área = 8,00 m ²
20 - SUBESTAÇÃO	Área = 75,00 m ²
TOTAL	Área = 31.045,07 m ²

Fonte: CEULP ULBRA

Após verificar as áreas disponíveis no telhado do CEULP, sabe que para a implantação do maior projeto que é o de 1284,69 KWp, a área necessária para instalação das placas solares é 7.965,08 m². Visto a área total disponível do CEULP é de 31.45,07 m², a área necessária para a instalação das placas solares é facilmente locada no telhado do CEULP- ULBRA.

No apêndice A, consta um projeto simples de suposta locação das placas solares em alguns prédios na parte da cobertura inclinada para o norte. Porém as placas podem ser instaladas no ginásio esportivo que tem uma área disponível de 5.361,28 m². Também pode-se utilizar os painéis solares como cobertura do estacionamento do CEULP, entretanto deve-se fazer análise da viabilidade para essa estrutura que necessitaria de uma quantidade de materiais com uma maior função estrutural.

4.6. ANALISE ECONÔMICA

4.6.1 Financiamento

A análise da viabilidade financeira foi realizada por meio de uma simulação de financiamento de crédito no aplicativo FNO do Banco da Amazônia. Escolheu a opção de sustentabilidade ao realizar o financiamento, e o resultado consta para o financiamento do projeto 1 consta na tabela a seguir:

Tabela 8 – Financiamento de crédito FNO projeto 1

- Resumo da Simulação

Primeira Parcela:	R\$ 129.205,72
Ultima Parcela:	R\$ 99.148,27
Valor	R\$ 5.136.083,80
Parcela Média:	R\$ 114.456,66
Valor Total:	R\$ 6.253.277,48
Juros Total:	R\$ 1.117.193,68
Bonus Total:	R\$ 72.617,59

Fonte: FNO – Banco da Amazônia

Para o orçamento do projeto 2, o financiamento foi realizado da mesma forma que do projeto 1 obedecendo os seguintes valores:

Tabela 9 - Financiamento de crédito FNO projeto 2

- Resumo da Simulação

Primeira Parcela:	R\$ 76.593,62
Ultima Parcela:	R\$ 58.775,46
Valor	R\$ 3.044.689,36
Parcela Média:	R\$ 67.850,33
Valor Total:	R\$ 3.706.965,88
Juros Total:	R\$ 662.276,52
Bonus Total:	R\$ 43.047,97

Fonte: FNO – Banco da Amazônia

Comparando as dimensões dos dois projetos realizados, verifica-se que o projeto 2 apresenta o investimento bem menor em relação ao projeto 1, devido atender uma maior demanda energética

4.6.2 Retorno financeiro

Segundo art. 7º da Resolução Normativa nº 482/2012, sistema de compensação de energia tem seu modo de faturamento, na qual a energia injetada em determinado posto tarifário (ponta, fora de ponta ou intermediário), se houver, deve ser utilizada para compensar a energia consumida nesse mesmo posto. Porém caso houver excedente, os créditos de energia ativa devem ser utilizados para compensar o consumo em outro posto horário, se houver, na mesma unidade consumidora e no mesmo ciclo de faturamento.

O retorno financeiro é um fator de grande importância, quando se pensa em implantar um projeto de energia fotovoltaica. Para isso fez-se essa análise calculando-se por meio das seguintes variáveis que constam na tabela 10:

Tabela 10 - Análise financeira projeto 1

PROJETO 1- SUPRIMENTO TOTAL	
ECONOMIA MENSAL(R\$)	166.678,69
VALOR FINANCIADO(R\$)	5.136.083,80
RETORNO DO INVESTIMENTO(Mensal)	30,8
RETORNO DO INVESTIMENTO(Anual)	2,6

Fonte: Próprio autor.

Como verifica-se na tabela, para realizar análise do retorno financeiro para o projeto 1 fez-se necessário fazer o levantamento total do que iria ser descontado mensalmente da fatura ao implantar o sistema de geração fotovoltaica. Então analisou-se o valor a ser economizado mensalmente, visto que o suprimento é total da demanda energética. Baseado na média das 12 faturas obteve-se o valor de economia mensal de R\$ 166.678,69 reais.

Diante dos levantamentos da média anual do valor a ser compensado mensalmente na fatura da UC, pode-se verificar o tempo de retorno do investimento necessário para a implantação do sistema fotovoltaico em estudo. Fazendo a relação do valor total para instalação do sistema fotovoltaico com o valor compensado no faturamento mensal ao utilizar o sistema, pode-se verificar que o retorno financeiro em relação ao valor líquido presente, se dará aproximadamente a partir do 2 anos e 6 meses após o investimento para o projeto 1.

A análise do retorno financeiro para o projeto 2, resultou-se dos valores das variáveis da tabela 11:

Tabela 11- Analise financeira projeto 2

PROJETO 2 - SUPRIMENTO PARCIAL		
HÓRARIO	Ponta	Fora ponta
Tarifa(R\$/kWh)	2,07	0,25
Consumo(kWh)	0	100203,48
Ajuste	0,62	1
Preço(R\$)	-	25.050,87
TOTAL(R\$/mês)		25.050,87
Valor Financiado (R\$)		3.044.689,36
RETORNO(anos)	10,13	

Fonte: Próprio autor.

Para o projeto 2 em questão, observa-se na tabela que o consumo que será debitado na fatura será apenas a do horário fora de ponta visto que a geração de energia é de apenas 100000 kWh. Para tanto devido a taxa do valor fora de ponta ser um valor relativamente inferior ao valor do horário de ponta o valor da compensação mensal ficou de apenas R\$ 25000,00, e o retorno devido a economia mensal ser de 25050,87 reais, ficou a partir do 10º ano após o investimento.

Ao analisar o projeto 2, pode-se verificar que o tempo de retorno do investimento para esse projeto é quase 5 vezes maior do tempo em relação ao do projeto 1. O que justifica essa grande diferença de tempo, é que no projeto 1 os valores de compensação são aplicados nos dois períodos de consumo, fora de ponta e ponta. Já no projeto 2, devido a geração ser menor que a geração do projeto 1, o valor gerado pelo sistema solar compensa apenas o valor gerado no horário fora de ponta, visto que para haver compensação no horário de ponta é necessário que haja excedente.

Por meio do comparativo dos dois projetos, o projeto 2 torna-se inviável visto que o tempo de retorno é longo para o grupo de consumo a Universidade. Já o projeto 1 é viável visto que atende à demanda energética total da Unidade Consumidora e dar um retorno financeiro a um curto prazo.

4.7 ANALISE AMBIENTAL

Diante dos projetos propostos além dos resultados financeiros trazidos pela implantação do sistema solar fotovoltaico tem-se as contribuições ao meio ambiente resultante dessa escolha. Fez então para os dois projetos uma simulação para verificar a quantidade de crédito de Carbono que cada sistema solar pode gerar.

Para o projeto 1, fez o cálculo baseado no consumo de 183703,4 kWh como consta na tabela abaixo:

Tabela 12 - Quantidade de Crédito de carbono projeto 1

Consumo Kwh/mês	183703,4
Quantidade de Carbono	298,70
Crédito de Carbono	R\$ 4.310,23

Fonte: Próprio autor.

Diante dos dados da tabela 12, verifica-se que o credito de carbono é de R\$ 4.310,23 reais por mês, gerando uma diminuição de 298,70 kg de carbono mensalmente no meio ambiente.

Para o projeto 2, fez o cálculo baseado no consumo de 100203,48 kWh como consta na tabela abaixo:

Tabela 13 - Quantidade de Crédito de carbono projeto 2

Consumo Kwh/mês	100203,48
Quantidade de Carbono	162,93
Crédito de Carbono	R\$ 2.351,07

Fonte: Próprio autor.

Diante dos dados da tabela 13, verifica-se que o credito de carbono é de 2.351,07 reais por mês, gerando uma diminuição de 162,93kg de carbono mensalmente no meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

A energia solar fotovoltaica vem ganhando a cada dia um novo espaço no mercado de geração de energia elétrica, devido ser uma fonte de energia limpa e renovável, a geração de energia elétrica por meio da utilização das placas fotovoltaicas diminui de forma significativa a emissão de poluentes na atmosfera.

No estudo de caso feito no CEULP-ULBRA, ao fazer o levantamento da demanda energética, verificou que há necessidade de um sistema de grande dimensão para atender as necessidades energética da instituição de ensino.

Estabelecendo o comparativo entre os dois projetos orçados no trabalho, apesar do projeto 1 de maior geração fotovoltaica ter um custo maior para implantação, que ficou no valor de R\$ 5136083,80 reais, ao analisar o tempo de retorno do que será investido para a implantação do projeto, verificou-se que o tempo de retorno ficou de 2 anos e seis meses. Já o projeto 2, com o valor de R\$ 3044689,36 reais, o tempo de retorno será a partir dos 10 anos após o investimento. Portanto ao analisar essas duas situações de projeto, quanto maior é o sistema de geração de energia fotovoltaica, menor será o tempo de retorno.

Para melhor visualização, pode-se concluir que para implantação do sistema fotovoltaico do CEULP-ULBRA, visualizando um retorno a curto a prazo, o sistema fotovoltaico de suprimento total demanda energética da Universidade, nomeado como projeto 1 nesse trabalho é o mais viável.

Ao avaliar o aspecto ambiental na implantação do projeto fotovoltaico, a poluição do meio ambiental seria bem menor visto que haveria uma redução dos gases de efeito estufa, principalmente o de CO₂ que para o projeto 1 ficou de 298,70 kg/mês. Em relação aos créditos de carbono, ao aderir ao sistema fotovoltaico a instituição de ensino se destacaria, devido ao exercício do papel socioeconômico, na qual é intitulado por meio de certificados e selos.

Para trabalhos futuros analisando a necessidade de uma cobertura para o estacionamento do CEULP, indica-se um estudo da viabilidade de fazer a cobertura do estacionamento com placas solares fotovoltaicas.

6 REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Tarifas Consumidores. 2016.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br /tarifas-consumidores//asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 10 set. 2017.
- ANEEL. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. 2016.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Classe.asp>. Acesso em: 10 set. 2017.
- ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília: ANEEL, 2002.**
- ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica / Agência Nacional de Energia Elétrica. 2. ed – Brasília : ANEEL, 2016.**
- ARRAES, Agelles Alves. **Implantação de energia solar em condomínio Residencial para população de baixa renda: um estudo em Palmas – TO. 2016, 40f.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2016.
- BARROS, Luisa Valentim. **Avaliação de Modelos de negócio para a energia solar fotovoltaica no mercado de distribuição brasileiro. 2014, 107 f.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- BRASIL, Solergo. **Projeto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição ou isolados.** Disponível em: <<http://hiperenergy.com.br/wpcontent/uploads/2016/03/SOLergo-BRA-2015.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- BEHENCK, Ivan Soares. **Estudo comparativo da viabilidade de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, através do software homer. 2011, 121 f.** Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica)- Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- CIVICSOLAR. **Inversores. 2017.** Disponível em: <https://www.civicsolar.com/roduct/sungrow-sg60ku-m-600-kw-string-invertercivicsolar.com>. Acesso em: 15 set. 2017.
- CRESESB – Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, CRESESB, 2014.
- LEI COMPLEMENTAR Nº 327, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015. **Projeto Palmas solar.** Acesso em: 13 agos. 2017.
- MEIO AMBIENTE. Portal Brasil. **Saiba mais sobre o Protocolo de Kyoto. 2014.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/protocolo-de-Kyoto>>. Acesso em: 17 set. 2017.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). **Energia Solar. BRASÍLIA.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar> . Acesso em: 17 set. 2017.

NEOSOLAR. **Sistemas Grid Tie**. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/images/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica-gridtie.jpg>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

TORRES, R.C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012. 164f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo. Artliber, 2002. 146 p.

SANTIAGO, Nyanne Ferreira. **Geração Fotovoltaica On-Grid: Estudo de Caso Biblioteca Nacional de Brasília**. Brasília: UnB, 2016. 90 p.

SCHEIDT, Paula. **America do sol**. Disponível em :< <http://americadosol.org/energiafotovoltaica/#toggle-id-1>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SICESBRASIL. **Software para projeto fotovoltaico SOLERGO**. Disponível em: <<http://www.sicesbrasil.com.br/produtos/energia-solar-fotovoltaica/21-prodotti/energia-solar-fotovoltaica/160-solergo.html#>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

APÊNDICE – Projeto de locação das placas solares.

ANEXOS