



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**RAFAEL DIMON ANTONIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE CONTAINER ESCRITÓRIO AUTOSSUSTENTÁVEL**  
**PARA EXECUÇÃO DE OBRAS EM LOCAIS ISOLADOS**

Florianópolis, Santa Catarina

2017

**RAFAEL DIMON ANTONIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE CONTAINER ESCRITÓRIO AUTOSSUSTENTÁVEL  
PARA EXECUÇÃO DE OBRAS EM LOCAIS ISOLADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação "lato sensu" em Energias Renováveis com Ênfase em Sustentabilidade da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Luiz Felipe, Especialista em Engenharia.

Florianópolis, Santa Catarina

2017

**RAFAEL DIMON ANTONIASSI**

**DESENVOLVIMENTO DE CONTAINER ESCRITÓRIO AUTOSSUSTENTÁVEL  
PARA EXECUÇÃO DE OBRAS EM LOCAIS ISOLADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação "lato sensu" em Energias Renováveis com Ênfase em Sustentabilidade da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Florianópolis, 26 de agosto de 2017

---

Professor e orientador Luiz Felipe, Esp. em Engenharia.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Coordenador Prof. João Luiz Alkaim, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Eng. Fábio Mendes, Esp. em Engenharia.  
ENGIE Brasil

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais que sempre me apoiaram em minhas decisões e me orientaram para que eu escolhesse sempre o caminho correto.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me permitido iniciar e concluir o curso com êxito, mesmo não tendo participado dos encontros das primeiras disciplinas. Agradeço a todos os familiares, amigos, colegas, professores e demais colaboradores da instituição Unisul, que me acolheram durante a realização do curso. De forma especial, agradeço ao meu orientador, prof. Eng. Luiz Felipe, que mesmo partilhando de uma rotina de trabalho dura, sempre se mostrou disponível, pronto a dar orientações e sugestões na elaboração do trabalho de conclusão de curso.

“Lembre-se, se fosse fácil, qualquer um faria!” (Antoniassi, 2012).

## RESUMO

A acelerada expansão na construção de empreendimentos de grande porte tem desafiado as empresas do segmento a reduzirem prazos, otimizar recursos e, conseqüentemente, apresentar orçamentos cada vez mais baixos. Com relação à redução do prazo de início das obras, algumas técnicas vêm sendo adotadas por determinadas empresas, como, por exemplo, a instalação de containers, para garantir a infraestrutura básica em certos canteiros de obras. Estes containers são alimentados por redes de energia monofásica ou trifásica e dependem de alimentação de redes de energia próximas. Além disso, a maioria não dispõe de recursos para manter as condições básicas necessárias de higiene. A fim de aplicar os conteúdos ministrados nas diversas disciplinas do curso, a proposta desta monografia é desenvolver um container sustentável, cujo funcionamento seja totalmente independente, ou seja, uma vez instalado em regiões de difícil acesso, o mesmo ofereça as condições mínimas necessárias para o início dos trabalhos, dispondo de acomodação, iluminação, conforto térmico, entretenimento e comunicação, entre outros. De forma sustentável, o container previsto conta com geração de energia solar fotovoltaica, armazenamento de energia em baterias, geração de energia solar térmica, captação da água da chuva, tratamento de esgoto, entre outras soluções que o tornam um projeto ambientalmente correto. Os resultados indicam que o projeto será uma excelente solução para agilizar o início de obras em locais de difícil acesso, uma vez que oferece as condições básicas necessárias, sem auxílio de redes externas, e pode ser utilizado durante toda a obra, sem gerar custos adicionais para o manter em funcionamento. Outra excelente característica é a facilidade de transporte do container, uma vez que a maioria dos caminhões e navios são preparados para a logística destes ativos.

Palavras-chave: Container, Autossustentável, Geração de Energia, Independente.

## ABSTRACT

The accelerated expansion in the construction of large enterprises has challenged the companies of the segment to reduce deadlines, to optimize resources and, consequently, to present budgets lower and lower. With regard to the reduction of the start-up period, certain companies, such as the installation of containers, to guarantee the basic infrastructure in certain construction sites, have adopted some techniques. These containers are powered by single-phase or three-phase power networks and rely on power from nearby power grids. In addition, most do not have the resources to maintain basic hygienic conditions. In order to apply the content taught in the various subjects of the course, the proposal of this monograph is to develop a sustainable container, whose operation is totally independent, that is, once installed in regions of difficult access, it offers the minimum necessary conditions for the Beginning of work, providing accommodation, lighting, thermal comfort, entertainment and communication, among others. In a sustainable way, the expected container counts on photovoltaic solar energy generation, storage of energy in batteries, generation of solar thermal energy, capture of rainwater, treatment of sewage, among other solutions that make it an environmentally correct project. The results indicate that the project will be an excellent solution to expedite the start of works in difficult to reach places, since it offers the necessary basic conditions, without the aid of external networks, and can be used throughout the construction without generating additional costs To keep it running. Another excellent feature is the ease of transport of the container, since most of the trucks and ships are prepared for the logistics of these assets.

Keywords: Container, Self-sustaining, Power Generation, Independent.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Casa Portátil .....	14
Figura 2 - Perspectiva em 3D do Container Desenvolvido .....	16
Figura 3 - Esquema de Funcionamento Energia Solar Fotovoltaica .....	20
Figura 4 - Características Solares das Cidade de Porto Alegre/RS e Fortaleza/CE.....	27
Figura 5 - Destinação de Energia Renováveis no Brasil .....	30
Figura 6 - Coletor Solar Plano .....	32
Figura 7 - Tubo Vidro de Coletor a Vácuo .....	32
Figura 8 - Coletores Solares de Tubo a Vácuo .....	33
Figura 9 - Tubo a Vácuo de Alta Pressão.....	34
Figura 10 - Reservatório ou Boiler de Sistema Aquecedor de Agua.....	35
Figura 11 - Sistema “Fist Flush” .....	39
Figura 12 - Cisterna para Captação de Agua da Chuva .....	39
Figura 13 - Projeto de "Fossa Verde" .....	40
Figura 14 - Miniestação de Tratamento de Agua .....	42
Figura 15 - Utilização de Energia no Brasil.....	43
Figura 16 - Tipos de Céu.....	44
Figura 17 - Tipos de Iluminação Zenital .....	45
Figura 18 - Carta Bioclimatica Adotada no Brasil .....	47
Figura 19 - Zona de Conforto Adotada no Brasil.....	47
Figura 20 - Perspectiva Isométrica dos Painéis Instalados no Container.....	56
Figura 21 - Baterias de Chumbo Convencionais.....	57
Figura 22 - Características Técnicas Aquecedor Maxsun .....	58
Figura 23 - Média de Chuva Mensal em Florianópolis/SC.....	61
Figura 24 - Exemplo de Instalação de Mini ETE.....	62
Figura 25 - Perspectiva 3D com Corte.....	64
Figura 26 - Vista Frontal.....	64
Figura 27 - Vista Lateral Esquerda .....	65
Figura 28 - Perspectiva em 3D .....	65
Figura 29 - Vista Superior com Corte .....	66
Figura 30 - Vista Superior .....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-- Relação de Consumo em Watts.....	25
Tabela 2-Radiação e Inclinação do Painel Solar por Região.....	26
Tabela 3 - Comparativo entre Aquecedor a Vácuo e Placa Plana.....	35
Tabela 4 - Consumos de Água Padrão NBR 15569.....	36
Tabela 5 - Consumo de Água Quente Padrão NBR 15569 .....	36
Tabela 6 - Características do Isolamento Térmico.....	46
Tabela 7 - Tabela de Valores Absortividade e Emissividade.....	48
Tabela 8 - Tabela de Valores de Condutividade Térmica .....	49
Tabela 9 - Relação de Consumo no Container em Watts .....	54
Tabela 10 - Área de Insolação e Coleta Necessária por Cidades .....	55
Tabela 11 - Consumo de Água Quente por Dia no Container em Litros.....	57
Tabela 12 - Dados para Cálculo do Isolamento Térmico do Container .....	59
Tabela 13 - Características EPS.....	60
Tabela 14 - Demonstrativo de Investimento para Projeto Piloto Container Sustentável.....	63

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO	15
1.4	JUSTIFICATIVAS	15
1.5	METODOLOGIA DO TRABALHO	16
1.6	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
2.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	18
<b>2.1.1</b>	<b>Princípio de Funcionamento Energia Solar Fotovoltaica</b>	<b>19</b>
2.1.1.1	Instalações Isoladas de geração de energia fotovoltaica	21
2.1.1.1.1	<i>Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino</i>	22
2.1.1.1.2	<i>Painel solar fotovoltaico de silício policristalino</i>	22
2.1.1.1.3	<i>Painéis solares de filme fino</i>	23
2.1.1.1.4	<i>Painel solar de silício amorfo (<math>\alpha</math>-Si)</i>	24
2.1.1.1.5	<i>Painel solar de telureto de cádmio (CdTe)</i>	24
2.1.1.1.6	<i>Painéis solares de seleneto de cobre, índio e gálio (cis / cigs)</i>	25
<b>2.1.2</b>	<b>Dimensionamento da Geração de Energia Solar Fotovoltaica</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Armazenamento da Energia em Baterias</b>	<b>28</b>
2.1.3.1	Tipos de Baterias de Acumuladores	28
2.1.3.1.1	<i>Baterias de Chumbo Ácido (Pb-Ácido)</i>	29
2.1.3.1.2	<i>Baterias de Níquel - Cádmio (NiCd)</i>	29
2.2	ENERGIA TÉRMICA SOLAR	30
<b>2.2.1</b>	<b>Tipos de Aquecedores Térmicos Solares</b>	<b>31</b>
2.2.1.1	Aquecedores de Tubo a Vácuo	32
2.2.1.1.1	<i>Aquecedor de Baixa Pressão</i>	33
2.2.1.1.2	<i>Aquecedor de Alta Pressão</i>	34
<b>2.2.2</b>	<b>Armazenamento da Energia Térmica</b>	<b>35</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Dimensionamento do Aquecedor Solar</b>	<b>36</b>
2.3	CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA	37
2.4	TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO SUSTENTÁVEL	40
2.5	APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL	43
<b>2.5.1</b>	<b>Determinantes Para Aproveitamento de Iluminação Natural</b>	<b>44</b>
2.6	ISOLAMENTO TÉRMICO DO CONTAINER	46
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>50</b>
3.1	TIPO DE PESQUISA APLICADA NO TRABALHO	51
3.2	ETAPAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	52
<b>3.2.1</b>	<b>Coleta de Informações das Necessidades em Campo</b>	<b>52</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Estudo de Bibliografias Referentes às Necessidades Observadas;</b>	<b>52</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Estudo da Viabilidade de Implantação dos Itens Necessários ao Funcionamento do Container Proposto</b>	<b>53</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Aplicação das Teorias e Cálculos de Dimensionamento</b>	<b>53</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Estudo de Espaço Físico e Desenvolvimento de Protótipo em Software 3D</b>	<b>53</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Análise Crítica dos Resultados Obtidos</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>54</b>
4.1	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	54

<b>4.1.1 Dimensionamento das Baterias .....</b>	<b>56</b>
4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA SOLAR .....	57
4.3 DIMENSIONAMENTO DO ISOLAMENTO TÉRMICO DO CONTAINER.....	59
4.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUA DA CHUVA.....	61
4.5 SISTEMA DE TRATAMENTO DE AGUA E ESGOTO.....	62
4.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO; .....	63
4.7 PROJETO ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO .....	64
<b>5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução constante nos métodos de construção e implantação de empreendimentos e grandes obras em superfícies terrestres, permite hoje em dia o início rápido de grandes construções em determinados locais, geralmente já habitados. Porém, em locais de difícil acesso, como áreas desertas, topos de montanhas, florestas fechadas e áreas isoladas, o início das obras se torna mais lento, devido à falta de infraestrutura básica para condição inicial dos trabalhos. Nestes casos, são necessários investimentos iniciais, em captação e distribuição de energia elétrica, construção de acessos, habitações e implantação de condições sanitárias e ambientais.

Segundo pesquisa cerca de 5% do valor total investido na maioria dos empreendimentos em áreas isoladas são gastos antes mesmo das etapas de terraplanagem, comumente as primeiras a iniciarem em construções deste padrão.

Haja vista que vários métodos de geração e armazenamento de energia e sustentabilidade ambiental estão sendo aprimorados nos últimos anos, algumas empresas tendem a utilizar esses métodos para cumprir leis e agilizar as condições de trabalho e início de suas obras. Um exemplo de exigências governamentais prestes a serem instaladas no Brasil consta na revista Brasil Energia:

A câmara municipal de São Francisco na Califórnia (EUA), determinou que devem ser instalados painéis solares para aquecimento de água ou geração de energia em todos os novos edifícios. A nova lei substitui à medida que exigia uma área de 15% do telhado de prédios de pequeno a médio porte para a instalação desse equipamento. As autoridades locais esperam que o custo da energia elétrica caia e que a cidade consiga, até 2020, atender a toda demanda dos habitantes apenas com energia renovável. No Brasil, o Departamento Nacional de Aquecimento Solar (Dasol) da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) defende que “essa novidade deve influenciar outras grandes cidades do mundo e se tornar tendência” (Brasil Energia, 2016, p 08).

Alguns exemplos destas aplicações são a utilização de containers adaptados ao uso do dia a dia, contendo móveis, banheiros, mesas e até escritórios completos que se moldam à estrutura cúbica do mesmo.

Conforme exposto na revista Brasil Energia (Março 2016, p. 07), está cada vez mais comum o desenvolvimento de estruturas independentes e sustentáveis para atendimento às necessidades em campo. Neste caso, na Eslovênia, foi desenvolvida uma casa portátil. Conforme a notícia, a empresa de arquitetura Nice Architects, desenvolveu

um modelo 100% sustentável, abastecido com energia solar e eólica. As células solares podem produzir 600W e a casa conta com sistema de armazenamento de energia, que permite carregamento de veículos elétricos.

Figura 1- Casa Portátil



Fonte: Nice Architects, 2017

## 1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Geralmente os containers instalados em canteiros de obras utilizam energia 220V ou 380V, monofásica ou trifásica, para alimentar seus sistemas de iluminação, tomadas, refrigeração e aquecimento, entre outras. Apesar de anteciparem as condições habitáveis em locais isolados, os mesmos dependem de rede de distribuição elétrica próxima para alimentação dos itens necessários aos usuários.

Os sistemas de esgoto geralmente preparados para estes canteiros de obra são do tipo “fossa - sumidouro”, já extintos das grandes obras devido a contaminação do solo e mau cheiro nas proximidades. Segundo biólogos, este tipo de tratamento de esgoto não oferece as mínimas condições humanas e ambientais para os padrões atuais exigidos pelos órgãos responsáveis.

Outra grande dificuldade é disponibilizar água potável para lavatórios, chuveiros e preparação de alimentos nestes locais. Geralmente, a água para estas necessidades é disponibilizada em contentores de 20 a 50 litros, repostos diariamente ou extraídas de poços artesianos em regiões de planícies e níveis mais baixos, onde é possível mineração natural. As habitações construídas nestes tipos de

empreendimentos, também necessitam de grandes áreas devastadas, sistemas de descargas pluviais aprimoradas que, indiretamente, afetam o meio ambiente e os seres vivos ao seu redor.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta monografia é desenvolver um container autossustentável que possibilite o início imediato de algumas atividades em campo, sem que seja necessária conexão às redes de energia, tratamento de esgoto ou qualquer infraestrutura de terceiros.

## 1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

A proposta é desenvolver um container escritório utilizando os métodos de geração, aproveitamento e armazenamento de energia conhecidos e estudados durante as disciplinas do curso de Pós-Graduação em Energias Renováveis.

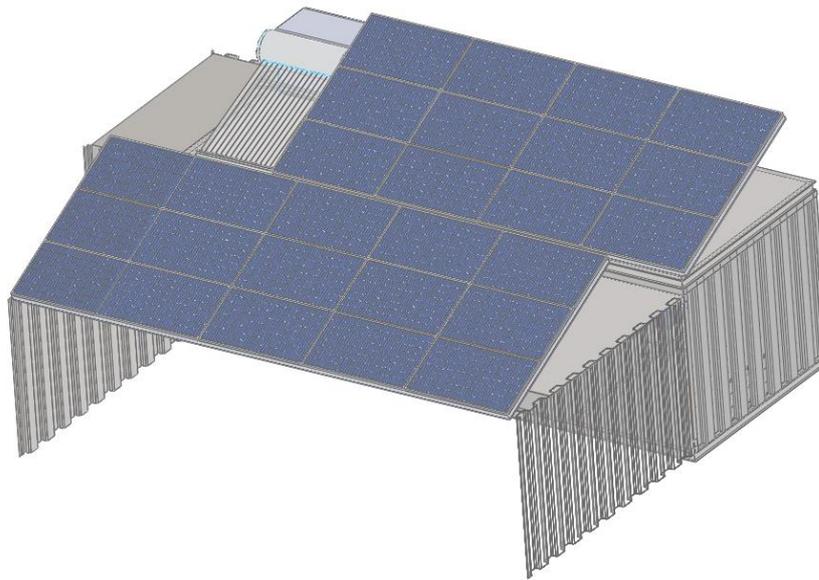
## 1.4 JUSTIFICATIVAS

Vários requisitos básicos estarão prontamente disponíveis após o desenvolvimento do container sustentável, tais como habitação, instalações sanitárias, climatização, iluminação, entretenimento, comunicação externa, carregamento de aparelhos de topografia, notebooks, eletrônicos em geral, entre outros. Todas estas comodidades estão previstas a entrar em funcionamento sem que seja necessária a

conexão a redes de distribuição de energia elétrica. Além da agilidade no início das obras e independência de terceiros, a instalação deste container no campo se mantém rentável e sustentável durante toda a obra, uma vez que não gera custos ou taxas de consumo durante sua utilização.

O container pode ser instalado em regiões habitadas ou não, haja vista não oferecer nenhum risco ambiental considerável ou geração de resíduos indesejáveis.

Figura 2 - Perspectiva em 3D do Container Desenvolvido



Fonte: Arquivo Pessoal 2017.

## 1.5 METOLOGIA DO TRABALHO

O presente trabalho foi executado a partir de uma pesquisa explicativa com abordagem quantitativa, de modo a utilizar as tecnologias já existentes discutidas em sala de aula apropriadas em um novo produto com benefícios sociais relevantes.

## 1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho tem o intuito de apresentar as possibilidades de adaptação das tecnologias de geração e armazenamento de energias renováveis no container escritório. O mesmo se limita a comprovação técnica de viabilidade da implantação das tecnologias, porém não trata o investimento ou retorno financeiro que o produto pode gerar após sua conclusão e funcionamento.

As considerações feitas neste trabalho estão abrangendo apenas as características climáticas dos estados brasileiros, sendo que para qualquer país exterior, as condições podem não ser favoráveis ao funcionamento completo do container.

As considerações feitas para os cálculos permitem condições básicas de conforto, porém dependendo das condições climáticas da região, o container pode perder algumas funções durante determinado período por depender exclusivamente de energia proveniente do Sol.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos capítulos seguintes, apresentaremos os conceitos das soluções utilizadas no desenvolvimento do container escritório autossustentável. Os conceitos foram estudados em sala de aula e aprofundados neste trabalho de acordo com as necessidades de utilização.

### 2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Os sistemas de micro geração solar, já consolidados como forma eficiente de geração própria, ganham, aos poucos, mais aprimoramentos em suas regulações e formas de financiamento, o que vem trazendo maior espaço para a tecnologia nas edificações pelo Brasil. Indicados para qualquer tipo de consumidor, os micro geradores geram benefícios que vão além da redução de gastos na conta. Participar de todo o processo de instalação do sistema e começar a gerar energia de maneira mais autônoma contribuem para maior conscientização no consumo e eficiência nos planejamentos energéticos da unidade.

De acordo com o estudo realizado pela consultoria Clean Energy Latin América (CELA), contratado pelo Sebrae, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), com o apoio da Absolar, as tecnologias cada vez mais ousadas, e o interesse ao desenvolvimento deste tipo de energia fazem com que no Brasil mais de 1600 empresas atuem no segmento solar fotovoltaico, incluindo fabricação de equipamentos diversos e prestação de serviços.

Segundo o mesmo estudo, outro fator importantíssimo, que alavanca o crescimento deste tipo de geração de energia no Brasil, é a queda significativa, ano a ano, dos custos para fabricação e instalação dos equipamentos necessários. Segundo a edição de março da revista Brasil Energia:

Enquanto avalia como implementar uma política industrial para a fonte solar no Brasil, o setor fotovoltaico viu seus gastos com células solares aumentar seis vezes em 2016. E 94% dos US\$ 268,5 milhões (FOB) em despesas foram destinados à importação de células solares já montadas em painéis, ou seja,

prontas para instalação. Os outros 6% ou US\$ 12,8 milhões, foram destinados à compra de células para montagem local (2017, p. 26).

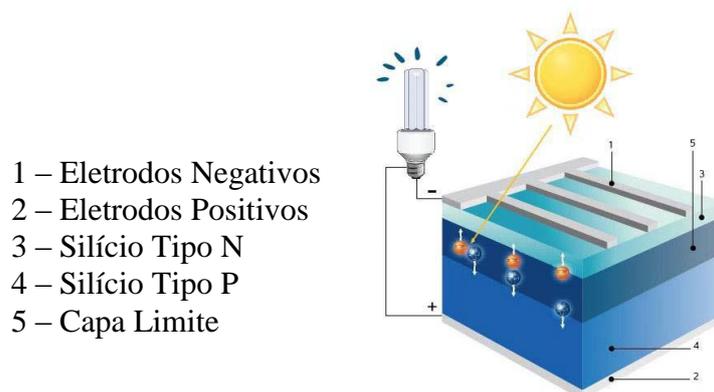
A redução dos custos dos componentes vem gerando queda no valor médio de instalação de um sistema fotovoltaico. Segundo um levantamento divulgado em junho de 2017 pelo instituto Ideal, feito em parceria com a Câmara de Comércio Brasil – Alemanha do Rio de Janeiro, que ouviu 350 empresas cadastradas no programa América do Sol, o custo médio de um sistema fotovoltaico de geração distribuída de até 5 kW que abrange toda faixa residencial, teve queda de R\$ 1.000,00 em um ano. O custo médio do kW está em R\$ 7.500,00, diferente dos R\$ 8.500,00 registrados em junho de 2016. Para sistemas de grande porte (acima de 100 kW) o preço médio é da ordem de R\$ 5.570,00.

### **2.1.1 Princípio de Funcionamento Energia Solar Fotovoltaica.**

Segundo o instituto Portal Solar 2017, a energia solar fotovoltaica consiste no aproveitamento da luz solar incidente (radiação eletromagnética) em uma célula fotoelétrica ou fotovoltaica. Os sistemas fotovoltaicos, com base nas propriedades dos materiais semicondutores, transformam a energia irradiada pelo Sol em energia elétrica, sem mediação de reações químicas, ciclos termodinâmicos, ou processos mecânicos que requerem peças em movimento, uma vez que a célula fotovoltaica é um dispositivo eletrônico capaz de gerar energia elétrica diretamente ao receber luz solar.

Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, fótons de luz solar transmitem elétrons de energia do semicondutor, de modo que eles possam circular no seu interior. Ao colocar os contatos de metal possibilita-se que parte destes elétrons “saltem” para fora do material semicondutor, gerando uma corrente elétrica capaz de fluir através de um circuito externo (Portal Solar, 2017).

Figura 3 - Esquema de Funcionamento Energia Solar Fotovoltaica



- 1 – Eletrodos Negativos
- 2 – Eletrodos Positivos
- 3 – Silício Tipo N
- 4 – Silício Tipo P
- 5 – Capa Limite

Fonte: Solar Brasil, 2016

Um módulo fotovoltaico, ou um painel, é constituído por uma pluralidade de células idênticas ligadas em série e em paralelo, de modo que a tensão e a corrente fornecida pelo painel são aumentadas para corresponder ao valor desejado.

A potência de um módulo fotovoltaico é expressa em watt de pico (Wp.), referindo-se a energia fornecida nas condições normais de temperatura de 25 ° C e 1000 W / m<sup>2</sup> radiação solar (irradiação).

Segundo Portal Solar, as instalações fotovoltaicas se caracterizam por:

1. Ser simples e de fácil instalação;
2. Ser modular;
3. Vida útil superior a 30 anos;
4. Nenhuma contaminação ambiental;
5. Funcionamento silencioso;
6. Elevada Confiabilidade.

As aplicações da energia solar fotovoltaica são variadas, separando-se em dois grandes grupos:

1. Instalações conectadas à rede elétrica convencional, em que toda energia gerada é enviada à rede elétrica convencional para a sua distribuição sob demanda.

2. Instalações isoladas da rede elétrica, em que a energia gerada é armazenada em baterias para utilizar quando necessário.

#### 2.1.1.1 Instalações Isoladas de geração de energia fotovoltaica

Estes sistemas são utilizados especialmente nos lugares onde não há acesso à rede de eletricidade e é mais econômico instalar um sistema fotovoltaico para construir uma linha entre a rede e o ponto de consumo, como no caso do container, segundo Guilherme Crippa Ursaia , 2012:

A microgeração e minigeração de energia elétrica já está consolidada em alguns países europeus há mais de 20 anos, assumindo, a cada dia, um novo papel no setor elétrico, passando de uma atividade centralizada e de exclusividade de grandes e médios grupos empresariais para uma atividade cada vez mais democrática em que até indivíduos podem assumir o papel de um microgerador de energia elétrica. (Ambiente Legal, 2017 p.01)

Já que os painéis produzem energia apenas nas horas de luz do Sol e a energia pode ser necessária 24 horas por dia, um sistema de acumulação é necessário. Durante as horas de luz solar é necessário produzir energia em maior quantidade do que é consumida, para acumular e usar posteriormente, quando não estiver sendo gerada. A quantidade de energia necessária a ser acumulada é calculada com base nas condições climáticas e na média de consumo, levando-se em conta a área geográfica em que será utilizada, uma vez que em regiões com grande incidência de luz solar durante todo o ano haverá pouca necessidade de acumular energia. O número de painéis a serem instalados deve ser calculada tendo em conta:

1. A demanda energética nos períodos de pico.
2. As condições técnicas de inclinação e orientação dependendo do lugar de instalação.

Segundo o instituto Portal Solar quase 80% dos painéis fotovoltaicos no mundo, hoje, são baseados em alguma variação de silício. Em 2014, cerca de 85% de

todos os sistemas de energia solar fotovoltaica instalados em casas e empresas no mundo todo utilizaram alguma tecnologia baseada em silício (Si).

Segundo o mesmo instituto, a eficiência de painéis solares “anda de mãos dadas” com a pureza do Silício (Si). Mas os processos utilizados para melhorar a pureza do silício e o tratamento dele são caros e impactam diretamente no preço do painel solar (45% do custo de um painel solar convencional de tecnologia de silício cristalino é o silício bruto purificado e tratado). Dentre os tipos de painéis comumente utilizados citamos alguns exemplos abaixo:

#### *2.1.1.1.1 Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino*

Segundo o instituto Portal Solar 2017, a tecnologia monocristalina é a mais antiga e também uma das mais caras, porém resulta em altos índices de eficiência.

Os painéis solares de silício monocristalino (mono-si) são facilmente reconhecíveis, se observados de perto. Possuem uma cor uniforme, indicando silício de alta pureza e cantos tipicamente arredondados. Ocupam menos espaço, sua vida útil é maior que 30 anos e vem com garantia. Tendem a funcionar melhor do que painéis solares policristalinos em condições de pouca luz.

Painéis solares monocristalinos possuem a eficiência mais alta dentre as tecnologias comercialmente viáveis atualmente. A eficiência de painéis assim produzidos está, hoje, entre 14% e 21%.

#### *2.1.1.1.2 Painel solar fotovoltaico de silício policristalino*

De acordo com Portal Solar, 2017, tal como os monocristalinos, painéis de silício policristalino são feitos de silício; a principal diferença entre as tecnologias é o método utilizado na fundição dos cristais. No policristalino, os cristais de silício são fundidos em um bloco, de forma a preservar a formação de múltiplos cristais (daí o

nome poli cristalino). Quando este bloco é cortado e fatiado, é possível observar esta formação múltipla de cristais. Uma vez fundidos, eles são serrados em blocos quadrados e, em seguida, fatiados em células, assim como no monocristalino, mas oferecem maior facilidade de produção. Eles são semelhantes aos de um único cristal (monocristalino) tanto no desempenho como na degradação, exceto que as células são ligeiramente menos eficientes. Os primeiros painéis solares à base de silício policristalino, que também são conhecidos como polisilício (p-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si), foram introduzidos no mercado em 1981.

Segundo os fabricantes, a quantidade de silício residual gerado durante o processo de corte das células fotovoltaicas é menor, em comparação ao monocristalino. Painéis policristalinos tendem a ser um pouco mais baratos que os painéis monocristalinos e sua vida útil é maior que 30 anos.

#### *2.1.1.1.3 Painéis solares de filme fino*

De acordo com o instituto Portal Solar, 2017, o depósito de uma ou várias camadas finas de material fotovoltaico sobre um substrato é a essência básica de como os painéis fotovoltaicos de filme fino são produzidos. Eles também são conhecidos como células fotovoltaicas de película fina (TFPV). Os diferentes tipos de painéis solares de filme fino podem ser categorizados de acordo com o material fotovoltaico que é depositado sobre o substrato:

Silício amorfo (a-Si)

Telureto de cádmio (CdTe)

Cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS)

Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV)

Dependendo da tecnologia de célula fotovoltaica de filme fino utilizada, os painéis de filme fino possuem eficiências médias entre 7 e 13%. Algumas tecnologias de painel de filme fino já estão chegando aos 16% de eficiência, equiparando-se à eficiência

dos painéis Policristalinos. Atualmente, os painéis fotovoltaicos que utilizam a tecnologia de filme fino representam aproximadamente 20% do mercado mundial de painéis solares fotovoltaicos, sendo a maioria de silício cristalino.

#### *2.1.1.1.4 Painel solar de silício amorfo (a-Si)*

Segundo o instituto Portal Solar, 2017 como a produção de energia elétrica é baixa nesta tecnologia, as células solares baseadas em silício amorfo, tradicionalmente, só eram utilizadas para aplicações de pequena escala, como, por exemplo, em calculadoras de bolso. No entanto, as inovações recentes permitiram que esta tecnologia passasse a ser utilizada também em aplicações de larga escala. Com uma técnica de fabricação chamada de "empilhamento", várias camadas de células solares de silício amorfo podem ser combinadas, o que resulta em taxas mais elevadas de eficiência (tipicamente entre 6 e 9%). Apenas 1% do silício utilizado em células solares de silício cristalino é necessário para produzir células solares de silício amorfo. Por outro lado, o empilhamento é caro.

#### *2.1.1.1.5 Painel solar de telureto de cádmio (CdTe)*

De acordo com instituto Portal Solar, 2017, o Telureto de cádmio é a única tecnologia de painéis solares de película fina que supera o custo/eficiência de painéis solares de silício cristalino em uma parcela significativa do mercado mundial de painéis solares. A eficiência de painéis solares com base na tecnologia de telureto de cádmio opera normalmente na faixa compreendida entre 9 e 11%. A First Solar instalou mais de 5 gigawatts (GW) de painéis fotovoltaicos de filme fino com base na tecnologia de telureto de cádmio em todo o mundo. A mesma empresa detém o recorde mundial de CdTe PV, com uma eficiência de 14,4%. As instalações com os painéis de CdTe PV são tipicamente grandes campos solares (grandes usinas de energia solar).

### 2.1.1.1.6 Painéis solares de seleneto de cobre, índio e gálio (cis / cigs)

Segundo o instituto Portal Solar, 2017, em comparação com as tecnologias de filme-fino acima citadas, as células solares CIGS demonstram maior potencial em termos de eficiência. Estas células solares contêm menos quantidades do cádmio (material tóxico que é encontrado em células solares de CdTe). A produção comercial de painéis solares CIGS flexível teve início na Alemanha, em 2011. Os índices de eficiência para painéis solares CIGS normalmente operam na faixa entre 10 e 12%, mas já existem alguns sendo comercializados no Brasil cuja eficiência ultrapassa os 13%.

Novos modelos de células solares de película fina estão, ainda, em fase de pesquisa e desenvolvimento. Num futuro próximo poderemos ver algumas soluções interessantes neste tipo de tecnologia.

### 2.1.2 Dimensionamento da Geração de Energia Solar Fotovoltaica.

Para dimensionar a quantidade de energia a ser produzida, deve-se, primeiramente, conhecer a carga total de todos os equipamentos de um determinado ambiente, bem como a necessidade pessoal do usuário. O valor deve ser obtido em Watts, conforme exemplo abaixo:

Tabela 1-- Relação de Consumo em Watts

Relação de consumo em Watts					
Qt	Equipamento	Consumo W		Horas de uso/dia	Consumo W por dia
		Unitário	Total		
10	Lâmpadas internas	9	90	10	900
10	Lâmpadas externas	8	80	12	960
1	Televisor	100	100	6	600
1	Geladeira	120	120	8	960
Total do consumo Wp/dia					3420

Fonte: Arquivo Pessoal 2017.

O Brasil é um dos poucos países em que, devido à sua grande área, podemos encontrar variadas latitudes. Esse fator contribui para a ocorrência de uma variedade notável no número mínimo de horas de pico de luz do Sol, inclinação do painel e radiação solar dependendo do local escolhido para instalação, conforme ilustra a tabela a seguir:

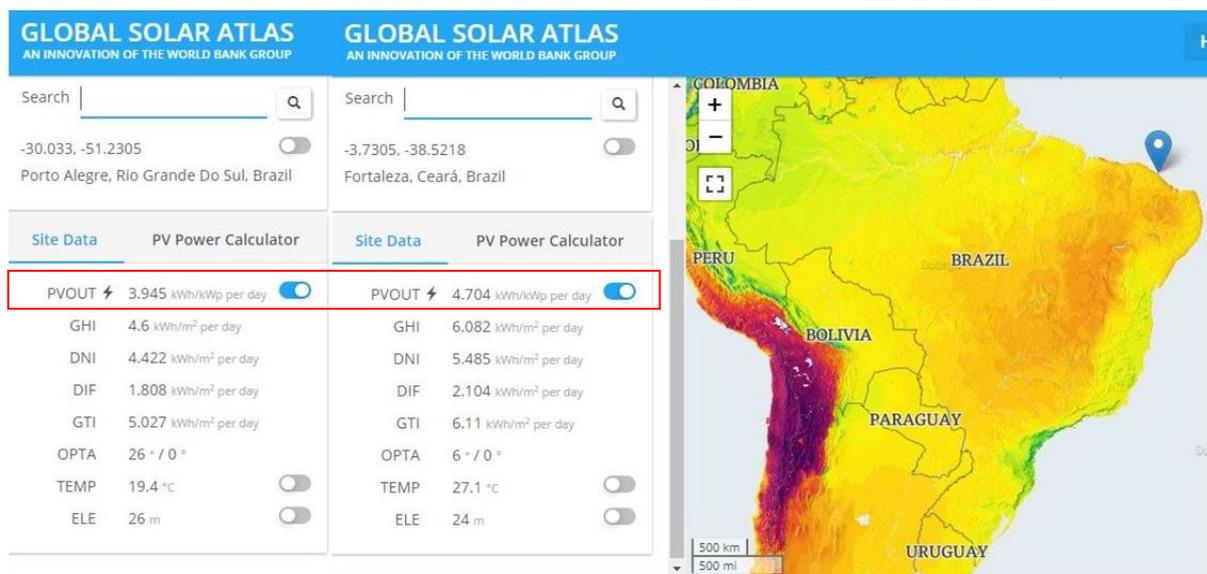
Tabela 2-Radiação e Inclinação do Painel Solar por Região

RADIAÇÃO E INCLINAÇÃO DO PAINEL POR REGIÃO				
CIDADE	LATITUDE	RADIAÇÃO H (MJ/m <sup>2</sup> )	INCL. DO PAINEL	HSP CORRIGIDA
BELEM	01°27S	15	5°	4,29
FORTALEZA	03°67S	16,8	10°	4,85
SALVADOR	12°58S	12,7	25°	4,19
SÃO PAULO	23°38S	10,6	3°	3,77
PORTO ALEGRE	29°94S	8,7	35°	3,32

Fonte: Atuc Solar, 2010, p. 14

Para efeitos de dimensionamento, deve-se considerar a exposição de luz solar variável para cada região. O site Ambiente Energia relata que o Banco Mundial, em parceria com a Aliança Internacional da Energia Solar, lançou um mapa capaz de identificar os locais com maior potencial para o aproveitamento de energia solar no mundo. Chamado de Global Solar Atlas, a ferramenta está disponível de forma gratuita na web, pela plataforma <http://globalsolaratlas.info>, e mostra a capacidade diária de geração de energia solar fotovoltaica por (m<sup>2</sup>) em qualquer lugar do Brasil. A plataforma foi utilizada como base para obtenção do potencial diário das cinco regiões citadas na tabela 2. Abaixo, segue a ilustração de potencial comparativo entre as cidades de Fortaleza/CE e Porto Alegre/RS. Em destaque, contornada de vermelho, a produção de energia diária estimada destas regiões em kWh/kWp por dia.

Figura 4 - Características Solares das Cidade de Porto Alegre/RS e Fortaleza/CE



Fonte: <http://globalsolaratlas.info> acesso em 03/08/2017.

Com base na potência total necessária e a média diária de geração de energia por m<sup>2</sup>, pode-se calcular quantos m<sup>2</sup> de painel são necessários para determinada demanda, de acordo com a região a ser instalada, de acordo com a fórmula abaixo:

$$N = P_t / P / \mu \quad (01)$$

Onde:

N = Número de painéis de 1 m<sup>2</sup>;

P<sub>t</sub> = Potência total necessária por dia;

P = Potência média gerada por um painel de 1 m<sup>2</sup> por dia.

μ = Rendimento do Painel Fotovoltaico.

O painel solar, geralmente, apresenta medidas padrões, porém pode ser escolhido de acordo com o rendimento, custo e estética.

### 2.1.3 Armazenamento da Energia em Baterias

A fim de armazenar a energia gerada e não utilizada, aplica-se o armazenamento em baterias, segundo Joaquim:

A utilização de baterias subentende que estes equipamentos são utilizados para fornecer a energia que é necessária para satisfazer necessidades diárias de consumo (energia das cargas) na eventualidade de não haver sol (dias de chuva), ou então dias muito nublados. Se fosse possível utilizar-se uma bateria ideal, a sua eficiência,  $K_{Bat}$  seria igual a 100% e a profundidade de descarga,  $KD$  seria também igual a 100% (ou seja, seria possível descarregar completamente a bateria sem a danificar. (Joaquim, 2009, p. 26)

Podemos dimensionar a bateria ou o conjunto de baterias necessárias ao sistema a partir da seguinte equação:

$$A_t = E_t / U / \mu \quad (2)$$

Onde:

$A_t$  = Capacidade da Bateria em Amper (Ah)

$E_t$  = Energia Diária de Consumo (Wh)

$U$  = Tensão da Bateria (V)

$\mu$  = Eficiência da Bateria.

#### 2.1.3.1 Tipos de Baterias de Acumuladores

A escolha apropriada da bateria, assim como a sua capacidade, constitui uma tarefa essencial, que visa não só assegurar o apropriado funcionamento do sistema solar fotovoltaico autónomo, mas também garantir que a bateria tenha um longo tempo de vida útil.

As baterias podem ser classificadas em duas diferentes categorias: as primárias e as secundárias. As baterias primárias são aquelas que não podem ser recarregadas, ou seja, uma vez esgotados os reagentes que produzem energia elétrica, devem ser descartadas. Já as secundárias, pelo contrário, podem ser recarregadas através da aplicação de uma corrente elétrica aos seus terminais. Entre os vários tipos de baterias recarregáveis, descrevem-se as duas tecnologias mais utilizadas pelos sistemas fotovoltaicos: as baterias de chumbo – ácido e as de níquel – cádmio.

#### *2.1.3.1.1 Baterias de Chumbo Ácido (Pb-Ácido)*

Segundo CARNEIRO. J 2009, p.25 As baterias de chumbo - ácido desfrutam desta designação, pois são constituídas por uma solução aquosa de ácido sulfúrico. As baterias com tensão nominal igual a 12V são constituídas por um conjunto de 6 células eletroquímicas (tensão ao terminal de cada célula igual a 1,75V) associadas em série (de modo a se obter nos terminais da bateria valores de tensão igual a 10,5V), isoladas entre si e banhadas pela solução de ácido sulfúrico. No mercado existem baterias de chumbo - ácido com tensões nominais de 12, 24 e 48V. No entanto, a tensão nos terminais da bateria depende do seu estado de carga, baixando durante o processo de descarga e subindo durante o processo de carga.

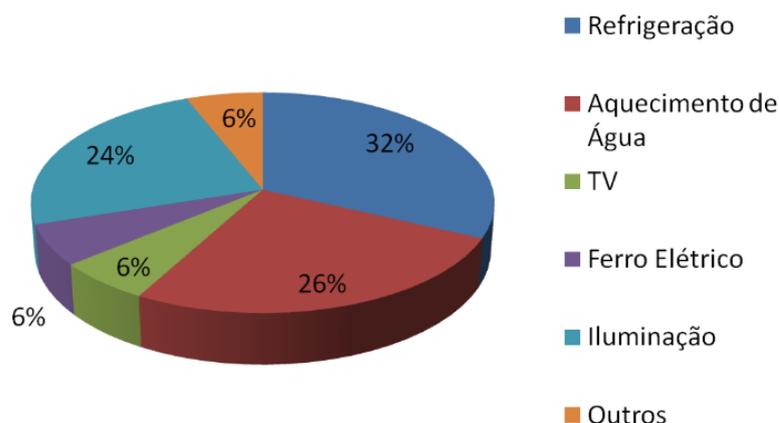
#### *2.1.3.1.2 Baterias de Níquel - Cádmio (NiCd)*

Segundo CARNEIRO. J 2009, p.25 este tipo de bateria foi muito utilizado em aparelhos domésticos, tais como televisores, máquinas de filmar e computadores, entre outros. Apresentam uma estrutura física semelhante à das baterias de chumbo - ácido. No entanto, a célula eletroquímica de NiCd é composta por um ânodo metálico de cádmio, um cátodo de óxido de níquel e um eletrólito de hidróxido de potássio. Quando comparadas com as baterias de chumbo - ácido, as de níquel - cádmio, têm como principal vantagem o fato de serem menos afetadas por sobrecargas e também poderem ser totalmente descarregadas. Contudo, a maior desvantagem deste tipo de baterias consiste na redução da capacidade de recarga ao longo da sua vida útil, sendo afetadas pelo designado “efeito de memória”, obrigando por isso à utilização de carregadores com controle de carga dispendiosos. Outro grande inconveniente das baterias de NiCd é a sua elevada toxicidade. Na verdade, sendo o cádmio um metal muito tóxico, o seu uso tem sido bastante limitado, por razões de natureza ambiental.

## 2.2 ENERGIA TÉRMICA SOLAR

Segundo o DASOL –Departamento Nacional de Aquecimento Solar, cerca de 32% de toda energia renovável consumida em residências é destinada à refrigeração, enquanto 26% destina-se ao aquecimento de água, conforme gráfico abaixo:

Figura 5 - Destinação de Energia Renováveis no Brasil



Fonte: DASOL, 2016

No que se refere à preservação do meio ambiente, o uso de aquecedores solares apresenta vantagens, uma vez que funcionam a partir de uma fonte natural, ecológica, gratuita, que não agride o meio ambiente e que é inesgotável: o Sol. Conforme relatório da IEA – International Energy Agency, apresentado em 2013, é dentro deste contexto, com 8,4 milhões de m<sup>2</sup> de área de coletores solares térmicos instalados, o Brasil encontra-se na quinta posição no ranking mundial na utilização de energia solar térmica.

O Departamento Nacional de Aquecimento Solar da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento (Dasol/Abrava), chama a atenção para as duas principais aplicações dos coletores solares no Brasil, aquecimento de água para banho (coletores planos fechados com vidro com reservatório térmico) e aquecimento de piscinas (coletores planos de termoplástico aberto).

Os aquecedores solares planos abertos e fechados são fabricados e comercializados no Brasil desde o final da década de 70. Ambos os modelos são

produzidos por empresas brasileiras, com tecnologia nacional, e fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro.

De acordo com o gestor do Dasol:

O mercado de aquecedores nacional está passando por um momento de transição. A partir de julho deste ano, todos os equipamentos deverão ter a etiqueta do Inmetro, o que para o nosso setor demonstra garantia de qualidade do produto e respeito ao consumidor que poderá no momento da compra, conhecer e comparar informações dos produtos que estão na etiqueta do Inmetro para uma melhor compra (MESQUITA, 2014, p. 12)

Por sua localização e extensão territorial, nosso País recebe energia solar da ordem de 1.013 MWh anuais, o que corresponde à cerca de 50 mil vezes o consumo anual de eletricidade. Segundo reportagem no site Ambiente Energia, publicada em 2014, em 2012 o setor produziu mais de 1 milhão de m<sup>2</sup> de coletores solares, sendo cerca de 50% de coletores para piscinas e 50% para banho, demonstrando equilíbrio no perfil do mercado brasileiro neste momento. Os setores que mais se utilizam dessa tecnologia são o residencial e o de serviços, como hotéis, restaurantes, pet-shops, clubes, lavanderias e hospitais, locais que necessitam de muita água quente. Outro setor que começa a experimentar os aquecedores é o industrial, mas ainda de forma pontual.

### **2.2.1 Tipos de Aquecedores Térmicos Solares**

Existem muitos tipos de coletores solares, e cada qual se encaixa melhor para determinada aplicação. É importante sempre ter em mente que modelos mais sofisticados não são necessariamente mais econômicos e eficientes. E esse é um conceito muito importante: existe uma tecnologia apropriada para cada nível de temperatura e particularidades da aplicação.

O modelo mais comum de coletor solar é o chamado coletor plano. Nesse caso, uma superfície plana recebe a radiação e transmite o calor para o fluido no seu interior. O coletor solar também pode ser classificado como aberto, nos modelos sem cobertura transparente, ou fechado, nos modelos com cobertura. Além disso, eles podem ter concentração da radiação solar ou não.

O coletor solar térmico mais simples que existe é o modelo plano sem cobertura. Ele é normalmente utilizado para aquecer fluidos até um nível de 10°C a 15°C acima da temperatura ambiente. Isso significa que no Brasil ele pode ser empregado com sucesso em processos que demandam calor de até, aproximadamente, 35°C. No caso do aquecimento de líquidos, os coletores sem cobertura são produzidos com materiais poliméricos, o que lhes dá grande resistência à corrosão e custo reduzido.

Figura 6 - Coletor Solar Plano

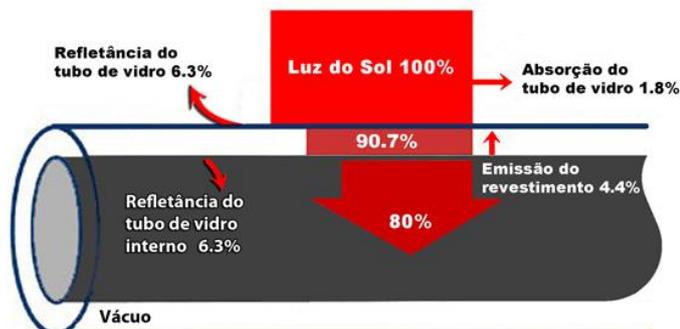


Fonte: HOTECH, Aquecedor Solar 2015.

### 2.2.1.1 Aquecedores de Tubo a Vácuo

O principal componente do coletor solar a vácuo é o tubo de vidro de parede dupla. Sua estrutura consiste em dois tubos concêntricos e transparentes de um tipo especial de vidro, o borossilicato, que na sua cozinha é conhecido como "pyrex", como se sabe, capaz de resistir a altas temperaturas, bem como ao impacto de pedras de granizo de até 25 milímetros. O tubo de vidro é revestido com uma camada de materiais específicos que absorvem e convertem o valor máximo de radiação solar e luz infravermelha em calor, com reduzidas emissões para o meio externo (5%).

Figura 7 - Tubo Vidro de Coletor a Vácuo



Fonte: Maxsun Produtos Solares, 2016

Existem dois tipos de coletores de tubo a vácuo, os de baixa pressão e os de alta pressão, de acordo com as necessidades de utilização.

#### 2.2.1.1.1 Aquecedor de Baixa Pressão

É o mais comum sistema de aquecimento de água usando energia solar. É ótimo para uso doméstico, mas pode ser aplicado a projetos maiores como hotéis, hospitais, etc., bastando ser combinado, associando-se dois ou mais aquecedores, para obter uma capacidade maior.

Além de ser o mais econômico, é fácil de ser instalado sobre o telhado, visando obter pressão de água suficiente para uso nos chuveiros. Pode ser instalado tanto no teto inclinado quanto em laje plana. Único sistema que independe da posição da caixa d'água, podendo ser instalado até mesmo acima desta, pois permite entrada de água fria diretamente da rua.

Figura 8 - Coletores Solares de Tubo a Vácuo



Fonte: Maxsun Produtos Solares, 2016.

Pode ser aplicado ao uso doméstico onde se deseja que o reservatório térmico fique separado do coletor, seja por falta de espaço ou por desejo arquitetônico.

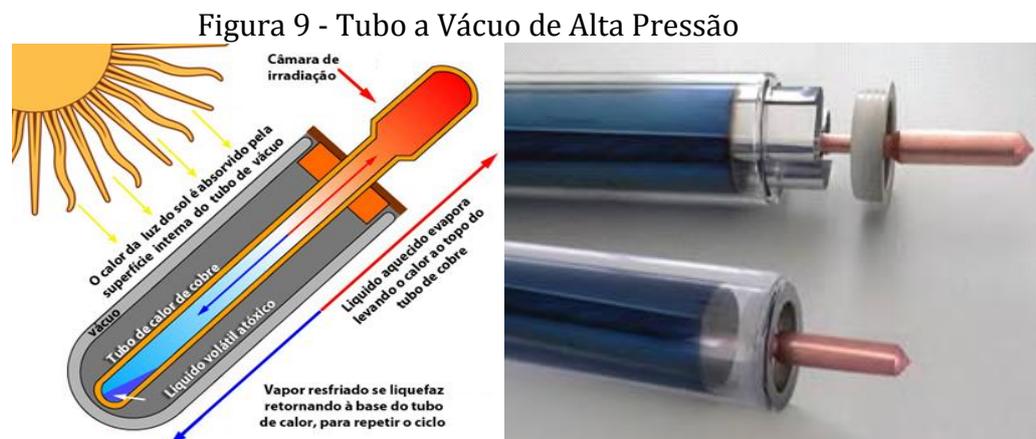
Tem estrutura e princípio de funcionamento simples. A água é aquecida nos tubos à vácuo e, através do princípio de termocifão, é conduzida até o interior do reservatório térmico (boiler) remoto. Este sistema com tubo de vácuo solar pode ser combinado, para obter uma capacidade maior, praticamente sem limite, chegando a

volumes de até 10 mil litros de água quente. Este sistema é indicado para substituir as antigas placas planas, trazendo mais beleza e resistência, associado a um rendimento duas vezes maior. Pode ser instalado tanto no teto inclinado quanto em laje plana.

### 2.2.1.1.2 Aquecedor de Alta Pressão

Segundo a fabricante Maxsun, 2016, a radiação solar é absorvida pelos tubos à vácuo e é convertida em calor aquecendo os tubos internos de cobre. O líquido especial dentro dos tubos de cobre se transforma em vapor e se concentra no bulbo superior, que vem a aquecer a água dentro do coletor de cobre. Somente há circulação dentro do tubo de cobre, não há nenhuma água no tubo de vácuo, de modo que o tubo possui resistência maior. Pode operar mesmo em caso de ocasionais rupturas de tubos, pois não há vazamento de água. Ele pode ser instalado tanto no teto inclinado, em laje plana ou mesmo no solo (instalações industriais).

O cobre conduz calor que absorveu dentro do tubo de vácuo até sua ponta (câmara de irradiação), que é ligada ao cabeçote, onde percorre a água a ser aquecida. O calor é transferido para a água resfriando o vapor, ocorre a condensação interna, fazendo com que este vapor retorne para a base na forma líquida, reiniciando o ciclo.



## 2.2.2 Armazenamento da Energia Térmica

A água é aquecida gradativamente durante as várias horas do dia, para ser utilizada, principalmente à noite e nas primeiras horas da manhã. Após as trocas térmicas com os a placa, a água aquecida é armazenada em uma central de acumulação. Assim sendo, o reservatório tem função de armazenar e manter a água aquecida. Este reservatório, também chamado de *Boiler*, possui isolamento térmico e geralmente capacidades que podem variar entre 100 e 5.000 litros. Podem ser instalados abaixo ou em nível com a caixa d'água, dependendo do sistema.

Figura 10 - Reservatório ou Boiler de Sistema Aquecedor de Água



Fonte: Maxsun Produtos Solares, 2016.

Abaixo, segue o comparativo entre Aquecedor a Vácuo e Placa Plana feita pela Maxsun, produtos solares, fabricante dos dois produtos.

Tabela 3 - Comparativo entre Aquecedor a Vácuo e Placa Plana

### Aquecedor a Vácuo

- Resiste a chuva de Granizo
- Temperatura máxima 100°C
- Até 96% de eficiência térmica
- Bom rendimento em dias nublados
- Recebe água direto da "rua" (rede)
- Menor carga, a partir de 190kg com espaço utilizado aprox. 2m<sup>2</sup>
- Suportes acompanham o equipamento
- Aquece mais rápido (aproximadamente 1 hora de sol)

### Aquecedor Solar Tradicional (Placa Plana)

- Não resiste a chuva de Granizo
- Temperatura máxima 70°C
- 50% de eficiência térmica
- Rendimento insuficientes em dias nublados
- Necessita de sistema em nível. Exige uma caixa d'água acima do reservatório
- Sobrecarga na edificação, a partir de 280 Kg espaço utilizado 4m<sup>2</sup>
- NÃO tem os suportes de reservatório e de placas
- Aquecimento lento (recomendável 5 horas de sol)

Fonte: Maxsun Produtos Polares, 2016.

### 2.2.3 Dimensionamento do Aquecedor Solar

Para o dimensionamento do sistema, é preciso conhecer a utilização média de água aquecida por dia, a eficiência do trocador de calor, a temperatura no local de instalação e a radiação solar disponível.

De acordo com a norma NBR15569, os valores médios de utilização de água quente no Brasil estão distribuídos conforme a tabela abaixo:

Tabela 4 - Consumos de Água Padrão NBR 15569

Peças	Consumo mínimo	Consumo máximo	Ciclo diário (minuto/pessoa)	Temperatura de consumo °C
Ducha de banho	3,0 L/min	15,0 L/min	10	39 – 40
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 – 40
Ducha higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 – 40
Banheira	80 L	440 L	banho	39 – 40
Pia de cozinha	2,4 L/min	7,2 L/min	3	39 – 40
Lava-louças (12 pessoas)	20 L	20 L	ciclo de lavagem	39 – 50
Máquina de lavar roupa	90 L	200 L	ciclo de lavagem	39 – 40

Fonte: NBR 15569.

Tabela 5 - Consumo de Água Quente Padrão NBR 15569

Ponto de uso	Consumo diário
Ducha	70 a 90 litros/pessoa
Lavatório	5 a 7 litros/pessoa
Cozinha	20 a 30 litros/pessoa
Lavanderia	8 a 15 litros/kg de roupa seca
Banheira	30 a 50% do volume da banheira
Lavabo	5 a 7 litros/pessoa

Fonte: NBR 15569.

Obtidas estas informações, é possível calcular a área coletora do aquecedor solar através da fórmula abaixo:

$$E * A * \mu = M * \gamma * \Delta T \quad (3)$$

Onde:

E = Intensidade de radiação solar média (kWh/ m<sup>2</sup>)

A = Área coletora do aquecedor (m<sup>2</sup>)

$\mu$  = Rendimento do Aquecedor Solar

M = Massa de água (l)

$\gamma$  = Calor específico da água (4180 J/kg.°C)

$\Delta T$  = Variação de temperatura de entrada e saída do coletor.

### 2.3 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Outro conceito de sustentabilidade vem sendo aplicado nas edificações construídas a partir do século XX. A necessidade constante de aproveitamento de recursos e a busca por alternativas para baixar o consumo de energia, fizeram com que as formas de utilização de recursos naturais fossem reavaliadas, entre elas o da água da chuva.

A água da chuva representa um potencial de economia do uso dos recursos naturais viáveis em quase todo território nacional. Quando chove, a água da chuva é normalmente captada nas edificações, porém é logo direcionada por calhas ao sistema pluvial, que dispensa a água nas redes públicas de esgoto. Se em algum ponto nesse processo houver a instalação de filtros e reservatórios, esta água pode ser reutilizada para finalidades como descargas sanitárias, lavagem de carros e jardins e até mesmo potáveis dependendo do sistema de filtragem e purificação disponível (LAMBERTS et al, 2014, p. 290)

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, em algumas regiões do mundo, suprir a demanda de água já está se tornando um problema, em função do acelerado crescimento populacional, principalmente urbano. De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a

alcançar a marca de 9 bilhões em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água. Com isso, cresce a necessidade da utilização de novas técnicas visando um melhor aproveitamento de água.

Segundo Tomaz, o Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m<sup>3</sup>/hab/ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo tratamento de água e esgoto sustentável. O autor também afirma que no Brasil, dos 2.178 m<sup>3</sup>/s que representavam a demanda total de água do país em 2003, 56% da água eram utilizados na agricultura (irrigação), 21% para fins urbanos, 12% para a indústria, 6% no consumo rural e 6% para a dessedentação de animais. A água da chuva pode ser captada ou armazenada de diferentes maneiras, de acordo com a necessidade do estabelecimento, algumas normas estabelecem quais os requisitos mínimos de qualidade e etapas de beneficiamento. Segundo ANA, 2008 a qualidade da água pode ser analisada em quatro etapas.

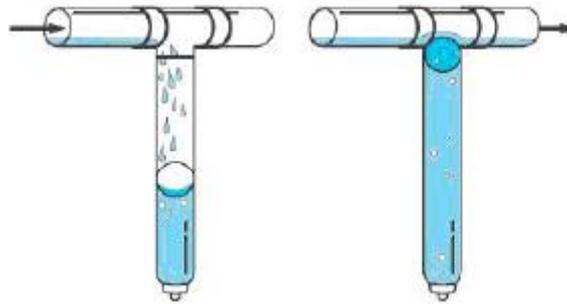
A qualidade da água da chuva pode ser diferenciada em quatro etapas: a primeira etapa é a qualidade da chuva antes de atingir o solo; na segunda etapa é a qualidade da chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no fundo do mesmo e a água está pronta para utilização; na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como por exemplo, a descarga na bacia sanitária (ANA, 2008, p. 134 ).

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Fenômenos de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera são devidos à sedimentação gravitacional e interceptação de particulados ou ainda da absorção de gases por superfícies. Este é o caso dos períodos de estiagem. Assim, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela superfície de captação, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, ou também denominada como autolimpeza, pois consiste em descartar o primeiro momento de chuva. Segundo Prosab (2006, p. 45), “frequentemente, a contaminação da água pode se dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou por óleo combustível, no caso de superfície de captação no solo”.

Para eliminar a contaminação inicial da água da chuva, em casos mais simples, se utiliza o método “Fist Flush”. Segundo Terry (2001, p. 86), “o volume de água que deve ser rejeitado no “first flush” (primeiro momento de chuva) depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação”. Como regra prática, Tomaz

(2003, p. 56), aconselha que “os primeiros 1mm a 2mm de chuva deve ser rejeitado pois apresentam uma grande quantidade de bactérias”. Abaixo a ilustração do sistema utilizado para pequenos volumes de reservatórios.

Figura 11 - Sistema “Fist Flush”



Fonte: <http://www.reuk.co.uk/Collect-Rainwater>, acesso em 2017.

A água da chuva pode ser coletada por calhas, malhas de dreno, telhados, entre outros, e deve ser armazenada em cisternas, de preferência protegidas da luz e do calor para diminuir a proliferação das bactérias. Abaixo um exemplo de cisterna fabricada em polietileno de alta resistência, comumente utilizada em edificações.

Figura 12 - Cisterna para Captação de Água da Chuva



Fonte: <http://www.acquasave.com.br>, acesso em 2017.

Alguns critérios específicos sobre captação de água da chuva podem ser consultados em ABNT/CEET-00.001.77, publicada em agosto de 2007, onde são determinados valores mínimos de reservatório, tipos de sistemas de filtragem, entre outros. O sistema de limpeza e tratamento da água, será tratado no próximo capítulo. De maneira geral a coleta da água da chuva no caso de nosso container, terá duas finalidades: consumo em banho (devendo ser tratada) e utilização para fins esporádicos, como descarga de sanitário, lavatório de mãos e de alguns equipamentos pequenos utilizados no dia a dia.

## 2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO SUSTENTÁVEL

Afim de se desenvolver um projeto que seja autossustentável, abordamos neste trabalho a questão de tratamento de esgoto do nosso container, haja vista que o mesmo deve abrigar e oferecer condições de trabalho aos usuários em meio a áreas isoladas, sem que prejudique o meio ambiente em que está inserido. Alguns tipos de tratamento de esgoto vêm sendo aplicados em regiões onde o sistema de saneamento básico ainda não atingiu a maioria da população, segundo Silva e Netto, 2014 p.01:

A falta de saneamento básico é uma realidade, sendo que em alguns países desenvolvidos já existem inovações em tecnologia de tratamento de efluentes. Uma alternativa é a Biorremediação Vegetal - Fossa Verde que trabalha com o tratamento de efluente doméstico de forma eficiente, trazendo saneamento básico de qualidade para a zona rural/urbana, possibilitando plantio de espécies frutíferas em sua base constituída de solo orgânico, auxiliando no processo de tratamento e trazendo qualidade de vida e saúde.

Segundo OLIVEIRA NETTO, 2012 p.55 já existem várias pesquisas e soluções para desenvolvimento de processos de tratamento de esgotos mais eficientes dentro dos grandes centros urbanos. Estes, por apresentar grande população, devem pensar maneiras mais compactas de tratamento. Nos países em desenvolvimento, por possuírem baixo poder aquisitivo, e nas nações desenvolvidas, por apresentarem pequenas áreas disponíveis em seus centros urbanos, convém fazer uso da tecnologia anaeróbia, esta tecnologia vem sendo aplicada em residências principalmente na região nordeste do Brasil, e se apresenta muito eficiente para tratamento de pequenos volumes de esgoto.

Figura 13 - Projeto de "Fossa Verde"



Fonte: <http://institutoecoacao.blogspot.com.br>, acesso em 2017.

Segundo o autor GALBIATI, 2009 A fossa verde, também chamada de canteiro biosséptico, consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada com dimensões variáveis, apresentando uma estrutura interna em forma de câmara onde os blocos cerâmicos são colocados deitados em camadas determinadas com os furos abertos para a superfície preenchida com material filtrante. O esgoto é direcionado para dentro da câmara e em seguida passa a escoar para a parte externa dessa estrutura, preenchida por materiais porosos que servem como filtro, tais como entulho, casca de coco e material terroso, onde são cultivadas as plantas. O dimensionamento do canteiro biosséptico é realizado baseado na NBR 7229/1993 que fixa as condições exigidas para projeto, construção e operação do sistema de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado.

Com o avanço das tecnologias e forte investimento das indústrias para oferecer produtos sustentáveis e que atendam a necessidade humana e industrial, surgiram alguns equipamentos portáteis capazes de realizar o tratamento do esgoto e purificar a água para reuso diário, a empresa ORGANUM – PRODUTOS ECOLÓGICOS, SUSTENTÁVEIS E NATURAIS do Brasil, desenvolveu uma mini- estação de tratamento de água e esgoto que promete revolucionar o mercado:

Mini-estação de tratamento de esgoto (Mini-ETE) é um sistema modular para tratamento de água e esgoto, fabricado em plástico atóxico, leve e reciclável. O sistema é indicado para locais distantes ou não atendidos pela rede pública, como casas de campo, casas de praia e indústrias, sujeitos a contaminação do solo, corpos d'água e lençol freático pela falta de tratamento adequado do esgoto. Por ser modular e ajustável ao número de usuários, a Mini-ETE pode ser utilizada em imóveis a partir de uma pessoa até milhares de usuários, variando seu porte em função do dimensionamento. Seu uso permite manter a água livre de patógenos, sem risco de transmissão de doenças pela falta de saneamento.

A fabricante recomenda o produto para qualquer tipo de imóvel, de qualquer porte e número de usuários e moradores, para tratar efluentes de origem orgânica, isto é, aqueles provenientes de banheiros, cozinhas, lavanderias convencionais, torneiras e outros pontos de uso. Indicada para casas, edifícios, condomínios, indústrias, parques, casas em áreas de litoral, chácaras, sítios e fazendas. Por ser modular e formada por peças montadas em conjunto, pode ser ampliada, desde que haja área disponível. Indicada também para projetos ecológicos e sustentáveis, visando o reuso da água tratada. Depois de tratada e descontaminada, a água poderá ser usada para lavagem de pisos e automóveis, regas de horta e jardins e descarga de bacias sanitárias. Com isso,

além de se evitar poluição e riscos de doenças, gera-se economia no tratamento de água e esgoto do empreendimento.

Figura 14 - Miniestação de Tratamento de Água



Fonte: Organum 2017.

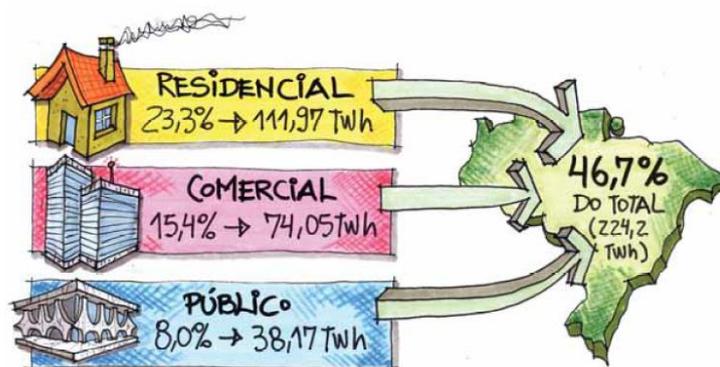
A Mini-ETE tem ação de caráter biológico. As águas servidas são tratadas por meio de microrganismos eficientes e benéficos, que se multiplicam em função de encontrarem ambiente adequado e abatem a DBO5 (removem a carga orgânica do efluente), eliminando bactérias, coliformes totais e fecais. Com isso, evita-se a contaminação do lençol freático e doenças decorrentes da falta de saneamento. O sistema atende às Normas da ABNT NBR 7229/93 e NBR 13969/97 e legislação ambiental dos Estados e municípios brasileiros e não utiliza energia elétrica ou sopradores para oxigenação ou fase aeróbia.

Este produto se apresenta muito eficiente para o tratamento de esgoto de baixos volumes, pois não necessita de grande alteração no meio ambiente onde será instalado e pode ser aplicado em pequenas áreas, permanecendo livre de manutenção por aproximadamente 15 meses.

## 2.5 APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL

Segundo Lamberts (2014, p. 37), 46,7% da energia produzida no Brasil é consumida em residências, estabelecimentos comerciais e públicos; deste consumo, cerca de 14% são consumidos somente em iluminação nas residências. Se somados os valores da indústria, o percentual no Brasil consumido em iluminação chega a 24% de todo o consumo nacional.

Figura 15 - Utilização de Energia no Brasil



Fonte: Lamberts, 2014.

Diante destas características, vem sendo cada vez mais comum a aplicação de iluminação natural nas novas edificações e empreendimentos construídos.

Dentre os aspectos positivos da iluminação natural, podemos destacar a melhor qualidade da iluminação e da reprodução da cor (já que a visão humana desenvolveu-se a partir dela), a criação de efeitos estimulantes, maiores valores de iluminação se comparada à luz artificial (gerando menor carga térmica e reduzindo a necessidade de gastos de energia com climatização dos ambientes), economia de energia elétrica (iluminação natural disponível de 80% a 90% das horas de luz diariamente), e o último aspecto, bastante importante, a fonte é renovável e infinita.

A luz natural está disponível na maior parte das horas do dia, mas infelizmente não é adequadamente explorada pela maioria dos projetos. Isso acontece, geralmente, por ignorância do profissional com respeito aos conceitos necessários ao bom projeto de iluminação e conforto". De acordo com o mesmo autor a luz natural é considerada mais desejável que a artificial em salas comerciais e escritórios, pois o contato com o exterior ajuda a aliviar a tensão normalmente associada a este tipo de atividade e serve como estímulo ambiental (LAMBERTS, 2014, P. 47).

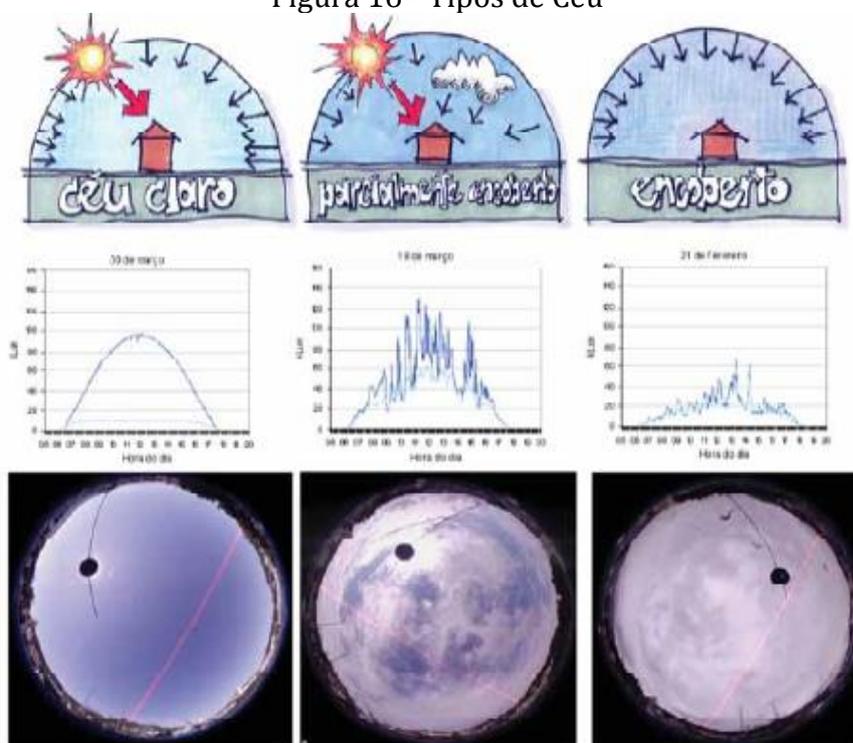
## 2.5.1 Determinantes Para Aproveitamento de Iluminação Natural

Existem algumas considerações acerca de fontes de iluminação natural. Segundo Lamberts, 2104:

As fontes de luz natural podem ser consideradas como sendo o sol, o céu e as superfícies edificadas ou não, as quais fornecem respectivamente a luz direta, luz difusa e luz refletida ou indireta. Para melhor compreensão dos índices de iluminação natural no Brasil, fornecidos pelas estações de medição de Florianópolis, Belo Horizonte e Natal, é necessário compreender a diferença entre os três tipos básicos de céu, pois eles traduzem todas as possíveis variações de luz diurna para então poder avaliar a iluminação natural em um ambiente (LAMBERTS, 2014, p. 59).

Abaixo, ilustração demonstrada para diferenciar as condições de luminosidade de cada tipo de céu:

Figura 16 - Tipos de Céu



Fonte: Lamberts, 2014.

A figura acima, mostra que o céu claro apresenta maior luminância na região mais próxima ao sol e menor luminância a noventa graus deste. O céu encoberto apresenta maior luminância no zênite e menos no horizonte. O céu parcialmente encoberto apresenta as luminâncias da forma mais imprevisível, pois considera porções do céu com nuvens, porções sem nuvens e incluem a presença do sol. Estas definições serão importantes para entendermos, posteriormente, os fatores condicionantes de um

projeto que considera o aproveitamento máximo da iluminação natural como estratégia de racionalização do uso da energia.

Alguns fatores contribuem para o aproveitamento máximo da iluminação natural do ambiente, entre eles:

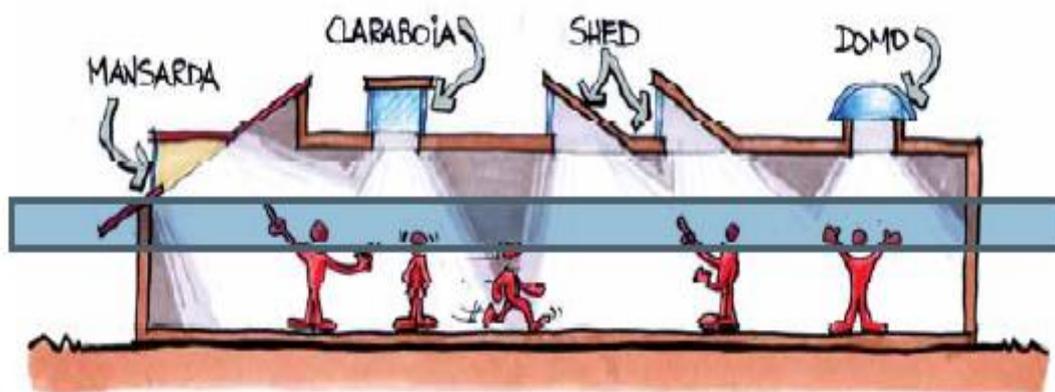
1. Pátios e Átrios;
2. Prateleiras de Luz;
3. Cores;
4. Distribuição e Posição das Janelas;
5. Orientação Solar;
6. Iluminação Zenital;

No caso do container, optamos por adaptar a iluminação Zenital em algumas superfícies do telhado para utilizar iluminação natural durante o dia e evitar o consumo de energia para esta finalidade.

Conceituada segundo a norma NBR 15215-1 (ABNT 2005b) como a porção de luz natural produzida pela luz que entra através dos fechamentos superiores dos espaços internos. A iluminação zenital tem duas principais vantagens sobre a iluminação lateral através de janelas: permite uma iluminação muito mais uniforme que a obtida com janelas e recebe muito mais luz natural ao longo do dia (LAMBERTS, 2014, p. 65).

Abaixo temos a ilustração de algumas possibilidades de iluminação zenital utilizadas normalmente:

Figura 17 - Tipos de Iluminação Zenital



Fonte: Lamberts, 2014.

## 2.6 ISOLAMENTO TERMICO DO CONTAINER

A fim de se atingir uma condição de conforto térmico no interior do container, tanto durante o dia quanto a noite, foram observadas as condições de temperatura internas e aplicados alguns conceitos de isolamento térmico como melhoria.

Conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico (ASHRAE, 2005, p. 37).

Para Lamberts (2014, p. 59), o conforto térmico sempre foi um conceito subjetivo, pois diversos são os fatores e variáveis que influenciam no bem-estar térmico do homem no meio em que se encontra. De acordo com este autor, muitos pesquisadores buscaram enquadrar de forma simplificada este conceito para facilitar sua compreensão, porém as características pessoais variam as definições.

O Isolamento térmico das superfícies em contato externo do container tem algumas características específicas no inverno e verão, conforme ilustração abaixo:

Tabela 6 - Características do Isolamento Térmico

		CONDUÇÃO	CONVECÇÃO	RADIAÇÃO	EVAPORAÇÃO
INVERNO	Promover ganhos	Promover ganho de calor solar			
	Resistir às perdas	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar fluxo de ar externo Minimizar infiltração de ar		
VERÃO	Resistir aos ganhos	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar infiltração de ar	Minimizar ganho solar	Promover resfriamento evaporativo
	Promover Perdas	Promover resfriamento através do solo	Promover ventilação	Promover resfriamento radiativo	

Fonte: Lamberts, 2014.

Em busca da zona de conforto no interior do container, aconselha-se seguir a carta bioclimática adotada no Brasil, ilustrada abaixo:

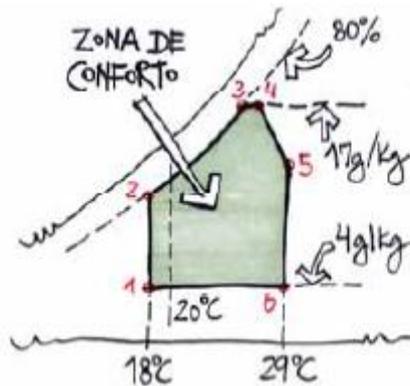
Figura 18 - Carta Bioclimatica Adotada no Brasil



Fonte: Lamberts, 2014.

Segundo Lamberts (2014, p. 64), nas condições delimitadas pela zona de conforto representada acima pela cor branca, haverá grande probabilidade de que as pessoas se sintam em conforto térmico no ambiente interior. O autor também afirma que o organismo humano pode estar em conforto térmico mesmo em diversos limites de umidade relativa (entre 20 e 80%) e de temperatura (entre 18 e 29°C), conforme ilustração abaixo:

Figura 19 - Zona de Conforto Adotada no Brasil



Fonte: Lamberts, 2014

As paredes e teto do container, são superfícies importantes e determinantes para o conforto térmico em seu interior, haja vista que a transmissão de calor acontece quando há uma diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa. O sentido de fluxo sempre será da superfície quente para a mais fria.

Supondo que a temperatura do ar externo está mais elevada que a do ar interno, ocorrência bastante frequente no verão, a elevação da temperatura da superfície externa da parede induz um diferencial entre as duas regiões, havendo troca de calor.

Boa parte da troca de calor nas edificações é devido ao material de construção das paredes, bem como sua pintura. No caso do container, as paredes e teto são fabricadas em aço galvanizado e pintadas, portanto, podemos considerar que sua parede externa tem baixa influência quanto à absorvidade de calor e alta influência sobre a emissividade, ou seja, favorece a aplicação.

Os materiais de construção podem ser organizados em dois grupos bem definidos: os metálicos, com baixas emissividades, compreendidas entre 0,05 e 0,30 e os não metálicos, com altas emissividades, que variam de 0,85 a 0,90. Se uma chapa metálica, cuja emissividade é de 0,20, for pintada com tinta não metálica de qualquer tipo, sua emissividade passará a ser 0,90, correspondente aos materiais não metálicos (LAMBERTS, 2014, p. 72).

Abaixo, apresentamos a tabela com os valores de absorvidade e emissividade de alguns materiais comuns, conforme a NBR 15220-2:

Tabela 7 - Tabela de Valores Absorvidade e Emissividade

TIPO DE SUPERFÍCIE		$\alpha$	$\epsilon$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caiação nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro comum de janela		transparente	0,90 / 0,95
Pintura:	branca	0,20	0,90
	amarela	0,30	0,90
	verde claro	0,40	0,90
	“alumínio”	0,40	0,50
	verde escuro	0,70	0,90
	vermelha	0,74	0,90
	preta	0,97	0,90

Fonte: NBR 15220-2.

Outro fator que contribui para o fluxo de calor, é a condutividade térmica do material, que representa a capacidade do mesmo em conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo.

Materiais como cortiça, o isopor, a lã de vidro e o concreto celular, entre outros, são isolantes térmicos. Estes materiais possuem baixas densidades, ou seja, são bastante porosos. A capacidade de reduzir a transferência de calor se dá ao fato de o ar parado contido nestes poros ter baixa condutividade térmica ( $\lambda$ ). Da mesma forma, uma câmara de ar no interior do fechamento pode reduzir o fluxo de calor através deste (LAMBERTS, 2014, p. 75)

A tabela abaixo mostra a condutividade térmica de alguns materiais:

Tabela 8 - Tabela de Valores de Condutividade Térmica

MATERIAL	$\lambda$ (W/m K)
Concreto normal, densidade de 2.200 a 2.400 kg/m <sup>3</sup>	1,750
Tijolo de barro, densidade de 1.000 a 1.300 kg/m <sup>3</sup>	0,700
Madeira, densidade de 450 a 600 kg/m <sup>3</sup>	0,150
Isopor, densidade de 25 a 40 kg/m <sup>3</sup>	0,035

Fonte: Lamberts, 2014.

As equações para determinação da taxa de transferência de calor estão descritas abaixo:

$$R = L / \lambda \quad (4)$$

Onde:

R = Resistência Térmica do Material (W/m<sup>2</sup> K);

L = Espessura do Material (m);

$\lambda$  = Condutividade Térmica do Material (W/m K).

$$U = 1/R \quad (5)$$

Onde:

U = Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup> K);

R = Resistência Térmica do Material (W/m<sup>2</sup> K).

$$q = U * \Delta t \quad (6)$$

Onde:

q = Densidade do Fluxo de Calor (W/m<sup>2</sup>);

$U$  = Transmitância Térmica ( $W/m^2 K$ );

$\Delta t$  = Diferença de Temperatura Interna e Externa (K).

$$q = U * (t_{\text{sol-ar}} + t_{\text{ext}} - t_{\text{int}}) \quad (7)$$

Onde:

$q$  = Densidade do Fluxo de Calor ( $W/m^2$ );

$U$  = Transmitância Térmica ( $W/m^2 K$ );

$t_{\text{sol-ar}}$  = Temperatura com influência do sol direto (K).

$$t_{\text{sol-ar}} = a \cdot I \cdot R_{se} \quad (8)$$

Onde:

$t_{\text{sol-ar}}$  = Temperatura com influência do sol direto (K);

$a$  = Absorvidade da superfície externa ( $W/m^2$ );

$I$  = Radiação Solar Incidente no local ( $W/m^2$ );

$R_{se}$  = Resistência Superficial Externa ( $W/m^2 K$ );

A partir do conhecimento dos materiais aplicados na construção, pode-se aplicar as equações acima e estimar, por exemplo, qual a taxa de calor transmitida para o interior do container, ou, qual será a temperatura interna medida na parede pelos usuários.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo PRODANOV e FREITAS p.43, 2013, a pesquisa científica é a realização de um estudo planejado, sendo o método de abordagem do problema o que caracteriza o aspecto científico da investigação. Para o autor sua finalidade é descobrir respostas para questões mediante a aplicação do método científico. De fato, a pesquisa sempre parte de um problema, de uma interrogação, uma situação para a qual o repertório de conhecimento disponível não gera resposta adequada, onde para solucionar esse problema, são levantadas hipóteses que podem ser confirmadas ou subsidiadas pela pesquisa. Portanto, toda pesquisa se baseia em uma teoria que serve como ponto de partida para a investigação. Ainda de acordo com PRODANOV e FREITAS p.49, 2013 na vida acadêmica, a pesquisa é

um exercício que permite despertar o espírito de investigação diante dos trabalhos e problemas sugeridos ou propostos pelos professores e orientadores.

### 3.1 TIPO DE PESQUISA APLICADA NO TRABALHO

O presente trabalho foi executado a partir de uma pesquisa explicativa. Segundo GIL p.28 2010, a pesquisa explicativa se caracteriza quando o pesquisador procura explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados. Para o mesmo autor este tipo de pesquisa visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos e aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão e o porquê das coisas.

As pesquisas explicativas são mais complexas, pois além de registrar, analisar, classificar e interpretar os fenômenos estudados, têm como preocupação central identificar seus fatores determinantes. Esse tipo de pesquisa é o que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas e, por esse motivo, está mais sujeita a erros.

Sob o ponto de vista de abordagem do problema, a pesquisa se caracteriza de forma quantitativa, pois utilizam-se de números, variáveis e fórmulas que permitem classificar e analisar os dados obtidos. Para PRODANOV e FREITAS p.70, 2013:

Essa forma de abordagem é empregada em vários tipos de pesquisas, inclusive nas descritivas, principalmente quando buscam a relação causa-efeito entre os fenômenos e também pela facilidade de poder escrever a complexidade de determinada hipótese ou de um problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou das atitudes dos indivíduos.

## 3.2 ETAPAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho, foi realizado em algumas etapas conforme exposto abaixo:

### 3.2.1 Coleta de Informações das Necessidades em Campo

As necessidades observadas ao container vieram a partir de experiências do autor em execução de obras em diferentes locais do Brasil durante aproximadamente 03 anos, como nas cidades de Fortaleza - CE, Porto Alegre - RS, Tubarão - SC, Rio Grande - RS. Devido as obras serem de curto prazo de execução, entre 10 a 90 dias, as estruturas montadas para apoio das equipes são temporárias, sendo uma das necessidades, um container escritório. Em todos os exemplos citados, houve a instalação de container de apoio como base de trabalho.

### 3.2.2 Estudo de Bibliografias Referentes às Necessidades Observadas;

Algumas bibliografias utilizadas no trabalho foram obtidas em acervo próprio do autor que utilizou boa parte de seu material da graduação em eng. Mecânica utilizado no curso para dimensionamentos e cálculos.

Foram utilizadas também revistas sobre o setor elétrico do ano de 2016 e 2017 como matérias atualizadas sobre os temas, artigos acadêmicos publicados entre os anos de 2010 e 2017 para fundamentações teóricas específicas, livros de autores renomeados nas questões abordadas, bem como os materiais disponibilizados em aula pelos professores do curso de Pós-Graduação em Energias Renováveis realizado pelo autor.

### **3.2.3 Estudo da Viabilidade de Implantação dos Itens Necessários ao Funcionamento do Container Proposto**

Para viabilidade de implantação dos itens necessários ao container, o autor teve auxílio de profissionais relacionados a áreas específicas como energia solar e térmica.

### **3.2.4 Aplicação das Teorias e Cálculos de Dimensionamento**

As teorias foram expostas sempre de acordo com princípios de autores e algumas adaptações a critério do autor. Os cálculos foram realizados pelo autor e os dados organizados em planilhas no Excel. Alguns valores necessários aos cálculos foram obtidos em plataformas digitais de acesso público com dados atuais.

### **3.2.5 Estudo de Espaço Físico e Desenvolvimento de Protótipo em Software 3D**

Quanto ao espaço físico para armazenar todos os componentes do container, foi realizado o projeto tridimensional no software Solid Works 2010 e inseridos no desenho os principais itens necessários ao funcionamento do mesmo.

### **3.2.6 Análise Crítica dos Resultados Obtidos**

Os resultados obtidos foram avaliados em conjunto com os orientadores e aperfeiçoados durante o desenvolvimento do trabalho.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos em cada um dos métodos aplicados estão apresentados nos próximos capítulos. Para cada item analisado, foram efetuados os cálculos e resumidos em planilhas expostas abaixo.

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Para dimensionar o sistema de geração de energia, consideramos a utilização simultânea de alguns equipamentos eletrônicos e utensílios utilizados ao longo do dia, em horário de trabalho, e à noite, durante o descanso, conforme tabela abaixo:

Tabela 9 - Relação de Consumo no Container em Watts

Relação de Consumo do Container em Watts					
Qt	Equipamento	Consumo W		Horas de uso/dia	Consumo W por dia
		Unitário	Total		
2	Lâmpadas	6	12	8	96
1	Computador	300	300	8	2400
1	Ventilador	100	100	8	800
1	Ar condicionado	1000	1000	6	6000
1	Forno Micro-ondas	1200	1200	0,15	180
1	Televisor	80	80	4	320
1	Frigobar	70	70	24	1680
Total do consumo Wh/dia					11476

Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2017.

O modelo de placa solar escolhido foi a fotovoltaica poli cristalino da marca Canadian Solar, com potência de 320W, conforme descrição abaixo:

### Placa Solar Canadian Solar - Modelo CS6X-320P - 320Watts

Tecnologia: Policristalino - 72 células

Potência da Placa Fotovoltaica: 320Watts

Eficiência: 16,68%

Largura x Altura e Peso: 1.95m x 0,98m - 22kg

Inmetro: SIM

IEC 61215: SIM

O painel em questão possui rendimento de 16,68 %, considerado alto, e área útil de insolação de 1,91 m<sup>2</sup>. Consideramos a utilização do container em 5 diferentes regiões do Brasil, citadas na tabela 2 no início do trabalho, e a partir de cada região, aplicamos a formula para obtenção da área de insolação necessária para que diariamente o sistema fosse carregado. Foi considerada eficiência de 85% para o sistema. Abaixo a tabela com as diferentes cidades e as respectivas áreas de insolação necessárias para cada uma:

Tabela 10 - Área de Insolação e Coleta Necessária por Cidades

Área de Coleta (m <sup>2</sup> ) por Cidades					
Cidades:	BELEM	FORTALEZA	SALVADOR	SÃO PAULO	PORTO ALEGRE
Potência Disponível (kwh/dia)	4,296	4,704	4,342	3,937	3,945
Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	19,6	17,9	19,4	21,4	21,4

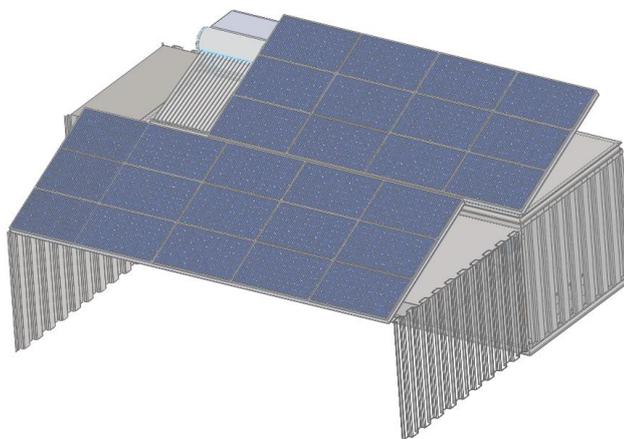
Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2017.

Analisando os dados, observa-se que 12 painéis de dimensões individuais de 1,98 x 0,98 m do modelo proposto seriam o suficiente para produzir energia para um dia de abastecimento de todos os equipamentos considerados, inclusive com o ar condicionado sendo ligado por 06 horas durante o dia. Caso não seja ligado o ar condicionado, o sistema teria autonomia de dois dias de abastecimento dos demais equipamentos.

O container foi projetado para que durante o dia, o telhado portando as placas solares fosse duplicado, permitindo assim a exposição de um total máximo de

28 m<sup>2</sup> de superfície plana, portanto os 12 painéis teriam espaço suficiente para serem armazenados sobre o telhado do container, conforme ilustração abaixo:

Figura 20 - Perspectiva Isométrica dos Painéis Instalados no Container



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

#### 4.1.1 Dimensionamento das Baterias

Utilizando a equação 2 citada no início do trabalho e aplicando eficiência de 60% para baterias de chumbo convencionais, temos uma corrente necessária de 1594 Ah com tensão a 12V, o que se torna muito difícil em uma única bateria. Neste caso podemos aplicar uma associação de baterias convencionais de 150 Ah utilizando 11 baterias em série.

Com o avanço das tecnologias de armazenamento de energia, também é possível utilizar baterias de diferentes componentes químicos, segundo o site O Globo em notícia de junho/2016:

LOS ANGELES - Pioneira na produção de carros elétricos, a fabricante americana Tesla entrou num novo mercado com o lançamento da Powerwall, uma bateria com capacidade de armazenar e administrar energia solar em residências, empresas e até em companhias de fornecimento de energia. Os kits de baterias de íon-lítio recarregáveis podem ser colocados em garagens e serão vendidos a partir de US\$ 3 mil, na opção de 7kWh. A capacidade de armazenamento resolve uma das principais dificuldades para a expansão do uso da energia solar no mundo: como fazer quando não está sol. As baterias serão conectadas à internet, e será possível colocar até nove baterias juntas, o que permitirá o armazenamento de uma quantidade maior de energia, além de

poderem ser administradas remotamente pela Tesla. A Powerwall tem 15 centímetros de espessura, 1,2 metro de altura e 91 centímetros de largura.

Vale salientar que durante o dia, a energia gerada pelos painéis solares pode ser utilizada diretamente pelos equipamentos consumidores, e que apenas em momentos de picos e excesso de energia as baterias são carregadas e armazenam energia para a noite ou dia seguinte.

Figura 21 - Baterias de Chumbo Convencionais



Fonte: Web ar condicionado, 2016.

#### 4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA SOLAR

Para o dimensionamento do sistema de geração de energia térmica do container, consideramos o consumo diário e noturno de duas pessoas conforme a norma NBR 15569 citada no início do trabalho, as considerações estão na tabela abaixo:

Tabela 11 - Consumo de Água Quente por Dia no Container em Litros

Consumo de Água Quente por Dia no Container em L			
Ponto de Consumo	Consumo Médio/pessoa	QTD	TOTAL
Chuveiro	90	2	180
Pia	7	2	14
Total			194

Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2017.

Utilizando equação 3 citada no início do trabalho, considerando os valores de irradiação solar da cidade com potencial mais baixo (Porto Alegre), e considerando o volume de água de 200 litros para o reservatório:

$$E * A * \mu = M * \gamma * \Delta T$$

Onde:

$$E = 3,945 \text{ (kWh/ m}^2\text{)}$$

$$A = X \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\mu = 69,8 \%$$

$$M = 200 \text{ (l)}$$

$$\gamma = \text{Calor específico da água (4180 J/kg.}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta T = 30^\circ\text{C}$$

Encontramos o valor de 1,94 m<sup>2</sup> de área coletora necessária para um reservatório contendo 200 litros de água quente. O coletor escolhido para instalação foi o modelo MSAG 20 BP da empresa Maxsun que possui 2,098 m<sup>2</sup> de área coletora e capacidade para 220 litros, conforme especificação técnica do fabricante abaixo:

Figura 22 - Características Técnicas Aquecedor Maxsun

**Materiais:**

1. Tanque Interno: Aço Inox SUS304, 0.5 mm;
2. Tanque externo: Aço Galvanizado Pintura Eletrostática (MSAG);
3. Tubo à vácuo: 3 camadas; dimensões: 58x1800 mm; Espessura 2mm;
4. Suporte: Aço 1,5 mm Galvanizado Pintura Eletrostática;
5. Isolamento: Poliuretano 50 mm;
6. Opcionais: Controlador eletrônico, Apoio elétrico, Tanque auxiliar;

**Modelos:**

**Aço Galvanizado + Pintura Epóxi (eletrostática)**

Modelo	Nº Tubos	Capacidade	Diâmetro Tanque	Dimensões Larg x Comp (m)
MSAG20BP	20 tubos	220 litros	470 mm	1,70 x 2,20
MSAG30BP	30 tubos	330 litros	470 mm	2,40 x 2,20



O coletor possui autonomia de até três dias de conservação da temperatura interna do Boiler, porém conta com aquecimento de apoio de resistência, se necessário em dias seguidos sem insolação.

Lembrando que este reservatório de 220 litros, seria a capacidade de água quente armazenada, e que o reservatório ou “caixa d’água” do container terá maior capacidade e será tratado em outro capítulo do trabalho.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO ISOLAMENTO TÉRMICO DO CONTAINER

Para os cálculos de dimensionamento do isolamento térmico do container, utilizamos os dados climáticos da região de Fortaleza/CE, onde a temperatura máxima estimada é de 40° C, e a densidade máxima do fluxo de calor é de 6000 W/m<sup>2</sup>. Os dados utilizados para o dimensionamento estão na tabela abaixo:

Tabela 12 - Dados para Cálculo do Isolamento Térmico do Container

Dados para Cálculo do Isolamento Térmico do Container						
Material	Espessura [m]	Condutividade Térmica ( $\lambda$ ) [W/m K]	Absorvidade da Superfície (a)	Emissividade da Superfície (a)	Radiação Solar Externa (I) [W/m <sup>2</sup> ]	Resistência Superficial Externa (Rse) [W/m <sup>2</sup> K]
Aço Carbono (pintado)	0,004	50	0,2	0,9	6000	2,857
Isopor	0,1	0,035	NA	NA	NA	NA

Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2017.

O material isolante proposto foi o Poliestileno Expandido –EPS na espessura de 100 mm, comumente encontrado em lojas do segmento civil.

EPS, sigla de Expanded PolyStyrene ou Poliestireno expandido, muito conhecido no Brasil como ISOPOR®, marca registrada da Knauf Isopor Ltda. Este material foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz. Segundo ABRAPEX 2000:

O EPS é uma espuma sólida com uma combinação única de características, como a leveza, propriedades de isolamento, durabilidade e uma excelente processabilidade. É composto por plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarbureto que se

deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. Sua matéria-prima é originada principalmente do petróleo e seu material é extremamente leve, considerando que é composto de 98% de ar. Expandidas, as pérolas consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em 1m<sup>3</sup> de EPS, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar.

Após a aplicação das equações citadas no início do trabalho, foi verificado que as placas de Poliestileno nas paredes e teto do container favorecem bastante as condições de conforto em seu interior. Apesar de sofrerem a troca térmica com a superfície externa por condução, as paredes apresentam em média, temperatura interna de 26°C nos dias mais quentes do ano (em torno de 40°C), o que torna importante a aplicação.

Segundo Brandão 2015, várias são as vantagens do uso do EPS para aplicações economicamente viáveis e sustentáveis, conforme tabela abaixo:

Tabela 13 - Características EPS

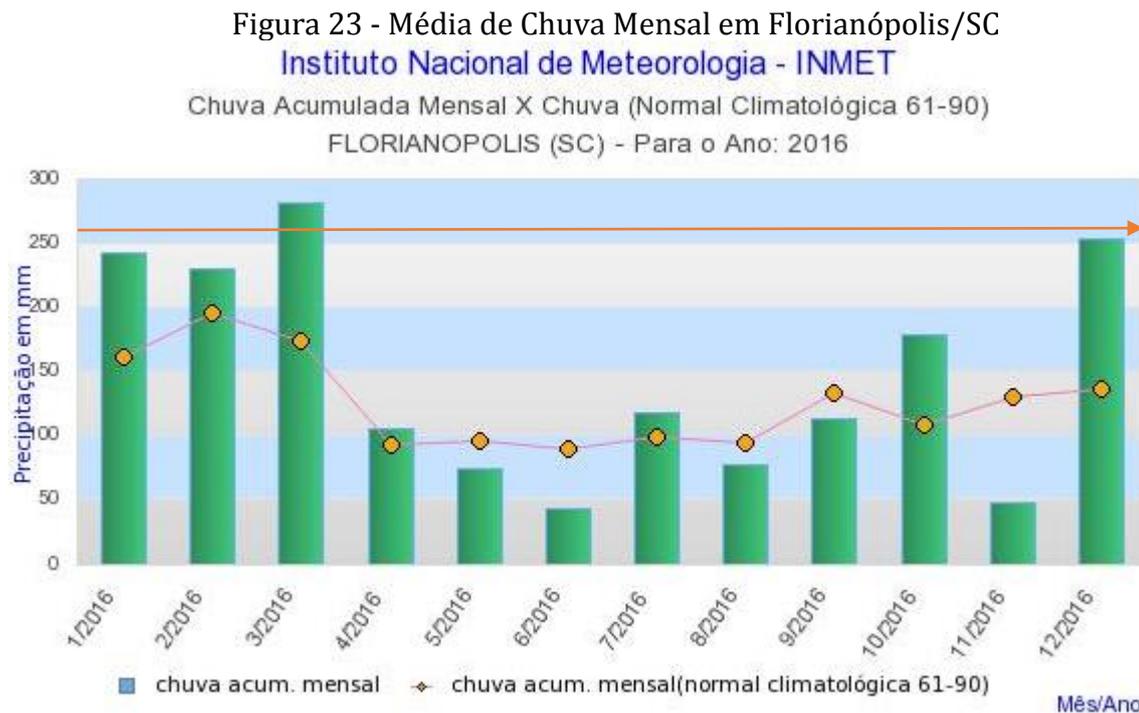
PROPRIEDADES	VANTAGENS	SUSTENTABILIDADE
<b>Baixa condutividade térmica</b>	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao isopor um grande poder isolante.	Conforto termo acústico; Redução do consumo de energia.
<b>Baixo peso</b>	As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m <sup>3</sup> , permitindo uma redução substancial do peso das construções quando utilizado como sistema construtivo.	Redução do uso de materiais em canteiro; redução de peso e materiais na fundação.
<b>Resistência a intempéries</b>	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS.	Durabilidade do material
<b>Resistência mecânica</b>	Apesar de muito leve, o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária.	--
<b>Baixa absorção de água</b>	O isopor não é higroscópico. Mesmo quando imerso em água o isopor absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal propriedade garante que o isopor mantenha as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.	Durabilidade do material; Conforto hidrotérmico.
<b>Facilidade de manuseio</b>	O baixo peso do isopor facilita o manuseio do mesmo em obra.	--
<b>Versatilidade</b>	Flexibilidade na forma e facilmente cortado e moldado. Possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros.	Integração no processo de produção da edificação; redução de desperdício e resíduos em canteiro de obras.

Fonte: Brandão, Carolina 2015.

#### 4.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUA DA CHUVA

Foi optado por alterar a estrutura do teto do container para que a área de coleta de energia solar fotovoltaica fosse maior. Da mesma maneira a área de coleta de água da chuva foi dobrada, permitindo com que o projeto de captação fosse viável.

Considerando os dados do Instituto Nacional de Meteorologia de chuva mensal da cidade de Florianópolis/SC no ano de 2016 conforme o gráfico abaixo:



Fonte: INMET, 2016.

Podemos considerar a média mensal de 145 mm de chuva rescindindo sobre o telhado (duplo) de 28 m<sup>2</sup> durante um mês, o que levaria ao armazenamento de 4000 litros de água por mês para consumo dos usuários. Analisando os volumes mínimos adequados para um usuário de acordo com a NBR 15569, a água disponível coletada pela área do telhado do container seria suficiente para 2,2 usuários considerando um banho por dia durante 30 dias.

O sistema de coleta da água previsto para o container conta com a instalação de calhas de aço galvanizado e condução por canos de PVC até a caixa d'água posicionada dentro do container abaixo do nível do telhado.

#### 4.5 SISTEMA DE TRATAMENTO DE AGUA E ESGOTO

Devido ao desconhecimento das condições de fabricação do sistema de esgoto no local de utilização do container, optou-se por utilizar a miniestação de tratamento de água e esgoto, como proposto pela empresa Organum, onde o sistema pode ser transportado juntamente com o container e instalado no meio ambiente onde será utilizado sem que agrida o meio ambiente, utilizando mão de obra comum para instalação. As capacidades de cada estação dependem da necessidade do projeto, como regra prática é recomendado um reservatório de 200 litros para cada usuário.

Figura 24 - Exemplo de Instalação de Mini ETE



Fonte: <https://fotos.habitissimo.com.br>, acesso em 2017.

Para o tratamento da água, se prevê o armazenamento da água da chuva coletada na área do telhado e armazenamento numa caixa d'água no interior do container, abaixo do nível dos telhados. Nesta caixa d'água, seriam instalados os filtros na entrada e saída da água, de modo que a mesma seja reutilizada como "não potável".

Para deslocamento desta água filtrada a um ponto superior, de modo que venha a gerar um diferencial de pressão necessário para o chuveiro por exemplo, sugere-se instalar uma bomba centrífuga com baixa potência (500W) que seja acionada apenas quando há carga suficiente nas baterias e que a energia produzida não tenha

onde ser armazenada, ou sob demanda conforme nível da caixa d'água principal localizada acima do telhado do container.

#### 4.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO;

Considerando que o projeto não possui fins lucrativos, e sim permitir as condições necessárias de trabalho em regiões isoladas, não foi calculado tempo de retorno do investimento, foi desenvolvida a planilha abaixo como demonstrativo de investimentos para idealização do projeto como piloto:

Tabela 14 - Demonstrativo de Investimento para Projeto Piloto - Container Sustentável

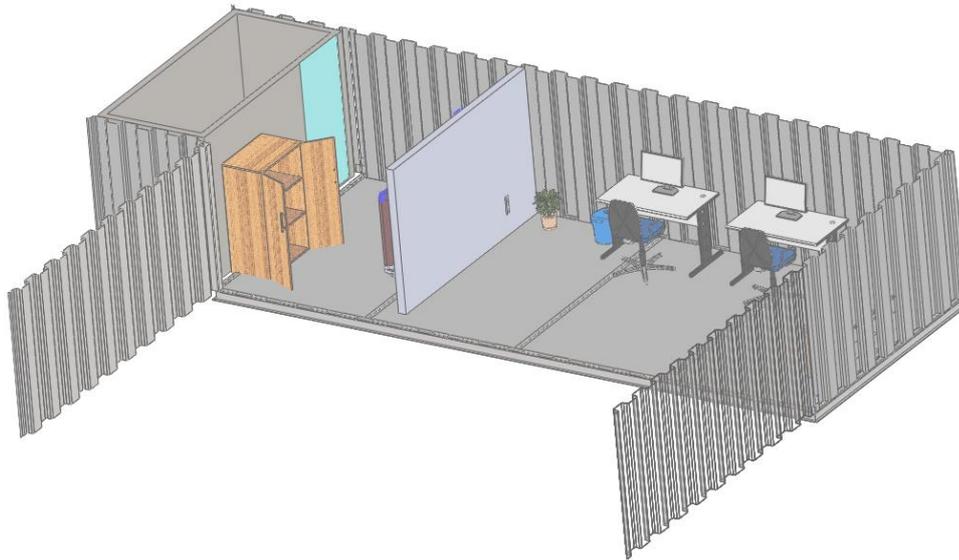
<b>Demonstrativo de Investimentos para Projeto Piloto Container Sustentável</b>			
Etapa	Investimento	Custos de Mão de Obra	Total
Projeto Detalhado	R\$ 2.000,00		R\$ 2.000,00
Aquisição do Container	R\$ 6.000,00		R\$ 6.000,00
Adaptações Estruturais Portas e Janelas		R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Aquisição de Iluminação Natural	R\$ 2.000,00		R\$ 2.000,00
Aquisição do Sistema Fotovoltaico	R\$ 14.000,00		R\$ 14.000,00
Instalação do Sistema Fotovoltaico		R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Aquisição do Sistema Solar Térmico	R\$ 3.000,00		R\$ 3.000,00
Instalação do Sistema Térmico		R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Aquisição do Sistema Coletor de Água	R\$ 2.000,00		R\$ 2.000,00
Instalação do Coletor de Água		R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Aquisição do Tratamento de Esgoto	R\$ 2.500,00		R\$ 2.500,00
Instalação do Tratamento de Esgoto		R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Aquisição do Isolamento Térmico	R\$ 1.000,00		R\$ 1.000,00
Instalação do Isolamento Térmico		R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Pintura Geral		R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Documentações	R\$ 3.000,00		R\$ 3.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 49.500,00</b>

Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2017.

#### 4.7 PROJETO ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO

A estrutura do container foi alterada, de modo que a parte frontal do mesmo pudesse ser aberta, permitindo que o segundo telhado com as placas de energia solar sejam expostas ao sol e permitam o aumento da área útil do container.

Figura 25 - Perspectiva 3D com Corte



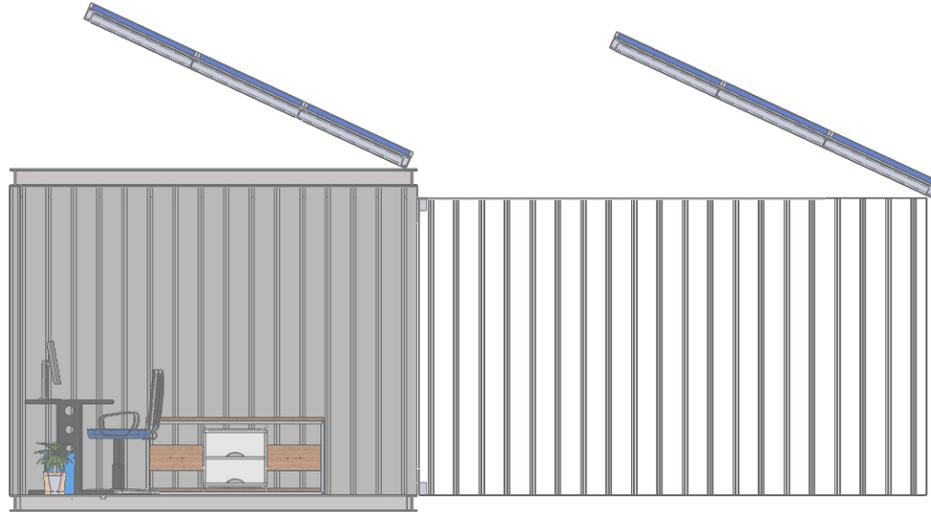
Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

Figura 26 - Vista Frontal



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

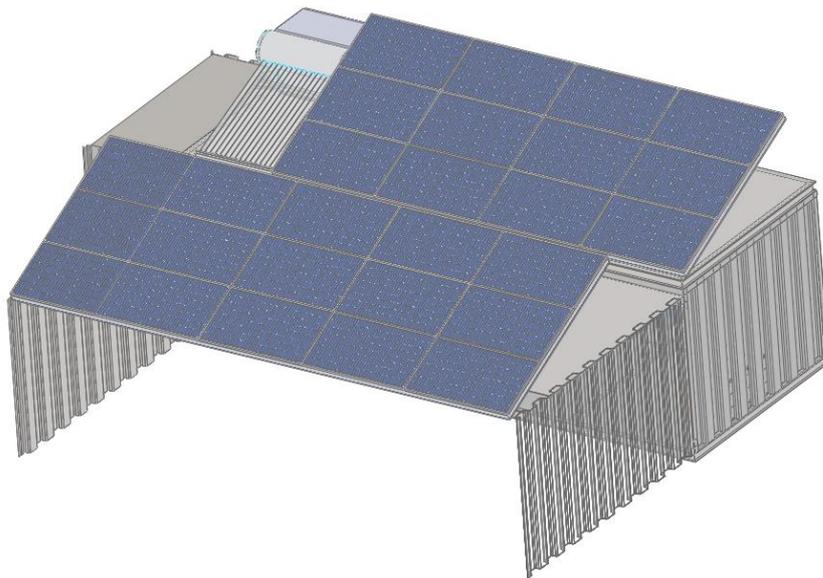
Figura 27 - Vista Lateral Esquerda



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

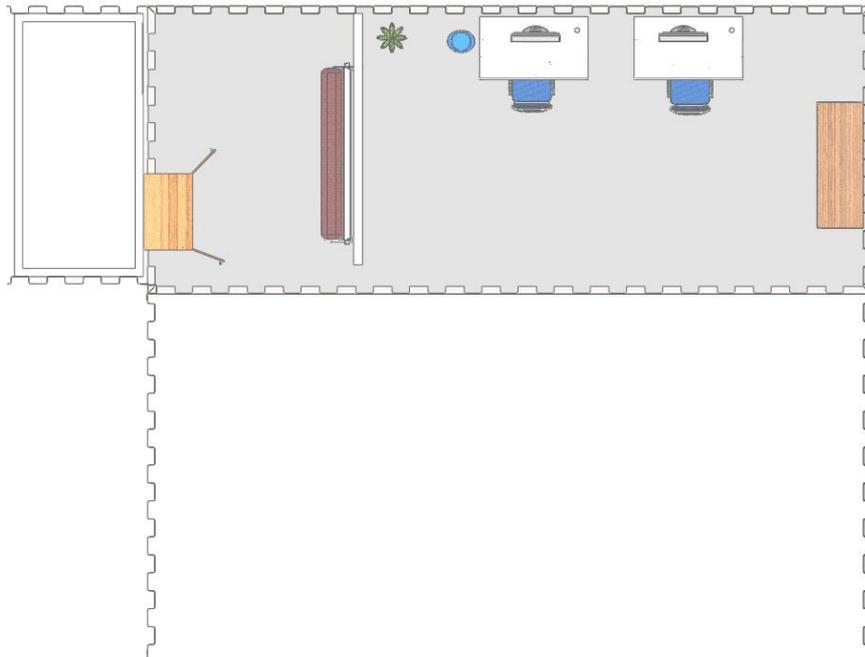
Foram aplicadas janelas em material translúcido para que a iluminação natural do ambiente seja favorecida durante o dia.

Figura 28 - Perspectiva em 3D



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

Figura 29 - Vista Superior com Corte

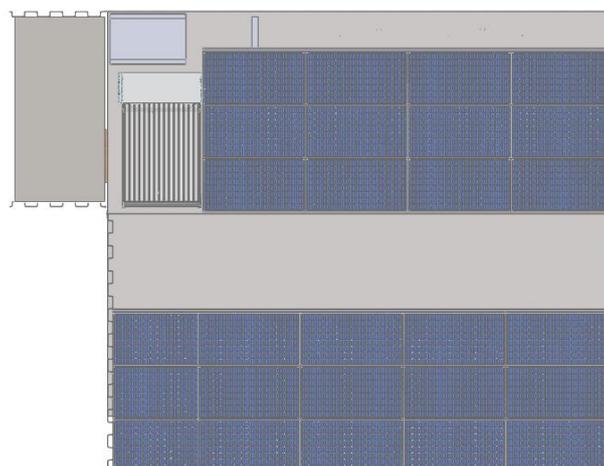


Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

As portas originais do container foram preservadas e servem de estrutura para o “modulo sanitário” que pode ser recolhido para dentro do container mantendo as dimensões originais externas do container para transporte em caminhões e navios.

O container quando em modo “viagem” permanece com as características e dimensões externas padrões para facilitar o transporte. Todos os itens necessários à sua instalação em campo são armazenados e transportados em seu interior, incluindo sistema de tratamento de água e esgoto.

Figura 30 - Vista Superior



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2017.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Após os estudos e dimensionamentos realizados, percebe-se que o container proposto garante as condições de conforto e funcionalidade para as situações encontradas no dia a dia das obras no Brasil, uma vez que apresenta autossuficiência para gerar sua própria energia e garantir o funcionamento dos equipamentos básicos ao uso diário dos usuários.

O container desenvolvido, se mostra também uma ótima alternativa para utilização como estrutura de apoio temporária a vários outros segmentos, como por exemplo, campanhas, sociais, civis e forças tarefas.

Suas características construtivas padrões, permitem o transporte e instalação em locais remotos e distantes de civilização, onde seriam muito difíceis e demoradas as providências necessárias para habitação e convivência dos usuários.

Devido ao objetivo de o projeto não ser de cunho lucrativo, o investimento para desenvolvimento do protótipo se mostra interessante ao médio prazo, uma vez que o container além de propiciar condições rápidas para o início da obra, permite a economia de energia e recursos naturais durante sua utilização.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugerimos o aprofundamento de soluções para armazenamento da energia gerada pelos painéis solares, bem como a instalação de um sistema de tratamento de esgoto portátil ainda mais eficaz sem que seja necessária a intervenção no solo natural por exemplo.

Outro estudo relacionado ao container, seria a possibilidade de utilizar resfriamento nas placas de geração de energia solar fotovoltaica e armazenamento de energia térmica com o pré-aquecimento da água para uso comum.

## REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil. Brasília, 2002.

ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 10<sup>a</sup> Edition, 2005.

BRANDÃO C, BRASIL P. C, Artigo, Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental, 2015.

BRITO G., VANIA C., ALMEIDA A. Manual ABNT: Regras Gerais de Estilo e Formatação de Trabalhos Acadêmicos, 4<sup>a</sup> edição Revisada e Ampliada, São Paulo 2014.

CARNEIRO. J. Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos, Projeto Interdisciplinar, Universidade do Minho, 2009.

CRIPPA G, A regulação da microgeração e minigeração de energia no Brasil, Publicado em Ambiente Legal Justiça e Política disponível em <http://www.ambientelegal.com.br/a-regulacao-da-microgeracao-e-minigeracao-de-energia-no-brasil/> acesso em agosto de 2017.

DASOL, Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA, 2016.

FERREIRA O. M, VASCONCELOS L.F, Captação de água de chuva para uso domiciliar Universidade Católica de Goiás.

FOX & MAC DONALD, Introdução à Mecânica dos Fluidos, 1998.

FREITAS E, PRODANOV C, Metodologia do Trabalho Científico, Universidade Fevale, Rio Grande do Sul, 2013.

GALBIATI, A. F.. UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL, Campo Grande. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração, 2009. Tese (Mestrado).

GIL, A. C. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL, Sexta edição, São Paulo, Editora Atlas, 2010.

GUERRA L. R. M, TCC, Implantação de Fossas Verdes em Comunidades Rurais de Municípios do Alto Sertão de Alagoas como Biorremediação do Esgoto Domiciliar, 2014.

<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html> acesso em 02/08/2017

<http://globalsolaratlas.info/?c=-15.326572,-39.199219,4&s=-28.22697,-50.712891&e=1> acesso em 03/08/2017

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2014/02/tecnologias-de-energia-solar-termica/23771> acesso em 03/08/2017

<https://oglobo.globo.com/economia/tesla-lanca-bateria-residencial-para-armazenar-energia-solar-16040567> acesso em 03/08/2017

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>, acesso em 09/08/2017.

LAMBERTS, ROBERTO E OUTROS. Eficiência Energética na Arquitetura, 3 edição, 2014.

NETO C. B. M.Eng , Transferência de Calor, Volume II – Isolamento Térmico Curso Técnico – Módulo 2, 2009.

OLIVEIRA NETTO, A. P. et. al. Utilização da Fossa Verde como Biorremediação do Esgoto Domiciliar no Estado de Alagoas. IV Seminário Internacional de Engenharia de Saúde. Maceió/AL, 2012.

PROSAB, Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro : ABES, 2006.

SILVA e NETTO, A Utilização de Fossas Verdes para o Saneamento Básico e Desenvolvimento Sustentável no Nordeste, Universidade Federal da Alagoas – UFAL- Departamento de saneamento básico, Alagoas 2014.

TOMAZ P, Aproveitamento da Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003.

VIEIRA M. V. Artigo, Aproveitamento da Luz natural como estratégia para eficiência energética em edificações, 2016.

WEIERBACHER L., TCC, estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na Indústria moveleira bento móveis de alvorada – RS, 2008.

WHITE F. M, *Fluid Mechanics, New York*, 1979.

WALKER A, MAHJOURI F, R, STITELERE, Vacuated-Tube Heat-Pipe Solar Collectors Applied to the Recirculation Loop in a Federal Building, June 2004 • NREL/CP-710-36149.