



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**EDUARDO VINÍCIUS RODRIGUES DE ALBUQUERQUE**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

**RECIFE  
2018.1**

**EDUARDO VINÍCUS RODRIGUES DE ALBUQUERQUE**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

**CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS:  
ESTUDO DE CASO OBRA DA UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE  
SANTO AGOSTINHO – UFRPE**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do(a) Professor(a) Romildo Morant de Holanda.

**RECIFE  
2018.1**

# **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

## **CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO OBRA DA UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO – UFRPE.**

---

Nome e assinatura do aluno

---

Nome e assinatura do orientador

---

Nome e assinatura do supervisor (se for o caso)

## **AGRADECIMENTOS**

Gratidão imensa a todos os envolvidos com a concepção deste projeto, tanto de maneira direta quanto indireta. De maneira direta a todos os meus queridos amigos do grupo de pesquisa do Citar, que tanto me ajudaram e me ensinaram nesse ano de convivência, agradecimento especial ao meu orientador Romildo, que me proporcionou toda essa experiência e muito aprendizado, as meninas Gessica, Carol, Manu e Simone que muito me ajudaram com os trabalhos 3 se tornaram boas amigas para mim. Aos meus amigos da graduação que mesmo de maneira indireta sempre me inspiraram a ser melhor e sonhar alto, não só os referentes ao meu período, mas também de outros, agradecimentos especiais a Gaby, Maria, Cinthia, Aisy, Victor, Aninha, e mais uma longa lista de pessoas. Por último a minha família, que sem eles sequer estaria aqui, e por todo o apoio e dedicação, sempre me inspirando e ajudando das mais diversas maneiras.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa do Cabo e conseguinte da obra da nova UACSA.....	14
Figura 2- Modelo de placa fotovoltaica aplicada na usina, do modelo GCL-P6/72 310-325 Watt do fabricante GCL	15
Figura 3- Mapa do Potencial de Geração Fotovoltaica no Brasil e a distribuição populacional	18
Figura 4- Canteiro de obra onde será instalada na usina fotovoltaica.....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Taxa de irradiação média mensal no município do Cabo de Santo Agostinho	25
Tabela 2- Taxa de irradiação média mensal em algumas capitais brasileiras	25

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	08
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4- METODOLOGIA	12
4.1. Área de Estudo	12
4.2. Análise das especificações de uma usina fotovoltaica e do projeto da UACSA	13
4.3. Descrever o fluxo de operação dos processos para usina fotovoltaica	14
4.4. Análise da produção mensal e economia da usina	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1. Justificativa para aplicação e benefícios	15
5.2. Leis e normas	17
5.3. Análise do Projeto da UACSA	18
5.4. Fluxograma dos processos	20
5.5. Segurança e boas práticas	21
5.6. Estimativas de viabilidade da obra	24
6. CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos que mais consome recursos naturais, possui taxa de desperdício e também alta taxa de emissão de poluentes, tendo isso em vista percebe-se a urgência de estipular parâmetros sustentáveis para proporcionar uma melhoria ambiental para tal setor, visto sua importância para a humanidade (KIST, 2015).

Em um país onde a taxa de desperdício em obras civis é estimada em 33% de seu material, e 25% de todo seu custo (BASTOS, 2016), houve a necessidade de criar um padrão para consumo e produção mais sustentável. Em 2011, o Brasil lançou o Plano de Ação para o Consumo Sustentável (PPCS), através lei nº 12.349, que visa promover o desenvolvimento sustentável nacional; este plano tem por objetivo definir padrões sustentáveis de produção e consumo, em seis áreas de conhecimento: educação para o consumo sustentável; varejo e consumo sustentável; aumento da reciclagem; compras públicas sustentáveis; construções sustentáveis; e Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) (BRASIL, 2014) um dos eixos de conhecimento dos critérios de gestão a construção sustentável estuda parâmetros construtivos para obras civis; possui necessidade cada vez mais crescente, principalmente no Brasil, país que possui maior biodiversidade do planeta e uma gama de recursos naturais, que estão sendo explorados de maneira extensiva (BRASIL, 2014).

A área de energias limpas é uma das vertentes das construções sustentáveis, que tem como desafio diminuir as taxas de aquecimento global e emissão de gases através de fontes fósseis de produção de energia (POLMAN et al., 2016; LIAO; LIN; YANG, 2014), porém o avanço desta tecnologia não é suficiente para superar este desafio. As principais representantes das energias limpas são: energia hidroelétrica, biomassa, energia eólica, energia solar (MELO, 2012).

Como esse projeto visa analisar os critérios utilizados para a construção de uma usina fotovoltaica na Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no Cabo de Santo Agostinho o foco principal do projeto é a energia solar.

Que pode ser compreendida como a energia transmitida pelo sol e transformada em energia térmica ou fotovoltaica; a energia térmica consiste no uso de coletores solares com finalidade de converter a irradiação solar diretamente em calor; a energia fotovoltaica, foco do projeto, é caracterizada pela diferença de potencial gerada em um semicondutor devido a luz visível (FISAC; VILLASEVIL; LÓPEZ, 2014).

Devido a variabilidade de incidência solar de acordo com as estações, o alto investimento em tais sistemas e a taxa de produção ser menor do que comparada às fontes fósseis, a energia elétrica solar não possui uma difusão elevada, em um cenário mundial (VISA et al., 2016).

O máximo teor de eficiência obtido em uma célula fotovoltaica é de 15%, em células compostas de silício monocristalino através de seu ciclo de vida, enquanto fontes fósseis chegam até 45% de eficiência, quando utilizado gás natural (SAHU; YADAV; SUDHAKAR, 2016; HUSSY et al., 2014).

Num cenário mundial, o Brasil é um dos países com maior potencial produtivo no setor da energia fotovoltaica, possuindo uma taxa anual de 22.993.114.080 MW de energia emitida, sendo o 5º no rank mundial no potencial produtivo, perdendo apenas para Rússia, Antártica, China e Austrália. O Brasil, segundo último levantamento, em 2014, possui uma capacidade instalada de 15MW em usina fotovoltaica (INPE, 2017).

A região nordeste é contemplada com o maior potencial produtivo, possuindo uma taxa média diária de 206 W/m<sup>2</sup>. De um modo geral, a região nordeste possui o maior potencial produtivo, mas possui menos sistemas fotovoltaicos que as regiões sul e sudeste, isso demonstra a urgência de aplicação na região (INPE, 2017) (NASCIMENTO, 2017).

A nova sede da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) vem com o intuito de somar uma área de desenvolvimento educacional à antiga unidade. Essa obra foi baseada nos parâmetros de construção sustentáveis cujo a construção de uma usina fotovoltaica foi um dos pontos inseridos, a qual possui uma potência instalada na faixa de 1 MW, justificada pelo potencial produtivo que o mesmo

agrega, além de funcionar como um projeto pioneiro para instalações de tamanho porte na região nordeste e no Brasil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Definir os critérios para a sustentabilidade em obras públicas quanto a geração de energia limpa, a partir de usina fotovoltaica.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Levantamento de leis e normas aplicadas a geração de energia por meio de usina fotovoltaica;
- Apresentar medidas adotadas em outros trabalhos a respeito da segurança e boas práticas;
- Análise do projeto, identificando se as especificações atendem as exigências legais de uma usina fotovoltaica;
- Descrever o fluxo de operação dos processos para usina fotovoltaica, incluindo esquema gráfico e indicação das entradas e saídas de forma a atender aos projetos;
- Analisar a produção mensal estimada da usina e a economia gerada para a universidade.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

As placas são agrupadas em painéis fotovoltaicos com o intuito de aumentar a tensão e a corrente elétrica do sistema, pois uma placa individual possui baixa taxa de tensão e corrente (TRINDADE, 2015). Os painéis são ligados em série, o que acarreta que a corrente será igual ao somatório das correntes de cada painel individual e a tensão será igual ao somatório das tensões presentes em cada painel (TRINDADE, 2015).

Além da corrente e tensão outros parâmetros são observados nas células fotovoltaicas, como: a potência dos painéis, dada em watt pico (Wp), um dos principais parâmetros calculados; a tensão de circuito aberto (Voc), ocorre quando a placa está virada em direção ao sol em condições específicas de radiação e temperatura, possui corrente nula; corrente de curto circuito (Isc), neste caso a tensão é nula, e as especificações são idênticas a Voc (BEIGELMAN, 2013).

As placas solares instaladas diretamente ao chão fazem parte de um grupo de tipos de instalações de placas solares, composto também por: placas flutuantes, em canais, nos telhados, no oceano e em lagos; possuem como principal desvantagem a utilização de terra que poderia possuir fins diversos além da produção de energia, onde a mesma pode ser aplicada em diversos tipos de cenários; porém as vantagens justificam sua aplicação: possui custo de instalação menor, comparado a outros métodos de instalação; facilidade de manutenção; instalação em terra possui uma maior gama de possibilidades de aplicação do que em outros sistemas; possui menos perdas pela condução da energia (SUDHAKAR, 2016). Além de fornecer energia elétrica o sistema fotovoltaico nos estacionamentos ainda proporciona sombreamento para os carros, melhorando os índices de conforto térmico nos estacionamentos.

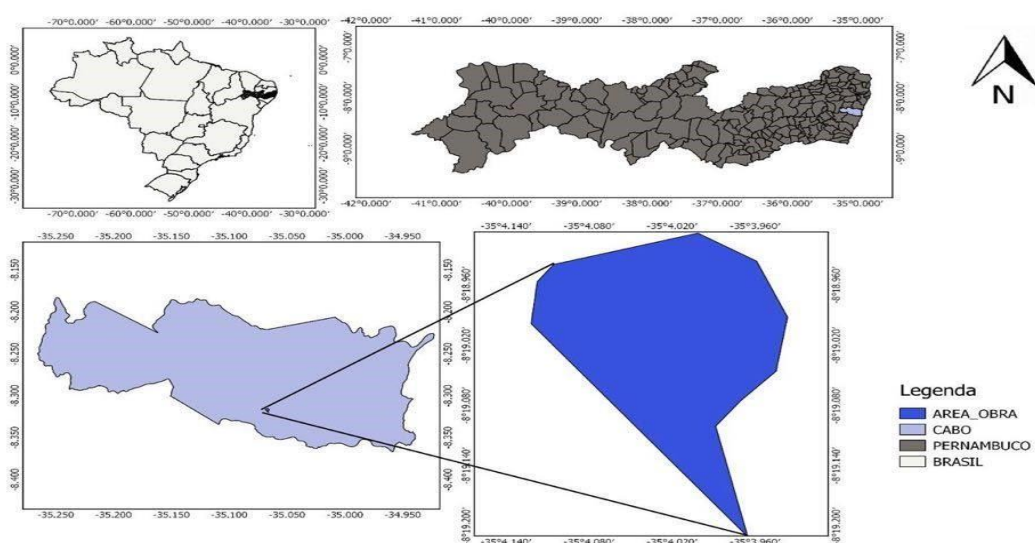
## 4. METODOLOGIA

Revisões bibliográficas, consultando diversos autores em produções científicas, como artigos, livros e dissertações, assim como revistas e materiais disponíveis na internet. Dentro de tais revisões estão inclusos as justificativas para aplicação, o levantamento de leis e normas e medidas de segurança e boas práticas. Utilizou-se do mecanismo de bibliometria para levantar a evolução no ritmo de publicações sobre o assunto energia solar. Utilizou-se a base científica Web of Science, pesquisando-se “solar energy”, através dos resultados anuais montou-se um gráfico para facilitar na visualização da evolução.

### 4.1. Área de estudo

A obra da nova UACSA encontra-se no município do Cabo de Santo Agostinho, município situado a 38,5 km da capital Recife (Figura 1). Tal obra é inovadora pelo fato de proporcionar a inclusão dos alunos a vivência a empresas que atuam na sua área de conhecimento, isso devido à proximidade com o Complexo Industrial Portuário de Suape, que abriga diversas empresas na área de engenharia e estreitar esse contato com o aluno.

Figura 1: Mapa do Cabo e conseguinte da obra da nova UACSA. Fonte: CITAR, 2017.

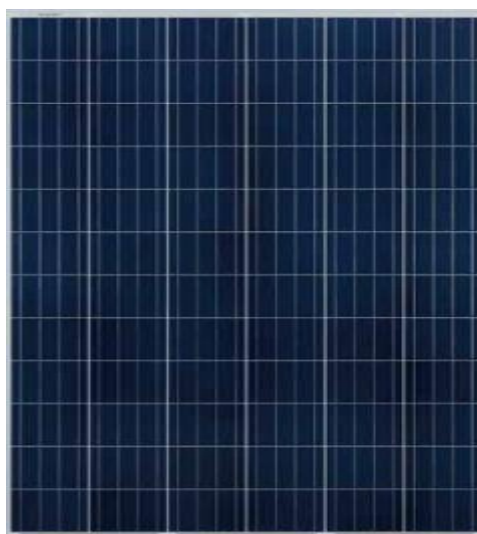


A nova unidade possui 56 mil m<sup>2</sup> e é destinada a abrigar diversos cursos de engenharia e tecnologia, com estimativa de 600 alunos, a sede antiga possui 200 mil m<sup>2</sup> e abriga também cursos de engenharias, com capacidade para 3000 alunos (BRASIL, 2014)(PORTAL BRASIL, 2017).

## **4.2. Análise das especificações de uma usina fotovoltaica e do projeto da UACSA**

O modelo de placa fotovoltaica escolhido foi o modelo Datasheet Módulo GCL-P6/72-330Wp., do fabricante GCL. Tal modelo possui eficiência na faixa de 16,7%, uma eficiência muito boa, e possui uma faixa de garantia produtiva de  $\pm 5$  W, o que garante uma taxa produtiva constante (Figura 2).

*Figura 2: Modelo de placa fotovoltaica aplicada na usina, do modelo GCL-P6/72 310-325 Watt do fabricante GCL. Fonte: Bringing Green Power to Life (2016).*



## **4.3. Descrever o fluxo de operação dos processos para usina fotovoltaica**

Para aplicação do mapeamento dos processos para a determinação do fluxograma de operação aplicadas para os critérios de sustentabilidade, foi realizada uma visita técnica na obra da UACSA para tal avaliação. A metodologia de fluxograma foi

baseada em Morant et al. (2017) que determinam que todas as etapas do fluxo elaborado refletem a situação real do processo.

Segundo Seleme e Stadler (2010), o fluxograma permite identificar os possíveis pontos nos quais podem ocorrer problemas. os fluxos definem um caminho do processo ou da atividade a ser percorrido.

#### **4.4. Análise da produção mensal e economia da usina**

Para gerar a produção mensal de ambos os arranjos utilizou-se como base a irradiação média mensal do município, em kWh/m<sup>2</sup>.dia, que foi obtido na base de dados Cresesb, multiplicou-se tal irradiação pela quantidade de dias do devido mês e a área de cada arranjo, em m<sup>2</sup>, e dividiu-se pela quantidade de horas que o sol permanece visível no mês, seguindo a seguinte fórmula:

$$Produção = (Irr.A.d)/H$$

Produção: produção mensal do arranjo, em kW

Irr: Irradiação média mensal (kWh/m<sup>2</sup>.dia)

A: Área do arranjo, em m<sup>2</sup>

D: Quantidade de dias no mês

H: Quantidade de horas ao qual o sol permanece visível no mês.

## 5. Resultados e Discussões

### 5.1. Justificativa para aplicação e benefícios

O crescente desenvolvimento da energia solar ao redor do mundo traz consigo diversos benefícios, como, principalmente, uma fonte alternativa para produção energética que seja renovável e suprir a demanda crescente por energia elétrica, mas possui como principais percalços o seu custo e sua baixa eficiência (INPE, 2017). Devido a estes empecilhos pesquisas científicas vem sendo desenvolvidas com mais afinco e verba para ultrapassar tais percalços (TEIXEIRA; CORIOLANO; ROCHA, 2016).

Pode ser verificado no gráfico 1, que as pesquisas voltadas têm um crescimento exponencial principalmente nos anos de 2016 e 2017.

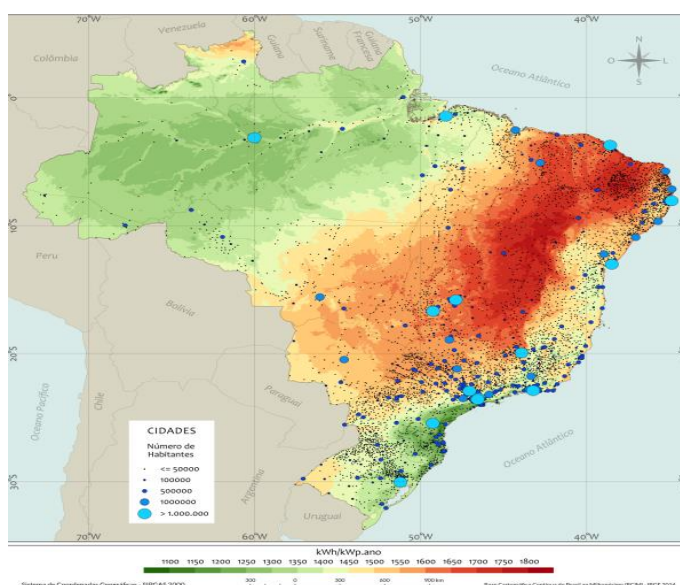
*Gráfico 1: Quantidade de artigos escritos sobre energia solar em 18 anos. Fonte: Web of Science.*



No cenário brasileiro, tal desenvolvimento é mais do que primordial pelo fato de o país ser um dos países com maior potencial de produção de energia fotovoltaica, superando países, como Alemanha, França e Espanha, que possuem uma produção maior, porém um potencial menor (ENERGIA, 2017).

A região nordeste é a região que possui maior potencial produtivo, dentro do território nacional, pelo fato de possuir menor variabilidade anual na irradiação solar e também por questões climatológicas e meteorológicas, que diminuem a taxa de perdas de eficiência (INPE, 2017). A região possui taxa de irradiação média na faixa de 206 W/m<sup>2</sup>, ou um total de irradiação média diária global horizontal na faixa de 5,49 kWh/m<sup>2</sup> (VICHI; MANSOR, 2014; INPE, 2017). Na figura 3 pode ser visto o cenário brasileiro de potencial de geração fotovoltaica.

*Figura 3: Mapa do Potencial de Geração Fotovoltaica no Brasil e a distribuição populacional. Fonte: (PEREIRA et al., 2017).*



Devido ao desenvolvimento crescente da tecnologia fotovoltaica, tipos de instalações foram desenvolvidos para suprir a diferentes tipos de demandas (STRANGUETO, 2016); atualmente existem 5 tipos de instalações, estes são: montado no solo (ground monted), no mar (offshore), em telhados (roof top), placas flutuantes (floating types) e no topo de canais (canal top)(SAHU; YADAV; SUDHAKAR, 2016) .

Alguns benefícios que tal instalação agrega (SAHU; YADAV; SUDHAKAR, 2016):

- Possui instalação mais barata e simples, comparada com outros tipos de instalação de placas solares;
- Facilidade em manusear e promover a manutenção das placas;
- Vários sistemas podem ser instalados em terra, ao invés de possuir um limite específico, como nos telhados;
- Possui mais segurança sobre a questão de descargas elétricas, por estar diretamente conectado ao chão.

Algumas desvantagens:

- Devido aos diferentes tipos de instalações montar sistemas solares em terra ocupa um espaço que poderia ser destinado a diversos outros fins como desenvolvimento de culturas agrícolas, desenvolvimento industrial, produção de combustíveis, entre outros (IFTIKHAR et al., 2017).
- Dependendo da localidade estruturas e fundações de concreto serão necessárias para suportar intempéries meteorológicas (SAHU; YADAV; SUDHAKAR, 2016).
- Em meios urbanos tal aplicação torna-se mais restrita pelo espaço mais limitado (SAHU; YADAV; SUDHAKAR, 2016).

## **5.2. Leis e normas**

A questão legislatória no Brasil quanto a microgeração ou minigeração de energia elétrica responde a algumas legislações específicas e teve grande desenvolvimento através dos anos, com o lançamento inclusive de políticas de incentivo. Abaixo um detalhamento das principais leis vigentes quanto a energia solar (ENERGIA, 2017):

Lei 10.848/04:

Tal lei, de um modo geral, estipula diretrizes e parâmetros para contratação e distribuição de energia elétrica, além de precificação dos processos de comércio da energia, tanto para a população quanto entre as concessionárias, permissionárias e as empresas autorizadas a fazer serviços de instalação de energia elétrica (BRASIL, 2004).

MME nº 538/15:

Criou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGd), que visa promover o desenvolvimento de energias renováveis, incentivar a implantação de geração distribuída em edifícios comerciais e públicos, além de estipular valor para o megawatt-hora (MWh) produzido através da energia solar, custando R\$ 454,00/MWh (BRASIL, 2015).

Resolução Normativa nº 482/12:

Estabelece os parâmetros para acesso a microgeração e minigeração dos sistemas de distribuição de energia elétrica, do sistema de compensação de energia elétrica, entre outras definições quanto o método de produção de energia. Segundo tal resolução o projeto encontra-se classificado como minigeração distribuída, por produzir energia numa faixa entre 75 kW e 5 MW. Esta resolução foi um grande passo para o desenvolvimento de energia solar no país, pelo fato de a mesma estipular parâmetros para que o indivíduo pudesse produzir sua própria energia, através de placas solares, fazendo com que a concessionária distribuidora de energia isentasse o mesmo de acordo com a energia produzida (ANEEL, 2012a).

### **5.3. Análise do Projeto da UACSA**

Através de visitas ao campo da UCSA realizadas de outubro/2017 a julho/2018, no total de cinco visitas, foi possível a obtenção de imagens do canteiro da obra onde a usina será implantada, atualmente a obra não teve início devido ao fato de uma empresa terceirizada estar responsável pelo projeto, e o mesmo ter sido finalizado no mês de dezembro do ano de 2017, a fase de instalação está programada para começar nos próximos meses (Figura 4).

*Figura 4: Canteiro de obra onde será instalada na usina fotovoltaica. Fonte: CITAR, 2017.*



O projeto responde as seguintes resoluções normativas: Resolução nº 414/10; resolução nº 482/12; resolução nº 517/12; resolução nº 687/15; tais resoluções são englobadas pela resolução nº 482/12, acima citada, que é a principal, as resoluções conseguintes apenas possuíram intuito de correção de algum parâmetro menor (ANEEL, 2010; 2012a; 2012b; 2015a)

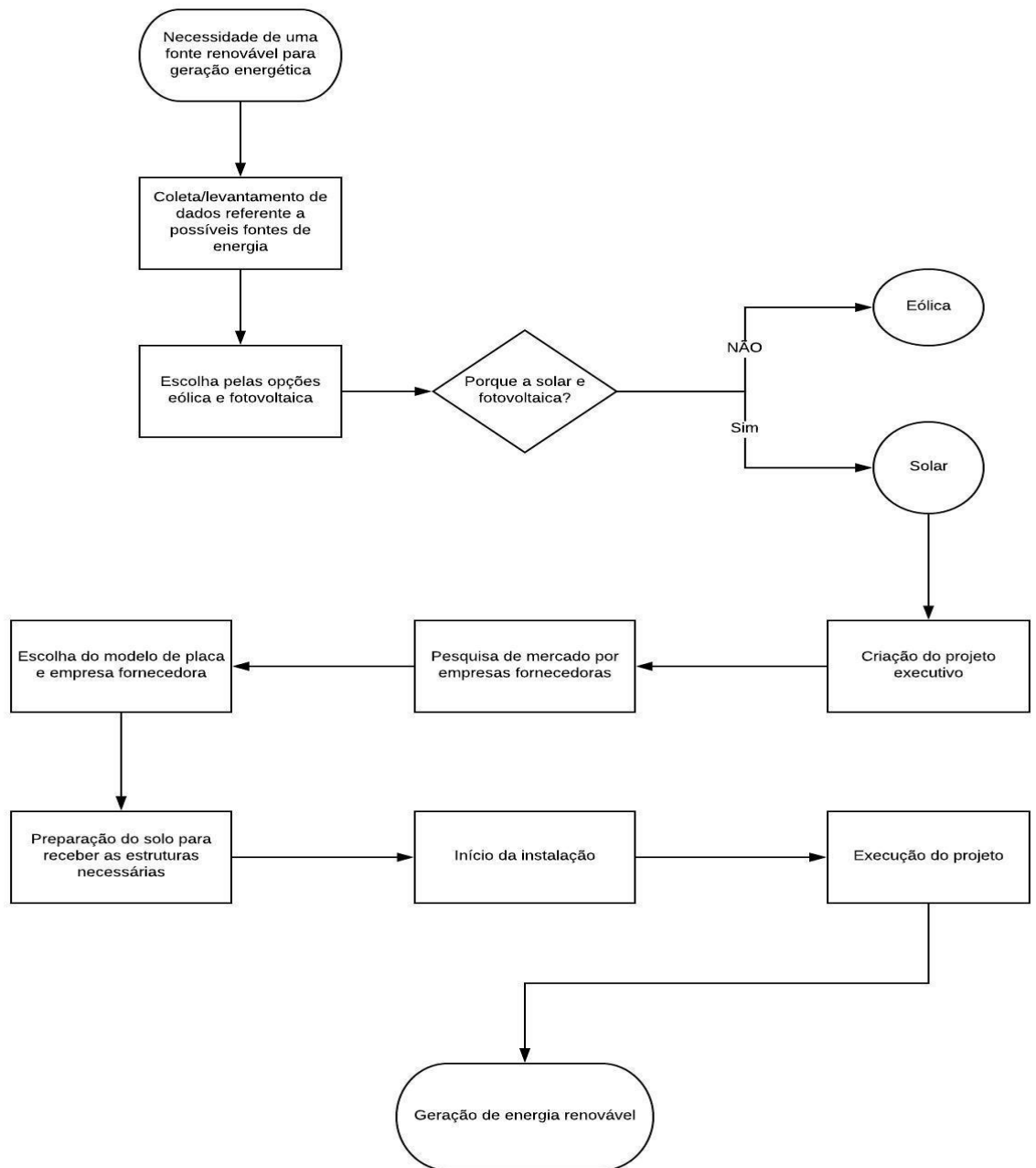
Responde a dois Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (Prodist) o 3 e o 8. O módulo 3 trata de critério técnicos, operacionais e estabelecer condições de acesso ao sistema de distribuição (ANEEL, 2017). Já o módulo 8 trata de procedimentos relativos a qualidade de energia elétrica, a qualidade do produto, dos serviços prestados e qualidade do tratamento e reclamações (ANEEL, 2015b).

Responde a norma técnica nº 0129/2012-SRD/ANEEL, que retifica a seção 3.7 do módulo 3 da Prodist (ANEEL, 2012c); responde também as normas da ABNT 5410/10 e 5419/15, tratam respectivamente de componentes elétricos e técnicas de segurança para instalações elétricas de baixa tensão, a segunda trata de proteções de estruturas contra descargas atmosféricas (ABNT, 2004).

## 5.4. Fluxograma dos processos

O fluxograma expõe o processo de tomada de decisões anterior a geração de energia fotovoltaica. O mesmo pode sofrer alterações até a finalização do projeto (Figura 5).

Figura 5: Fluxograma de processo em uma usina fotovoltaica. Fonte: CITAR, 2018.



## 5.5. Segurança e boas práticas

No manual de engenharia fotovoltaica, desenvolvido pela Cepel (2015), é descrito entre diversos aspectos sobre o histórico da energia fotovoltaica no Brasil, informações sobre o uso de tal tecnologia, especificações legais e regulatórias, como também um manual de segurança e boas práticas. Para criar o manual ideal de boas práticas e segurança de uma usina fotovoltaica é necessário dividi-lo através de etapas, estas seriam: a pré-instalação; instalação das estruturas de suporte; instalação das baterias; instalação dos condicionadores de potência; instalação dos componentes de proteção; aterramento; instalação dos componentes de supervisão e controle, e aquisição e armazenamento de dados; instalação de outros componentes, cabos e acessórios; comissionamento de sistemas fotovoltaicos. O manual foi baseado no manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos (CEPEL; CRESESB, 2015).

Etapa da pré-instalação:

- Estudo do local ideal para a instalação dos equipamentos, como o gerador e as baterias;
- Possuir um supervisor com experiência e ciente das técnicas básicas de segurança referente a instalação dos sistemas fotovoltaicos, pois a montagem de um sistema envolve diferentes tipos de profissionais que não necessariamente são experientes nessa área;
- Escolher o tipo de fundação ideal para instalação dos suportes;
- Dividir o processo em fases, para agilizar a instalação.
- 

Instalação:

- Seguir o código local de instalação elétrica, caso existam;
- Para os sistemas fotovoltaicos conectados a rede, seguir as normas de conexão á rede elétrica estipulados pela concessionária local;
- Restringir o acesso a área de trabalho, devido ao risco de choques elétricos, recomenda-se o uso de placas de advertência para o mesmo;
- Realizar o aterramento elétrico das instalações, dos equipamentos e das estruturas de suporte;

- Instalar dispositivos elétricos adequados para os equipamentos e para o ser humano;
- Retirar todos os objetos metálicos pessoais, antes de proceder com a instalação;
- Disponibilizar manuais básicos de segurança, operação e manutenção aos usuários do sistema;
- Durante a instalação das conexões elétricas deve-se cobrir os módulos com uma manta, para que o mesmo não receba irradiação;
- Sempre usar ferramentas adequadas, secas e com cabos isolados para montar o módulo;
- Utilizar equipamentos de teste e medição de grandezas elétricas, como um multímetro;
- Fazer as conexões elétricas respeitando sempre a polaridade e as indicações do fabricante;
- Instalar uma cerca ao redor dos módulos, para evitar acesso indesejado;

Etapa de instalação dos suportes para os módulos:

- Deve-se analisar a geometria a qual o suporte está posicionado, afim de que o módulo consiga captar o máximo de irradiação possível;
- O suporte deve estar eletricamente aterrado e deve ser constituído por materiais com resistência a corrosão;

Etapa de instalação das baterias:

- Muitos dos termos de segurança dessa etapa se assemelham com a etapa de instalação;
- Manter os terminais das baterias cobertos por revestimentos ou capas isolantes resistentes;
- Projetar o setor das baterias com ventilação suficiente e livre de intempéries;
- Manter faíscas e chamas descobertas longe da área das baterias;
- Evitar arrastar a bateria no chão, e para isso estar disponível um equipamentos para o içamento da mesma;
- Possuir bicarbonato de sódio sempre disponível, para o caso de vazamento de ácido;

- Verificar se as baterias estão totalmente carregadas e se o nível de ácido corresponde ao especificado pelo fabricante;
- Posicionar as baterias o mais próximo possível dos módulos, afim de evitar perdas;

Etapa de instalação dos condicionadores de potências (controladores de carga, inversores e conversores):

- Devem ser instalados em locais secos, ventilados e sombreados, para evitar perdas por altas temperaturas e umidade;
- Deve ser instalado próximo dos módulos, afim de evitar perdas;
- Deve-se usar telas nos locais de instalação para evitar a entrada de insetos e poeira;
- Em caso de locais com altas temperaturas e altas umidades de maneira natural é necessário o uso de condicionadores com componentes resistentes as altas temperaturas e com baixa dissipação de calor;
- Não podem ser instalados no mesmo ambiente que as baterias, pois o mesmo pode gerar um ambiente corrosivo, pela presença de ácidos e gases;

Etapa de instalação de componentes de proteção:

- Basicamente composto por: disjuntores, chaves, DPS, NH, faca, cartucho e fusíveis;
- As chaves disjuntores e DPS são instalados em uma caixa, ou armário, com fixação por parafusos, a conexão desses componentes com os cabos deve ser feita de maneira segura, afim de evitar curtos circuitos, mau contato e choques elétricos;
- Os outros componentes devem ser instalados em uma porta de fusíveis adequada, a mesma deve ser instalada dentro de uma caixa ou armário;

Etapa de instalação do aterramento:

- Estudo do solo ao qual o mesmo será instalado, pois dependendo do teor de umidade que o mesmo possa atingir, as superfícies metálicas precisarão de algum tipo de isolante;
- A maioria das superfícies metálicas deve estar aterrada, e os funcionários devem ser avisados de não toca-las;

Etapa de instalação de outros componentes, cabos, acessórios e conexões:

- No que se refere aos medidores de energia os mesmos devem ser instalados em caixas apropriadas para tal fim, conforme recomendado pelas concessionárias;
- Os cabos devem estar devidamente dimensionados, o tipo de cabo depende da instalação e das condições do ambiente;
- Os condutores devem ser fabricados seguindo as normas nacionais;
- Para conexão do módulo com o controlador de carga deve-se usar condutores com capacidade de suportar 125% da corrente-nominal de circuito do módulo;
- Em toda instalação, os condutores devem ter suas polaridades bem identificadas, assim como o cabo de aterramento de fase e neutro;
- Os cabos que são sujeitos a intempéries e radiação solar devem possuir proteção plástica contra raios ultravioleta, para evitar que o mesmo necessite ser trocado com frequência;
- Devem-se utilizar sempre conectores e terminais apropriados para ligar os condutores aos equipamentos e dispositivos elétricos.

## **5.6. Estimativas de viabilidade da obra**

Para estimar a viabilidade de uma usina fotovoltaica são analisados diversos fatores e este estudo focará na produtividade da mesma. A irradiação solar é alta na região nordeste, o município do Cabo de Santo Agostinho beneficia-se de tal característica (INPE,2017), o que configura um ponto positivo para a implantação da usina (Tabela 1)(Tabela 2).

Tabela 1. Taxa de irradiação média mensal no município do Cabo de Santo Agostinho. Fonte: Cresesb, 2018.

Mês	Irradiação média (kWh/m <sup>2</sup> .dia)
Janeiro	5,69
Fevereiro	5,81
Março	5,81
Abril	5,1
Mai	4,38
Junho	4,09
Julho	4,17
Agosto	4,85
Setembro	5,42
Outubro	5,73
Novembro	5,97
Dezembro	6,02
Média	5,25

Tabela 2. Taxa de irradiação média mensal em algumas capitais brasileiras. Fonte: Cresesb, 2018.

Irradiação em diversas capitais brasileiras (kWh/m <sup>2</sup> .dia)			
Meses	Porto Alegre	São Paulo	Rio de Janeiro
Jan	6,45	5,22	6,04
Fev	5,86	5,48	6,22
Mar	4,85	4,7	5,06
Abr	3,82	4,14	4,36
Mai	2,78	3,42	3,59
Jun	2,31	3,17	3,35
Jul	2,52	3,24	3,34
Agt	3,19	4,2	4,2
Set	3,6	4,24	4,43
Out	4,82	4,76	5,11
Nov	6,25	5,14	5,14
Dez	6,72	5,69	5,93
Média	4,43	4,45	4,73

A usina possuirá uma área ocupada por placas correspondente a 5883,15 m<sup>2</sup> dividida em duas configurações de arranjos, um composto por 136 arranjos fotovoltaicos formados por 21 módulos e a outro composto por 8 arranjos compostos por 22 módulos em série, suas áreas são: 5541,65 m<sup>2</sup> e 341,5 m<sup>2</sup>, respectivamente, possui uma média produtiva na faixa de 2627,02 kW, frisando que o mesmo valor desconsidera toda uma gama de perdas a qual a placa é suscetível, apenas considerando a eficiência a perda de eficiência da mesma.. A usina possui o intuito de suprir parte da demanda energética da universidade, a universidade possui uma oferta máxima na faixa de 6 MW, ou seja, a produção da usina corresponderia a 16% do consumo máximo da universidade, pelo fato de ter 1 MW de potência instalada.

Segundo a resolução normativa nº 482 (ANEEL, 2012) o cliente é compensado em sua fatura, pela concessionária fornecedora local, no caso a CELPE, de acordo com a potência que o mesmo produz mensalmente, isso garante um mínimo de economia na fatura de energia da universidade de 16% de desconto todo mês; a mesma resolução especifica parâmetros para o caso de a usina produzir um excedente ao qual ela consome, neste caso o excedente funciona como um crédito que pode ser abatido da conta do mês seguinte, mas caso a produção seja maior do que o consumo por diversos meses tal crédito permanece acumulado por até 60 meses.

Em meses de férias o consumo da universidade decresce consideravelmente o que gera uma oportunidade de acúmulos de créditos para compensação de energia, o mesmo pode tanto ser utilizado para a própria sede detentora da usina quanto para o abatimento da conta de energia de outras sedes da UFRPE.

Abaixo estão especificadas produções mensais de cada arranjo, vale ressaltar que tais valores não compreendem o universo de perdas produtivas a qual placas solares são suscetíveis, apenas retirando a sua perda de eficiência. Respectivamente estão os gráficos do primeiro arranjo (Gráfico 2) e o segundo arranjo (Gráfico 3).

Gráfico 2: Produção mensal do primeiro arranjo fotovoltaico. Fonte: CITAR, 2018.

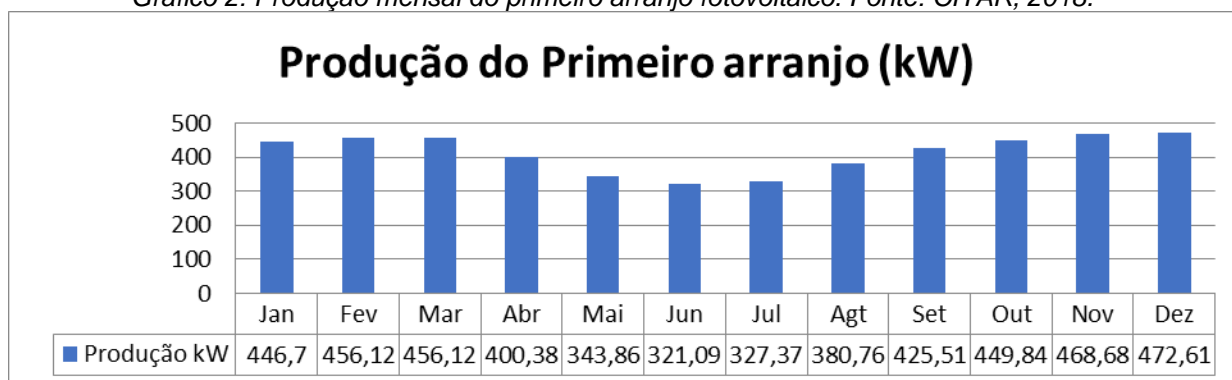
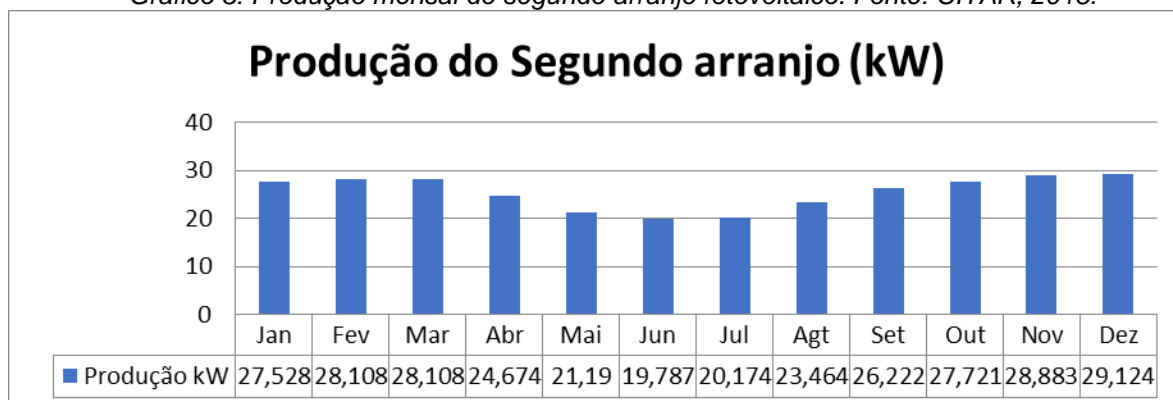


Gráfico 3: Produção mensal do segundo arranjo fotovoltaico. Fonte: CITAR, 2018.



A universidade é caracterizada no grupo tarifário do Procel como Subgrupo A4, que é caracterizado por uma demanda energética superior a 300 kW (Procel, 2011), em certos casos específicos há uma contratação relativa ao valor do kWh que será cobrado ao estabelecimento, o qual a UACSA está inserida.

#### 4. CONCLUSÕES / CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho possui uma grande importância por demonstrar os benefícios da usina fotovoltaica a universidade, a população e o meio ambiente. Sendo um projeto pioneiro para o estado de Pernambuco e principalmente para o município do Cabo de Santo Agostinho.

Contudo, foi possível verificar o atendimento aos padrões das legislações vigentes e aos critérios de sustentabilidade, o que em um meio universitário é muito bem visto e aceito.

O cálculo de aspectos produtivos da usina reforça sua instalação na universidade, mesmo outras regiões possuindo um potencial instalado maior e uma produtividade menor. Visto que a própria não teve início, alguns dos aspectos anteriormente citados podem sofrer modificações no decorrer do processo. Devido ao fato de não ter-se iniciado a instalação este trabalho pode ser utilizado como base para projetos futuros de gestão da usina.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Nbr 5419. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.** Rio de Janeiro, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA No 414, de 9 de Setembro de 2010. **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de set de 2010. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 1 de mar 2018.

\_\_\_\_\_. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012a. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 de abr de 2012. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 1 de mar de 2018.

\_\_\_\_\_. Resolução Normativa No 517, de 11 de Dezembro de 2012b. **Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 dez 2012. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 1 de mar 2018.

\_\_\_\_\_. Nota Técnica no 0129 de agosto de 2012c. **Retificação da Seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Nota\\_Tecnica\\_0129\\_SRD.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Nota_Tecnica_0129_SRD.pdf)>. Acesso em: 1 de mar de 2018.

\_\_\_\_\_. Resolução Normativa no 687 de 2015a da ANEEL. **Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de nov de 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 1 de mar de 2018.

\_\_\_\_\_. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST. Módulo 8 - Qualidade de Energia Elétrica.** p. 88, 2015b. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo\\_8-Revis%C3%A3o\\_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo_8-Revis%C3%A3o_10/2f7cb862-e9d7-3295-729a-b619ac6baab9)>. Acesso em: 4 de mar de 2018.

\_\_\_\_\_. ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 3** – Acesso ao Sistema de Distribuição. p. 74, 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>. Acesso em: 4 de mar de 2018.

BASTOS, L. W. **Análise De Custos Dos Desperdícios Na Construção.** Monografia (Graduação). Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. p. 1–14, 2016. VISA

BRASIL. Lei No 10.848, de 15 de março de 2004. **Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 mar 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm)>. Acesso em: 1 de mar 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Resolução no 216, de 3 de out de 2013. **Aprova criação da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) Campus Abolicionista Joaquim Nabuco desta Universidade e dá outras providências.** Disponível em: <<http://uacsa.ufrpe.br/sites/uacsa.ufrpe.br/files/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20216.2013%20%20CRIAC%C3%87%C3%83O%20DA%20UNID.%20ACAD.%20DO%20CABO%20E%20CURSOS%20OFERECIDOS%20%20UACSA.pdf>>. Acesso em: 28 de fev de 2018.

\_\_\_\_\_. Conselho Superior da Justiça do Trabalho. **Guia de Contratações Sustentáveis da Justiça do Trabalho/Brasil.** Conselho Superior da Justiça do Trabalho. 2. ed., revisada, atualizada e ampliada – Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Portaria no 538, de 15 de Dezembro de 2015,** 2015. Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1942329/Portaria\\_n\\_538-2015/49ab0708-5850-404c-a924-2760bbd22bbc;](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1942329/Portaria_n_538-2015/49ab0708-5850-404c-a924-2760bbd22bbc;)>

BEIGELMAN, B. B. **A Energia Solar Fotovoltaica e a Aplicação na Usina Solar de Tauá– Rio de Janeiro**. 2013. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Projeto de graduação) – Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Bringing Green Power to Life; **Datasheet Módulo GCL-P6/72-330Wp**. Manual Técnico, 2016. Disponível em: <<http://www.suntreesolar.com.au/wp-content/uploads/2016/11/GCL-P6-72-290.pdf>>. Acesso em: 20 de fev 2018.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA-CEPEL, CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA-CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas Fotovoltaicos**. Brasil. p, 530, 2015.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS-CBCS, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE-PNUMA. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. p, 133, 2014.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO-CRESESB, **Taxa de irradiação mensal no município do Cabo de Santo Agostinho, 2018**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 30 de maio 2018.

FISAC, M.; VILLASEVIL, F. X.; LÓPEZ, A. M. **High-efficiency photovoltaic technology including thermoelectric generation**. Journal of Power Sources, v. 252, p. 264–269, 2014.

HOLANDA, R. M.; BEZERRA, A. P. X. G.; LORENAS, E. M. G.; SANTOS, I. G. S. **Ferramentas da qualidade aplicadas a gestão ambiental**. Editora Universitária da UFRPE. 1ª. Edição, 2017.

HUSSY, C. et al. **International Comparison of Fossil Power Efficiency and CO2 Intensity**. Ecofys, p. 1–84, 2014.

IFTIKHAR, H. et al. **Utilizing built infrastructure and otherwise non-utilizable space for solar PV power projects—A case study for an educational institution**. Journal of Renewable and Sustainable Energy, v. 9, n. 1, p. 13505, 2017.

KIST, T. **Direito Urbanístico E Políticas Públicas: Estimulos Legais E Fiscais Para A Adoção De Técnicas Sustentáveis Na Construção Civil, Quanto A Implantação De Telhados Verdes**. Monografia (Graduação), Universidade de Santa Cruz do Sul, UNISC. p, 78, 2015.

LIAO, T.; LIN, B.; YANG, Z. **Performance characteristics of a low concentrated photovoltaic- thermoelectric hybrid power generation device**. International Journal of Thermal Sciences, v. 77, p. 158–164, 2014.

MELO, E. G. DE. **Geração Solar Fotovoltaica: estimativa do fator de sombreamento e irradiação em modelos tridimensionais de edificações**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica. p. 130, 2012.

NASCIMENTO, R. L; **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Estudo Técnico, Consultoria Legislativa. p. 46, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2.ed. São José dos Campos, SP. 88p, 2017.

POLMAN, A. et al. **Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges**. Science, v. 352, n. 6283, 2016.

PORTAL BRASIL. **Obra em novo campus da Federal Rural de Pernambuco será entregue em 2018**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/esporte/2017/08/brasil-termina-a-universiade-de-taipei-em-28-lugar>>. Acesso em: 5 de marc de 2018.

PROCEL - Progrma nacional de conservação de energia elétrica. **Manual de tarifação de energia elétrica**. 2011, 56 p.

SAHU, A.; YADAV, N.; SUDHAKAR, K. **Floating photovoltaic power plant: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 66, p. 815–824, 2016.

STRANGUETO, K. M. **Estimativa do Potencial Brasileiro de Produção de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Hidroelétricas**. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas, SP. p. 107, 2016.

TEIXEIRA, A. C.; CORIOLANO, A. C. F.; ROCHA, A. V. DA. **Viability Analysis of a Grid-Connected Photovoltaic System in Ifrn, Campus João Câmara**. Holos, v. 1, p. 285, 2016.

TRINDADE, M. M. S. G. **Dimensionamento e Análise de Viabilidade Econômica de Usina Fotovoltaica em Nova Iguaçu – RJ**. 2015. 148 f. Projeto de conclusão de curso (Monografia) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. **ENERGIA, MEIO AMBIENTE E ECONOMIA: O BRASIL NO CONTEXTO MUNDIAL** Flavio. Quim. Nova, v. 37, n. 7, p. 1158–1164, 2014.

VISA, I. et al. **Comparative analysis of the infield response of five types of photovoltaic modules**. Renewable Energy, v. 95, p. 178–190, 2016.