



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATASHA THÁLITA LUBEKE FARIAS CONTI DA COSTA

**SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO PÚBLICA: UM ESTUDO
DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA E DA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

MATINHOS

2019

NATASHA THÁLITA LUBEKE FARIAS CONTI DA COSTA

**SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO PÚBLICA: UM ESTUDO
DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA E DA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Paraná, como requisito
para a obtenção do título de graduado em Gestão
Ambiental

Orientador: Juliana Quadros

MATINHOS

2019

NATASHA THÁLITA LUBEKE FARIAS CONTI DA COSTA

**SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO PÚBLICA: UM ESTUDO
DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA E DA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Paraná como requisito
parcial para a obtenção do título de graduado em
Gestão Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Professora Juliana Quadros

Professor Eduardo Harder

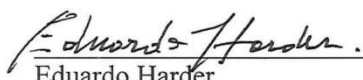
Professor Luiz Mestre

Pontal do Paraná, 05 de agosto de 2019

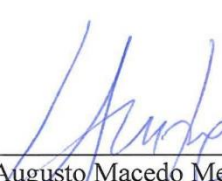
ATA DE AVALIAÇÃO DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos vinte e dois dias do mês de novembro de dois mil e dezenove, às oito horas e trinta minutos, no Setor Litoral da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso, constituída pelos professores Eduardo Harder e Luiz Augusto Macedo Mestre, sob a presidência da Orientadora professora Juliana Quadros. O Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da aluna **Natasha Thalita Lubeke Farias Conti da Costa** sob o título: **“Sustentabilidade na gestão pública: um estudo da utilização da energia fotovoltaica e da captação de águas pluviais”**, obteve o conceito APL. A aluna deverá efetuar as correções solicitadas pela banca e entregar a versão final em formato digital, até o dia 22 do mês de novembro, do ano 2019, na assessoria da Câmara do curso de Gestão Ambiental.

Juliana Quadros
Professora Orientadora



Eduardo Harder
Membro da banca avaliadora



Luiz Augusto Macedo Mestre
Membro da banca avaliadora

Dedico este trabalho aos meus pais, que são a razão de eu não desistir e sonhar, buscando dias melhores e a todos os meus grandes mestres nessa jornada que perdurou por longos cinco anos onde houveram muitas trocas, trocas estas que me acresceram não somente como profissional que já estou me tornando, mas, como pessoa, sendo mais humano, mais cauteloso com a vida do próximo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me auxilia continuamente em situações diversas me guiando sabiamente nos bons caminhos, pelo dom da vida, por me fazer compreender que eu posso tudo quando ele está ao meu lado e luto pelo que é correto.

Aos meus pais por estarem ao meu lado me dando forças continuamente e por me fazer acreditar que posso ser uma pessoa melhor a cada dia.

À família que acreditou que eu seria capaz.

Aos amigos e amigas, parceiros e parceiras da caminhada e aos demais colegas de classe, por dividirmos aprendizados, compartilharmos situações diversas, (risos, anseios, tristezas), sempre na certeza que chegaríamos a esse momento.

COSTA, Natasha T. L F Conti da. **Sustentabilidade na Gestão Pública:** um estudo da utilização da energia fotovoltaica e da captação de águas pluviais. 2019.p.62 Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Gestão Ambiental- UFPR, Matinhos, 2019.

RESUMO

Os administradores públicos vêm se envolvendo cada vez mais na descoberta de novas formas de economizar energia e recursos hídricos. Com o desenvolvimento sustentável se movendo para a linha de frente da crise ambiental dos países e do mundo como um todo, a administração pública colocou-se no meio do processo de planejamento dos projetos de sustentabilidade que vem sendo desenvolvidos para tal. Existem várias alternativas de se tornar os ambientes urbanos mais sustentáveis, onde as mais conhecidas e que vem sendo cada vez mais utilizadas são as soluções que envolvem a utilização da energia fotovoltaica e a captação de águas pluviais para algumas finalidades específicas. Sendo assim, este estudo tem como objetivo abordar as soluções de sustentabilidade existentes para a utilização da energia fotovoltaica e da captação de águas pluviais pela administração pública, como forma de viabilizar suas ações junto à sociedade.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Captação de Águas Pluviais. Sustentabilidade.

COSTA, Natasha T. L F Conti da **Sustainability in Public Management**: a study of photovoltaic energy use and rainwater harvesting. 2019. P. 62. Course Conclusion Paper, Graduation in environmental management - UFPR, Matinhos, 2019.

ABSTRACT

Public administrators are increasingly involved in finding new ways to save energy and water resources. With sustainable development moving to the forefront of the environmental crisis of countries and the world as a whole, public administration has placed itself in the middle of the planning process of the sustainability projects that have been developed for this purpose. There are several alternatives to becoming more sustainable urban environments, where the best known and increasingly used are solutions that involve the use of photovoltaic energy and rainwater harvesting for some specific purposes. Therefore, this study aims to address the existing sustainability solutions for the use of photovoltaic energy and rainwater capture by the public administration, as a way to enable their actions with society.

Key-words: Photovoltaic Energy. Rainwater. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipologias da Certificação LEED.....	34
Figura 2 – Análises realizadas nas Tipologias da Certificação LEED.....	34
Figura 3 – Pontuação para as Tipologias da Certificação LEED.....	35
Figura 4 – Benefícios Econômicos da Certificação LEED.....	35
Figura 5 – Benefícios Sociais da Certificação LEED.....	36
Figura 6 – Benefícios Ambientais da Certificação LEED.....	36
Figura 7 – Médias de redução no consumo promovidas pela Certificação LEED.....	37
Figura 8 – Exemplo de pavimento permeável (intertravamento)	40
Figura 9 – Sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais.....	40
Figura 10 – Poste Fotovoltaico.....	43
Figura 11 – Poste Fotovoltaico.....	44
Figura 12 – Retirada do pavimento existente.....	46
Figura 13 – Retirada da base do pavimento.....	46
Figura 14 – Aberturas das valas para instalação da tubulação.....	47
Figura 15 – Compactação do solo que receberá o pavimento.....	47
Figura 16 – Instalação de manta impermeável sobre o pavimento.....	48
Figura 17 – Instalação da tubulação para a drenagem.....	48
Figura 18 – Instalação da cisterna.....	49
Figura 19 – Instalação da caixa de acesso à cisterna.....	49
Figura 20 – Colocação de brita para construção da base do pavimento.....	50
Figura 21 – Compactação da camada de base do pavimento.....	50
Figura 22 – Colocação do material de assentamento.....	51
Figura 23 – Colocação do pavimento permeável.....	51

Figura 24 – Colocação do material de rejuntamento.....	52
Figura 25 – Compactação do pavimento permeável.....	52
Figura 26 – Limpeza do pavimento permeável.....	53
Figura 27 – Panorama da Certificação LEED no Brasil.....	56
Figura 28- Saída de Campo Praia Brava.....	63
Figura 29- Saída de Campo Parque Rio da Onça.....	64
Figura 30- Saída de Campo em Propriedade Agroflorestal Familiar.....	64
Figura 31- Aula Prática de Surf.....	66
Figura 32- Aula Prática de surf	66
Figura 32- Aulas MakeICH.....	70
Figura 33- Maquiagens.....	70

Sumário

INTRODUÇÃO.....	10
1 FUNDAMENTOS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	12
1.1 FORMAS DE OBTENÇÃO DA ENERGIA SOLAR	14
1.2 PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	15
1.3 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	16
2 TECNOLOGIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	17
2.1 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	18
2.1.1 Silício Cristalino	19
2.1.2 Filmes Finos	19
2.1.3 Painéis Térmicos	19
2.1.4 Concentração fotovoltaica	20
2.1.5 Células orgânicas.....	20
2.1.6 Células termoeletricas.....	20
2.2 CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA SOLAR.....	21
2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	23
3 PERSPECTIVAS FUTURAS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO	23
3.1 NOVAS TECNOLOGIAS PARA A ENERGIA ELETROVOLTAICA.....	24
3.2 FUTUROS AVANÇOS DA ENERGIA ELETROVOLTAICA.....	25
3.3 DESAFIOS FUTUROS PARA A ENERGIA FOTOVOLTAICA	26
4 CENÁRIO ATUAL DO CONSUMO DE ÁGUA.....	28
5 A CERTIFICAÇÃO LEED.....	33
6 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	37
7 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS POR PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	39
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42

8.1	IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA ALIMENTADA POR ENERGIA SOLAR	42
8.1.1	Dimensionamento do Poste Solar.....	42
8.1.2	Componentes do Poste Solar	43
8.1.3	Custo-Benefício da utilização do Poste Solar.....	44
8.2	EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS EM ESTACIONAMENTOS ...	45
8.3	AÇÕES QUE PROPORCIONAM A CERTIFICAÇÃO LEED	53
8.3.1	A medição de água em edifícios.....	53
8.3.2	Tratamento de água em edifícios.....	54
8.4	VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED	55
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXO 1	63
	ANEXO 2.....	71
	ANEXO 3.....	72

INTRODUÇÃO

Os administradores públicos vêm se envolvendo cada vez mais na descoberta de novas formas de economizar energia e recursos hídricos. Com o desenvolvimento sustentável se movendo para a linha de frente da crise ambiental dos países e do mundo como um todo, a administração pública colocou-se no meio do processo de planejamento dos projetos de sustentabilidade que vem sendo desenvolvidos para tal.

Se o governo deve ou tem o direito de utilizar a equidade em sua distribuição de bens tornou-se um debate crescente. Preocupações sobre os direitos humanos são um fator, mas os desenvolvimentos teriam como objetivo melhorar o estilo de vida de uma forma que beneficiasse tanto a comunidade quanto seus residentes. E, considerando o papel das comunidades nos esforços de sustentabilidade nacional e global, os administradores públicos também podem observar mais de perto como os indivíduos podem contribuir para seus ambientes locais. Por exemplo, se as cidades e vizinhanças pudessem encontrar meios alternativos de adquirir recursos sem agredir o meio ambiente, eles poderiam reduzir a energia necessária para adquiri-los para suas instalações locais. Sendo assim, existem várias alternativas de se tornar os ambientes urbanos mais sustentáveis, onde as mais conhecidas e que vem sendo cada vez mais utilizadas são as soluções que envolvem a utilização da energia fotovoltaica e a captação de águas pluviais para algumas finalidades específicas, sendo estas a serem abordadas neste estudo.

Módulos solares fotovoltaicos, que são o resultado da combinação de células fotovoltaicas para aumentar o seu poder de geração de energia, são altamente confiáveis, duráveis e dispositivos de baixo ruído para produzir eletricidade (ITI, 1978). O sol é o único recurso que é necessário para a operação dos sistemas fotovoltaicos, e sua energia é quase inesgotável.

Os impactos ambientais causados pela produção de energia vêm exigindo do setor de energia formas de se produzir energia limpas e sustentáveis. E, diante da disponibilidade de luz solar que nosso planeta dispõe, a utilização dessa fonte de energia grátis torna viável sua utilização para as mais diversas necessidades da humanidade.

Segundo Porto (1999) o pavimento permeável tem várias camadas permeáveis e tem a capacidade de armazenar águas pluviais até que a mesma se infiltre através do solo de subleito ou seja recolhida por um lençol freático. Como os pavimentos permeáveis têm a capacidade de

reduzir o volume de escoamento, eles são normalmente usados como um projeto de desenvolvimento de baixo impacto, para a melhor prática de gerenciamento de águas pluviais. Para que o pavimento permeável funcione de forma eficaz, existem muitos componentes que devem funcionar bem. Esses componentes incluem a estabilidade física e estrutural do pavimento de superfície, a capacidade de lidar com a velocidade e as cargas de tráfego, a capacidade de armazenar águas pluviais dentro do agregado abaixo da superfície do pavimento, a capacidade do solo de subleito de se infiltrar na água e a ausência de entupimento garantir a infiltração de água e funcionalidade contínua (TOMAZ,2005).

O projeto e a construção do pavimento permeável, independentemente do tipo de pavimento de superfície, exigem uma análise estrutural e hidrológica com ambas as exigências sendo satisfeitas para que o pavimento funcione adequadamente. Geralmente, o projeto estrutural do pavimento é executado para determinar a espessura das profundidades agregadas que são necessárias para suportar as cargas de tráfego do projeto, enquanto protegem o subleito da deformação permanente. O projeto hidrológico determina a profundidade necessária para armazenar um volume projetado de água infiltrada para atingir os objetivos de gerenciamento de águas pluviais. Um projeto de pavimento permeável ideal é aquele que é forte o suficiente para lidar com a carga e a velocidade do tráfego do projeto, mantendo a porosidade necessária para fornecer porosidade e gerenciamento de águas pluviais suficientes.

Edifícios comerciais são compostos de muitos sistemas que dependem da água. Com o desejo atual de projetar sistemas ecológicos, o objetivo do engenheiro tornou-se não apenas fornecer um projeto funcional, mas também para manter o uso e a economia de recursos em mente. Com ou sem a necessidade de alcançar os pontos da certificação de Liderança em Energia e Design Ambiental, denominado de LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), a conservação da água pode ser incorporada em um projeto, mesmo que seja apenas no nível do equipamento (USGBC, 2019). O fornecimento de um sistema que reduza o consumo de água não apenas reduzirá os custos de energia, mas também garantirá a disponibilidade futura de recursos e transmitirá uma mensagem corporativa de que o meio ambiente é importante.

Segundo Rodrigues (2005) das melhores maneiras de identificar medidas adequadas de conservação de água é estabelecer um plano de economia de água para criar uma referência com a qual classificá-las e priorizá-las. No entanto, antes de se determinar e incorporar um plano de economia de água, devemos primeiro olhar para onde a água é destinada dentro de um

edifício. A economia de água irá variar em um ambiente comercial, dependendo do tipo de construção. Enquanto hospitais e edifícios de escritórios exigem um grande volume de água para sistemas mecânicos, hotéis e restaurantes exigem alto uso em aplicações de serviços de lavanderia e alimentos, respectivamente. Em complexos esportivos com grandes campos de jogo e arquibancadas, o uso é impulsionado por grandes banheiros públicos e pelo sistema de irrigação.

Diante de tudo que foi exposto, temos que o objetivo deste estudo teve como base propor soluções sustentáveis para a utilização da energia fotovoltaica e da captação de águas pluviais via implantação de pavimentos permeáveis, a serem adotados pela administração pública, bem como a abordagem da Certificação LEED para otimizar o consumo de água em edifícios.

Como justificativa para o desenvolvimento deste estudo, temos que a adoção de práticas sustentáveis pela gestão pública traz benefícios tanto econômicos quanto ambientais, onde sua utilização acarreta em bonificações fiscais propostas pela legislação tributária brasileira, bem como a redução na redução de recursos energéticos necessários para o funcionamento de seus equipamentos públicos. Como metodologia de estudo adotada para tal, temos que este estudo buscou utilizar a revisão bibliográfica, através de uma abordagem qualitativa levantada em produções acadêmicas, livros, sites da internet e outros tipos de fontes de conhecimento que se mostram inerentes ao assunto aqui abordado.

Como resultados esperados, espera-se que o estudo a ser realizado ofereça uma base teórica para que a administração pública possa utilizá-lo como referência para futuras tomadas de decisão em suas ações de sustentabilidade assumidas durante seus trabalhos junto à sociedade.

1 FUNDAMENTOS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar pode ser normalmente comparada às formas de energia atualmente exploradas pela humanidade. Seu princípio baseia-se na captura dos raios solares para sua conversão em energia elétrica. Apesar de seu reconhecimento como uma forma inovadora de produção de energia elétrica, temos que ela ainda não conseguiu se destacar no mercado de energia, onde as outras formas de energia atualmente utilizadas ainda ocupam posições consideráveis no setor (CASALS; GARRETA, 2013).

A cada segundo, o sol converte milhões de toneladas de sua própria massa (composta principalmente por hidrogênio e hélio) em energia, produzindo neutrinos e radiação solar, irradiados em todas as direções. Uma pequena fração dessa energia cai na Terra depois de uma jornada de centenas de milhões de quilômetros, o que leva um pouco mais de oito minutos. A irradiância solar, ou seja, a quantidade de energia que o sol deposita por unidade de área que é diretamente exposta à luz solar e perpendicular a ela, é de 1.368 W/m^2 . Essa medida é chamada de constante solar. No entanto, a luz solar na superfície do nosso planeta é atenuada pela atmosfera da Terra, onde menos energia chega à superfície, em torno de 1.000 W/m^2 em condições claras quando o sol está perto do zênite (IPCC, 2001).

Nosso planeta não é um disco, mas uma forma denominada geoide. A área de superfície do globo terrestre é quatro vezes a área de superfície de um disco de mesmo diâmetro. Como consequência, a energia recebida do sol ao longo do ano e sobre a área da superfície do globo, é um quarto de 1.368 W/m^2 , ou seja, 342 W/m^2 . Destes 342 W/m^2 , cerca de 77 W/m^2 são refletidos de volta ao espaço por nuvens, aerossóis e a atmosfera, e 67 W/m^2 são absorvidos pela atmosfera. O restante dessa energia, que é 198 W/m^2 ou 57% do total, efetivamente atinge a superfície da Terra (IPCC, 2001).

A radiação solar que atinge a superfície da Terra tem dois componentes: direto ou feixe de radiação, que vem diretamente do disco do sol; e radiação difusa, que vem indiretamente. A radiação direta cria sombras, casualmente experimentada como o sol propriamente dito, sendo uma combinação de luz brilhante e calor radiante; já a difusa não cria sombras, sendo experimentada como a luz do dia. Em qualquer dispositivo solar, pode-se também considerar um terceiro componente: a radiação difusa refletida pelas superfícies do solo. O termo radiação solar global refere-se à soma dos componentes diretos e difusos (AUDIBERT; ROUARD, 1979).

Embora considerável, a energia solar não é constante. Isso varia ao longo do dia, durante o ano e de acordo com a localização. Em grande parte, essas variações resultam diretamente da geografia e dos movimentos astronômicos. Mas essas variações são acentuadas e pouco previsíveis durante o dia pela interação entre a geografia, o oceano e as massas de terra, e a composição da atmosfera que muda constantemente, como a formação de nuvens (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

Todos os locais do planeta Terra possuem a mesma quantidade de horas de luz do sol durante todo o ano, mais exatamente metade da duração total de um ano. No entanto, cada local

recebe quantidades médias anuais variáveis de energia do sol. O eixo de rotação da Terra é inclinado ao plano da órbita da terra ao redor do sol. Essa inclinação é a responsável pelas estações do ano, resultando em dias mais longos ou curtos, ou com a mesma duração, variando de acordo com a latitude do local. Assim, nos polos do planeta Terra temos as menores quantidades de energia térmica, e nas proximidades do Equador temos as maiores quantidades (ALMONDES, 2015).

1.1 FORMAS DE OBTENÇÃO DA ENERGIA SOLAR

Os raios solares podem ser distinguidos de acordo com seus comprimentos de onda, que determinam a luz visível, radiação infravermelha e ultravioleta. A luz visível constitui cerca de 40% da energia irradiada, infravermelho 50% e ultravioleta os 10% restantes. A maioria dos infravermelhos está perto do infravermelho propriamente dito ou dos raios infravermelhos de ondas curtas, com comprimentos de onda inferiores a 3000 nm, sendo por isso não considerada uma radiação térmica (ALDABÓ, 2002).

O principal benefício do sol para a maioria das pessoas é a luz, cujo uso pode ser melhorado em edifícios para reduzir o consumo de energia. Esta área de desenvolvimento, chamada iluminação diurna, é uma das vias para reduzir o consumo de energia nos edifícios. A energia solar é facilmente transformada em calor através da absorção pelo meio ambiente ou por materiais sólidos. O calor pode ser usado para o aquecimento, secagem, ser transformado em trabalho mecânico ou eletricidade, e pode executar ou facilitar transformações químicas ou físicas se, portanto, os processos industriais ou a fabricação de vários vetores ou combustíveis de energia (ITI, 1978).

No entanto, a radiação solar também pode ser vista como um fluxo de partículas eletromagnéticas ou fótons. Os fótons do sol são altamente energéticos e podem promover foto-reações, como a fotossíntese, e gerar a condução de elétrons em semicondutores, possibilitando a conversão fotovoltaica da luz solar em eletricidade (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

Os dois métodos fundamentais para capturar energia do sol, o calor e a foto-reação, também podem ser combinadas de várias maneiras para fornecer vetores de energia combinados, como o calor e eletricidade. Assim, a partir das duas formas básicas de capturar a energia do sol, além da iluminação do dia, ou seja, calor e foto-reação, distinguimos quatro domínios principais de aplicações: eletricidade fotovoltaica, aquecimento, eletricidade solar térmica e fabricação de combustível solar (MASTER DISTÂNCIA, 2009).

Dependendo dos outros usos de energia, o aquecimento da água doméstica pode representar até 30% da energia consumida. Aquecedores solares de água representam uma das aplicações mais rentáveis da energia solar hoje. Eles constituem a maior parte do mercado atual de aquecimento e arrefecimento solar, que produz quase quatro vezes mais energia do que todas tecnologias elétricas solares combinadas (FRAIDENRAICH; LYRA, 1995).

Construindo esse sistema de energia com sistemas de bombeamento permite o armazenamento de água aquecida por vários dias em tanques estratificados. Os fabricantes superaram os problemas técnicos iniciais, mas a instalação requer instaladores treinados e experientes. Os sistemas mais econômicos cobrem de 40% a 80% das cargas necessárias para o aquecimento da água, onde uma cobertura de 100% requer coletores de grandes dimensões e capacidades de armazenamento. No entanto, o custo adicional é injustificável e o excesso de tamanho aumenta o risco de superaquecimento, o que pode danificar coletores (BENEDUCE, 1999).

1.2 PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia fotovoltaica é a conversão de luz em eletricidade, usando materiais semicondutores que realizam o efeito fotovoltaico, um fenômeno estudado em física, fotoquímica e eletroquímica. Um sistema fotovoltaico emprega painéis solares, geralmente fabricados com silício, cada um compreendendo um número de células solares, que geram energia elétrica. As instalações fotovoltaicas podem ser montadas no solo, no telhado ou na parede. A montagem pode ser fixa ou através de um rastreador solar para seguir o sol pelo céu. Essa energia tem vantagens específicas como fonte de energia: uma vez instalada, sua operação não gera poluição nem emissões de gases de efeito estufa, mostra uma escalabilidade simples em relação às necessidades de energia e o silício tem grande disponibilidade na crosta terrestre (AUDIBERT; ROUARD, 1979).

Os sistemas fotovoltaicos têm a grande desvantagem de que a saída de potência funciona melhor com a luz direta do sol, então cerca de 10 a 25% são perdidos se um sistema de rastreamento não for usado. Poeira, nuvens e outras obstruções na atmosfera também diminuem a potência. Outra questão importante é a concentração da produção nas horas correspondentes à insolação principal, que geralmente não correspondem aos picos de demanda nos ciclos de atividade humana. A menos que os padrões atuais de consumo e redes elétricas se ajustem a esse cenário, a eletricidade ainda precisa ser armazenada para uso posterior ou feita por outras fontes de energia, geralmente hidrocarbonetos (AUDIBERT; ROUARD, 1979).

Os sistemas fotovoltaicos são usados há muito tempo em aplicações especializadas, e os sistemas fotovoltaicos autônomos e conectados à rede estão em uso desde a década de 1990. Eles foram produzidos em massa pela primeira vez em 2000. Avanços na tecnologia e aumento na escala de fabricação reduziram o custo, aumentaram a confiabilidade e aumentaram a eficiência das instalações fotovoltaicas. A medição líquida e os incentivos financeiros, como as tarifas de alimentação preferencial para a eletricidade gerada por energia solar, têm suportado instalações solares fotovoltaicas em muitos países (ITI, 1978).

Depois das usinas hidrelétricas e eólicas, a energia fotovoltaica é a terceira fonte de energia renovável em termos de capacidade global. No final de 2016, a capacidade fotovoltaica instalada em todo o mundo aumentou para mais de 300GW. A China, seguida pelo Japão e pelos Estados Unidos, é o mercado que mais cresce, enquanto a Alemanha continua sendo o maior produtor mundial (ITI, 1978).

1.3 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Equipar instalações fotovoltaicas com um sistema de armazenamento é uma prática que visa aumentar o consumo local de energia solar gerada. Ao se considerar os sistemas de bateria para essa finalidade, além de se promover o aumento do consumo no local, acaba por reduzir a dependência dos usuários em relação aos fornecedores de energia e garante sua utilização quando os mesmos falham na sua distribuição (RUTHER; URBANETZ JUNIOR, 2012).

Os sistemas de armazenamento de eletricidade que estão disponíveis no mercado são adequados para o uso na adaptação de instalações fotovoltaicas existentes e também podem ser incluídos no projeto do sistema ao planejar novas instalações. Todos os sistemas de armazenamento economizam o excesso de energia e o colocam à disposição em um momento posterior (SOUZA, 1994).

Os módulos solares geram corrente contínua, que é convertida em corrente alternada por um inversor antes de ser alimentada na rede elétrica pública ou ser usada por consumidores domésticos de energia. Os sistemas de armazenamento da bateria podem ser integrados nos lados da corrente contínua e da corrente alternada da instalação. Isso reduz os custos de investimento, alcança maior eficiência e permite que a saída do módulo e a capacidade de armazenamento sejam coordenadas entre si. Inversores específicos com um controle integrado de carga e descarga carregam diretamente a bateria integrada com a energia solar. Eles também o convertem em corrente alternada se a energia solar temporariamente armazenada for usada pelos consumidores de energia em um momento posterior. Em princípio, é possível integrar os

sistemas de armazenamento no lado da corrente contínua, mesmo quando se reequipam instalações existentes. Se o inversor presente não tiver a configuração necessária, a bateria também poderá operar com a ajuda de um controlador de carregamento externo (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

Além da bateria, um inversor de bateria específico deve ser instalado para que o sistema de armazenamento seja integrado ao circuito de corrente alternada. Este inversor converte a corrente alternada em corrente contínua, necessária para carregar o acumulador. A desvantagem dessa solução é que ocorrem perdas adicionais ao se converter a corrente alternada em corrente contínua, minimizando assim a eficiência do sistema. Por outro lado, apresenta mais opções ao se escolher a capacidade da bateria, o que é vantajoso, por exemplo, se a saída do módulo em uma instalação existente for fornecida como um valor definido (SOUZA, 1994).

O controlador regula a quantidade de energia gerada que é alimentada na rede elétrica pública, a quantidade usada para carregar o sistema de armazenamento e a quantidade que é entregue diretamente aos consumidores domésticos de energia. Normalmente, o controlador é programado para maximizar o consumo no local de eletricidade gerada na instalação fotovoltaica. Os sistemas de armazenamento podem contribuir significativamente para isso, mudando temporariamente o fornecimento (RUTHER; URBANETZ JUNIOR, 2012).

2 TECNOLOGIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

A tecnologia fotovoltaica é conhecida há muitos anos, mas seu uso em larga escala começou apenas nos últimos anos, com taxas de crescimento impressionantes. A capacidade de produção global instalada vem crescendo ano após ano. Os custos caíram rapidamente, e continuarão a fazê-lo em um ritmo considerável. A energia fotovoltaica, já competitiva em locais remotos, começará a competir com a geração de eletricidade distribuída na rede nos horários de pico de demanda em vários locais do mundo (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

Em 1839, o físico francês Edmond Becquerel descobriu o efeito fotoelétrico, no qual a tecnologia fotovoltaica é baseada. O efeito foi explicado em 1905 por um assistente do Escritório Suíço de Patentes, Albert Einstein, que recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1921. As primeiras patentes para células solares foram publicadas na década de 1920 por Walter Snelling e Walter Schottky. Em 1954, Darryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson, associados de Bell Labs, inventaram a célula solar de silício para alimentar aplicações de satélite, um exemplo extremo de demanda de eletricidade remota, fora da rede. No início dos

anos 1970, a energia fotovoltaica foi adaptada para aplicações terrestres por Elliot Berman. Filmes de silício para captação da energia solar surgiram em 1986 com espessuras bem pequenas. Desde então, houve um progresso considerável na fabricação dos materiais desse processo, gerando novos tipos de filmes finos com as propriedades de eficiência e longevidade (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

Células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores que permitem que os fótons se choquem com os elétrons de uma rede molecular, deixando um elétron liberado e um par de vazios que se difundem em um campo para separar os contatos, gerando corrente contínua. As células fotovoltaicas são interconectadas para formar módulos fotovoltaicos com uma capacidade de até centenas de watts. Os módulos fotovoltaicos são então combinados para formar sistemas fotovoltaicos (MASTER DISTÂNCIA, 2009).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser usados para aplicações na rede e fora da rede. Células fotovoltaicas individuais são montados em módulos, vários dos quais podem ser interligados para fornecer energia de alguns watts a dezenas ou centenas de megawatts. Sistemas fora da rede podem ou não requerer um dispositivo de armazenamento de eletricidade, como uma bateria, para energia de reserva. Algumas aplicações, tais como sistemas de irrigação movidos a energia solar, normalmente incluem reservatórios de água (MASTER DISTÂNCIA, 2009).

Sistemas fotovoltaicos geralmente requerem um inversor, que transforma a corrente contínua dos módulos em corrente alternada, a forma de corrente amplamente utilizada no mundo. Sistemas vinculados à rede, da mesma forma, requerem um ou vários inversores para injetar sua saída elétrica na rede elétrica. Os componentes associados a este processo de entrega, como inversores, transformadores, proteção elétrica de equipamentos, cabeamento e monitoramento, são todos considerados parte do saldo de energia do sistema. Além disso, esse sistema inclui componentes estruturais para a instalação de módulos, como estruturas fixas de montagem e sistemas de rastreamento solar (ALMONDES, 2015).

2.1 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

As várias tecnologias fotovoltaicas estão em diferentes níveis de desenvolvimento e todas têm um potencial significativo de melhoria. Pesquisa e desenvolvimento aprimorados e esforços sustentados projetos inovadores são necessários a longo prazo para acelerar a redução de custos e a transferência para as tecnologias atuais, para desenvolver e melhorar as

tecnologias de células e sistemas de médio prazo, e projetar novos conceitos e trazê-los para uso industrial (ALMONDES, 2015).

2.1.1 Silício Cristalino

A atual tecnologia fotovoltaica comercial é o silício cristalino. Tecnologias de silício cristalino monocristalino ou multicristalino atualmente dominam o mercado com uma participação de 85%. Células são cortadas de lingotes ou peças fundidas, ou feitas de fitas crescidas, de silício altamente purificado. Uma potencial junção é criada, um revestimento antirreflexo depositado e contatos de metal adicionados. As células são então agrupadas em módulos com um vidro transparente para a frente, um material à prova de intempéries para as costas, e muitas vezes uma moldura ao redor. A parte de trás também pode ser feita de vidro para permitir a passagem da luz (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

2.1.2 Filmes Finos

Filmes finos são feitos de semicondutores depositados em camadas finas em um suporte de baixo custo. Existem quatro categorias principais de filmes finos: amorfo, silício fino com múltiplas junções, telureto de cádmio (CdTe), cobre-índio-selenido (CIS) e cobre-índio-gálio-seleneto (CIGS). A fabricação de filmes finos tem sido altamente automatizada e alguns usam impressão em máquinas, reduzindo os custos. Filmes finos agora oferecem tempo de vida quase semelhante aos do silício cristalino. A menor eficiência de filmes finos em relação aos módulos de silício cristalino significa que uma área de superfície maior é necessária para produzir a mesma saída elétrica (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

2.1.3 Painéis Térmicos

Para maximizar a eficiência energética por área de superfície dos painéis receptores, foram criados sistemas híbridos que coletam eletricidade do efeito fotovoltaico que se aquecem simultaneamente, adicionando assim eficiência aos coletores de calor, atingindo uma cogeração de aproximadamente 80% de eficiência. Esta combinação foi inicialmente desenvolvida com coletores de ar, onde atualmente são utilizados coletores de água. Coletores térmicos fotovoltaicos não cobertos consistem em tubos de calor na parte de trás dos módulos fotovoltaicos. Coletores cobertos consistem em módulos fotovoltaicos colocados dentro de coletores de calor solar de placa plana. Os coletores não cobertos aumentam a produção de eletricidade, enquanto o calor de baixa temperatura coletado pode ser usado numa combinação

com bombas de calor. Aquecedores de ar solares também podem ser combinados nesse sistema (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

2.1.4 Concentração fotovoltaica

A concentração fotovoltaica baseia-se no uso de espelhos ou lentes, ou uma combinação de ambos, para a concentração de painéis convergir a energia solar. A radiação em células pequenas, de alta eficiência, geralmente feitas de várias camadas, funcionam a partir da captura de um determinado comprimento de onda específico do espectro de luz solar. O custo mais elevado destas células é compensado pela sua maior eficiência e o menor custo das superfícies refletivas ou das lentes. O principal critério para sua escolha é a alta taxa de irradiância normal direta para difundir a irradiância. Outra diferença significativa é o perfil diário distinto da saída elétrica exibida pelos sistemas de rastreamento solar. O rastreamento do sol é indispensável para altas concentrações, mas é um quesito opcional para outras tecnologias fotovoltaicas. O sistema requer resfriamento efetivo, o que facilita a cogeração de calor e energia. O calor produzido pode ser usado para processos industriais de baixa demanda ou geração adicional de eletricidade (CASALS; GARRETA, 2013).

2.1.5 Células orgânicas

Novas tecnologias em desenvolvimento incluem filmes finos avançados e células solares orgânicas. As células solares orgânicas podem ser completas ou híbridas com sensibilização por células solares. Elas têm menores eficiências e tempos de vida mais curtos, mas podem ser feitas usando tecnologias de impressão, o que poderia levar a custos de fabricação baixos. Elas possuem uma boa aplicabilidade em certos nichos de mercado, tais como dispositivos de consumo, mas ainda não são viáveis de serem usadas em sistemas elétricos maiores (CASALS; GARRETA, 2013).

2.1.6 Células termoeletricas

Pesquisas vem sendo desenvolvidas sobre novos dispositivos que podem oferecer a possibilidade de quebrar a eficiência. A maioria das células fotovoltaicas atuais tem eficiência limitada a um máximo teórico de cerca de 30% para o silício cristalino, porque o efeito fotovoltaico ocorre em apenas em uma banda de radiação solar, correspondendo a apenas um nível de energia de fótons. Fótons com menores níveis de energia ficam além dos fótons com maiores níveis de energia durante o funcionamento do sistema, mas parte do excesso de energia

é desperdiçada em eletricidade e apenas aquece a célula. É possível melhorar essa eficiência através do empilhamento de materiais com larguras de banda diferentes em conjuntos de células de multi-junção. O mesmo procedimento é usado nos filmes finos mais eficientes, mas a adição de camadas de baixa eficiência permite, na melhor das hipóteses, alcançar um nível de eficiência maior. No entanto, seu complexo processo de fabricação e altos custos o inviabiliza até o presente momento (CASALS; GARRETA, 2013).

2.2 CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA SOLAR

A energia solar é indiscutivelmente a forma mais limpa e confiável de energia renovável disponível, podendo ser usada de várias formas para ajudar a alimentar sua casa ou empresa. Painéis solares fotovoltaicos movidos a energia solar transformam os raios do sol em eletricidade, estimulando elétrons em células de silício usando os fótons de luz do sol. Essa eletricidade pode ser usada para fornecer energia renovável para sua casa ou empresa (BENEDUCE, 1999).

Na maioria dos sistemas solares, painéis solares são colocados no telhado. Um local ideal não terá sombra nos painéis, especialmente durante o dia; uma instalação voltada para o nascer do sol geralmente fornecerá o potencial ideal para o seu sistema, mas outras orientações podem fornecer produção suficiente. Árvores ou outros fatores que causam sombreamento durante o dia causarão reduções significativas na produção de energia. A importância do sombreamento e eficiência não pode ser exagerada. Em um painel solar, se apenas uma de suas células estiver sombreada, a produção de energia será reduzida em mais da metade. Para isso, usa-se um dispositivo capaz de identificar claramente áreas potenciais de sombreamento antes da instalação do sistema fotovoltaico (BENEDUCE, 1999).

Nem todo telhado tem a orientação correta ou ângulo de inclinação para aproveitar a energia do sol. Alguns sistemas são projetados com painéis giratórios que rastreiam o sol em sua jornada pelo céu. Sistemas fotovoltaicos sem rastreamento devem ser inclinados em um ângulo igual à latitude do local para absorver a quantidade máxima de energia durante o ano todo. Orientações alternativas ou inclinações podem ser usadas para otimizar a produção de energia para determinadas horas do dia ou para estações específicas do ano (FRAIDENRAICH; LYRA, 1995).

Os painéis solares, também conhecidos como módulos, contêm células fotovoltaicas feitas de silício que transformam a luz solar em eletricidade ao invés de transformá-la em calor. As células solares fotovoltaicas consistem em um filme positivo e negativo de silício colocado

sob um filme fino de vidro. À medida que os fótons da luz do sol atingem essas células, eles tiram os elétrons do silício. Os elétrons livres carregados negativamente são preferencialmente atraídos para um lado da célula de silício, o que cria uma tensão elétrica que pode ser coletada e canalizada. Esta corrente é reunida ligando os painéis solares individuais em série para formar uma matriz solar fotovoltaica. Dependendo do tamanho da instalação, várias sequências de energia solar fotovoltaica terminam em uma caixa elétrica, chamada de combinador de matriz fundida. Dentro da caixa combinada existem fusíveis projetados para proteger os cabos individuais do módulo, bem como as conexões que fornecem energia ao inversor. A eletricidade produzida neste estágio é CC (corrente contínua) e deve ser convertida em CA (corrente alternada), adequada para uso residencial ou industrial (FRAIDENRAICH; LYRA, 1995).

O inversor está normalmente localizado em um local acessível, o mais próximo possível dos módulos. Em uma aplicação residencial, o inversor é frequentemente montado na parede lateral externa da casa, próximo aos painéis principais ou secundários. O inversor transforma a eletricidade CC gerada pelos painéis solares em CA de 120/240 volts, que pode ser utilizada conectando o inversor diretamente a um disjuntor dedicado no painel elétrico (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

O inversor, o medidor de produção de eletricidade e o medidor de rede elétrica são conectados de forma que a energia produzida por seu sistema elétrico solar seja consumida pelas cargas elétricas atualmente em operação. O equilíbrio de energia produzido pelo seu sistema elétrico solar passa pelo seu painel elétrico e sai pela rede elétrica. Sempre que você estiver produzindo mais eletricidade no seu sistema elétrico solar do que você está consumindo imediatamente, seu medidor de energia elétrica vai girar ao contrário (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

Em um sistema elétrico solar que também está ligado à rede elétrica, a energia CC do painel solar é convertida em energia CA de 120/240 volts e alimentada diretamente no sistema de distribuição de energia elétrica do prédio. Esses sistemas interligados à rede desligam automaticamente a energia off-line, protegendo os usuários contra a alimentação que retorna à rede durante uma interrupção. Esses tipos de sistemas elétricos movidos a energia solar são conhecidos como sistemas sem bateria e constituem aproximadamente 98% dos sistemas de energia solar atualmente instalados (MASTER DISTÂNCIA, 2009).

Ao reduzir os valores da fatura de energia dos usuários, esses sistemas não apenas pagam a si mesmos ao longo do tempo, mas também ajudam a reduzir a poluição do ar causada

pelas empresas geradoras de energia. Os sistemas de energia solar ajudam a aumentar a capacidade de geração de carga nos horários de pico, economizando, assim, a utilidade de ligar sistemas suplementares caros e poluentes durante esse aumento de demanda. Quanto mais sistemas geradores de energia elétrica solar estiverem instalados por conta dos próprios usuários, menor a necessidade da concessionária de investir na expansão da produção de energia elétrica. Ou seja: favorece tanto o usuário quanto o produtor de energia elétrica. Contribuir com a produção de energia limpa a partir do seu próprio sistema elétrico solar ajuda a criar empregos e é uma ótima maneira de mitigar a poluição e outros problemas produzidos pela eletricidade derivada do combustível fóssil, ou mesmo os impactos ambientais oriundos da construção de usinas hidrelétricas. Os sistemas de geração elétrica movidos a energia solar ajudam a reduzir seu impacto no meio ambiente e a gerar economia todos (ITI, 1978).

2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os painéis solares são feitos de vidro temperado, sendo então resistentes a granizo e outras condições climáticas adversas. Com exceção das montagens de rastreamento, os sistemas de painéis solares não têm partes móveis, o que reduz a possibilidade de qualquer problema. Quaisquer problemas com o desempenho do painel solar geralmente estão relacionados à produção de eletricidade, e é por isso que é recomendado monitorar a produção do seu sistema. Ao prestar atenção às mudanças na produção, pode-se identificar e abordar os problemas de maneira proativa (AUDIBERT; ROUARD, 1979).

Geralmente, os painéis solares não precisam ser limpos. No entanto, em locais onde há muita poluição, poeira ou sujeira, pode-se perceber uma redução na quantidade de energia produzida ao longo do tempo, que pode ser remediada limpando seus painéis. Se os painéis estão montados no telhado, no entanto, a limpeza torna-se mais difícil, devido à acessibilidade ao mesmo. Contudo, esse demonstra ser o problema mais comum que exige, em alguns casos, a manutenção do sistema fotovoltaico (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

3 PERSPECTIVAS FUTURAS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO

As pesquisas desenvolvidas no setor fotovoltaico estão voltadas para se avaliar como a energia solar poderia crescer de forma eficiente e robusta, se tornando uma tecnologia fundamental para lidar com a mudança climática. Embora essas pesquisas não tenha tentado prever os níveis de custo ou implantação da energia solar, observa-se uma tendência geral: o custo da energia solar tende a ser menor do que o esperado, e a implantação da energia solar

tende a ser maior do que a esperada, graças aos baixos custos e à contribuição contínua ou reforçada das políticas de suporte à implantação (ALDABÓ, 2002).

Essas reduções de custo resultaram de melhorias em todo o grupo de custos dos materiais utilizados na fabricação dos equipamentos de energia solar. Enquanto as reduções de custo do módulo fotovoltaico dominam as reduções totais de custo do sistema, os módulos agora custam cerca de 200 vezes menos em termos reais do que em 1978. Reduções adicionais vem sendo divididas igualmente entre o painel e os componentes de equilíbrio do sistema (CASALS; GARRETA, 2013).

Com os custos do módulo representando uma fração cada vez menor dos custos do sistema, as economias futuras para os painéis de silício tendem a continuar a depender tanto da melhoria do desempenho do módulo quanto da inovação no equilíbrio do sistema. As reduções nos custos de mão-de-obra, taxas de financiamento e requisitos de operação e manutenção são tão importantes quanto as melhorias na eficiência e na vida útil dos módulos. Em face das tarifas dos módulos não serem as mais atrativas, as distorções do mercado de eletricidade motivadas politicamente e um cenário regulatório em constante mudança para a segurança distribuída da política solar de longo prazo poderiam melhorar substancialmente o financiamento dos projetos de energia solar (CASALS; GARRETA, 2013).

3.1 NOVAS TECNOLOGIAS PARA A ENERGIA ELETROVOLTAICA

Embora o silício cristalino deva permanecer dominante durante a próxima década ou mais, um rápido progresso foi feito em outra tecnologia de células solares: perovskitas de iodetos metálicos. As células solares de película fina de perovskita melhoraram mais rápido do que qualquer outra tecnologia fotovoltaica na história, aumentando de uma eficiência recorde de 3,8% em 2009 para 22,7% hoje, maior do que o telureto de cádmio (CdTe). Quanto à estabilidade a longo prazo das perovskitas, sob estresse operacional e ambiental, o progresso recente na melhoria da estabilidade celular é promissor. Muitos laboratórios de pesquisa em todo o mundo estão agora trabalhando para fabricação de células e módulos uniformes, de alta produtividade e grande área, um passo fundamental para a comercialização. Os perovskitas têm o potencial de atingir um piso de custo final mais baixo do que o de silício e de permitir novos modos e aplicativos de implantação com módulos leves e flexíveis (ALMONDES, 2015).

Mas os perovskitas não precisam competir diretamente com o silício, pois a primeira aplicação de perovskitas pode ser literalmente coloca-las em cima das células de silício. Grupos

de pesquisas de vários países vem demonstrando sistemas de silício e perovskita, formando camadas de uma célula de perovskita que absorve a luz visível em cima de uma célula de silício otimizada para infravermelho. Essa abordagem poderia aumentar a eficiência das células de silício em alguns pontos percentuais, permitindo potencialmente o uso de matéria-prima de silício mais barata, porém de menor qualidade, que de outra forma seria descartada. Várias empresas já estão trabalhando para comercializar células solares em perovskita-silício (ALMONDES, 2015).

3.2 FUTUROS AVANÇOS DA ENERGIA ELETROVOLTAICA

Com um roteiro claro para futuros avanços, o custo da energia solar provavelmente continuará a diminuir. Mas com a energia solar fotovoltaica em paridade de rede em muitos locais em todo o mundo, o futuro da energia solar provavelmente dependerá tanto, se não mais, do comportamento do resto do sistema energético quanto das melhorias na própria tecnologia solar (DOLIF; SILVEIRA; GOMES, 2009).

Estudos vem identificando um importante desafio para a implantação solar futura, resultante da natureza intermitente da energia solar: à medida que a penetração da energia solar aumenta, o valor de mercado da eletricidade solar diminui continuamente. Os preços da energia são determinados pelo custo de fornecer uma unidade adicional de eletricidade do gerador ocioso remanescente mais barato. Como a energia solar sempre gera um custo marginal zero, o preço da eletricidade às vezes quando a energia solar está gerando cai à medida que mais energia solar é implantada e geradores mais caros são deslocados (MASTER DISTÂNCIA, 2009).

A taxa de declínio de valor depende muito das características do sistema de energia. Sistemas com muita flexibilidade, caracterizados por uma mistura diversificada de recursos, uma pequena fração de potência de carga básica, redes de transmissão robustas entre regiões vizinhas e recursos de armazenamento de energia, são mais capazes de extrair valor de cada megawatt de capacidade solar. As políticas que estimulam a demanda de eletricidade que responde aos preços, passando o custo variável da eletricidade ao consumidor garantem que todos possam se beneficiar da eletricidade solar barata (CASALS; GARRETA, 2013).

O crescimento do mercado de energia solar está diretamente ligado ao crescente mercado de veículos elétricos. Se o carregamento de veículos no meio do dia for incentivado, apoiado por uma infraestrutura de carga de trabalho expandida e incentivos apropriados no tempo, os fornecedores de energia solar e os usuários de veículos elétricos ganham. Mesmo

sem mudanças na infraestrutura de carregamento, a implantação de mais veículos elétricos reduziria o custo dos sistemas de baterias por meio de economias de escala, auxiliando na implantação de armazenamento de energia em escala de rede que seria necessária para suportar altos níveis de energia solar (CASALS; GARRETA, 2013).

Sobre a confiabilidade da rede elétrica submetida à recarga de energia solar, temos que a mesma não se mostra uma ameaça à estabilidade e confiabilidade da rede, onde a energia solar e eólica podem ser integradas à rede atual sem mudanças substanciais na estrutura ou operação da rede. Outros estudos vêm sendo feitos com o objetivo de descarbonizar o sistema de energia utilizando-se das tecnologias atuais (ALMONDES, 2015).

Enquanto o crescimento das pesquisas na área de energia fotovoltaica e o aprimoramento das tecnologias atualmente existentes tem se mostrado eficientes, a urgência de se mitigar a mudança climática significa que não há tempo para esperar pela próxima geração de tecnologia antes de ampliar rapidamente a geração solar. E com a energia solar rapidamente se tornando a fonte mais barata de eletricidade em todo o mundo, deve-se implantar as atuais tecnologias solares por toda parte, mesmo enquanto o desenvolvimento de novas tecnologias vem sendo empreendidos (ALMONDES, 2015).

Assim, as pesquisas atuais concentram-se em tecnologias de uma ampla gama de horizontes de tempo, desde as tecnologias comerciais de hoje até abordagens transformacionais de longo prazo e alto risco, em todos os casos investigando maneiras de se tornar as tecnologias de energia solar mais baratas de serem fabricadas, mais fáceis de implantar e mais eficientes no consumo de energia do que aquelas atualmente disponíveis no mercado (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

3.3 DESAFIOS FUTUROS PARA A ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para que a energia fotovoltaica se torne uma fonte de energia mais convencional e pragmática, a eficiência dos painéis solares precisará melhorar drasticamente. Atualmente, os módulos variam entre 13% A 20% de eficiência, onde o futuro esperado de que possa atingir eficiências de até 40%. Materiais de alta eficiência, como telureto de cádmio e silício policristalino, tendem a ganhar cada vez mais espaço, o que reforça sua confiança na existência de materiais ainda mais eficientes. Assim, a evolução para eficiências mais altas vem acontecendo historicamente e continuará a acontecer (DALMARCO, 2017).

Embora possa ser uma preocupação secundária para aqueles que almejam a utilização de energia fotovoltaica, a confiabilidade é uma prioridade muito alta principalmente para as empresas. Características do material como resistência à luz e resistência à umidade precisam ser rigorosamente avaliadas para atender a típica garantia de vida útil de 20 a 30 anos de um produto fotovoltaico. Isso pode ser um desafio, apesar dos esforços das empresas de materiais para fornecer produtos de alta qualidade (CAMARGO; RIBEIRO; NAHUR, 2015).

A manufatura é uma preocupação proeminente no mercado fotovoltaico, pois os pesquisadores buscam novos materiais disruptivos. Nos estágios iniciais de desenvolvimento, muitos materiais de maior eficiência são retidos por sua incapacidade de serem produzidos de maneira econômica em grande escala. Os materiais orgânicos são um ótimo exemplo da cisma entre avanços de alta eficiência no laboratório e produtos comercializáveis. Existe um grande potencial para materiais orgânicos em energia fotovoltaica, mas a relação custo-benefício desses materiais ainda está em questão, pois a tecnologia usada para ligar orgânicos a sistemas elétricos é mais cara que em sistemas tradicionais. Os custos associados à tecnologia suplementar atualmente negam as vantagens dos materiais orgânicos de alta eficiência (PINHO; GALDINO, 2014).

Outro desafio para a indústria fotovoltaica é a assistência de subsídio, ou melhor, a iminente falta dela. Subsídios têm contribuído significativamente para o crescimento da indústria solar, mas eles estão indo embora de forma relativamente rápida. A energia fotovoltaica é uma indústria que necessita de benefícios para ganhar mercado e se tornar mais competitiva. Não se trata de tecnologia ou de um marketing melhor, pois sua escala é um componente necessário para a sobrevivência. Para isso, é preciso considerar a energia fotovoltaica como uma tendência global (CAMARGO; RIBEIRO; NAHUR, 2015).

Mesmo que a tecnologia fotovoltaica atinja um preço competitivo em relação a outras fontes de eletricidade convencionais, ainda haveria problemas pelo fato de que o preço de varejo é um conceito flutuante, pois seria preciso fazer revisões gerais de política e industriais para tornar a energia fotovoltaica disponível em maior escala. Essas questões regulatórias ilustram melhor por que os países em desenvolvimento são o terreno mais fértil para a indústria de energia solar. Regulamentação limitada, redes de energia não desenvolvidas, o potencial de implantação em larga escala e a oportunidade de usar produtos com vida útil mais curta contribuem para o motivo pelo qual a indústria fotovoltaica está se concentrando nos mercados emergentes (DALMARCO, 2017).

Embora a eficiência se mostre essencial em um primeiro momento, temos que outros aspectos da pesquisa fotovoltaica estão abertos para o avanço tecnológico. O rendimento energético, o desempenho com pouca luz, o desempenho da luz fora do ângulo e o desempenho espectral são algumas das oportunidades de inovação na indústria fotovoltaica. Assim, materiais de alta eficiência tenderão a emergir e novas oportunidades de mercado surgirão (PINHO; GALDINO, 2014).

4 CENÁRIO ATUAL DO CONSUMO DE ÁGUA

As mudanças climáticas e ambientais globais têm se agravado nas últimas décadas. Por muito tempo a água foi considerada um bem infinito e inesgotável que, nos últimos anos, apresenta-se cada vez mais escassa e dotada de valor econômico. Entre os recursos naturais, o desperdício de água potável figura como um item cada vez mais presente no dia a dia. Vale ressaltar que a água é um dos principais quesitos para a sobrevivência humana e, levando em consideração que a mesma não está sendo usada com consciência por muitos, a busca por meios sustentáveis e o uso racional contribui cada vez mais para a conservação dos recursos hídricos (MARENGO, 2008).

Segundo entendimento sobre os escritos de Marcovitch (2006), a ideia de que a água é um recurso abundante, inesgotável e desprovida de valor econômico manteve-se por muito tempo e deu suporte à uma cultura marcada pelo desperdício e uso irracional dos recursos hídricos. Essa realidade, aliada ao crescimento populacional e ao acelerado processo de urbanização, ocasiona agravamentos da disponibilidade hídrica mundial.

Diante deste contexto, as questões ambientais geram prioridades, e o uso racional da água tem sido, cada vez mais, assunto de discussões, tendo em vista sua escassez. Assim, o reaproveitamento de água em edifícios comerciais surge como uma concepção para a realização deste trabalho. Desta forma, temos que os modelos de reaproveitamento de água visam a praticidade, economia e uma contribuição sustentável para o meio ambiente.

A gestão da água nas cidades segue os princípios do controle e dominação, que são bem representados pela drenagem urbana, que é dimensionada para que o ambiente seja livre de inundações. Com o processo de urbanização contínua, maiores sistemas de drenagem são necessários, o que interfere cada vez mais no ciclo natural da água. Os principais impactos da urbanização no ciclo da água são o aumento do escoamento e a antecipação dos picos de

redução da evapotranspiração e do abastecimento de água subterrânea e a deterioração da água de superfície qualidade (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Além disso, a preocupação com a escassez de água é alvo de estudos em todo o mundo, principalmente em regiões que já sofrem com a falta de água e em nível global. Enquanto o consumo de água aumenta em proporção maior do que aquele vislumbrado pela população, temos que a mesma sofre com a escassez desse recurso natural. Outra questão é sobre as perdas de água tratada nas cidades. Em todo o mundo, a perda média de água é considerável. A perda de água, além de desperdiçar água potável, este índice representa um alto desperdício de energia (MARCOVITCH, 2006).

Nessa perspectiva, existe a necessidade de buscar um equilíbrio no ciclo hidrológico nas cidades, onde o atual modelo de serviços urbanos de água e saneamento precisa sofrer mudanças. Os fornecedores de água em potencial têm buscado alternativas para o planejamento sustentável dos serviços prestados. Entre essas alternativas estão o aumento e manutenção de áreas permeáveis e o uso de sistemas hídricos descentralizados, como os sistemas de captação de águas pluviais.

Segundo Marcovitch (2006), as grandes diferenças climáticas em todo o Brasil dificultam a gestão da água. Apesar de ter níveis elevados de chuvas em quase todo o seu território, o que garante água para abastecer as cidades, a água da chuva é considerada como fonte de água apenas em regiões onde a água é escassa, como as regiões semiáridas do Brasil. Nessas regiões, os programas sociais incentivam o uso da água da chuva para fins de sobrevivência. Em outras cidades, a captação de água da chuva é considerada um avanço tecnologia e métodos construtivos.

Além disso, a percepção dos benefícios do uso da água da chuva em edifícios é pequena quando comparado ao seu potencial, porque as legislações e os incentivos a captação de água da chuva nos edifícios ainda são pequenos e recentes. Apesar de existirem dispositivos para a colheita de águas pluviais em residências, tecnologias para sistemas de captação de águas pluviais em edifícios têm sido objeto de estudo nas mais várias frentes de estudo atualmente existentes. Uma das principais razões para a adoção da captação de águas pluviais em sistemas de edifícios é o potencial para a água potável captada pelas chuvas, onde não há necessidade de água potável. Diante deste cenário, temos que a adoção de práticas que reduzam a demanda de água mostra-se necessárias.

O Brasil é o quinto maior país do mundo, tanto em extensão territorial como em população, com área de aproximadamente 8.514.876 km² e mais de 169 milhões de habitantes. Deste modo, em função de suas dimensões continentais, apresenta grandes contrastes relacionados, não somente ao clima, vegetação original e topografia, mas também à distribuição da população e ao desenvolvimento econômico e social (IBGE, 2000).

Ainda de acordo com o IBGE (2000), vale ressaltar que o Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos, pois abriga 13,7% da água doce do mundo, porém, a disponibilidade desses recursos não segue de maneira uniforme, onde mais de 73% da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica.

A crescente demanda por água doce e a escassez hídrica atingem valores que vão além da capacidade de renovação da natureza, e são algumas das consequências mais evidentes do acelerado crescimento urbano. Outros efeitos geram preocupantes pressões não só à disponibilidade hídrica, mas ao meio ambiente como um todo. Entre elas, pode-se citar a geração de resíduos em quantidade maior do que a que pode ser integrado ao ciclo natural dos nutrientes, configurando o aumento de casos de poluição. Além disso, o aumento da impermeabilização do solo, observado em áreas urbanas, ocasiona inundações frequentes (AGUIAR, 2008).

Hoje chega-se a níveis preocupantes relacionados à qualidade e quantidade de água disponível para o consumo humano. Entende-se que a busca por alternativas que favoreçam a conservação da água é imprescindível para a manutenção da qualidade de vida e para um futuro sustentável, sobretudo em áreas urbanas, onde a falta de água potável, as inundações e os casos de poluição apresentam-se cada vez mais rotineiros (TOMAZ, 1999).

As edificações mostram-se como significativas consumidoras de água em zonas urbanas, e apresentam uma alta demanda para fins não potáveis. No entanto, esses pontos são abastecidos com água com padrões consideráveis de qualidade, onde a mesma que é destinada para fins tanto potáveis quanto não potáveis. O emprego de fontes de água alternativas ao sistema de abastecimento público em alguns pontos de uso pode apresentar-se como uma alternativa que proporciona, além da conservação dos recursos hídricos, a economia na fatura de água e de esgoto. Entre essas fontes não convencionais de água, destacam-se a água de chuva e a água cinza.

Assim, temos que o tratamento de águas pluviais e residuais se mostra como uma viabilidade econômica. O principal benefício desta prática de reutilização de água não abrange somente as vantagens ambientais inerentes à consequente economia de água, mas também apresenta um potencial de retorno financeiro. Isso nos mostra também que este tipo de iniciativa pode contribuir para o desenvolvimento de fontes alternativas à água potável de forma rentável, assim como proporcionar o uso racional e sustentável da água nas edificações.

Estas práticas representam também ações eficientes para o combate da escassez de água, visto que os edifícios comerciais que passarem por momentos de falta de água apresentarão problemas para o seu funcionamento. Tem-se que isso inviabiliza a utilização de suas instalações para o funcionamento das atividades comerciais, o que acarretará em prejuízos financeiros inerentes aos negócios que ali funcionam.

Para entender a gravidade da escassez de água, é necessário que as pessoas reconheçam essa realidade em que vivemos. Todos os continentes do mundo são afetados, não apenas as regiões tradicionalmente secas. Várias pessoas são afetadas pelos problemas oriundos da falta de água, não tendo acesso até mesmo à água potável.

Segundo Rodrigues (2005), há falta de recursos necessários para atender às necessidades atuais de água. Além da falta de recursos, há dificuldade em se obter acesso a água potável, dependendo da localidade. Devido à falta de recursos e acesso à água, ocorre uma deterioração adicional dos recursos existentes.

Pertinentemente, a escassez de água refere-se à água não poluída existente, sendo muito menor do que sua demanda atual. Uma distinção precisa que pode ser feita entre o que está em demanda e o que é razoavelmente necessário é que a água potável vem se tornando um item de luxo para as pessoas, tendo em vista a má prestação de serviços oferecidos pelas empresas concessionárias de água. O problema da falta de água precisa ser destacado e enfatizado repetidas vezes até que todos estejam plenamente conscientes disso e façam sua parte para economizar água de maneira responsável, mesmo em áreas onde se percebe que já existem suprimentos suficientes (SHIKLOMANOV, 1998).

Ambientalistas e ativistas de pequena escala nos dias de hoje têm mencionado o aquecimento global e a mudança climática como a causa básica da escassez de água no mundo. Mas esta analogia não é inteiramente correta. O que também precisa ser examinado é o que está causando a falta de água, dentro de uma perspectiva de vivência social.

De acordo com Rebouças, Braga e Tundisi (1999), temos as seguintes possibilidades para a escassez de água:

- Excessos desnecessários superam os recursos disponíveis e escassos;
- Aumento da poluição devido ao consumo humano excessivo e insustentável;
- Há uso excessivo de água em todas as formas de processos industriais;
- Práticas domésticas não sustentáveis, como deixar as torneiras funcionando quando a água não é necessária e precisa ser interrompida;
- Escassez econômica causada por falta de manejo dos recursos hídricos existentes;
- Distribuição desigual de recursos hídricos em regiões com excesso de suprimentos, que acabam por desviar tais recursos para áreas onde a demanda é acima da expectativa por pessoa;
- Aquíferos sobrecarregados e que não possuem um recarregamento rápido e suficiente para o reabastecimento dos consumidores.

A poluição continua a ser um dos maiores problemas em que os governos não fazem o suficiente para penalizar empresas de uso industrial que jogam ilegalmente produtos químicos e óleos em sistemas de água. O acesso justo à terra apresenta desafios de conflito onde muitas pessoas estão restritas ou lhes é negado o acesso à terra, seja de propriedade privada ou do governo, e onde recursos hídricos preciosos podem ser encontrados.

O convívio das pessoas em edifícios molda as mesmas a terem um comportamento diferente. Isso faz com que eles se comportem de uma maneira mais independente, mais responsável e mais econômica. Aluguel ou amortização, dívidas de proprietários, mantimentos e contas de água e luz são apenas algumas das despesas regulares de um edifício possui. São despesas que muitas vezes fogem de controle. Na maioria das vezes, os edifícios se concentram na conta de eletricidade, onde a conservação de água nem sempre recebe a mesma atenção (SETTI, 1995).

Uma mudança comportamental em relação ao consumo de água é talvez um dos objetivos mais procurados nas políticas voltadas para esta finalidade. Para tanto, o planejamento e a gestão da água devem considerar campanhas de conscientização como uma ferramenta para reduzir a demanda e, portanto, aliviar os impactos de sua escassez, bem como as pressões o desenvolvimento de novas fontes de abastecimento de água. Em se tratando de edifícios

comerciais, temos que esta temática merece uma relevância em sua discussão e na utilização de práticas que possam inibir qualquer tipo de escassez que possa vir a acontecer.

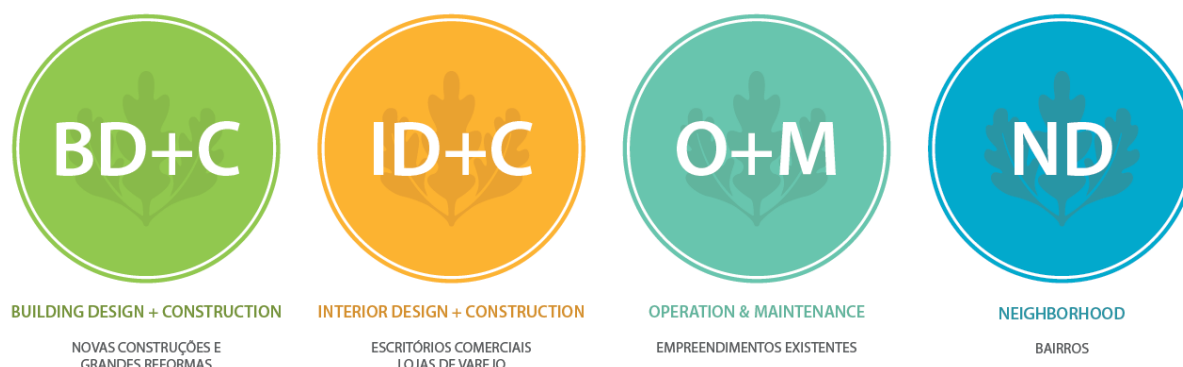
5 A CERTIFICAÇÃO LEED

Segundo o GBC BRASIL (2019), a Liderança em Energia e Design Ambiental, comumente chamada de LEED, é um dos mais populares programas de certificação de edifícios com práticas sustentáveis em todo o mundo. Desenvolvida pelo US Green Building Council (USGBC), entidade sem fins lucrativos, ela inclui um conjunto de sistemas de classificação para projetos, construções, operações e manutenções edifícios, casas e demais tipos de edificações que possuem práticas sustentáveis. Ela visa ajudar proprietários de edificações e os seus utilizadores para que sejam ambientalmente responsáveis e usem os recursos de forma eficiente.

O desenvolvimento do LEED começou em 1993, liderado pelo cientista sênior do Conselho de Defesa dos Recursos Naturais (NRDC), Robert K. Watson. Como presidente fundador do LEED Steering Committee, Watson liderou um amplo processo de consenso até 2007, reunindo organizações sem fins lucrativos, agências governamentais, arquitetos, engenheiros, desenvolvedores, construtores, fabricantes de produtos e outros líderes do setor. A iniciativa LEED foi apoiada pelo Conselho de Administração do USGBC, presidido por Steven Winter de 1999 a 2003, e uma equipe muito ativa, incluindo Nigel Howard (VALENTE, 2009).

Ao contrário dos códigos de construção existentes, como o Código Internacional de Construção, somente membros do USGBC e comitês internos específicos podem adicionar, subtrair ou editar o padrão, sujeitos a um processo interno de revisão. Propostas para modificar os padrões LEED são oferecidas e revisadas publicamente pelas organizações membros do USGBC (LEITE, 2011).

Figura 1 – Tipologias da Certificação LEED



Fonte: GBC BRASIL (2019)

O processo de certificação para as equipes de projeto é composto de duas aplicações consecutivas: uma incluindo créditos de projeto e uma incluindo créditos de construção. Todos os créditos LEED em cada sistema de classificação são atribuídos ao crédito de design ou ao crédito de construção. Os créditos de design incluem aqueles que são de competência do arquiteto e do engenheiro, e estão documentados nos desenhos de construção oficiais. Os créditos de construção incluem aqueles que estão predominantemente sob a alçada do empreiteiro e são documentados durante a construção e comissionamento do edifício (GBC, 2019).

Figura 2 – Análises realizadas nas Tipologias da Certificação LEED



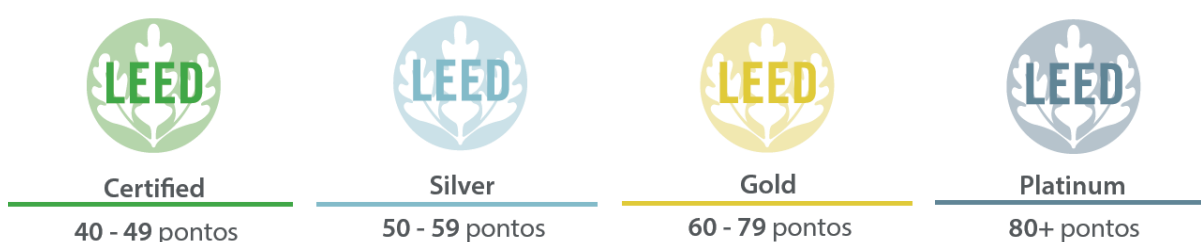
Fonte: GBC BRASIL (2019)

As equipes de projeto têm a opção de obter pontos no crédito Optimize Energy Performance, construindo um modelo de energia. Este modelo de energia deve seguir as

metodologias de modelagem descritas no Apêndice G da ASHRAE 90.1. As diretrizes no Apêndice G exigem que a equipe faça dois modelos de energia: um representando o edifício como projetado e um segundo edifício de “linha de base”. O edifício da linha de base deve ser modelado no mesmo local e ter a mesma geometria e ocupação que o edifício de design (VALENTE, 2009).

Dependendo da localização e do tamanho do edifício, o padrão fornece requisitos para o tipo de sistema HVAC e definições de parede e janela. O objetivo desta metodologia é fornecer um edifício de linha de base para usar como ponto de referência para comparar o edifício de projeto. É uma maneira de padronizar a linha de base, ao mesmo tempo em que coloca em peso fatores importantes que influenciam fortemente o consumo de energia do edifício, como por exemplo, localização, geometria e padrões de ocupação (LEITE, 2011).

Figura 3 – Pontuação para as Tipologias da Certificação LEED



Fonte: GBC BRASIL (2019)

Embora todos os projetos e planos certificados pelo LEED sejam um pouco acima do resto, cada um recebe um dos quatro níveis de certificação para reconhecer o grau de realização. O número de pontos que seu projeto ganha determina o nível de certificação LEED que você receberá. Segundo o GBC BRASIL (2019), os benefícios da Certificação LEED são:

Figura 4 – Benefícios Econômicos da Certificação LEED

Econômicos
Diminuição dos custos operacionais
Diminuição dos riscos regulatórios
Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento
Aumento na velocidade de ocupação
Aumento da retenção
Modernização e menor obsolescência da edificação

Fonte: GBC BRASIL (2019)

Figura 5 – Benefícios Sociais da Certificação LEED

Sociais
Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes
Inclusão social e aumento do senso de comunidade
Capacitação profissional
Conscientização de trabalhadores e usuários
Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto dos consumidores (em Comércio).
Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais
Aumento da satisfação e bem estar dos usuários
Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável

Fonte: GBC BRASIL (2019)

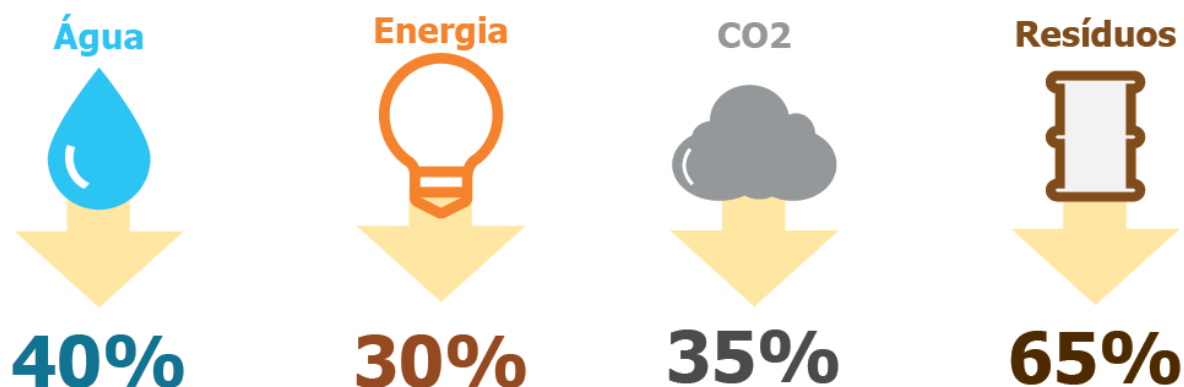
Figura 6 – Benefícios Ambientais da Certificação LEED

Benefícios Ambientais
Uso racional e redução da extração dos recursos naturais
Redução do consumo de água e energia
Implantação consciente e ordenada
Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas
Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental
Redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

Fonte: GBC BRASIL (2019)

No Brasil, temos que a Certificação LEED vem mostrando resultados positivos para os edifícios que o utilizam. De acordo com GBC BRASIL (2019), temos que a média de reduções promovidas pelo LEED no Brasil são:

Figura 7 – Médias de redução no consumo promovidas pela Certificação LEED



Fonte: GBC BRASIL (2019)

6 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Inúmeros benefícios são esperados da aplicação de pavimentos permeáveis de profundidade total instalados em estacionamentos urbanos, calçadas comerciais e residenciais. Esses benefícios geralmente incluem, mas não estão limitados a: redução de ruído, gerenciamento de volume de escoamento de águas pluviais, aumento na qualidade da água e melhoria no desempenho térmico e no impacto das ilhas de calor urbanas. Pode haver várias compensações potenciais com a aplicação de pavimentos permeáveis em comparação com as instalações convencionais de pavimento. Essas compensações em potencial incluem, mas não estão limitadas a: custo adicional, danos por umidade e contaminação das águas subterrâneas.

Durante as últimas duas décadas, houve um considerável progresso com relação à aplicação de pavimentos permeáveis em estacionamentos e outras áreas comerciais com baixa velocidade e baixa carga de tráfego. No entanto, ainda existem vários problemas não resolvidos relacionados ao projeto estrutural, projeto hidrológico, qualidade da água e entupimento da superfície que devem ser abordados antes que os pavimentos permeáveis sejam totalmente integrados e implementados em estradas urbanas e rodovias com maiores velocidades e cargas.

Os pavimentos permeáveis contêm muitas aberturas pequenas (isto é, juntas ou poros) que permitem a drenagem das chuvas e/ou derretimento da neve ao invés de escorrer na superfície, como acontece em pavimentos impermeáveis como asfalto convencional e concreto. Os pavimentos permeáveis tratam a precipitação que cai sobre eles e podem ser projetados para receber também escoamento de superfícies impermeáveis adjacentes (como pavimentos e telhados), como escoamento de chapas ou de um tubo (como calha de telhado) descarregado na superfície do pavimento ou conectado a base agregada. A água que se infiltrou através do

pavimento permeável é temporariamente armazenada na base agregada de pedra limpa, isto é, cascalho lavado. Lá, ele se infiltra no subsolo e reabastece o sistema de água subterrânea, ou a água filtrada é transportada para uma rede de drenagem ou outro é captada para posterior tratamento e reutilização. Uma saída de transbordamento é necessária para transmitir com segurança os fluxos de grandes eventos de tempestade para uma rede de drenagem pluvial ou sistema de captação de água (BATEZINI, 2013).

O funcionamento adequado dos pavimentos permeáveis reduz a quantidade de escoamento e os poluentes que são despejados nas águas pluviais municipais e águas receptoras (isto é, rios, lagos e zonas úmidas) e podem ajudar a reabastecer os lençóis de água subterrânea. Eles podem ser usados para estradas de tráfego baixo a médio, vagas de estacionamento, calçadas, praças de pedestres e passarelas (ACIOLI, 2005).

Segundo Porto (1999), há uma variedade de tipos de pavimentos permeáveis que diferem em termos da camada superficial:

- Intertravamento permeáveis: unidades modulares pré-fabricadas feitas de concreto, concreto permeável ou composto de borracha / plástico projetado para criar juntas abertas entre unidades que são preenchidos com agregado fino e lavado e instalados em um agregado de graduação aberta;
- Sistemas de grade de intertravamento permeáveis: concreto pré-fabricado ou grades plásticas fabricadas com células abertas que podem ser preenchidas com agregado ou uma mistura de areia, cascalho e solo e plantadas com capim ou capas de baixo crescimento e instaladas em uma base agregada de classificação aberta;
- Concreto permeável: um pavimento rígido instalado em uma base de agregado aberto que usa um ligante cimentício para aderir agregado, semelhante ao concreto convencional, exceto que o componente agregado fino é minimizado ou eliminado, o que resulta na formação de poros conectados por toda parte;
- Asfalto poroso: um pavimento flexível instalado em uma base de agregado aberto que usa um aglutinante betuminoso para aderir agregado, semelhante ao asfalto convencional, exceto que o componente agregado fino é minimizado ou eliminado, o que resulta na formação de poros conectados por toda parte.

Dependendo da permeabilidade do subsolo nativo subjacente e outras restrições, o pavimento pode ser projetado sem subdreno para infiltração completa, com um subdreno para infiltração parcial, ou com um forro impermeável e subdreno para evitar a infiltração. O tubo de subdrenagem pode apresentar um restritor de fluxo, como um tampão orifício, válvula de

esfera, para que o sistema de captação de água ter um controle da taxa de fluxo (HOLTZ, 2011).

Também considerado como pavimento verde, o pavimento permeável permite que a água passe através dele em vez de se acumular ou fugir dele. A precipitação e a água são armazenadas no reservatório de onde se infiltra lentamente no solo abaixo ou é drenado através de um dreno. A pedra ou cascalho age como um filtro natural e limpa a água dos poluentes.

Segundo Smith (2001), algumas vantagens de estabelecer o pavimento permeável incluem:

- O pavimento permeável não produz uma "ilha de calor" - uma área na calçada que é muito mais quente que os arredores;
- Pode ser feito usando materiais reciclados, o que coloca menos pressão sobre o meio ambiente para produzir materiais para construir pavimentos e calçadas. Existem novas técnicas que permitem que os fabricantes usem os subprodutos, como o cimento de escória de siderurgias, para fazer o concreto que pode ser usado como componente do pavimento verde. Isso ajuda a reduzir o espaço do aterro também;
- Como a água e a precipitação penetram no pavimento, não haverá formação de gelo. Mesmo em temperaturas congelantes, o pavimento permanecerá quente e provará ser uma superfície segura para dirigir e caminhar;
- O pavimento permanece frio no verão devido à circulação de precipitação e água. Além disso, sua cor mais clara também ajuda no mesmo.

Ainda segundo Smith (2001), as desvantagens do pavimento permeável são:

- É mais caro instalar esse tipo de pavimento, em comparação aos pavimentos tradicionais;
- Os requisitos de manutenção do pavimento permeável são bastante diferentes. É propenso a entupir se a água no reservatório não for drenada adequadamente. A areia e partículas finas que podem bloquear o espaço entre as unidades devem ser removidas usando um vácuo industrial;
- Eles não são tão fortes quanto pavimentos tradicionais ou de asfalto. Se eles forem submetidos a pressão constante (como frenagem por veículo pesado), então os poros do pavimento entrarão em colapso. Devido a isso, o pavimento permeável não é ideal para a construção de pistas e rodovias.

7 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS POR PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Os pavimentos permeáveis apresentam uma oportunidade única para colher e armazenar águas pluviais, contribuindo para diminuir o excesso de escoamento superficial que é

direcionado à rede de drenagem pluvial. Com infraestrutura de superfície mínima, pavimentos permeáveis proporcionam uma área que facilita a coleta, tratamento e reutilização de água. Existem várias opções para o design e construção de tal sistema. Depois de se infiltrar pela superfície do pavimento, a água da chuva pode ser armazenada em um tanque submerso ou sistemas de células plásticas (BEECHAM; MYERS, 2007).

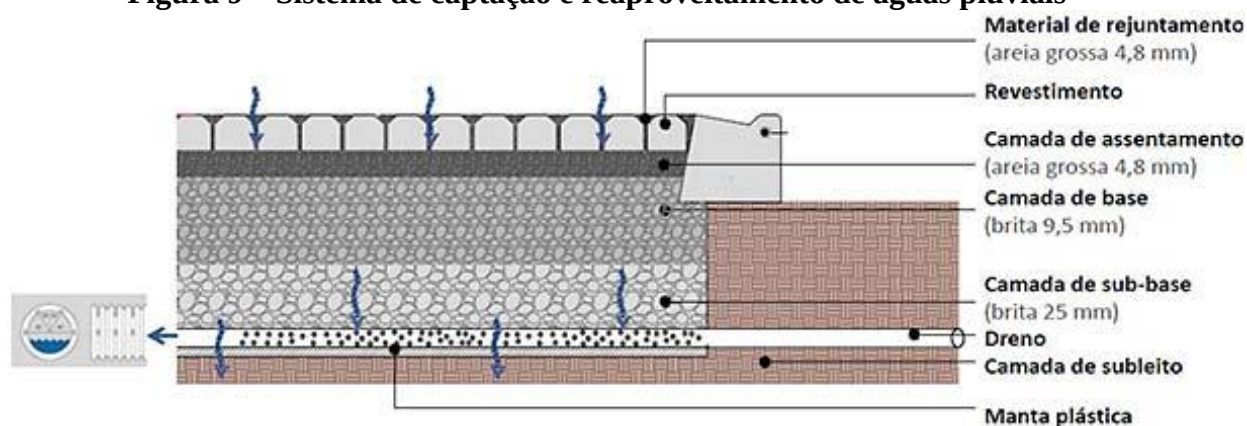
Figura 8 – Exemplo de pavimento permeável (intertravamento)



Fonte: IBDA (2019)

Como primeiro sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais via utilização de pavimentos permeáveis, iremos apresentar uma solução proposta por Nunes (2019). Segundo a autora do texto, o sistema possui a seguinte configuração:

Figura 9 – Sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais



Fonte: Nunes (2019)

Ainda segundo Nunes (2019), o funcionamento desse sistema segue as etapas conforme demonstrado a seguir:

- 1º) as águas pluviais caem sobre o pavimento permeável, que no caso é construído com a utilização de blocos intertravados;
- 2º) as águas pluviais passam pelas frestas existentes entre os intertravamentos, onde as mesmas são rejuntadas com areia grossa de granulometria aproximada de 4,8 mm;
- 3º) ao passar pelas frestas do intertravamento, a água atinge uma camada de assentamento utilizada para servir de base na instalação dos intertravamentos. Essa camada é composta de areia grossa, de granulometria de 4,8 mm;
- 4º) uma vez ultrapassando a camada de assentamento, a água passa para a camada seguinte, que é uma camada de base do pavimento. Essa camada é composta por brita com granulometria de 9,5 mm;
- 5º) vencendo essa camada de brita, as águas pluviais encontram uma nova camada de brita, só que agora com uma granulometria ainda maior. Para essa camada, utiliza-se brita com granulometria de 25 mm;
- 6º) por fim, as águas pluviais ultrapassam essa nova camada de brita e chega até drenos instalados sob o subleito. Entre a área de drenagem da água e o subleito, é instalada uma manta plástica impermeável, que tem o objetivo de minimizar as perdas de água para o solo nativo;
- 7º) através dos drenos, as águas pluviais são direcionadas para cisternas. Nessas cisternas, as águas pluviais são armazenadas para seu posterior tratamento ou mesmo para sua reutilização direta, dependendo da finalidade a ela designada.

Na construção desse sistema, deve ser levando em conta a quantidade de água que se deseja armazenar, o que estará diretamente ligado à quantidade de chuvas que ocorrem na região. Além disso, devem ser levadas em conta também as condições do solo e a existência de áreas contaminantes nas intermediações do sistema de captação e reaproveitamento. Vale lembrar que, durante o desenvolvimento do projeto, deve ser levado em conta também o fluxo de pessoas ou veículos que haverá no local, para fins de se garantir a resistência do sistema às solicitações mecânicas que porventura serão geradas (NUNES, 2019).

Acerca do tratamento da água coletada pelo sistema de captação, temos que a mesma passa naturalmente por um processo de filtragem. De acordo com o caso citado, temos que o

pavimento permeável funcionará como um primeiro filtro, impedindo então a passagem de qualquer tipo de impureza ou mesmo sujeira existente sob o pavimento. Após infiltrar no pavimento, as águas pluviais passarão por uma nova camada de filtragem, que será a camada de assentamento. Devido à baixa porosidade da areia utilizada nesse local, temos que essa camada se comportará como um filtro mais eficiente, bloqueando qualquer tipo de impureza que porventura possa ter penetrado no pavimento permeável em função do volume de água em questão.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA ALIMENTADA POR ENERGIA SOLAR

De acordo com a NBR 5101, que trata do dimensionamento de iluminação pública, será realizado o dimensionamento de um sistema de iluminação pública utilizando-se do sistema de iluminação à base de energia fotovoltaica. Para tanto, será proposto um dimensionamento de iluminação pública alimentado por energia fotovoltaica para pátios e outras áreas externas.

8.1.1 Dimensionamento do Poste Solar

Considerando as informações constantes na NBR 5101, o tipo de via escolhido para o dimensionamento da iluminação por energia fotovoltaica é do tipo via especial, visto que este tipo de via é utilizada para a circulação de pedestres em calçadas e praças, bem como para estacionamentos. Assim, a norma supracitada prevê a utilização deste tipo de iluminação para as mesmas, onde os parâmetros exigidos para tal são: $E_{med.min} = 10 \text{ lux}$ e $U_{min} = 0, 2$.

Figura 10 – Poste Fotovoltaico



Fonte: Mercado Livre (2019)

8.1.2 Componentes do Poste Solar

Segundo o site E-Solar (2019), um poste solar possui um conjunto de componentes tecnológicos que resultam em uma fonte de luz que é não dependente de uma rede elétrica, utilizando-se apenas de alimentação de energia solar absorvida pelo seu sistema de captação e transmissão interna de energia. Sendo assim, seus componentes são:

- Painéis solares: dispositivo que capta energia solar e que, através de suas células fotovoltaicas, convertem energia solar em energia elétrica.
- Banco de baterias: baterias projetadas especificamente para aplicações fotovoltaicas, onde sua função é armazenar a energia solar captada pelos painéis solares aos quais está conectada.
- Lâmpada LED: é um corpo semicondutor sólido de grande resistência que, ao receber uma corrente elétrica de baixíssima intensidade, emite luz de forma eficiente e com alto desempenho.
- Controlador de carga: sua função é proteger o banco de baterias contra cargas excessivas e descargas que possam danificá-lo. Também é responsável por ligar e desligar a lâmpada LED.

Figura 11 – Poste Fotovoltaico



Fonte: E-Solar (2019)

8.1.3 Custo-Benefício da utilização do Poste Solar

De acordo com o site Neo solar (2019), o custo de um poste para iluminação de vias especiais é de R\$ 6.399,00, onde suas características são:

- Altura do Poste: 6m.
- Potência da Luminária: 30W.
- Tempo diário de operação: 12h por dia.
- Autonomia: 3 noites sem recarga.
- Vida útil de 10 anos.

Para calcular o custo-benefício da instalação de um poste com estas configurações, devemos realizar um comparativo dos custos de aquisição dos postes solares, bem como da economia de energia elétrica por ele oferecida, com os custos de energia elétrica praticados por postes convencionais proporcionais às mesmas características apresentadas pelo poste solar.

Sendo assim, considerando que o poste solar possui uma potência de 30W, temos que um poste convencional deve necessariamente ter uma potência de 150W, conforme informações do site Boreal Led (2018). Para o comparativo, o tempo de uso da iluminação será de 12 horas, considerando que este abrangerá todo o período noturno. O tempo utilizado para a análise será de 10 anos, conforme a vida útil do poste solar, para assim verificar se nesse prazo de tempo haverá economia até que o mesmo seja substituído por outro. Vale lembrar que para os cálculos que serão realizados não serão considerados os custos de manutenção, para fins de se verificar a economia de energia proporcionada.

POSTE CONVENCIONAL		POSTE SOLAR	
Custo de Aquisição do Poste Convencional (R\$)*:	865,62	Custo de Aquisição do Poste Solar (R\$):	6.399,00
Consumo Energia por mês (KWh):	54,00	Economia de Energia em 10 anos (KWh):	3.667,13
Consumo de Energia em 10 anos (KWh):	6.480,00	Custo Total em 10 anos (R\$):	2.731,87
Custo Médio do KWh ** (R\$):	0,518		
Custo Total de Energia em 10 anos (R\$):	3.356,64		
Impostos sobre a energia em 10 anos (R\$):	310,49		
Custo Total (R\$):	4.532,75		
* Dado obtido no site Inspire Home (2019)			
** Dado obtido no site da ANEEL (2019)			

Como podemos verificar, os custos envolvidos na utilização de postes solar são 60,27% menores do que aqueles que seriam praticados caso a iluminação dimensionada para a mesma finalidade fosse utilizada com iluminação convencional.

8.2 EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS EM ESTACIONAMENTOS

De acordo com o que foi visto anteriormente, será proposto agora a instalação de um pavimento permeável para estacionamentos, o que pode ser aplicado em universidades. Essa aplicação pode ser feita em seus estacionamentos, onde o pavimento é geralmente compatível com o tipo de pavimento sugerido neste estudo. Sendo assim, as etapas para execução do sistema de reaproveitamento de água para pavimentos em uma universidade possuem as seguintes etapas:

- 1º) retirada do pavimento do estacionamento, inclusive base de concreto fechada que tornam o terreno impermeável;

Figura 12 – Retirada do pavimento existente



Fonte: Docplayer (2017)

Figura 13 – Retirada da base do pavimento



Fonte: Docplayer (2017)

- 2º) abertura das valas dos drenos, onde serão instaladas as tubulações de PVC responsáveis por captar e direcionar a água pluvial coletada até a cisterna;

Figura 14 – Aberturas das valas para instalação da tubulação



Fonte: Docplayer (2017)

3º) compactação do solo onde o pavimento permeável será construído, para garantir uma resistência das camadas superiores e minimizar as infiltrações que porventura venham a ocorrer;

Figura 15 – Compactação do solo que receberá o pavimento



Fonte: Docplayer (2017)

4º) instalação da manta impermeável sobre a camada compactada e as laterais, para garantir que o solo não entre contato com as águas pluviais, aumentando a capacidade de coleta de água do sistema;

Figura 16 – Instalação de manta impermeável sobre o pavimento



Fonte: Docplayer (2017)

5º) Instalação da tubulação coletora das águas pluviais, para tornar o direcionamento das mesmas mais eficiente;

Figura 17 – Instalação da tubulação para a drenagem



Fonte: Docplayer (2017)

6º) Instalação da cisterna que armazenará as águas pluviais coletadas, de forma com que a água seja direcionada por gravidade;

Figura 18 – Instalação da cisterna



Fonte: Docplayer (2017)

Figura 19 – Instalação da caixa de acesso à cisterna



Fonte: Docplayer (2017)

- 7º) Colocação de brita para a formação da camada de base, onde a mesma deve possuir uma granulometria sem finos para garantir um maior grau de compactação e, ao mesmo tempo, a permeabilidade necessária para o sistema;

Figura 20 – Colocação de brita para construção da base do pavimento



Fonte: Docplayer (2017)

8º) Compactação da camada de base, para garantir a resistência e estabilidade necessária para o pavimento, garantindo a imobilização do pavimento permeável;

Figura 21 – Compactação da camada de base do pavimento



Fonte: Docplayer (2017)

9º) Colocação do material de assentamento sobre a camada de base, para que a mesma receba o pavimento permeável, onde sua granulometria deve ser menor do que a camada de base colocada anteriormente;

Figura 22 – Colocação do material de assentamento



Fonte: Docplayer (2017)

- 10º) Colocação do pavimento permeável sobre a camada de assentamento, onde a compactação da camada de revestimento não pode ocorrer antes da completação total do pavimento;

Figura 23 – Colocação do pavimento permeável



Fonte: Docplayer (2017)

- 11º) Aplicação do material de rejuntamento do pavimento permeável, garantindo que todas as juntas sejam preenchidas pelo mesmo;

Figura 24 – Colocação do material de rejuntamento



Fonte: Docplayer (2017)

- 12º) Retirada do excesso do material de rejuntamento e, em seguida, compactação do pavimento permeável, com a utilização de cobertura emborrachada para evitar danos ao pavimento;

Figura 25 – Compactação do pavimento permeável



Fonte: Docplayer (2017)

- 13º) Limpeza do pavimento para a remoção do material não compactado, certificando-se de que todas juntas estão preenchidas e com seu material compactado;

Figura 26 – Limpeza do pavimento permeável



Fonte: Docplayer (2017)

8.3 AÇÕES QUE PROPORCIONAM A CERTIFICAÇÃO LEED

Como foi visto anteriormente, a obtenção da Certificação LEED está condicionada à adoção de práticas que viabilizam a economia de recursos utilizados por edifícios. Para tal, temos que os edifícios comerciais possuem como alternativas para se enquadrarem-nas premissas da certificação ações como as que iremos descrever a seguir.

8.3.1 A medição de água em edifícios

Para os edifícios comerciais temos que o custo da água é um importante contribuinte para a pressão ascendente sobre os custos de aluguel e operação para os proprietários e utilizadores de suas dependências. Ao longo dos anos, os edifícios comerciais foram construídos com hidrômetros mestres para todo o edifício, em vez de hidrômetros individuais para cada unidade de consumo, conforme determinado recentemente pela Lei 13.312/2016. Como os custos da água dos locatários estão incluídos no pagamento do aluguel, eles não têm ideia de quanta água estão usando e nenhum incentivo financeiro direto para conservar (BUSSOLO, 2010).

Segundo Coelho e Maynard (1999), as deficiências do abastecimento de água recentemente vivenciadas pela sociedade em geral, bem com os baixos níveis de água subterrânea, têm feito com que o interesse na conservação da água e o desejo de economizar dinheiro levaram a uma variedade de técnicas, equipamentos e políticas de economia de água.

A medição individual de água permite que um edifício comercial acompanhe o uso individual de água e fature os inquilinos de acordo com seus gastos. Se os utilizadores tiverem medidores de água individuais ou pagarem diretamente pelo uso da água devida ao uso praticado, eles terão muito mais probabilidade de reduzir seu consumo de água e aproveitar os incentivos para a conservação de água, como programas de descontos (BUSSOLO, 2010).

Segundo Coelho e Maynard (1999), os medidores individuais são mais comuns ou necessários em edifícios comerciais mais novos e em grandes projetos de renovação. Eles também podem ser instalados para medir e distinguir entre o uso interno e externo de água em edifícios comerciais. No entanto, os edifícios mais antigos geralmente não possuem tais medidores, onde nem é rentável para esses edifícios reformularem tais edifícios. Os descontos que criariam incentivos para instalar medidores individuais nem sempre estão disponíveis nas áreas comuns dos edifícios.

8.3.2 Tratamento de água em edifícios

O Tratamento Físico-Químico da água cinza retira poluentes minerais, óleos, matéria orgânica solúvel, cor e turbidez, além de elementos como o fósforo e nitrogênio, DBO, DQO e bactérias e vírus. As águas cinzas num edifício comercial são basicamente as águas originadas de chuveiros, lavanderias, sanitários e lavatórios, dentre outros. São águas menos poluídas e mais fáceis de tratar (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Segundo Tomaz (2005), depois de tratadas, essas águas são utilizadas para o reuso em sanitários, irrigação, lavagem de automóveis, pisos e também para um novo ciclo de lavagem, conforme os padrões de qualidade do tratamento. Desta forma, são três os estágios do processo físico-químico para a reutilização da água: Tratamento físico-químico, filtração/decantação e desinfecção.

A adição de floculantes promove a remoção de argilas mais finas, matéria orgânica dissolvida, poluentes minerais, óleos, matéria orgânica solúvel, cor e turbidez além de elementos como o fósforo e nitrogênio, DBO, DQO, bactérias e vírus. Com os contaminantes já coagulados e separados completamente da água, é possível a reutilização da mesma, sendo necessário filtrá-las ou decantá-las, retraindo o iodo. Assim, a água filtrada/decantada pode então ser clorada para reutilização ou levada para armazenamento (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Segundo Tomaz (2005), o tratamento da desinfecção de águas cinzas deve ser feito com cloro e também através de pastilhas que se dissolvem em contato com a passagem da água. Pela

trajetória das águas cinzas até o retorno da mesma aos reservatórios, há a filtração os resíduos que passam pelo período de coagulação, onde, por sua vez, filtra-se ou decanta essas águas que, posteriormente, passam pelo processo de desinfecção para, em seguida, seguir para o tanque de estocagem, pronta para o reuso.

O tratamento físico químico é aplicado sistematicamente nos tratamentos de água, podendo ser realizado em batelada ou em processo contínuo. Contudo, a reutilização em lava rápidos, lavanderias, produção de água potável, curtumes, indústrias têxteis e celulose e papel empregam esse sistema para a retirada dos poluentes inorgânicos, materiais insolúveis, metais pesados, material orgânico, sólidos em suspensão, cor, fósforo orgânico solúvel, nitrogênio, bactérias, vírus, sólidos em suspensão, sólidos coloidais e soluções que contribuam para turbidez (MANCUSO; SANTOS, 2003).

8.4 VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED

De acordo com o GBC (2019), uma transição sustentável rápida e de longo alcance em terra, energia, edifícios, transporte e cidades é necessária para atingir as metas globais de redução de carbono. Os edifícios representam quase 40% do CO₂ global relacionado à energia e terão um papel importante em uma transformação sustentável (USGBC, 2019).

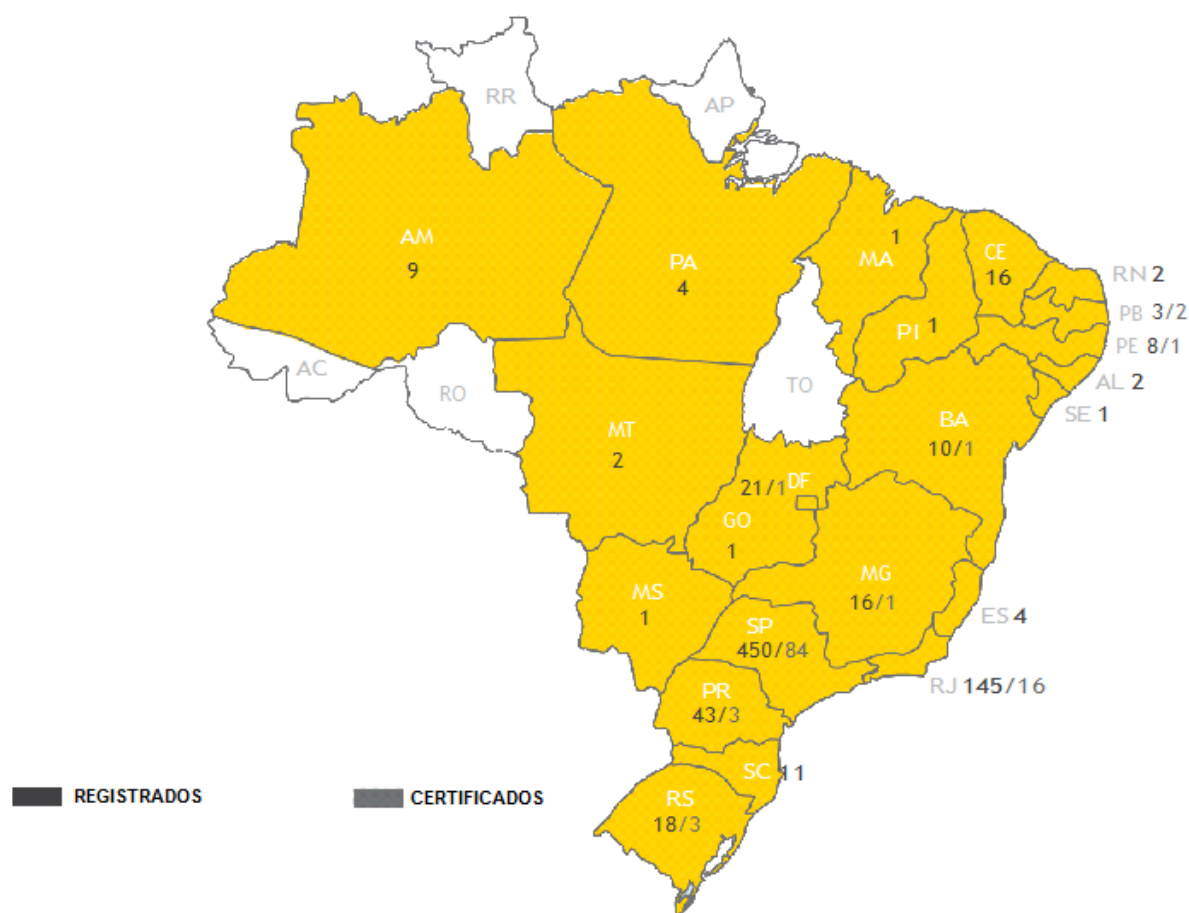
Edifícios verdes, como aqueles que possuem certificação LEED, são uma solução global para cidades, comunidades e bairros. Os benefícios tangíveis podem não ser facilmente reconhecíveis para inquilinos ou visitantes, mas através de projetos sustentáveis, construções e operações, os prédios ecológicos reduzem as emissões de carbono, energia e resíduos; conservação de água; priorizando materiais mais seguros; e diminuindo nossa exposição a toxinas.

Esses resultados estão contribuindo para o crescimento global do setor. De acordo com USGBC (2019), muitos na indústria da construção esperam que a maioria dos projetos nos próximos três anos sejam edifícios verdes. Olhando para o futuro, a criação de espaços que apoiem a saúde e bem-estar da população, bem como a economia e a preservação do meio ambiente, será vital para acelerar o desenvolvimento sustentável e proporcionar um melhor padrão de vida.

A indústria da construção sustentável vem apresentando um crescimento modesto. O movimento começou em 2007 com a primeira certificação Liderança em Energia e Design

Ambiental (LEED). A maior concentração de projetos certificados (registrados ou aguardando certificação) é em São Paulo e no Rio de Janeiro. Em 2012, por exemplo, havia 32 projetos certificados e 103 aguardam certificação em São Paulo. No Rio de Janeiro, havia seis que ganhou o selo LEED e outros 52 aguardam certificação (GBC BRASIL, 2019).

Figura 27 – Panorama da Certificação LEED no Brasil



Fonte: GBC BRASIL (2019)

Dentre as certificações similares existentes no Brasil, temos que a LEED é a mais popular no Brasil. A organização certifica construções comerciais e residenciais, plantas industriais, laboratórios, supermercados, restaurantes, hotéis, estádios e arenas multiesportivas, edifícios públicos, centros de dados, instalações de logística, centros de distribuição e até mesmo museus e escolas (GBC BRASIL, 2019).

As vantagens da construção sustentável são evidentes e podem ser classificadas em termos de benefícios econômicos, ambientais e sociais. Economicamente falando, os investidores, inquilinos e construtores se esforçam para reduzir os custos operacionais, reduzir

o risco regulatório, agregar valor a um ativo, fazer a propriedade valorizar frente a revenda ou leasing e ampliar os serviços oferecidos por edifícios.

O custo de construção de um prédio verde é, em média, 1% a 7% mais alto do que um edifício tradicional. Compensando essa diferença, o retorno sobre o investimento é 9,9% maior para construções novas e 19,2% para os edifícios existentes. Além disso, o investimento em construção sustentável pode reduzir as despesas de condomínio em até 10% ao longo de toda a vida de um edifício de 50 a 60 anos de serviço, calculados com base na economia de energia, água e custos operacionais, como manutenção e renovação (GBC BRASIL, 2019).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo proposto, podemos constatar que a energia solar se mostra como uma forma de energia limpa e acessível para o uso nas várias atividades da sociedade em geral. A energia solar pode ser aproveitada de várias maneiras, o que pode ser combinado para melhor atender às necessidades de energia da população e economia global. Pelo fato de estar disponível em todo o planeta, pode fornecer acesso mais rápido a serviços modernos de energia para comunidades desfavorecidas em áreas rurais com baixa densidade populacional. Também pode ajudar a satisfazer suas necessidades de energia para cozinhar, evitando maneiras de se usar a biomassa que é ineficiente, insalubre e não sustentável.

Para a maior parte da população mundial, a energia solar pode fornecer inesgotável e limpa eletricidade em grandes quantidades, apenas superada pela energia eólica em países temperados e frios. A eletricidade será a principal operadora de energia solar, diminuindo o uso de combustíveis fósseis, motores e bombas de calor, valendo-se fortemente de seu sistema de produção cada vez mais eficiente. Uma abordagem integrada para a implantação de energia solar precisa primeiro avaliar e caracterizar todas as necessidades de energia, para identificar a combinação mais inteligente possível de fontes para atender nossas necessidades.

Sempre que possível, projetos passivos de cidades e edifícios maximizam a iluminação diurna, a captura de calor pela energia solar e a blindagem contra irradiação solar excessiva. Onde quer que seja possível, o calor direto deveria ser preferível a formas mais elaboradas de energia em resposta às necessidades de calor. Usar energia ambiente sempre que possível é ainda melhor, pois são custos que não geram um aumento de temperatura global, onde o sistema fotovoltaico tem uma contribuição direta para que isso ocorra.

O presente trabalho teve também como objetivo apresentar um sistema de captação de águas pluviais, para o posterior armazenamento e reaproveitamento dela para utilidades diversas. Como resultado, obteve-se todas as premissas de projeto que se mostram necessárias para a construção de tal sistema, de forma a tornar sua utilização uma ferramenta de sustentabilidade disponível para todos.

Aumentar a quantidade e a qualidade do escoamento das águas pluviais é uma consequência natural da urbanização, onde soluções para esse tipo de problema são buscadas constantemente. Durante a apresentação dos resultados, foi possível identificar todas as etapas inerentes ao processo de captação das águas pluviais. Para cada etapa desse processo, foram relacionados os materiais necessários para a construção do sistema de captação.

Além dos conceitos inerentes aos pavimentos permeáveis, temos que este estudo buscou também esclarecer como se dá o processo de tratamento das águas pluviais coletadas por esse tipo de sistema. Considerando o funcionamento da coleta das águas pluviais, foi possível identificar que o próprio pavimento e sua camada de assentamento funcionam como filtros naturais para a água, garantindo assim um menor grau de impurezas ou mesmo sujeiras.

Ainda se tratando do tratamento da água, temos que o sistema deve ser construído em um local que esteja distante de qualquer tipo de contaminante do solo, pois isso poderia acarretar na utilização de água contaminada que, conseqüentemente, será vetor para problemas de saúde para os usuários que se utilizarem de tal água.

Assim, temos que os edifícios sustentáveis oferecem uma boa perspectiva de redução de custos, porque o mercado vem ganhando reconhecimento no país e, conseqüentemente, acaba agregando valor aos imóveis. Como descrito anteriormente, podemos perceber que uma das razões é que a despesa adicional empreendida pelas ações de sustentabilidade incorporadas, sendo as mesmas absorvidas ao longo do tempo. Com isso, pode-se prever que a percepção de que edifícios sustentáveis promovem menores custos para os edifícios comerciais atraem mais compradores e usuários. Além disso, temos que a responsabilidade ambiental influencia a decisão de compra ou locação, permitindo que os empreendimentos sejam vendidos com uma maior facilidade.

Por outro lado, para o investidor, há a possibilidade de um crescente sentimento de que a adição de iniciativas socioambientais a uma marca de empreendimento traz maiores retornos em termos de imagem. No que diz respeito aos custos de construção, isto se mostra importante

para uma otimização do planejamento e design dos edifícios comerciais, onde a mitigação dos impactos socioambientais e a eficiência do canteiro de obras podem resultar em edifícios certificados que não custam mais do que os tradicionais edifícios comerciais.

Dentro ainda do que foi exposto anteriormente neste estudo, pode-se perceber que os benefícios para o meio ambiente surgem a partir de uma eficiente utilização de recursos naturais, menor contribuição na emissão de gases de efeito estufa, redução dos impactos das mudanças climáticas locais, uso de materiais de construção com baixo impacto ao meio ambiente e tratamento e reutilização de materiais utilizados durante a construção. Um estudo realizado pelo USGBC (2019) em edifícios certificados ao redor do mundo mostra que edifícios certificados gastam até 30% menos na energia, contribuem com 35% menos emissões de gases de efeito estufa, diminuem o consumo de água entre 30% e 50% e a geração de resíduos em até 60%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101: Iluminação Pública – Procedimento**. 2012. Disponível em: <<http://universidadeniltonlins.com.br/wp-content/uploads/2019/04/NBR-5101-OK.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

ACIOLI, L. A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação (Mestrado recursos hídricos e saneamento ambiental). UFRGS: Porto Alegre, 2005.

ALDABÓ, Ricardo. **Energia solar**. São Paulo: Artliber, 2002.

ALMONDES, J. I. de. **Energia fotovoltaica para fins de iluminação em trechos ferroviários: Estudo e aplicação**. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2015.

AGUIAR, C. de A. **Aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais**. Curitiba: UFPA, 2008.

AUDIBERT, P.; ROUARD, D. **A energia solar**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1979.

BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. Dissertação (Mestrado engenharia civil). USP: São Paulo, 2013.

BEECHAM, S.; MYERS, B. Structural and design aspects of porous and permeable block pavement. **Journal of the Australian Ceramic Society**, v.43, n.1, p.74-81, 2007.

BENEDUCE, F. C. A. **Energia solar fotovoltaica sem mistérios**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

BOREAL LED. **Lâmpada LED equivalente a quanto de uma lâmpada convencional? – Tabela Comparativa Completa**. 2018. Disponível em: <<https://blog.borealled.com.br/lampada-led-equivale-quanto-tabela-comparativa/>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

BUSSOLO, R. **Comparativo executivo e econômico de medição coletiva e individual de água em edifícios residenciais multifamiliares**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

CABELLO, A. F.; POMPERMAYER, F. M. **Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico**. Brasília: DF IPEA, 2013.

CAMARGO, F.; RIBEIRO, L. P.; NAHUR, A. C. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. Brasília: WWF-Brasil, 2015.

CAMPOS, M. M.; AZEVEDO, F. R. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. **Publicação jornal eletrônico**. Faculdades Integradas Vianna Junior. Juiz de Fora, 2013.

CASALS, M. R.; GARRETA, J. C. **Energia solar térmica**. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2013.

COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. **Medição individualizada de água em apartamentos**. Recife: Editora Comunicarte, 1999.

DALMARCO, A. R. **Regulação, Energia e Inovação**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017.

DOLIF, G. N.; SILVEIRA, L. N. L. da; GOMES, M. E. M. **Energia solar**. Brasília: MEC, 2009.

E-SOLAR. **Componentes de um poste solar**. 2019. Disponível em: <<http://esolarhidalgo.com/componentes-de-un-poste-solar/>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FRAIDENRAICH, N.; LYRA, F. **Energia solar: fundamentos e tecnologia de conversão heliotermolétrica e fotovoltaica**. Recife: UFPE, 1995.

GBC BRASIL. **Green Building Council Brasil**. 2019. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

HOLTZ, F.C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise a viabilidade técnica e do impacto ambiental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFRGS: Porto Alegre, 2011.

IBDA – INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA. **Pavimento Permeável**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=1530>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. 2000. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2000.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2019.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **The Climate System: an Overview**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

ITI. Instituto De Tecnologia Internacional. **Energia solar**. Rio de Janeiro: ITI, 1978.

LEITE, V. F. **Certificação Ambiental na Construção Civil: Sistemas LEED e AQUA**. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reuso de Água**. Barueri: Manole, 2003

MARCOVITCH, J. **Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais**. Edusp, 2006.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

MASTER DISTÂNCIA. **Energia fotovoltaica: Livro de classe**. Zaragoza Master Distancia D.L., 2009.

NEO SOLAR. **Poste Solar Fotovoltaico NeoSolar - LED 30W - 6 metros**. 2019. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/poste-solar-fotovoltaico-led-30w-6-metros.html>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

NUNES, G. **Pavimentos permeáveis possibilitam captação de água**. Disponível em: <<https://www.temsustentavel.com.br/pavimentos-permeaveis-captacao-de-agua/>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESEB, 2014.

PORTO, H.G. **Pavimentos Drenantes**. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 1999.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RUTHER, R.; URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

SETTI, M. do C.B. de C. **Reuso da água: condições de contorno**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SHIKLOMANOV, I. **Word water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO, 1998.

SMITH, D. R. **Permeable Interlocking Concrete Pavements**. Washington: ICPI – Interlocking Concrete Pavement Institute, 2001.

SOUZA, A. W. A. de. **Fundamentos da teoria de energia solar e de seu uso**. Belo Horizonte: Fundação Brasileira de Direito Econômico, 1994.

TOMAZ, P. **A conservação da água**. Guarulhos: Editora Parma, 1999.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

USGBC. **United States Green Building Council**. 2019. Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

VALENTE, J. P. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE**. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ANEXO 1- MEMORIAL INTERAÇÕES CULTURAIS HUMANÍSTICAS

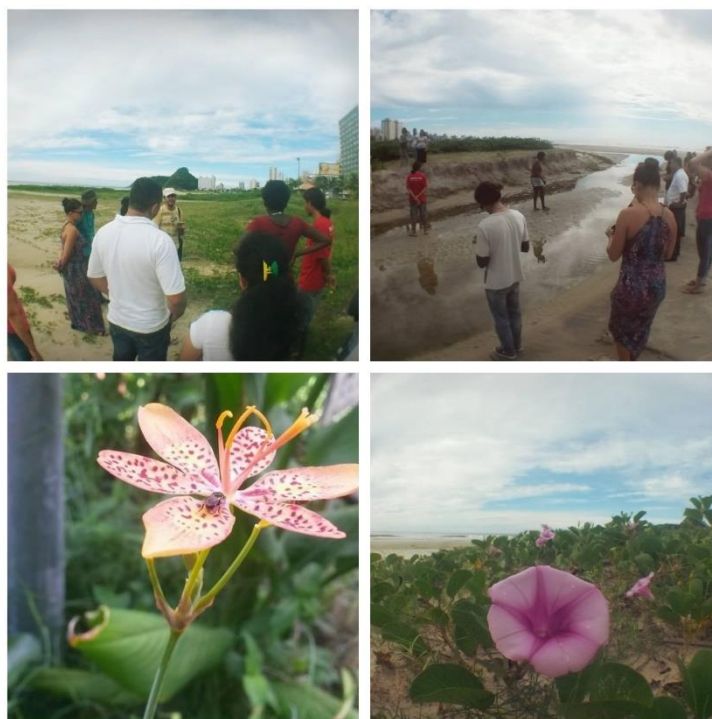
1º Período - ICH Paisagismo Agroecológico. Prof: Gilson Walmor Dahmer.

No ICH de Paisagismo Agroecológico foi possível aprender técnicas e formas de manejo sustentável da terra, técnicas de jardinagem e pudemos explorar mais a fundo o sistema de plantio agroflorestal. As aulas foram ministradas de forma aberta com rodas de conversas, que permitiram a troca de conhecimentos de todos.

As atividades foram desenvolvidas em grupos de cinco pessoas que escolheram locais para iniciar um jardim agroecológico, nas quais toda semana eram realizados o manejo da terra, obtivemos ótimos resultados conseguindo realizar belos jardins explorando a fauna nativa de forma sustentável.

Foram realizadas saídas de campo primeiramente na Praia Brava de Caiobá onde fizemos o reconhecimento da mata nativa ipoméia, taboa, maracujá, clúsia entre outras, e na fauna pudemos observar o lagarto-teiú o quero-quero e a coruja-buraqueira

Figura 28- Saída de Campo Praia Brava.



Fonte: autora (11/03/2015)

No mês março ainda realizamos uma saída de campo no Parque Estadual Rio da Onça, a Unidade de Conservação é um dos últimos remanescentes da Mata Atlântica e possui e

disponibiliza projetos de educação ambiental, o Parque possui uma rica diversidade de Fauna e Flora nativa.

Figura 29- Saída de Campo Parque Rio da Onça



Fonte: Autora (2015).

Em abril realizamos uma visita de campo em Morretes/PR em uma propriedade de agricultura familiar, no qual observamos o modo de plantio do casal proprietário, pudemos identificar diversas plantas frutíferas nativas e na prática o conceito de agroflorestal, posteriormente fomos recepcionados com um café colonial com produtos plantados pelos mesmos, como banana, mandioca, cana de açúcar, maracujá, arroz, ingá, eucalipto e gengibre.

Figura 30- Saída de Campo em Propriedade Agroflorestal Familiar



Fonte: Autora (15/04/2019).

2º Período – ICH A diversidade esportiva e sua aplicação no litoral do Paranaense.

Prof: Almir Carlos Andrade.

O ICH de diversidade Esportiva foi realizado a partir da integração de escolhas do professor e dos alunos, no início das aulas foi acordado que cada aula seria referente a um esporte diferente, alternando teórica e prática, realizamos atividades jogos de vôlei, futebol, ping pong, queimada e slackline e jogos de tabuleiro como Pôquer, Uno, Rouba Monte, Truco, Detetive, Batalha Naval, Xadrez e Dama.

Como avaliação do ICH foi proposto a aplicação de um questionário, conversa com um profissional de educação física, de preferência professores para questionar sobre a formas de aplicar atividades aos alunos, a dificuldade entre outras, sendo posteriormente apresentado para turma os resultados obtidos.

3º Período - ICH SurfICH: Surf, Saúde e Ambiente. Prof: Luciano Fernandes Huergo.

O SurfICH foi desenvolvido em duas partes, sendo a primeira teórica e a segunda prática, primeiramente o professor apresentou o surf como um esporte radical podendo ser profissional e amador, foi aplicado as bases de conhecimento para praticar o mesmo como conteúdos sobre as marés, ventos, ondulação, correntes, fases lua e leitura de alguns gráficos como o de tábua de marés e outros, em seguida foi apresentado os equipamentos necessários para pratica-lo, pranchas, chave de quilha, leash, parafina, quilhas,deck, roupas de borracha e lycras e etc.

Na segunda parte iniciamos as aulas práticas na praia, na qual os que sabiam surfar iam para o mar e os iniciantes eram ajudados pelo professor e colegas, como aula final realizamos uma remada de Stand-up na Praia Mansa.

Figura 31- Aula Prática de Surf



Fonte: Autora (23/03/2016).

Figura 32- Aula Prática de surf



Fonte: Autora (2016).

4º Período – ICH Cine Saberes. Prof: Liliani Marilia Tiepolo.

O ICH “Cine Saberes” foi realizado pelo PET comunidades do campo em parceria com o Centro acadêmico de Gestão Ambiental (CeABi), nas aulas eram realizadas As sessões nas quais assistíamos documentários e em seguida debates no auditório da UFPR Litoral, relacionados à saúde, desenvolvimento, política, direitos humanos e ambiental. Durante o ICH pudemos assistir os seguintes documentários:

- quanto vale ou é por quilo? 03/08/16
- O Vale. 10/08/16
- Xingu. 17/08/16
- Jirau e Santo Antônio: Relatos de uma guerra amazônica e Amazônia S/A. 24/08/16
- Amazônia: Heranças de uma utopia. Ano:2005. 31/08/16
- The Corporation (A Corporação). 14/09/16
- Paisagens Manufaturadas. 21/09/16
- S.O.S Saúde. 28/09/16
- Revolução dos cocos. 19/10/16
- Escolarizando o Mundo: O último fardo do homem branco. 26/10/16

Como método de avaliação foi utilizado a participação em sala e por fim um resumo dos filmes assistidos.

5º Período- ICH Direito e Literatura. Prof Eduardo Harder.

O ICH Direito e Literatura foi realizado de forma dinâmica e participativa, tendo como leitura base o Livro Da Baía de Paranaguá de Julius Platzmann, as aulas eram realizadas com a leitura do livro desenvolvida pelos alunos e pelo professor, durante a evolução dos parágrafos realizávamos interpretações, identificações do processo de interpretação do livro e de como o autor contribuiu com informações etnográficas e botânicas do litoral Paranaense com sua visita ao local.

7º Período – ICH Cine Conhecimento. Prof. Antonio Luis Serbena.

O ICH buscou desenvolver a crítica referente a cinematográfica indígena, com foco na questão ambiental, ao mesmo tempo percebendo as características fílmicas de produção disponíveis para a temática, durante as aulas pudemos assistir os seguintes filmes documentários:

- 500 almas;

- Do bugre ao terana;
- Mbaraká a palavra que age;
- NAPEPE;
- Cuaracy Ra'Angaba – O céu Tupi Guarani;
- PARALELO 10;
- Á sombra de um delírio verde;
- República Guarani;
- Mato Eles?;
- Tupinambá - o retorno da terra;
- Yndio do Brasil.

A forma de avaliação foi realizada pela participação da turma, e por comentários dos filmes realizamos no site criado pelo professor, após assistirmos os filmes realizamos conversas em forma de debate sobre as temáticas, a percepção dos alunos.

8º Período- ICH Distopias e Utopias: a ficção científica no cinema. Prof Antonio Luis Serbena e Liliani Tiepolo.

O ICH buscou explorar mais a fundo o mundo cinematográfico e a forma de representação da ficção apocalítica e pós-apocalítica, desenvolvidas através de filmes, curtas entre outros e com a seguida discussão sobre o mesmo, em conjunto foi realizado comentários em todos os filmes e uma atividade para se escolher filmes distópicos que preencham o espaço de 1 hora, podendo ser curtas ou um filme apenas. Durante a execução do ICH assistimos os seguintes filmes:

- A Futuristic Short Film : "True Skin";
- Flash Gordon: The planet of peril;
- Matrix Reloaded;

- Cidade das Sombras;
- Blad Runner o caçador de Androides;
- Laranja Mecânica;
- 2001: uma odisséia no espaço;
- Planeta dos Macacos;
- THX1138;
- Akira;
- Mad Max: The Road Warrior;
- Steamboy;
- Ladrão de Sonhos;
- Brazil, o filme;
- Kin Dza Dza.

8º Período- MakICH- Prof. Karla Ingrid Pinto Cuellar.

Neste ICH exploramos o mundo da maquiagem, as aulas não eram voltadas ao ensino da arte, mas sim para o debate de temas relacionados a ele, como maquiagem artísticas, maquiagem como representação cultural, importância do auto estima, empoderamento feminino entre outros, realizamos durante as aulas makes com auxílio de todos

Durante as aulas foram feitas apresentações em grupos sobre temas do mundo da moda, cultura, cuidados, maquiagem e outros, realizamos aulas mais práticas com a execução de maquiagem Drag Queen e de Halloween, conforme figuras abaixo.

Figura 32- Aulas MakeICH



Figura 33- Maquiagens



ANEXO 2-MEMORIAL DESCRITIVO PROJETO DE APRENDIZAGEM

1º Etapa: 2015/2016

Mediadores: Juliana Quadros, Rodrigo Vassoler Serrato, Paulo Henrique Carneiro Marques, Antonio Luis Serbena, Liliani Marilia Tiepolo, Luiz Mestre.

O primeiro ano do Projeto de Aprendizado foi realizado em sala de aula, com encontros semanais com diferentes professores de Gestão Ambiental, no qual nos apresentaram a base e o conceito do módulo. Neste período foi solicitado as áreas de interesse do aluno para que se iniciasse a contrição de um projeto.

Em 2016 iniciei as pesquisas buscando desenvolver um projeto voltado para os conflitos socioambientais encontrados na área de restinga de Pontal do Paraná educação ambiental, no qual desenvolvi durante este ano todo.

2º Etapa: 2017

Mediadores: Charlotte Melo

Em 2017 busquei mudar o foco e desenvolvi o Projeto Praia Escola: Educação ambiental para a formação do sujeito ecológico Pontal do Paraná e o emplacamento do Parque Municipal Natural de Pontal do Paraná, devido ao um grave acidente de moto durante o final do 1º semestre de 2017 tive de me ausentar da faculdade e não pude dar continuidade ao mesmo.

3º Etapa 2018/2019

Mediadores: Eduardo Harder e Juliana Quadros

Durante o ano de 2018 mudei drasticamente meu tema do projeto e busquei trabalhar com Energia Fotovoltaica e captação de água da chuva para fins não potáveis em Órgãos Públicos do Município de Pontal de Paraná.

Por fim busquei desenvolver um estudo da importância da sustentabilidade na gestão pública, com o seguinte trabalho.

ANEXO 3- MEMORIAL DESCRITIVO VIVÊNCIAS PROFISSIONAIS

Realizei minhas vivências ambientais de um mês, com carga horária de 220 horas, totalizando 40 horas semanais, realizado no período de 09 de julho de 2018 a 15 de agosto de 2018, no horário de 08:00 horas às 17:00 horas, com atuação na área ambiental administrativa, promovendo a busca da qualidade e profissionalismo no segmento ambiental.

Por meio dele pude perceber as adversidades e burocracias do mundo ambiental na administração pública como também exercitar-me e adaptar-me ao meio, além de enriquecer e atualizar a formação acadêmica desenvolvida. Acredito que de modo geral consegui em parte alcançar tanto as necessidades da prefeitura quanto as minhas, o período no departamento promoveu um aprendizado excelente, aprendi em sala de aula, porém os favores políticos influenciam as ações e determinações da mesma, favorecendo partes e inutilizando a legislação e a conservação com o meio ambiente.

Conclui-se que, as vivencia profissional é o um momento fundamental na vida de um acadêmico e tem uma grande importância no processo de formação profissional, já que ele é constituído em um treinamento o qual possibilita ao estudante vivenciar o que foi aprendido na Faculdade.