

YUKIKO YEDA KAYANO DIAS

Estudo da permacultura e da sustentabilidade na engenharia civil

Guaratinguetá - SP

2017

Yukiko Yeda Kayano Dias

Estudo da permacultura e da sustentabilidade na engenharia civil

Trabalho de graduação apresentado ao conselho de curso de graduação em engenharia civil da faculdade de engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá - SP

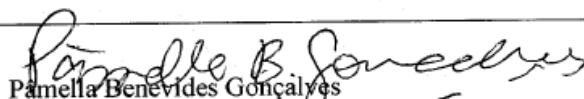
2017

D541e Dias, Yukiko
 Estudo da permacultura e da sustentabilidade na engenharia civil. /
 Yukiko Dias. – Guaratinguetá, 2017.
 80 f. : il.
 Bibliografia: f. 78 – 80

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

1. Construção sustentável 2. Permacultura 3. Sustentabilidade I.Título

CDU:69:504


Pâmella Benevides Gonçalves
Bibliotecária CRB/8:9203

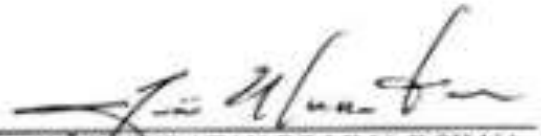
YUKIKO YEDA KAYANO DIAS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. JOÃO UBIRATAN DE LIMA E SILVA
Orientador/UNESP-FEG
Prof. Dr. YZUMI TAGUTI
UNESP-FEG
Prof. Dr. DENYSE MEIRELLES NOCHI
UNESP-FEG

Novembro de 2017

Dedico este trabalho ao meu irmão, Yuri, que foi meu suporte por todos momentos difíceis e por quem tenho um amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à minha mãe, *Eiko*, que sempre acreditou em mim, me apoiou, me incentivou e é a razão pela qual cheguei até aqui.

Ao meu pai, *Joel*, que me acompanhou e me ajudou por estes anos da graduação.

À minha avó materna, *Maria Madalena*, que me acolheu desde criança e me ajudou incondicionalmente durante toda minha vida.

Aos meus irmãos, *Yuri* e *Adalto*, por serem a luz da minha vida e a razão pela qual luto para ser um exemplo admirável.

Ao meu orientador, *prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva*, que me ajudou e me aconselhou durante todo este trabalho.

E, finalmente, aos meus amigos, que mesmo estando distantes, sempre me apoiaram e compartilharam comigo tantos os momentos ruins como os bons.

"A natureza pode suprir todas
as necessidades do homem,
menos a sua ganância"
Gandhi

RESUMO

Os problemas ambientais originados pela ação antrópica são diversos, e atualmente surgem muitos estudos inovadores de técnicas e materiais com o intuito de diminuir estes impactos e de aproveitar o máximo que a natureza provém. A indústria da engenharia civil é uma das maiores geradoras de resíduos e tem um grande impacto negativo no meio-ambiente. Baseado nestes fatos, este trabalho focou-se em abordar o tema da permacultura, que vem sendo cada vez mais visto como uma cultura permanente capaz de solucionar os problemas que virão com a escassez das energias não renováveis e como forma de descentralizar a produção agrícola e fornecer de maneira justa os alimentos; em abordar o tema da sustentabilidade em comunidades e cidades; em abordar o tema da sustentabilidade focada na engenharia civil e suas técnicas e materiais que vêm surgindo e seu modo de utilização; e por fim em modelizar, estudar e analisar a viabilidade econômica nos dias atuais destas técnicas, tanto no âmbito ambiental como no âmbito econômico e social.

PALAVRAS-CHAVE: Permacultura. Sustentabilidade. Comunidades sustentáveis. Cidades sustentáveis. Construção sustentável.

ABSTRACT

The environmental problems caused by the anthropic action are diverse, and there are many studies about new techniques and materials in order to reduce these impacts and to profit with all of the nature has to provide. The civil engineering industry is the industry that generate the largest amount of residue and the one that has a major negative impact on the environment. Based on these facts, this work focused on the permaculture theme, which is increasingly seen as a permanent culture capable of solving the problems that will come with the scarcity of non-renewable energies and as a way of decentralizing agricultural production and provide food fairly; in addressing the issue of sustainability in communities and cities; in addressing the theme of sustainability focused on civil engineering and its emerging techniques and materials and its mode of use; and finally to model, study and analyze the economic viability in the present days of these techniques, in the environmental as well as in the economic and social sphere.

KEYWORDS: Permaculture. Sustainability. Sustainable communities. Sustainable cities. Sustainable building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Flor da permacultura.....	24
Figura 2 - Ruas em formato cul-de-sac	31
Figura 3 - Área de calçadas e ciclovias	31
Figura 4 - Depressão para drenagem	32
Figura 5 - Detalhes e ponte sobre o canal de infiltração	32
Figura 6 - Áreas para produção de alimentos.	33
Figura 7 - Casa natural na eco vila	34
Figura 8 - Painel fotovoltaico	34
Figura 9 - Peace garden e Neighborhood gardens	35
Figura 10 - Fachadas com desenho diagonal.....	35
Figura 11 - Painéis fotovoltaicos.....	36
Figura 12 - Energia gerada pela queima de madeira	36
Figura 13 - Sistema de tratamento de esgoto.....	37
Figura 14 - Comunidade Clareando, SP	37
Figura 15 - Arca verde, RS.....	38
Figura 16 - Flor de ouro vida natural, GO	38
Figura 17 - Ilustração do projeto de fachadas.....	40
Figura 18 - Esquema vidro duplo	44
Figura 19 - Telhado verde	45
Figura 20 - Esquema de sistema de aquecimento solar	46
Figura 21 - Esquema de reuso de águas cinzas e negras	48
Figura 22 - Esquema de reuso de águas da chuva	49
Figura 23 - Tapume de material reciclado.....	51
Figura 24 - Brita reciclada	51
Figura 25 - Telha de matéria-prima reciclada	52
Figura 26 - Madeira plástica.....	52
Figura 27 - Esquadria de madeira de reflorestamento	53
Figura 28 - Batentes e Guarnições em PVC wood	53
Figura 29 - Montagem do wood frame	54
Figura 30 - Camada do painel wood frame	54
Figura 31 - Smart Frame.....	55
Figura 32 - Tijolo ecológico	55

Figura 33 - Tipologias LEED	58
Figura 34 - Dimensões analisadas pelo LEED	58
Figura 35 - Níveis de certificação LEED	59
Figura 36 - Região da Mandala	62
Figura 37 - Valores acumulados da colheita	63
Figura 38 - Valor trimestral dos legumes produzidos	64
Figura 39 - Vista do telhado (área de captação)	66
Figura 40 - Irradiação solar diária média São José dos Campos	70
Figura 41 - Irradiação solar diária média São José dos Campos com angulações diferentes...	70
Figura 42 - Consumo mensal de energia da cozinha	71
Figura 43 - Consumo mensal de energia do quarto	71
Figura 44 - Consumo mensal de energia do banheiro	71
Figura 45 - Consumo mensal de energia da sala	72
Figura 46 - Ficha técnica simulada para um gerador fotovoltaico	73
Figura 47- Geração de energia mensal	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Setores permaculturais do estudo de caso	61
Tabela 2 - Estimção do salário do permacultor em função da produção anual e das hipóteses de custos	65
Tabela 3 - Média Pluviométrica da cidade de São José dos Campos.....	67
Tabela 4 - Tarifas de água e esgoto	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

BedZED – *Beddington Zero Energy Development*

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura

CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

COV – Composto Orgânico Volátil

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito

ECO 92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EDP – Energias de Portugal

GBCB – *Green Building Council* Brasil

HQE – *Haute Qualité Environmentale*

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

IPA – Instituto de permacultura da Amazônia (AM)

IPAB – Instituto de permacultura austro brasileiro (SC)

IPB – Instituto de permacultura da Bahia (BA)

IPCP – Instituto de permacultura cerrado-pantanal (MS)

IPEC – Instituto de permacultura e ecovilas do cerrado (GO)

IPEMA – Instituto de permacultura e ecovilas da mata atlântica (SP)

IPERS – Instituto de permacultura do Rio Grande do Sul (RS)

IPOEMA – Instituto de permacultura: organização, ecovilas e meio ambiente (DF)

IPERRAS – Instituto de permacultura em Terras Secas (BA)

OPA – Organização de permacultura e arte (BA)

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PIS - Programa Integração Social

PVC – Cloreto de Polivinila

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS.....	19
3.	METODOLOGIA	20
3.1.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.2.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	20
4.	ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA	22
4.1.	PERMACULTURA	22
4.1.1.	Designs da Permacultura	23
4.1.2.	Princípios éticos e de design.....	24
4.1.2.1.	Princípios Éticos.....	25
4.1.2.2.	Princípios de Design.....	25
4.1.2.2.1.	<i>Localização Relativa</i>	26
4.1.2.2.2.	<i>Múltiplas Funções</i>	26
4.1.2.2.3.	<i>Recursos Biológicos</i>	26
4.1.2.2.4.	<i>Diversidade</i>	27
4.1.2.2.5.	<i>Reciclagem Local de Energias</i>	27
4.1.2.2.6.	<i>Sistema Intensivo de Pequena Escala</i>	27
4.1.2.2.7.	<i>Múltiplos Elementos</i>	27
4.1.2.2.8.	<i>Definir e Maximizar Bordas</i>	27
4.1.2.2.9.	<i>Sucessão Natural</i>	28
4.1.2.2.10.	<i>Atitude</i>	28
4.1.3.	Formas de Permacultura para Redução de Aterros e Lixões	28
4.1.4.	Permacultura como Política Pública e Redução de Aterros e Lixões	28
4.1.5.	Permacultura no Brasil.....	29
4.2.	COMUNIDADES E CIDADES SUSTENTÁVEIS	30
4.2.1.	Comunidades Sustentáveis	30
4.2.1.1.	Exemplos de Comunidades Sustentáveis.....	30
4.2.1.1.1.	<i>Village Homes</i>	30
4.2.1.1.2.	<i>Ecovila Earthaven</i>	33
4.2.1.1.3.	<i>Bedzed</i>	35

4.2.1.2.	Comunidades Sustentáveis no Brasil.....	37
4.2.2.	Cidades Sustentáveis	38
4.2.2.1.	Planejamento de Cidades 100% Sustentáveis.....	39
4.2.2.1.1.	<i>Cidade Floresta, China</i>	39
4.2.2.1.2.	<i>Masdar, Emirados Árabes Unidos</i>	41
4.3.	SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL	42
4.4.	CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	43
4.4.1.	Alternativas para alcançar a eficiência energética nas edificações.....	43
4.4.1.1.	Uso eficiente de janelas e vidros	44
4.4.1.2.	Telhado Verde.....	44
4.4.1.3.	Aquecimento Solar.....	45
4.4.1.4.	Energia fotovoltaica	46
4.4.2.	Gestão da água	46
4.4.2.1.	Reuso de águas cinzas e negras	47
4.4.2.2.	Reuso das águas da chuva	48
4.4.3.	Reuso de materiais e elementos da construção.....	49
4.4.4.	Materiais sustentáveis	50
4.4.4.1.	Canteiro de Obras.....	50
4.4.4.2.	Cobertura.....	52
4.4.4.3.	Esquadrias, Batentes e Rodapés	53
4.4.4.4.	Sistema Construtivo	54
4.4.4.5.	Materiais Básicos	55
4.4.5.	Gestão do canteiro de obras.....	56
4.4.6.	Certificação Ambiental	57
4.4.6.1.	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design	57
4.4.6.2.	Procel Edifica.....	59
4.4.6.3.	AQUA/HQE -Alta Qualidade Ambiental	59
4.4.6.4.	Casa Azul	60
5.	DISCUSSÕES E RESULTADOS	61
5.1.	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PERMACULTURA	61
5.1.1.	Área estudada.....	61
5.1.2.	Coleta de dados.....	62

5.1.3.	Tempo de trabalho	62
5.1.4.	Preço do produto	62
5.1.5.	Colheitas x Valor	63
5.1.6.	Modelização do salário do permacultor.....	64
5.2.	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS	66
5.2.1.	Área de captação	66
5.2.2.	Média pluviométrica	66
5.2.3.	Consumo médio mensal	67
5.2.4.	Tarifas do abastecimento de água	67
5.2.5.	Dimensionamento e custo do sistema de captação e reuso de água	68
5.2.6.	Volume de captação do sistema	69
5.2.7.	Período de retorno do investimento	69
5.3.	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	70
5.3.1.	Irradiação solar diária média.....	70
5.3.2.	Consumo médio de energia.....	71
5.3.3.	Tarifas do fornecimento de energia	72
5.3.4.	Dimensionamento e custo do sistema de painéis fotovoltaicos	72
5.3.5.	Período de retorno do investimento	74
6.	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	78

1. INTRODUÇÃO

Nesta parte do trabalho, procura-se explicar e introduzir a escolha do tema e sua importância. Em seguida, mostram-se os objetivos esperados. Dando continuidade apresentam-se a metodologia utilizada para a realização do trabalho. Por fim, são dispostos os principais tópicos do trabalho.

Toda a presença da espécie humana teve alguma interação com a natureza. Os seres humanos obtêm comida, água, luz e abrigo da natureza deixando resíduos ou modificando o ambiente em alguma escala.

Essa interação com a natureza é capaz de modificar os ambientes de forma passageira ou de forma definitiva.

Nos últimos anos foi possível observar os estragos definitivos que estão sendo causados ao meio ambiente. A utilização incessante dos recursos não renováveis, a extinção de muitas espécies nativas pela interferência nos habitats ou pela caça e a poluição ambiental.

Após a revolução industrial e o nascimento do capitalismo como conhecemos hoje em dia, foi notório um crescimento progressivo de estrago ao meio ambiente. Houve uma grande concentração do uso de matéria-prima e energia, o êxodo rural e a formação de aglomerados urbanos. Surge também uma dificuldade em manter um balanço entre a utilização e a capacidade dos processos naturais marcando uma acelerada degradação ambiental e deterioração das fontes dos insumos (KRONKA MULFARTH, 2002).

A industrialização e a urbanização acabam devastando a natureza ainda mais, deixando bens que um dia foram abundantes cada vez mais raros de se encontrar, como água limpa e ar puro (LEFÈBVRE, 2002).

A destruição da natureza não é o único problema causado pelo crescimento econômico. Com o aumento populacional e recursos mais escassos nasce a desigualdade social, um dos maiores paradigmas do desenvolvimento.

Os quatro fatores de ordem antropogênica que são os maiores influenciadores da degradação ambiental são: a poluição, o uso exacerbado de tecnologias, os estilos de vida e a pobreza (FRANCO, 2001).

Surge também muitas ondas de estudo voltadas para o meio ambiente, com propósito de compreender e modificar esta interação homem-natureza com o intuito de preservar e melhorar a natureza e consequentemente a vida humana. Nasce a ideia de sustentabilidade. Conforme Bennett (2004), o entendimento de sustentabilidade significa uma tendência à estabilidade, equilíbrio dinâmico e interdependência entre ecossistemas, reciclando matérias, energias e dejetos.

Holmgren (2002) acredita que a permacultura será a resposta após a inevitável queda do capitalismo. O sistema econômico atual baseia-se em larga escala nos combustíveis fósseis, no entanto, estes são recursos não renováveis que inevitavelmente acabarão um dia. Gerando a necessidade de instalar um outro meio de interação homem-natureza, um meio que seja menos invasivo e autossustentável. A permacultura é uma resposta criativa de design para um mundo com disponibilidade cada vez menor de energia e de recursos.

É possível notar o crescimento e o surgimentos de bairros, comunidades, vilas e até mesmo cidades com algumas ou com todas características sustentáveis, todas com o intuito de reduzir o impacto ambiental, resguardar os recursos naturais e de conviver de forma mais harmoniosa com o meio ambiente.

A sustentabilidade pode ser aplicada a todas as áreas, inclusive na área da engenharia civil. Surgem diversos estudos para fabricação de novos materiais que sejam amigáveis ao ambiente, ou no termo em inglês, que sejam *eco-friendly* e construções que são capazes de aproveitar os recursos naturais sem destruir ou interferir. Assim como maneiras de economizar fontes de energia e de utilizar fontes renováveis de energia.

Com um certo planejamento é possível se reduzir os resíduos gerados nas obras e reutilizar o máximo de materiais, gerando menos impactos ambientais. Para isso é importante que o engenheiro estude técnicas e materiais sustentáveis de forma a instruir os clientes e assegurá-los, quebrando paradigmas, de que estas técnicas e materiais são tão duráveis e de ótima qualidade quanto os convencionais.

Neste panorama é notável que é necessária uma perspectiva futura com consciência ecológica e responsabilidade social. Necessário o estudo e a implementação da sustentabilidade como forma de reduzir o impacto ambiental e social.

Neste trabalho será aprofundado o estudo das práticas permaculturais e o estudo de materiais e técnicas sustentáveis que podem ser aplicadas em obras de engenharia civil para diminuir o impacto ambiental. Também serão feitos estudos da viabilidade econômica de uma área com a permacultura e de técnicas sustentáveis, tais como a implementação de placas fotovoltaicas e cisterna para reuso de água das chuvas.

2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo estudar: a teoria, história e a implementação atual da permacultura; o surgimento e crescimento de comunidades e cidades sustentáveis no mundo e no Brasil; conceitos sobre construções sustentáveis, materiais e técnicas sustentáveis aplicados na engenharia civil, adequação de descarte e reuso de materiais, implementação de uma gestão de água consciente e uma gestão de canteiro de obras com o intuito de mitigar os desperdícios, e por fim o estudo da viabilidade econômica da permacultura e de técnicas na construção sustentável.

3. METODOLOGIA

Este trabalho utiliza a pesquisa bibliográfica como principal método. É uma pesquisa de documentação indireta, buscando inventariar dados sobre os assuntos relacionados ao tema deste trabalho. As informações são obtidas através de livros, artigos, dissertações e teses.

3.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos realizados para a concretização dos objetivos deste trabalho são estruturados em dois estágios, os quais serão descritos a seguir.

O primeiro estágio consiste em uma ampla pesquisa bibliográfica, buscando dados e informações sobre a Permacultura, sustentabilidade, cidades e comunidades sustentáveis e técnicas para construções sustentáveis. Esta etapa busca compreender os objetivos e designs da permacultura, como estudar sua implementação, também busca compreender o surgimento da necessidade da sustentabilidade, mostrar exemplos de casos reais em cidades e comunidades, e por fim exemplificar e explicitar algumas técnicas sustentáveis que podem ser utilizadas na engenharia civil com intuito de minimizar o desperdício de materiais e fomentar a prática de reuso e de reciclagem.

O segundo estágio consiste na elaboração de um estudo de viabilidade econômica da permacultura e de técnicas sustentáveis, busca demonstrar os benefícios e malefícios a curto e longo prazo.

3.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No item 1, desenvolvem-se a contextualização do tema e sua definição.

No item 2, desenvolvem-se a demarcação dos objetivos a serem concretizados.

No presente item, tem-se a demarcação da metodologia utilizada e apresenta-se a estruturação da dissertação.

No item 4, é desenvolvido uma extensa pesquisa bibliográfica.

No item 4.1, tem-se o conceito sobre permacultura, a história da permacultura, os princípios éticos e de design, assim como aplicações da permacultura como política pública

e forma de redução de lixo e aterros e por fim um pouco sobre a permacultura no Brasil. Este item tem como intuito estudar, conhecer e fazer a familiarização com as técnicas da permacultura e entender como e onde podem ser aplicadas. Assim como apresentar a permacultura como solução para os problemas ambientais de hoje e do futuro.

No item 4.2, tem-se o estudo sobre a sustentabilidade aplicada em cidades e comunidades. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre locais onde já foram instaladas medidas e técnicas sustentáveis, tanto em pequena escala como em grandes escalas.

No item 4.3, tem-se a introdução da sustentabilidade voltada para a engenharia civil e o estudo histórico de suas origens e porquês. São explicitados alguns documentos importantes sobre o assunto, como Agenda 21 e o Relatório de Brundtland.

No item 4.4, tem-se os conceitos e definições sobre construção sustentável, maneiras de atingir uma eficiência energética eficaz e sustentável, de realizar uma gestão da água consciente, de reutilizar e reciclar materiais, de como descartar os materiais e a importância da triagem e de comprometimento no descarte e exemplos de como a gestão no canteiro de obras pode ter um impacto significativo no âmbito da sustentabilidade nas obras.

No item 5.1, tem-se um estudo de caso real feito na ParisTech na França sobre a viabilidade econômica de uma fazenda de permacultura, onde são mostrados dados de uma área reduzida de 1000m², tais como: horas de trabalho, vendas dos legumes e de uma modelização com diferentes hipóteses para verificar se é viável para o trabalhador realizar a permacultura e obter um salário adequado.

No item 5.2, tem-se um estudo sobre a viabilidade econômica de um sistema de captação e reuso de águas pluviais em uma casa com 40m² e dois habitantes. Neste estudo também é apresentado o tempo de retorno do investimento.

No item 5.3, tem-se um estudo sobre a viabilidade econômica de um sistema de painéis fotovoltaicos em uma casa localizada no município de São José dos Campos – SP. Assim como no tópico 5.2, é apresentado o tempo de retorno do investimento.

No item 6, desenvolvem-se as conclusões geradas neste trabalho sobre a permacultura, a sustentabilidade, a construção sustentável e suas inovações e por fim as conclusões sobre os estudos de viabilidade econômica dos tópicos supracitados. As conclusões são feitas referentes à três âmbitos, o econômico, o ambiental e o social

4. ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

4.1. PERMACULTURA

A Permacultura é uma ferramenta que permite olhar a paisagem e descobrir os recursos que a natureza oferece para que seja possível planejar e organizar seu uso coletivo. (HOLMGREN, 2002).

Foi desenvolvida na Austrália, nos anos 70, por Bill Mollison e David Holmgren, eles desenvolveram a permacultura como uma estratégia focalizada no design sustentável de assentamentos urbanos e rurais.

Ela surgiu de um estudo de culturas humanas na antiguidade que conseguiram permanecer em um determinado local por muito tempo sem destruir e agredir o meio ambiente. Ela se baseia em um sistema, cujo o consumo é ajustado à capacidade de suporte renovável e onde a natureza é preservada ao máximo para possibilitar a absorção do impacto ambiental e regeneração do meio produtivo.

O termo permacultura deriva da combinação das palavras “permanente” e “agricultura/cultura”, pois inicialmente a permacultura visava uma agricultura permanente, onde as necessidades energéticas eram supridas por eles mesmos. Diferentemente da agricultura moderna, onde as necessidades energéticas adotadas são dependentes de energias externas.

Com o passar do tempo, a permacultura buscou atuar como uma “cultura permanente”, onde paisagens seriam conscientemente desenhadas reproduzindo padrões e relações já encontradas na natureza com o intuito de produzir alimentos e energias abundantes suficientes para prover as necessidades locais. Assim as pessoas, suas edificações e a forma como se relacionam passaram a ser questões da permacultura.

Na permacultura é importante o cooperativismo, não somente entre pessoas, mas entre toda a paisagem. A permacultura não trata somente de plantas, animais e edificações, mas sim da forma em que eles se relacionam, podendo ser denominada como um ecossistema construído (CORREIA, 2011).

Atualmente o sistema econômico predominante no mundo é aquele que visa o lucro e o crescimento industrial e militar. No entanto, este sistema está baseado na principal

fonte de energia atual, o petróleo, e como é sabido este recurso não é renovável e com o nível de consumo logo estará escasso.

Segundo Holmgren (2002) existem dois caminhos a serem seguidos após a crise econômica gerada pela escassez do petróleo, são elas: *top-down* e *bottom-up*.

A linha *top-down* acredita no decrescimento atual, onde a indústria como a conhecemos hoje mudará para uma indústria sustentável, através da educação ecológica crítica e da adoção da visão ecológica nas cidades e indústrias.

A linha *bottom-up* acredita na transição do atual modelo para um modelo sustentável comunitário, autossuficiente e descentralizado.

A permacultura se enquadra na segunda linha, acredita-se que a solução seja uma descentralização da economia e da indústria em pequenas cidades que seriam autossuficientes e sustentáveis.

4.1.1. Designs da Permacultura

Para Soares (1998), design é o planejamento consciente, considerando todas as influências e os inter-relacionamentos que ocorrem entre os elementos de um sistema vivo.

A permacultura segue 12 diretrizes para formar os designs. São eles:

- 1 - Observe e interaja: a beleza está nos olhos de quem vê.
- 2 - Capte e armazene energia: produza feno enquanto faz sol.
- 3 - Obtenha um rendimento: saco vazio não para em pé.
- 4 - Aplique a auto regulação e aceite feedback: o pecado dos pais recai sobre os filhos até a sétima geração.
- 5 - Use e valorize recursos e serviços renováveis: deixe a natureza seguir seu próprio curso.
- 6 - Evite o desperdício: melhor prevenir que remediar, quem poupa sempre tem.
- 7 - Projete dos padrões aos detalhes: não tome o todo pelas partes.

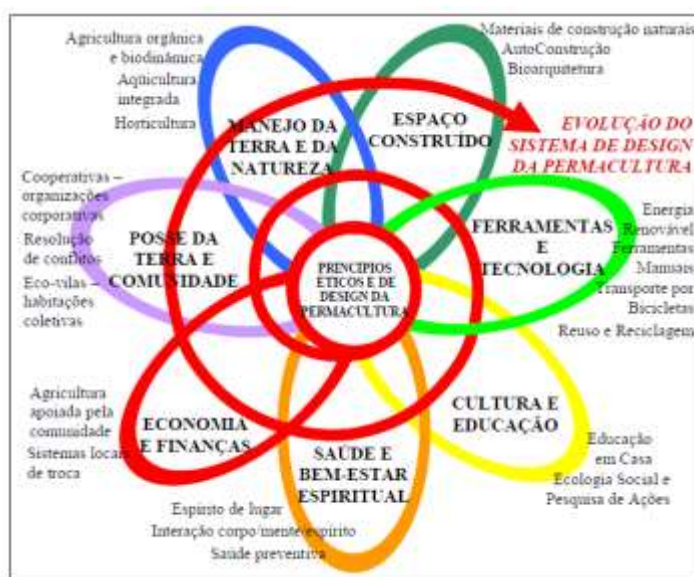
- 8 - Integre em vez de segregar: a união faz a força.
- 9 - Use soluções pequenas e lentas: quanto maior o tamanho, mais dura é a queda. Devagar e sempre se vai longe.
- 10 - Use e valorize a diversidade: não ponha todos seus ovos em uma cesta.
- 11 - Use os limites e valorize o marginal: não pense que está no caminho certo só porque todos seguem por ele.
- 12 - Use e responda às mudanças com criatividade: ter visão não é ver as coisas como ela são hoje, e sim como serão.

4.2. PRINCÍPIOS ÉTICOS E DE DESIGN

Segundo Morrow (2002) a permacultura tem como base um conjunto de princípios éticos e de design, que estabelecem a forma da conduta para seus praticantes.

Com isso, tem-se a flor da permacultura, representada na figura abaixo, onde os princípios éticos estão conectados entre si.

Figura 1 - Flor da permacultura



Fonte: Barros, B.R. (2008)

A flor da permacultura sintetiza os princípios denominados por Holmgren (2002). É necessário a integração dos sete setores apresentados na flor para se ter a sustentação da humanidade na comunidade da permacultura. (DE BARROS, 2008)

Algumas soluções e designs são associados aos princípios da flor da permacultura e mostrados ao lado da flor da permacultura, como por exemplo, a agricultura orgânica e a horticultura quando se trata do manejo da terra.

4.2.1.1. Princípios Éticos

Os princípios éticos, como se espera, são princípios que atuam na conduta moral dos seres humanos. Quando aplicados a permacultura, tratam-se de condutas dos seres frente ao meio ambiente.

As principais condutas a serem seguidas são: cuidado com a terra, cuidado com as pessoas e compartilhamento dos recursos e capacidades.

O cuidado com a terra tem o papel de garantir a integridade dos seres vivos ou não vivos, como solos, plantas e água. As ações empreendidas devem ajudar a manter o ecossistema autossuficiente e estável.

O cuidado com as pessoas tem o papel de garantir que todos os seres tenham acesso a tudo que necessitam para viver com dignidade, saúde e segurança.

E por fim, o compartilhamento dos recursos e capacidades têm como objetivo auxiliar e ajudar outros a conseguirem atingir os objetivos.

4.2.1.2. Princípios de Design

Como dito anteriormente, o design baseia-se no planejamento consciente.

Os princípios de design tentam regular o modo como o permacultor deve agir diante da utilização dos recursos, para aproveitar todo seu potencial de forma eficiente e sustentável.

4.2.1.2.1. *Localização Relativa*

Este princípio do design visa localizar de forma relacionada os elementos que compõe a paisagem, tais como habitações, vias, infraestruturas e hortas, de maneira prática e de maneira que estes elementos possam se auxiliar.

Para isto, deve-se primeiro verificar quais elementos dependem de outros e a direção dessa interdependência. Assim sendo, as necessidades de um elemento serão supridas por outro elemento e estes serão alocados de maneira próxima e prática.

Um exemplo prático é a locação de açudes e tanques de água nas partes altas do terreno, dispensando qualquer tipo de bomba para a utilização da água, pois esta utilizará a gravidade para manter os fluxos.

4.2.1.2.2. *Múltiplas Funções*

Os elementos do sistema podem exercer diversas funções, relacionando-se com muitos outros elementos.

Na natureza, por exemplo, pássaros fornecem ovos, adubo, plumas, e calor para outras formas de vida. Além disso são responsáveis pela dispersão de sementes e pela polinização de plantas (CRUZ; OSENTOWSKI, 2004).

Um exemplo prático é o plantio de acácias. Estas plantas cumprem diversas funções, tais como: fornecem sementes para alimento de aves, folhagem para animais maiores e pólen para abelhas. E em relação ao solo, são capazes de fixar o nitrogênio, deixando o solo propício para receber plantas mais sensíveis e de crescimento lento.

4.2.1.2.3. *Recursos Biológicos*

Os recursos biológicos devem ser adotados para economizar energia e substituir elementos não renováveis.

Um exemplo prático é a utilização de bactérias anaeróbicas para a fermentação de resíduos orgânicos no esgoto cloacal. As bactérias fermentam os resíduos na ausência do oxigênio e geram biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia, lodo, que pode ser transformado em biofertilizante e efluente para irrigação (BARROS; DE SOUZA, 2007).

4.2.1.2.4. *Diversidade*

Os ecossistemas possuem uma estabilidade dinâmica, baseada na diversidade de espécies e nas interrelações, portanto, a monocultura favorece o aparecimento de pragas e ervas daninhas.

É importante criar um sistema com a maior quantidade de diversidade possível. Desta forma é possível garantir uma rede com interrelações benéficas entre fauna, flora e todos os elementos do sistema.

4.2.1.2.5. *Reciclagem Local de Energias*

É necessário capturar, estocar e utilizar os recursos fornecedores de energias antes de se degradarem.

Um exemplo prático é a utilização da biomassa. oriunda de fontes tais quais a solar e o esgoto cloacal, para geração de energia e combustível.

4.2.1.2.6. *Sistema Intensivo de Pequena Escala*

Constitui a prática de buscar o melhor rendimento possível no menor local possível, satisfazendo as necessidades e otimizando o espaço.

4.2.1.2.7. *Múltiplos Elementos*

Conforme Molisson e Slay (1998) as necessidades básicas como água, alimentação e energia devem ser supridas por duas ou mais formas.

Um exemplo prático é que devem ser implementadas várias formas de se obter energia, como energia solar, eólica e a de biomassa. E a drenagem pluvial deve ser constituída de vários elementos, assim se um falhar o sistema não entrará em colapso.

4.2.1.2.8. *Definir e Maximizar Bordas*

Na natureza, pode-se observar que nas bordas entre diferentes tipos de ecossistemas há maior produtividade. Nas bordas há um encontro de espécies dos dois ecossistemas e de outras que não se desenvolvem em outros lugares.

4.2.1.2.9. Sucessão Natural

O ecossistema na natureza evolui e dá lugar a diferentes espécies de plantas e animais.

Na permacultura é possível acelerar este processo de sucessão e incluir espécies desejadas em um tempo mais curto, plantando espécies úteis para cada nível de sucessão, possibilitando uma redução no tempo para que se estabeleça um sistema natural.

4.2.1.2.10. Atitude

É necessário perceber quais são as vantagens e desvantagens presentes e com olhar promissor descobrir maneiras para transformar as desvantagens em coisas úteis.

Um exemplo são os fortes ventos, por um lado eles podem atrapalhar o plantio, no entanto, podem ser usados como ótima fonte de energia.

4.2.2. Formas de Permacultura para Redução de Aterros e Lixões

Segundo De Souza, 2009, a permacultura pode ser utilizada para reduzir estes problemas de diversas formas, como por exemplo:

- **Adubo Orgânico:** é obtido a partir da decomposição da matéria orgânica como alimentos, e pode ser utilizado como nutrientes para plantas.
- **Minhocário:** é constituído de um ambiente fechado com minhocas e lixo orgânico, na proporção de um litro de minhocas para um metro cúbico de lixo orgânico. As minhocas transformam o lixo em húmus.
- **Compostagem:** é a reação do lixo orgânico com cobertura vegetal seca, gerando, sem qualquer processo industrial ou químico, o composto, que pode ser utilizado como fertilizante.

4.2.3. Permacultura como Política Pública e Redução de Aterros e Lixões

A permacultura é um método muito eficaz para reduzir os aterros e lixões.

O uso da permacultura como política pública para solucionar estes problemas já é utilizado em diversos países como Austrália, Cuba, Itália, Suíça e Japão. Estes países contam com grandes minhocários para a transformação de lixo em húmus.

Em vários municípios da Austrália praticamente não há coleta de lixo orgânico. Criaram-se minhocários com cerca de 10 milhões de minhocas que transformam anualmente 6000 toneladas de lixo orgânico em húmus para fertilização.

4.2.4. Permacultura no Brasil

O Brasil tem vários centros de desenvolvimento da permacultura.

Os atuais institutos de permacultura são:

- IPEC – Instituto de permacultura e ecovilas do cerrado (GO)
- IPA – Instituto de permacultura da Amazônia (AM)
- OPA – Organização de permacultura e arte (BA)
- IPEMA – Instituto de permacultura e ecovilas da mata atlântica (SP)
- IPB – Instituto de permacultura da Bahia (BA)
- IPAB – Instituto de permacultura austro brasileiro (SC)
- IPCP – Instituto de permacultura cerrado-pantanal (MS)
- IPERS – Instituto de permacultura do Rio Grande do Sul (RS)
- IPTERRAS – Instituto de permacultura em Terras Secas (BA)
- IPOEMA – Instituto de permacultura: organização, ecovilas e meio ambiente (DF)

Esses institutos espalhados pelo Brasil possuem em suas sedes sistemas em funcionamento permanente de suas técnicas.

Trabalham com práticas sustentáveis, construções naturais, captação de água, culturas nacionais e orgânicas, entre outros.

4.3. COMUNIDADES E CIDADES SUSTENTÁVEIS

4.3.1. Comunidades Sustentáveis

Comunidades sustentáveis são aquelas que utilizam um ecossistema criado com a utilização da permacultura.

Para Capra (2002), uma comunidade sustentável não visa o crescimento econômico, mas a sobrevivência humana. Ela é projetada de forma que seus modos de vida, trabalho, economia, estruturas físicas e tecnologias não interfiram nas habilidades da natureza de sustentar a vida.

Os direitos humanos nestas sociedades são respeitados em três dimensões: na dimensão biológica, na dimensão cognitiva e na dimensão social. Gerando, respectivamente, alimentos saudáveis e seguros, acesso à educação, ao conhecimento, ao direito à vida, à liberdade e à segurança.

Ainda segundo este autor, é necessária uma educação ecológica para se compreender os princípios de organização e um projeto ecológico, que consiste na aplicação prática dos conhecimentos ecológicos.

4.3.1.1. Exemplos de Comunidades Sustentáveis

4.3.1.1.1. *Village Homes*

Village Homes é um dos maiores exemplos de comunidades sustentáveis. Localiza-se na parte oeste de Davis, Califórnia. Possui uma extensão de 70 acres, com 225 casas e 20 apartamentos.

O principal designer foi Mike Cobertt. A comunidade foi planejada com o intuito de desenvolver o senso de comunidade e conservar energia e recursos naturais.

A construção do Village Homes começou em 1975 e perdurou até os anos 80.

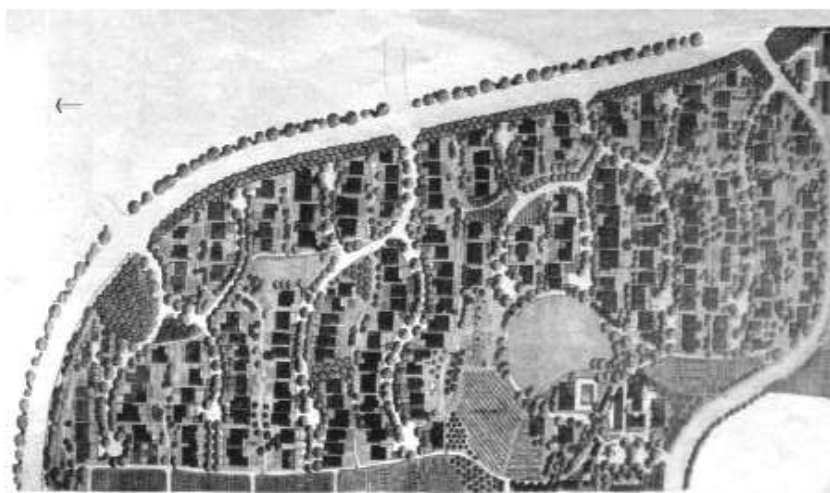
Os designs que foram utilizados são os seguintes:

- **Orientação:** as ruas foram construídas com orientação leste-oeste e as casas com orientação norte-sul para aproveitar a máxima capacidade solar. As casas também são equipadas com painéis fotovoltaicos para a conversão da

energia solar em eletricidade. Tais medidas, suprem de 50% a 75% das necessidades dos moradores. Reduzindo-se à metade ou dois terços a conta de energia (COBERTT; COBERTT, 2000)

- Largura das ruas: as ruas são estreitas e com muitas curvas. Assim a área com pavimento é menor, gerando menos calor nos verões e também impactando menos na infiltração das chuvas. As curvas fazem com que os carros que trafegam por lá andem com a velocidade reduzida.

Figura 2 - Ruas em formato cul-de-sac



Fonte: Francis (2002).

- Caminhos de pedestres e bicicletas e áreas comuns: uma alternativa às ruas, estes caminhos passam pela área em comum, jardins, parques e outros, sendo assim o caminho predileto dos moradores. Também se encontra neste caminho árvores frutíferas.

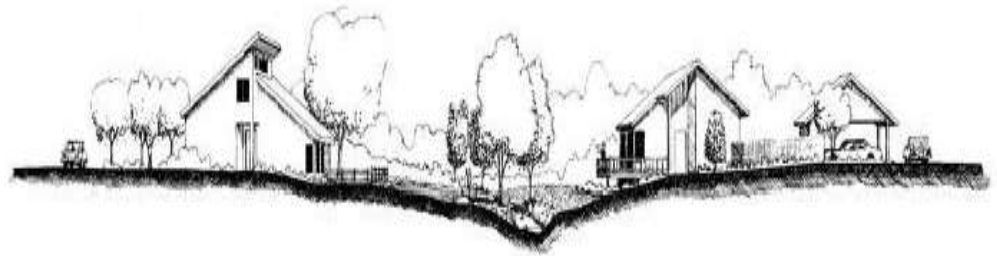
Figura 3 - Área de calçadas e ciclovias



Fonte: Greenedges projects (2005).

- Drenagem natural: eles possuem depressões nas ruas para formação de riachos e lagos que permitem que a água da chuva seja absorvida pelo solo, em vez de drenos subterrâneos de concreto. Também foram plantadas árvores e arbustos ao lado dos canais para que estas possam aproveitar a umidade do solo.

Figura 4 - Depressão para drenagem



Fonte: Francis (2002)

Figura 5 - Detalhes e ponte sobre o canal de infiltração



Fonte: Francis (2002), Greenedges projects (2005).

- Paisagismo comestível: por todo o caminho foram plantadas diversas árvores frutíferas, garantindo em toda a época do ano alguma fruta.
- Espaço aberto: as áreas comuns possuem grandes parques, áreas de jardinagem, vinhedos e pomares. Os jardins comunitários são localizados à oeste e providenciam produtos orgânicos para os moradores e para vendas em mercados e restaurantes locais. Em 1989, teve-se 60% das necessidades locais produzidas dentro do Village Holmes (MOLLISON; SLAY, 1998)

Figura 6 - Áreas para produção de alimentos.



Fonte: Francis (2002), Greenedges projects (2005).

4.3.1.1.2. Ecovila Earthaven

A eco vila Earthaven se localiza à oeste de Carolina do Norte e possui 329 acres de comprimento.

Foi fundada em 1994 e tem 50 moradores, com previsão de aumento para receber 150 pessoas em 56 casas sustentáveis.

Boa parte da eco vila ainda está em construção, por enquanto a vila conta com estradas, calçadas, pontes, lagos, pântanos construídos, sistemas de energias sustentáveis, cozinha comunitária, poços e diversas casas.

A eco vila também fornece treinamento para quem quer aprender sobre design da permacultura.

E os designs que foram utilizados são os seguintes:

- Construções naturais: as casas da comunidade foram construídas, em sua maior parte, por materiais naturais, como madeira serrada das árvores. Foram acopladas também calhas para recolher a água da chuva, e em algumas casas já é utilizado o telhado verde.

Figura 7 - Casa natural na eco vila



Fonte: Earthaven (2017)

- **Aquecimento solar:** todos os prédios comunitários e a maioria das casas contam com painéis fotovoltaicos que transformam a energia solar em energia elétrica.

Figura 8 - Painel fotovoltaico



Fonte: Earthaven (2017)

- **Off-gride power:** a comunidade não está ligada a rede de energia, ela funciona com a energia fornecida por uma pequena hidrelétrica e com a energia solar. Em épocas de pouca chuva eles precisam economizar o máximo.
- **Lagos artificiais:** a maior parte da água consumida vem da chuva, para isso foram construídos lagos artificiais em locais estratégicos para o armazenamento da água. Nas casas também existem pequenas lagoas para o armazenamento da água captada pela calha, esta água é utilizada para irrigação e para o consumo de água não potável.
- **Campos de agricultura:** foram reservados 40 acres para campos de agricultura, pomares e jardins. As fazendas também foram divididas conforme a produção, por exemplo, *Imani Farm* produz ovos, frutas e legumes sazonais, *Usefeul plant nursery* é responsável pela plantação de ervas medicinais, *The Peace Garden* é um local pacato com pomares e caminhos.

Figura 9 - Peace garden e Neighborhood gardens



Fonte: Earthaven (2017)

4.3.1.1.3. Bedzed

A sigla BedZED – *Beddington Zero Energy Development* (Desenvolvimento com energia zero em Beddington) refere-se à comunidade sustentável em Beddington, Inglaterra, que contém área residencial e de trabalho, possuindo cerca de 240 moradores e 200 trabalhadores.

Este projeto nasceu com o intuito de proporcionar um desenvolvimento e diminuir a emissão de combustíveis fósseis. Para cumprir este propósito a comunidade tem a maioria das fontes de energias renováveis.

O projeto teve sua conclusão em 2002 e teve os seguintes designs propostos:

- **Orientação:** as casas possuem orientação sul-norte para receberem a maior parte da luz solar. As fachadas possuem desenho diagonal para não fazerem sombras no bloco seguinte.

Figura 10 - Fachadas com desenho diagonal



Fonte: Greenedges projects (2004).

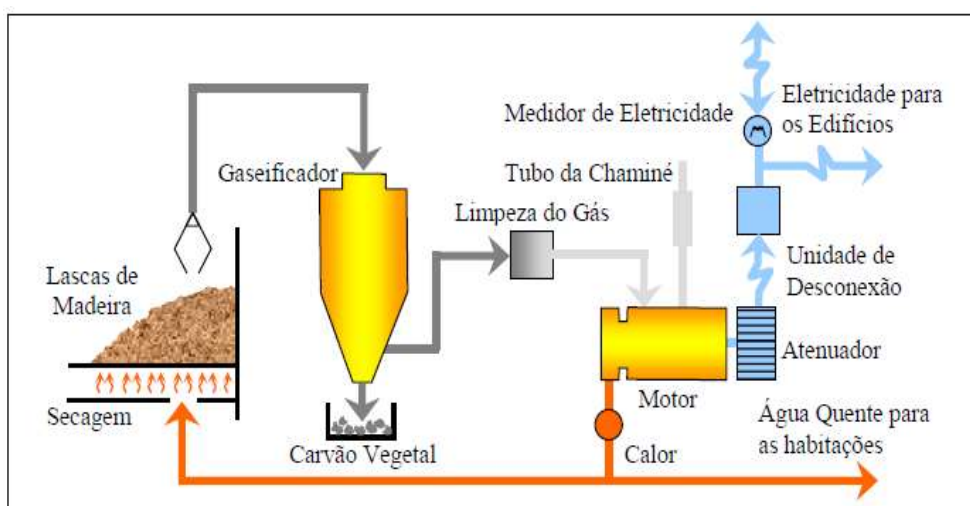
- Construções naturais: utilizaram madeira de reflorestamento, e em alguns locais, e recicladas. O resto dos materiais foram obtidos em um raio de 56km, para garantir assim a diminuição de emissão de gás carbônico gerado no transporte.
- Redução de energia: com o intuito de reduzir o consumo de energia, os prédios possuem placas fotovoltaicas e algumas delas possuem telhados verdes. Além disso, parte da energia utilizada também é produzida no local, a partir da queima de madeira de reflorestamento.

Figura 11 - Painéis fotovoltaicos



Fonte: Greenedges projects (2004).

Figura 12 - Energia gerada pela queima de madeira



Fonte: De Barros, B. R. (2008)

- Coleta de água da chuva: as bacias sanitárias, os dutos de irrigação e as máquinas de lavar utilizam a água captada da chuva. Esta água é captada por tubos nos topos das edificações e é estocada no subsolo. Possuem também uma central de tratamento para o esgoto cloacal com a adoção de plantas.

Esse sistema é constituído de 7 tanques com jardins hidropônicos no topo que possuem os organismos que purificam a água.

O primeiro tanque é fechado e elimina o odor, o segundo ao quinto tanque são abertos e cobertos pelas plantas que realizam o processo aeróbico de purificação. O sexto tanque clareia a água e o sétimo faz a filtração. Cerca de 50% da água utilizada é tratada e reutilizada novamente.

Figura 13 - Sistema de tratamento de esgoto



Fonte: De Barros, B. R. (2008)

4.3.1.2. Comunidades Sustentáveis no Brasil

No Brasil é possível encontrar algumas comunidades sustentáveis de pequeno porte. A grande maioria está aberta à visitas e ao turismo eco pedagógico. Alguns exemplos são:

- **Clareando**, situada na Serra da Mantiqueira, SP.

Figura 14 - Comunidade Clareando, SP



Fonte: ECOVILAS (2017)

- **Arca Verde**, São Francisco de Paula, RS.

Possuem foco na permacultura, incluindo hortas e agofloresta, cozinha e refeitório comunitários.

Figura 15 - Arca verde, RS



Fonte: ECOVILAS (2017)

- **Flor de Ouro Vida Natural, Alto Paraíso, GO.**

A eco vila existe há mais de 30 anos e se localiza perto da Chapada dos Veadeiros, organiza diversos eventos em prol da espiritualidade e harmonia.

Figura 16 - Flor de ouro vida natural, GO



Fonte: ECOVILAS (2017)

4.3.2. Cidades Sustentáveis

As cidades sustentáveis possuem algumas medidas para mitigar os impactos ambientais, ou seja, são cidades preocupadas com o futuro ambiental e tentam em alguma escala modificar paradigmas, de forma a caminhar para uma sociedade equilibrada e de baixo impacto ambiental.

Nas cidades sustentáveis podemos observar algumas práticas para reduzir gases estufas, melhorar a qualidade do ar e da água, produzir menos lixo e reciclá-lo e melhorar a qualidade de vida dos habitantes e sua relação com a natureza.

As principais práticas adotadas em cidades sustentáveis são:

- Ações efetivas para diminuir a emissão de gases do efeito estufa;
- Planejamento e qualidade nos serviços de transporte público;
- Utilização de fontes de energias renováveis;
- Ações para melhorar a mobilidade urbana e incentivo para uso de transportes não poluentes como a bicicleta;
- Reciclagem de lixo;
- Criação de espaços verdes para lazer;

No Brasil, as cidades que têm destaque por práticas sustentáveis são: João Pessoa, Curitiba, Londrina e Santana do Paranaíba.

No mundo, temos: Barcelona, Vancouver, Amsterdã, Copenhague, Viena e Freiburg.

4.3.2.1. Planejamento de Cidades 100% Sustentáveis

Existem muitos planejamentos para a criação de uma cidade que seja completamente sustentável e autossuficiente.

Muitas cidades conseguem reduzir o impacto com algumas medidas sustentáveis, no entanto, infelizmente, ainda não há uma cidade completamente sustentável, onde a moradia dos trabalhadores fique perto do serviço, onde a água venha de mananciais próprios e protegidos, onde o lixo é reciclado e a emissão de gases reduzida.

Alguns projetos serão mostrados a seguir.

4.3.2.1.1. Cidade Floresta, China

A cidade floresta, localizada na China, foi projetada pelo arquiteto Stefano Boeri e pretende ser uma cidade 100% sustentável.

A cidade está em construção, localiza-se perto de Liuzhou na China e será capaz de acomodar cerca de 30 mil pessoas. O projeto tem inauguração prevista para 2020 e vai ocupar 175 hectares, estará perto do rio Liujiang e será conectada a Liuzhou com uma linha ferroviária de alta velocidade.

O projeto conta com 40 mil árvores e quase 1 milhão de plantas de diversas espécies. A vegetação será colocada sobre a fachada de todos os edifícios, melhorando a qualidade do ar, diminuindo a temperatura média e servindo como uma barreira natural contra ruídos.

Figura 17 - Ilustração do projeto de fachadas



Fonte: CASAVOGUE (2017)

A expectativa é de que a cidade em um ano seja capaz de produzir 900 toneladas de oxigênio e absorver 10 mil toneladas de dióxido de carbono e 57 toneladas de poluente.

A fonte de energia utilizada será a geotérmica e a solar. Painéis solares serão instalados em todos os prédios.

4.3.2.1.2. *Masdar, Emirados Árabes Unidos*

Masdar é outro projeto de cidade sustentável que está sendo construído em Abu Dhabi, Emirados Árabes e tem previsão para 2025.

A cidade de Masdar incorpora a visão de uma cidade quase neutra em emissão de carbono e quase nem produz resíduos. Os construtores estão aplicando as melhores técnicas e materiais sustentáveis, assim como tecnologias eficientes em termos energéticos. A energia utilizada nos edifícios concluídos vem inteiramente de fontes renováveis, gerada por uma usina de energia solar e painéis fotovoltaicos.

A cidade também implementa conceitos ecológicos de transporte, os carros com motores de combustão têm que ser estacionados na periferia da cidade. Em seus lugares, os veículos elétricos percorrem a cidade.

O projeto da cidade dispõe os edifícios de tal maneira que eles fazem sombra nas calçadas e vias públicas, reduzindo a temperatura média da cidade em até 20° comparando com locais fora da cidade.

4.4. SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL

Das atividades humanas na terra, a engenharia civil é uma das principais causadoras de impactos ambientais. No Brasil cerca de 35% de todas as matérias-primas extraídas como madeira, metais, areia e pedras são utilizadas pela construção civil.

O conceito de desenvolvimento sustentável relacionado com temas que envolvem a construção civil foi apresentado pela primeira vez nos meados da década de 80 pelo Relatório Brutland. A partir daí vários outros relatórios foram elaborados com intuito de preservar o ambiente. Podemos citar alguns que são referência para o desenvolvimento sustentável:

- Declaração de Estocolmo (1972);
- Relatório de Brutland: Nosso Futuro Comum (1987);
- Declaração do Rio (1992);
- Agenda 21 (1992);

Em 1987 a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brutland, foi nomeada pela ONU para coordenar os debates ambientais na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O documento final destes estudos chamou-se Relatório de Brutland.

Segundo o relatório de Brutland para promover o desenvolvimento sustentável uma série de medidas devem ser tomadas. No âmbito da construção civil, por exemplo: uso de novos materiais na construção; aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia e reciclagem de materiais reaproveitáveis.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como ECO-92, foi realizada em junho/92 na cidade do Rio de Janeiro. A conferência aprovou dois documentos importantes: Declaração do Rio e a Agenda 21, ambos documentos endossam a importância do desenvolvimento sustentável, que combina o progresso econômico e material com uma consciência ecológica (CORRÊA, 2009).

4.5. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Uma construção sustentável leva em consideração todo o processo pelo qual o projeto passa para ser concebido, desde o canteiro de obras até a etapa final, a vida útil do empreendimento até os materiais que foram utilizados, e se no futuro estes poderão ser reutilizados.

O conceito de construção sustentável é baseado em 6 princípios:

- Projetos inteligentes: são aqueles que conseguem aproveitar o máximo do terreno e do ambiente natural.
- Redução da poluição: a construção civil gera muitos resíduos, isto pode ser reduzido através do melhor aproveitamento dos materiais, evitando desperdícios, e também através de ferramentas e estruturas reutilizáveis, como por exemplo: andaimes de plástico ao invés de madeira.
- Materiais reciclados: é uma maneira de reaproveitar os materiais e diminuir a poluição, materiais tais como: plástico reciclado, madeira de reflorestamento, concreto e tijolos reciclados.
- Eficiência energética: para diminuir o impacto ambiental a construção civil pode usar em edifícios e casas fontes de energias sustentáveis, como painéis solares e fotovoltaicos.
- Aproveitamento de água: captação da água da chuva ajuda evitar desperdícios da água.
- Certificação ambiental: avaliação da incorporação de estratégias sustentáveis em edificações.

A seguir algumas medidas e técnicas que devem ser tomadas para diminuir o impacto ambiental e tornar a construção mais sustentável.

4.5.1. Alternativas para alcançar a eficiência energética nas edificações

Para diminuir o consumo de energia e, conseqüentemente, os impactos ambientais deve-se fazer um bom planejamento, estudando o clima regional e o local onde o projeto será construído.

Segundo SALVATERRA (2010), as metas energéticas de projetos habitacionais se apoiam nos seguintes pilares:

- O uso do projeto voltado ao clima, que incorpora técnicas passivas para reduzir o consumo de energia associado à calefação, à refrigeração e ao aquecimento de água;
- A utilização de sistemas de vedação externa capazes de criar uma separação térmica adequada entre o interior e o exterior por meio de estanqueidade ao ar, isolamento térmico, eliminação de pontes térmicas, seleção de materiais de acabamento externos adequados, localização e uso de janelas e vidros de alto desempenho apropriados;
- A possibilidade de controle da ventilação;

4.5.1.1. Uso eficiente de janelas e vidros

O uso eficiente de janelas e vidros permite uma maior separação térmica entre as partes internas e externas, diminuindo assim os gastos com equipamentos para climatização.

O sistema de janelas com vidros duplos ou até mesmo triplos proporcionam alto desempenho termo acústico, economizando energia, com redução do emprego de ar-condicionado e aquecedores, como também fornecendo isolamento acústico.

Figura 18 - Esquema vidro duplo



Fonte: JOTI (2017)

4.5.1.2. Telhado Verde

O telhado verde ou telhado ecológico é uma técnica construtiva muito eficaz na eficiência energética de uma construção. Pode ser aplicado em superfícies planas ou inclinadas.

As plantas aplicadas na cobertura resistem à grandes períodos de secas, tornando sua manutenção simples e barata, no entanto, o projeto deve ser minucioso para evitar problemas futuros com infiltrações.

Sua aplicação nas edificações melhora o conforto térmico, ajuda no isolamento acústico, contribui para a diminuição da poluição do ar, ajuda na absorção de CO₂ e reduzem o escoamento da água da chuva, ajudando o combate às enchentes.

Figura 19 - Telhado verde



Fonte: HOTEL HARDMAN (2017)

4.5.1.3. Aquecimento Solar

O aquecimento de água pelo sol é uma maneira sustentável de poupar energia, especialmente em países como o Brasil, onde a incidência solar é alta e em grande parte do ano.

A maioria de sistemas de aquecimento solar possuem um aquecedor elétrico ou a gás de apoio, cuja funcionalidade é fornecer água aquecida em um nível confortável de utilização para o usuário quando a energia solar não é suficiente.

Os sistemas podem ser classificados em:

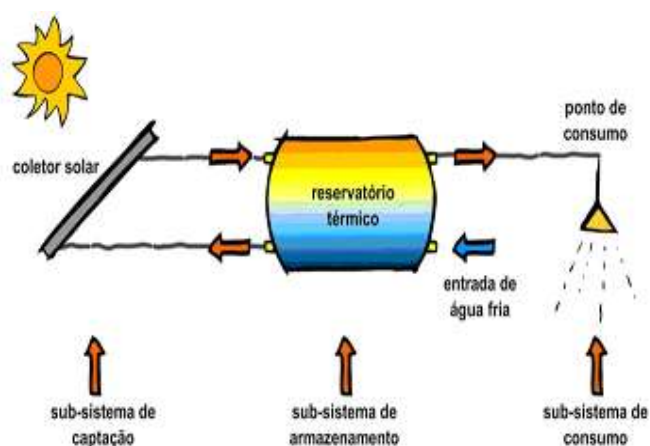
- Ativos ou passivos;
- Diretos ou indiretos;
- Abertos ou fechados;

Os sistemas ativos utilizam bombas para circular a água do coletor para o reservatório, enquanto os sistemas passivos só utilizam as propriedades termodinâmicas.

Nos sistemas diretos, a água usada pelos os usuários passa pelo coletor solar, enquanto nos sistemas indiretos é utilizado uma mistura de anticongelamento de glicol propileno que passa pelo coletor solar e segue para permutador de calor, onde transfere o calor adquirido para água.

O sistema aberto é aquele onde o coletor solar se encontra em contato direto com o oxigênio, sendo necessário um equipamento de material anticorrosivo.

Figura 20 - Esquema de sistema de aquecimento solar



Fonte: PORTAL PUCMINAS (2017)

4.5.1.4. Energia fotovoltaica

Com o uso de células fotovoltaicas é possível transformar a energia solar em energia elétrica. Seu funcionamento se dá quando a radiação proveniente da luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, libera-se elétrons sobre o silício e gera-se a eletricidade.

As células fotovoltaicas são agrupadas e originam os painéis fotovoltaicos. Estes são posicionados de forma a maximizar a exposição aos raios solares. Ao sistema de energia são conectados inversores para transformar a corrente contínua, proveniente dos painéis, para corrente alternada que é a utilizada pelos aparelhos eletrodomésticos.

Além disso, a energia desse sistema pode ser conectada à rede pública de forma que o excedente gerado possa ser enviado à rede, gerando créditos para o usuário.

4.5.2. Gestão da água

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), 97,5% das águas neste planeta são impróprias para o consumo humano e

encontram-se nos oceanos (águas salgadas). As águas doces, que correspondem aos 2,5% restantes, são encontradas em regiões polares ou subterrâneas de difícil acesso. As águas provenientes das calotas polares e da atmosfera, que juntas totalizam 77,24% das águas doces não estão disponíveis para consumo.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas não possuem água suficiente para suprir as necessidades básicas. Estima-se que com o crescimento da população, em 30 anos, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou elevada escassez de água.

No Brasil o consumo diário por pessoa é entre 100 a 200 litros de água, consumo distribuído entre o uso de chuveiros, torneiras, máquinas de lavar, banheiros e etc., portanto, é importante a conscientização do uso da água e a implantação de métodos de reuso e reaproveitamento.

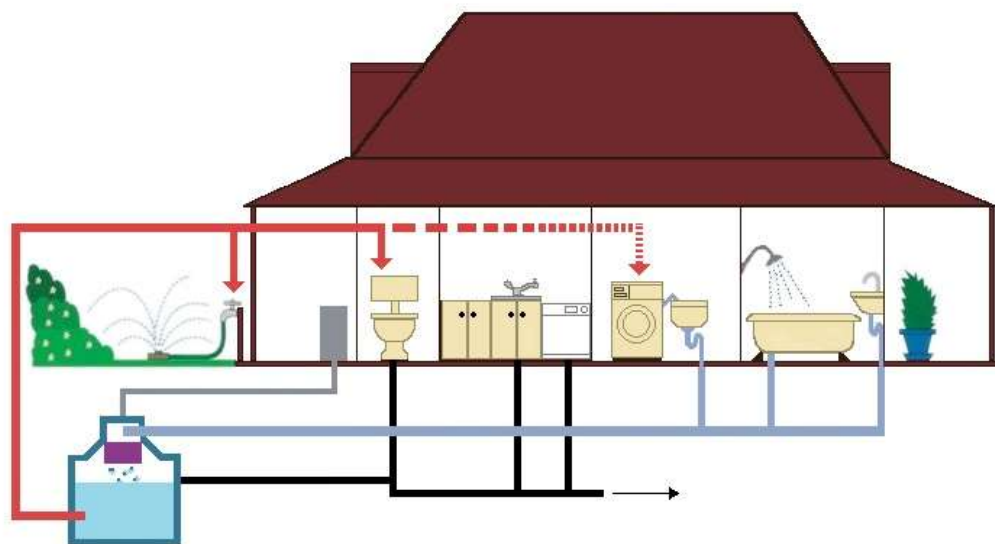
A água de reuso pode ser utilizada para irrigações, reserva de proteção contra incêndios, descarga sanitária e lavagem de automóveis.

4.5.2.1. Reuso de águas cinzas e negras

As águas cinzas são aquelas provenientes das banheiras, tanques, pias de banheiros, chuveiros e máquinas de lavar, enquanto as águas negras são aquelas provenientes das pias de cozinhas e das bacias sanitárias. As águas cinzas são mais abundantes nas residências e seu tratamento é mais viável economicamente.

Para o reuso das águas deve-se executar dois sistemas hidráulicos. Um para água potável e outro para o efluente a ser tratado. O primeiro sistema abastecido pela rede pública alimenta os chuveiros, torneiras e pias, em seguida o efluente é conduzido para um tanque de tratamento onde passará pelos seguintes processos: lodos ativados; desinfecção com cloro em primeiro estágio; filtração; ozonização e desinfecção com cloro em segundo estágio; a seguir volta para uma segunda caixa d'água que alimenta as descargas, o sistema de irrigação e até mesmo as máquinas de lavar.

Figura 21 - Esquema de reuso de águas cinzas e negras



Fonte: LITER(2017)

4.5.2.2. Reuso das águas da chuva

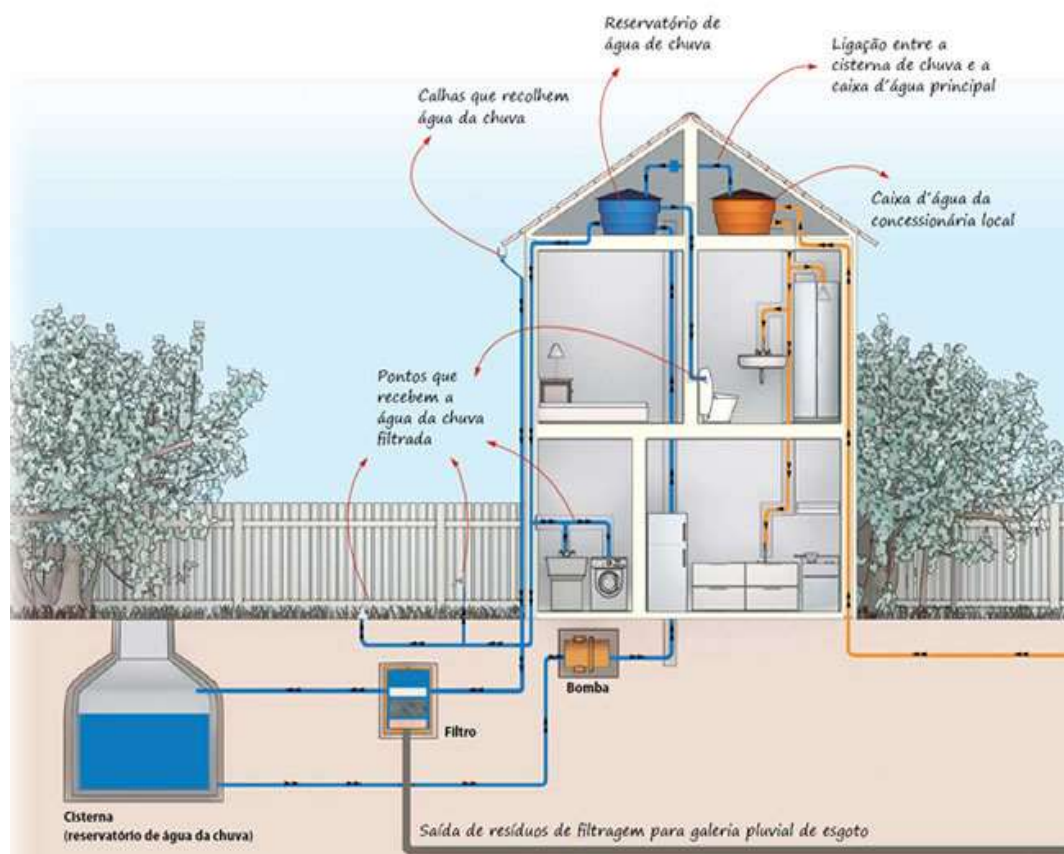
O reuso das águas da chuva é baseado em um sistema de captação pluvial, muito eficiente, principalmente em países tropicais, onde os índices pluviométricos são altos. Além de diminuir a escassez da água, essa solução ainda reduz os riscos de enchentes em grandes centros.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais consiste em captação, condução, armazenamento e utilização da água para fins não potáveis.

A captação é feita por calhas instaladas nas coberturas, a água é encaminhada para um filtro responsável por reter grandes partículas e, posteriormente, a água é destinada para um reservatório próprio, depois é encaminhada para o segundo filtro responsável por reter as menores impurezas, quando finalmente a água é armazenada no reservatório responsável pela alimentação de descargas, sistemas de irrigação e torneiras externas.

Este sistema gera uma grande economia de água potável, visto que a bacia sanitária é responsável por 41% do consumo total de água.

Figura 22 - Esquema de reuso de águas da chuva



Fonte: ECOMONTES (2017)

4.5.3. Reuso de materiais e elementos da construção

A reciclagem visa à redução do uso de recursos naturais e matéria-prima no processo de produção.

Os resíduos da construção civil, segundo a resolução do CONAMA 307 são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

Ainda sobre a resolução CONAMA 307 os resíduos são classificados:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de

infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (nova redação dada pela Resolução nº 348/04).

4.5.4. Materiais sustentáveis

Existem vários materiais que possuem alguma característica sustentável, (critérios socioambientais, legalidade e qualidade, durabilidade e vida útil, redução do consumo de materiais, ecoeficiência no processo produtivo, uso de resíduos como matéria-prima, material reciclado ou reciclável, produto com baixo COV, licença ambiental), desde materiais com funções estruturais até materiais de acabamento.

4.5.4.1. Canteiro de Obras

- Tapume de material reciclado: são placas de plástico e alumínio reciclados de aparas industriais e embalagens Longa Vida. É durável, não propaga chamas e é um bom isolante térmico. Substitui os tapumes convencionais.

Figura 23 - Tapume de material reciclado



Fonte: ECOWAY (2017)

- Brita reciclada: produto obtido pela britagem de resíduos de concreto da construção civil e demolição. Livre de impurezas, partículas duras e ásperas. O produto é isento de impurezas que possam interferir no endurecimento do concreto. Recomendado para terraplanagem, drenagem e aterros.

Figura 24 - Brita reciclada



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

A britagem dos resíduos de concreto e demolição podem ser transformados também em pedriscos reciclados com recomendação para fabricação de artefatos de concreto (blocos de vedação, pisos, manilhas de esgoto entre outros) e bica corrida reciclada com recomendação de uso para melhoria das condições de rolamento de estradas não pavimentadas (cascalhamento), obras de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentação de vias. Obras de base e sub-base de pátios industriais e semelhantes. Aterros e acerto topográfico de terrenos.

Segundo o artigo de SANTANA, UFRB, não é aconselhável o uso de agregados reciclados para concretos com $f_{ck} > 20$ Mpa.

- Areia reciclada: produto obtido dos resíduos de concreto da construção civil e demolição. Livre de impurezas, durável e isenta de materiais estranhos que possam interferir na reação de endurecimento do cimento. Tem uso recomendado para argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, blocos, tijolos de vedação e solo-cimento.

4.5.4.2. Cobertura

- Telhas de matéria-prima reciclada: são telhas e cumeeiras com produção totalmente ecológica que gera zero resíduo e com um produto final reciclado e reciclável. Garante conforto térmico, impermeabilidade, inquebrável, leve e fácil instalação.

Figura 25 - Telha de matéria-prima reciclada



Fonte: RECICLOTECA(2017)

Outras telhas sustentáveis podem ser recicladas de tubos de pasta de dentes e embalagens Longa Vida.

- Madeira plástica: utiliza-se na sua composição resíduos industriais e urbanos de madeira e plástico. Resistente à corrosão de intempéries, imune à pragas, cupins, insetos e roedores. Uso recomendado em pergolado e coberturas.

Figura 26 - Madeira plástica



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

4.5.4.3. Esquadrias, Batentes e Rodapés

- Esquadrias com madeira de reflorestamento: madeira de qualidade obtida através de fontes renováveis – mediante o plantio de árvores. Garante a obtenção de uma matéria-prima ambientalmente sustentável.

Figura 27 - Esquadria de madeira de reflorestamento



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

- Batentes, rodapés e guarnições em PVC wood: é um material formado de PVC com reforços de farinha de madeira com baixa densidade, baixa abrasividade, possibilidade de incorporação de elevados teores resultando em elevada rigidez com excelente resistência.

Figura 28 - Batentes e Guarnições em PVC wood



Fonte: PORMADE (2017)

4.5.4.4. Sistema Construtivo

- *Wood Frame*: é um sistema de construção baseado em painéis de madeira reflorestada, os chamados pinus. Reduz em 85% os resíduos da obra, maior qualidade térmica e acústica e possui durabilidade igual a alvenaria.

Figura 29 - Montagem do wood frame



Fonte: DINAMICA AMBIENTAL (2017)

Figura 30 - Camada do painel wood frame



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

- *Steel Frame*: é um sistema de construção baseado em placas de aço galvanizado. Utiliza matéria-prima reciclável, não utiliza água durante a obra e evita desperdícios de energia e materiais. Além disso, o conjunto final do sistema proporciona maior conforto acústico e térmico, além de alta resistência e durabilidade.

Figura 31 - Smart Frame



Fonte: ESPAÇO SMART (2017)

4.5.4.5. Materiais Básicos

- Blocos e tijolos: existem uma vasta gama de blocos e tijolos de diferentes materiais reciclados. Tijolos ecológicos são feitos de matéria-prima reciclada e não precisam ir ao forno, diminuindo assim a incidência de gás carbônico.

Figura 32 - Tijolo ecológico



Fonte: SUSTENTARQUI(2017)

- Argamassa polimérica: é uma ecomassa, pois sua composição não contém cimento e nem areia.

- Cimento pozolânico CP-IV: tem baixo teor de clínquer e, conseqüentemente, para sua fabricação há menos emissão de CO₂.

4.5.5. Gestão do canteiro de obras

A gestão do canteiro de obras é importante para diminuir os desperdícios e a produção de resíduos durante a fase construtiva.

- Projeto: a preocupação com a geração de resíduos deve-se iniciar no projeto. De acordo com o processo construtivo adotado pode-se gerar mais ou menos resíduos. O detalhamento de projeto também é um fator crucial, pois este evita a perda de materiais por quantidades inexatas.
- Caracterização dos resíduos: nesta etapa os resíduos gerados na obra são classificados de acordo com a resolução 307 CONAMA, e também são quantificados, em m³ ou kg, seguindo o cronograma executivo.
- Triagem: a triagem dos resíduos constitui na elaboração dos procedimentos necessários para a segregação de todos os resíduos sólidos originados durante a execução da obra, sendo classificados e separados em locais adequados.
- Acondicionamento dos resíduos: nesta etapa são definidos os procedimentos a serem executados para o correto acondicionamento dos resíduos sólidos seguindo sua classe/tipo, garantindo a integridade dos materiais.
- Transporte dos resíduos: os procedimentos para realização do transporte interno e externo dos resíduos sólidos no canteiro de obras são definidos nesta etapa, também são definidos os procedimentos que serão adotados para a reutilização e reciclagem dos materiais armazenados.
- Destinação dos resíduos: após a triagem, o acondicionamento e o transporte dos materiais eles devem ser destinados conforme a resolução do CONAMA. Os resíduos considerados Classe A (ver item 4.4.3 – Reuso de materiais e elementos da construção), são destinados para áreas de triagem, reciclagem ou aterros da construção civil. Já os resíduos da Classe B, são comercializados para empresas corporativas ou associações, responsáveis por reciclar ou reutilizar esses resíduos como combustíveis para fornos, por exemplo. Para os resíduos das Classes C e D, é necessário um estudo junto

aos fornecedores desses tipos de materiais para uma decisão mais adequada quanto a sua destinação final.

4.5.6. Certificação Ambiental

Os sistemas de certificação, categorização ou selo ecológico foram criados para avaliação da incorporação de estratégias sustentáveis nas edificações, comparando-as com as construções convencionais. (FURUKAWA; CARVALHO; 2011).

O objetivo dos certificados ambientais é uma forma de atestar as ações sustentáveis das empresas que seguiram determinados parâmetros para amenizar os impactos ambientais. Os parâmetros dos selos ambientais vão desde a concepção do projeto até o acabamento final da obra.

Os selos de certificação também promovem um diferencial no mercado, destacando as empresas que o obtém, e agregando valor ao produto final, visto que atualmente muitas pessoas procuram por produtos sustentáveis.

Os principais selos ecológicos na construção civil são:

- LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* (EUA);
- Procel Edifica (BRASIL);
- HQE – *Haute Qualité Environnementale* (FRANÇA);
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental (BRA/FRA);
- Casa Azul (BRASIL);

4.5.6.1. LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

Leed é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, tem o intuito de modificar e incentivar a transformação dos projetos, obras e operações, sempre focando na sustentabilidade.

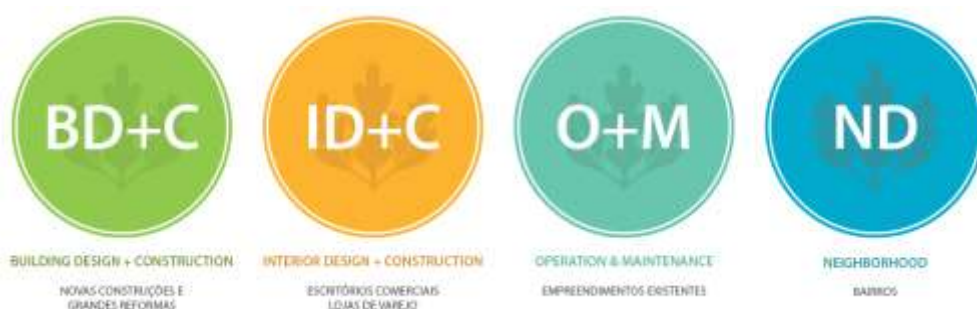
O órgão responsável por conferir as certificações é *Green Building Council Brasil* (GBCB), parte da ONG internacional e criado no Brasil em 2007. A organização atua incentivando a adoção de práticas de Green Building em um processo integrado de concepção, construção e operação de edificações e espaços construídos.

A certificação possui 8 dimensões que são avaliadas nas edificações. Todas elas possuem pré-requisitos e créditos. Os pré-requisitos são obrigatórios e os créditos são recomendações que quando atendidas geram pontos.

O nível de certificação é gerado conforme a quantidade de pontos atingida pela edificação, podendo variar entre 40 pontos até 110 pontos.

O LEED possui 4 tipologias, que consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento.

Figura 33 - Tipologias LEED



Fonte: GBC BRASIL (2017)

As tipologias analisam 8 dimensões:

Figura 34 - Dimensões analisadas pelo LEED



Fonte: GBC BRASIL (2017)

Os níveis de certificação são:

Figura 35 - Níveis de certificação LEED



Fonte: GBC BRASIL (2017)

4.5.6.2. Procel Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica – foi instituído em 2003 pela Eletrobrás/Procel e atua de forma conjunta com o Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil.

O selo Procel Edificações é um instrumento de adesão voluntária com o objetivo de identificar as edificações com as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria.

Em geral, nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nas unidades habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, que vai de E (pouco eficiente) até A (muito eficiente) é concedida em duas etapas: na etapa de projeto e depois de construído o empreendimento.

4.5.6.3. AQUA/HQE -Alta Qualidade Ambiental

O processo AQUA é uma certificação ambiental desenvolvida a partir da certificação francesa HQE (*Haute qualité environnementale*) e aplicada no Brasil desde 2008 pela fundação Vanzolini.

A certificação é concedida com base em auditorias presenciais independentes e para obtê-la o empreendedor da construção deve estabelecer o controle total do projeto em todas as suas fases: Programa; Concepção (Projeto); Realização (Obra); Operação (Uso).

A avaliação da AQUA é feita em 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis BASE, BOAS PRATICAS ou MELHORES PRATICAS.

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com 3 categorias no nível MELHORES PRATICAS, 4 categorias no nível BOAS PRATICAS e 7 categorias no nível BASE. A certificação é concedida ao final de cada fase, mediante verificação de atendimento ao Referencial Técnico.

4.5.6.4. Casa Azul

O selo casa azul é uma classificação socioambiental dos projetos que são financiados pela Caixa Econômica Federal.

São 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias:

- Qualidade Urbana
- Projeto e Conforto
- Eficiência Energética
- Conservação de Recursos Materiais
- Gestão da Água
- Práticas Sociais.

Para receber o Selo Casa Azul, o empreendimento deve obedecer a 19 critérios obrigatórios e, de acordo com o número de critérios opcionais atendidos, o projeto ganha o selo nível bronze, prata ou ouro:

Bronze: atende aos 19 itens obrigatórios;

Prata: atende aos 19 itens obrigatórios, mais 6 opcionais;

Ouro: atende aos 19 itens obrigatórios, mais, pelo menos, 12 opcionais.

5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Os benefícios para o meio ambiente já foram todos explicitados e apresentados, agora será realizado uma análise econômica da permacultura e de duas técnicas sustentáveis.

Este estudo tem como objetivo quantificar os gastos e economias de cada técnica, afim de verificar a viabilidade econômica das mesmas.

5.1. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PERMACULTURA

O estudo de caso apresentado foi feito na comuna *Bec Hellouin*, localizada na região da Normandia, França.

Foi verificado a viabilidade econômica levando em consideração a remuneração do trabalho e o preço de venda dos produtos. O estudo foi feito em uma parcela da área da fazenda de 1000m², com plantações em locais abertos e fechados.

5.1.1. Área estudada

O terreno estudado foi dividido nos seguintes setores:

Tabela 1 - Setores permaculturais do estudo de caso

Setor	Descrição	Área
Estufas	Área coberta	421 m ²
Macieiras	Área aberta	116 m ²
Rio	Área aberta	117 m ²
Mandala	Área aberta	378 m ²

Fonte: GUÉGAN, S.; LÉGER, F. (2015)

A região da Mandala é composta de diversas hortaliças e plantas, cultivadas em forma de círculo. Dessa forma pode-se economizar água, aproveitar melhor o espaço e poupar o solo.

Figura 36 - Região da Mandala



Fonte: GUÉGAN, S.; LÉGER, F. (2015)

5.1.2. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada individualmente por cada intervenção feita em cada setor, ou seja, cada pessoa que realizou alguma intervenção em algum dos setores deveria anotar os dados da intervenção, tais quais: tempo de trabalho, natureza da intervenção, ferramentas e produtos utilizados, quantidade e unidades das colheitas. As frutas não foram contabilizadas, apenas legumes, ervas, flores, etc.

5.1.3. Tempo de trabalho

Todas as operações sobre os setores foram contabilizadas.

As intervenções feitas pelo pessoal da fazenda, pelos estagiários em formação agrícola e de engenharia, pelos estagiários em formação curtas da escola de permacultura da *Bec Hellouin* e as raras intervenções feitas por outras pessoas.

Ficou estabelecido 45 horas semanais referente a todos os trabalhos realizados, dentro e fora do cultivo, e 30 horas semanais para o cultivo.

5.1.4. Preço do produto

Para obter uma análise da viabilidade econômica é necessário transformar a produção em produtos e preços.

Três fontes de preço foram utilizadas para calcular o valor dos legumes produzidos nos setores estudados, são eles:

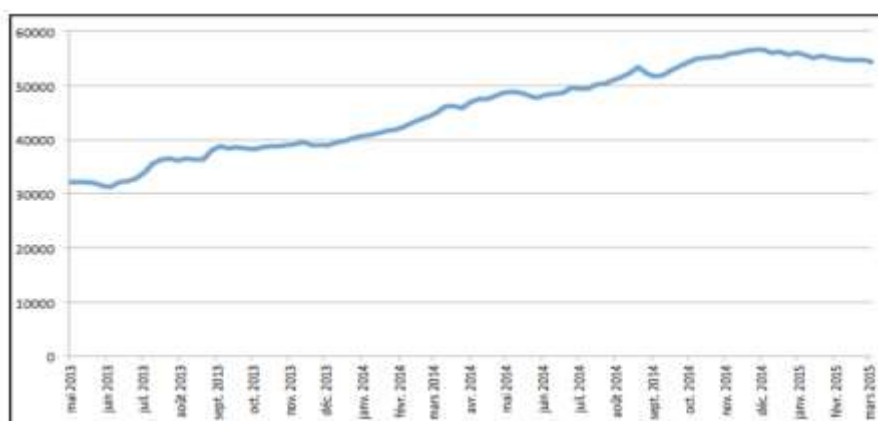
- Lista realizada pelo Grupo Regional dos Agricultores Biológicos da Normandia, sendo a sigla francesa GRAB – HN, onde a cada dois meses é feito uma sondagem dos preços praticados pelos produtores locais. Na lista consta os preços mínimos, médios e máximos.
- Legumes vendidos na fazenda pelas feiras. Os preços aqui são referentes à legumes que não estão na lista da GRAB -HN, ou que não foram atualizados. Eles são tabelados pelas fazendas, levando em consideração as fazendas e produtores vizinhos.
- Legumes vendidos à restaurantes e clientes da fazenda.

5.1.5. Colheitas x Valor

O valor dos legumes nas colheitas teve um aumento progressivo ao longo do estudo realizado.

O valor acumulado no primeiro ano foi de 32.400 euros, subindo para 54.600 euros no segundo ano, tendo um aumento de 69%, e crescendo ainda mais no terceiro ano para 57.300 euros.

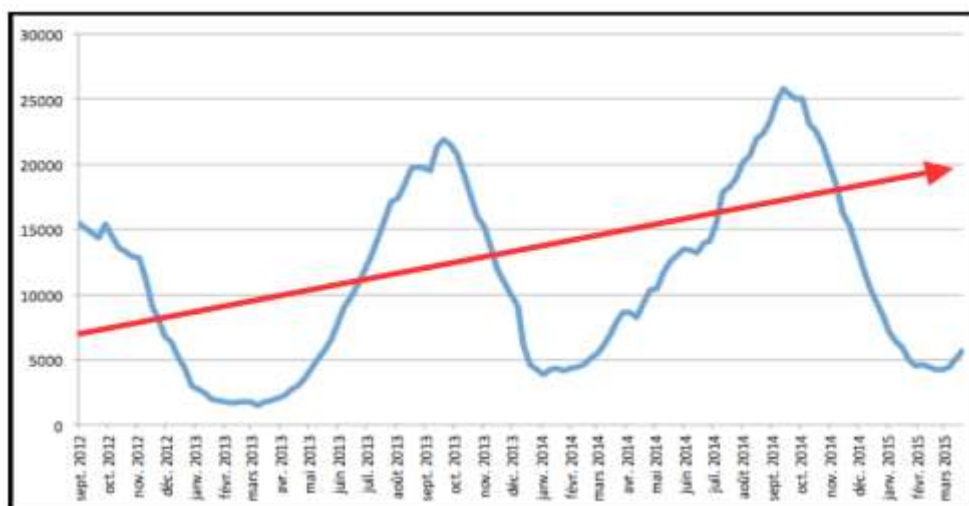
Figura 37 - Valores acumulados da colheita



Fonte: GUÉGAN, S.; LÉGER. F. (2015)

É interessante observar que a colheita é sazonal e que a progressão observada durante os anos é obtida em cada período, principalmente no inverno e na primavera.

Figura 38 - Valor trimestral dos legumes produzidos



Fonte: GUÉGAN, S.; LÉGER, F. (2015)

Outra observação foi que a produtividade por unidade de área é bem diferente em cada setor estudado.

A produção média foi mais elevada nas estufas com 80 €/m², seguidos da produção nos setores das macieiras e do rio com 48 €/m² e 38 €/m², respectivamente, e por fim na mandala, sendo o setor de menor produtividade, com 28€/m².

5.1.6. Modelização do salário do permacultor

A partir dos dados mesurados foi realizado uma modelização com duas hipóteses para estimar o salário de um permacultor que trabalha unicamente com a fazenda.

Para estimar o faturamento anual, as quantidades comercializadas foram multiplicadas pelos preços dos legumes. Para os legumes comuns foram utilizados os preços médios de vendas na Normandia, para os legumes menos comuns e não conhecidos na região foram utilizados os preços praticados na própria fazenda. Os custos, despesas e taxas associadas a produção foram diminuídas do faturamento anual para se obter um salário.

As hipóteses utilizadas foram: (1) Baixo custo: compras de ferramentas e equipamentos reutilizados, estocagem simples e venda rudimentar, sem veículo de entregas; (2) Alto custo: compras de ferramentas e equipamentos novos, estocagem em local mais sofisticado, com veículo de entregas.

Tabela 2 - Estimação do salário do permacultor em função da produção anual e das hipóteses de custos

Ano	2013		2014	
Hipóteses de custo	Baixo Custo	Alto Custo	Baixo Custo	Alto Custo
Faturamento total	32788		52784	
Taxas	1709		2986	
Faturamento total com taxas	31079		54298	
Sementes e plantas	4000		6500	
Fertilizantes e corretivos	1500		3000	
Outras despesas (água, energia, combustível, manutenção)	6000	5000	6000	5000
Taxa fundiária	100			
Custo de mão de obra adicional	0	0	9802	
Encargos Patronais			4146	
Seguro social	4000			
Juros de empréstimos bancários	300	700	300	700
Amortização da estufa (5 anos)	800	2000	800	2000
Amortização de outros equipamentos (20 anos)	800	3000	800	3000
Salário anual	13579	10779	18849	16049
Salário mensal	1132	898	1571	1337

Fonte: Autoria própria.

A hipótese de custo baixa apresenta um salário de 1132 € em 2013 e de 1571 € em 2014, e a hipótese de alto custo apresenta um salário de 898 € em 2013 e de 1337 € em 2014.

Sendo a hipótese de alto custo em 2013 a única inaceitável para um trabalhador agrícola, considerando as horas trabalhadas.

É notável que em 2014 com o auxílio de assalariados a remuneração total aumenta, no cenário de baixo custo em 9,47 € por hora trabalhada, e no cenário de alto custo em 8,54 € por hora trabalhada.

Em 2013 a remuneração por hora trabalhada no cenário de baixo custo era de 6,77 € e no cenário de alto custo era 5,37 €. A diferença relacionada com a intensificação de mão de obra é significativa, mas implica em mais trabalho.

O trabalho de modelização demonstra que é possível realizar uma produção permacultural, cultivada na sua maioria a mão, e atingir um benefício suficiente para assegurar o trabalhador agrícola.

5.2. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para este estudo de viabilidade econômica do sistema de captação e reuso de águas pluviais é necessário conhecer as seguintes variáveis: área de captação, índice pluviométrico da região, volume de água potável que será substituído pela água de reuso, tarifas aplicadas pela distribuidora de água da região e custo da implantação e manutenção do sistema de captação.

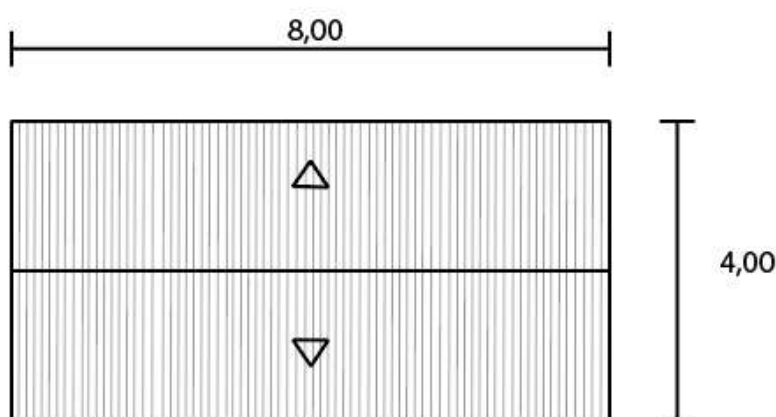
O estudo será feito em uma planta fictícia de uma casa pequena de 40m², localizada no município de São José dos Campos – São Paulo.

5.2.1. Área de captação

A área de captação da água é a área referente ao telhado da residência da modelização ilustrada na figura 32 a seguir, e é correspondente a 40m².

$$\text{Área de captação} = 8,00 * 4,00 = 40m^2$$

Figura 39 - Vista do telhado (área de captação)



Fonte: Autoria própria

5.2.2. Média pluviométrica

Média pluviométrica de São José dos Campos servirá como base para estimar-se o volume de água que será captado e também determinará o dimensionamento do sistema. Os índices pluviométricos foram retirados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas

Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI). Estes índices são resultados de análises de 30 anos de dados.

Tabela 3 - Média Pluviométrica da cidade de São José dos Campos

MÊS	CHUVA (mm)
Jan	216.3
Fev	191.2
Mar	165.3
Abr	80.5
Mai	58.8
Jun	42.3
Jul	32.4
Ago	35.1
Set	71.5
Out	113.3
Nov	124
Dez	174.2
Total	1304.9
Min	32.4
Máx	216.3

Fonte: (CEPAGRI, 2017)

5.2.3. Consumo médio mensal

Segundo a SABESP o consumo médio de água por pessoa chega a 200l/dia, sendo então 6000 litros de água por mês. Será considerado que a residência tenha 2 habitantes.

$$\text{Consumo mensal} = 6000 * 2 = 12m^3$$

No entanto, tem-se que apenas 40% do consumo mensal da água pode ser substituído por água não potável.

$$\text{Consumo mensal substituível} = 12 * 0,4 = 4,8m^3$$

5.2.4. Tarifas do abastecimento de água

A empresa responsável pelo abastecimento de água em São José dos Campos – SP é a SABESP e as tarifas aplicadas pela companhia para residências estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 4 - Tarifas de água e esgoto

Volume (m ³)	Tarifa de água	Tarifa de esgoto
0 a 10	22.38/mês	22.38/mês
11 a 20	3.5/m ³	3.5/m ³
21 a 50	8.75/m ³	8.75/m ³
Acima de 50	9.64/m ³	9.64/m ³

Fonte: (SABESP, 2017)

5.2.5. Dimensionamento e custo do sistema de captação e reuso de água

Para dimensionar o sistema de captação e reuso será aplicado o método Azevedo Neto descrito na norma NBR 15527 (ABNT, 2007).

O volume de chuva é calculado pela equação a seguir:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Onde:

P = é o valor numérico da precipitação anual, expresso em milímetros;

T = é o valor numérico de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de captação, expresso em m²;

V = é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório.

$$V = 0,042 * 1304,9 * 40 * 4$$

$$V = 8768,9 \text{ m}^3$$

Portanto, o reservatório terá uma capacidade de 10m³.

De acordo com Plínio Tomaz (2009), o custo de instalação do sistema de reuso de água varia entre US\$ 150 a 200 por m³. Com o dólar comercial em outubro de 2017 a 3,19 o custo do sistema seria de aproximadamente R\$ 6.380,00.

5.2.6. Volume de captação do sistema

O volume anual captado pelo sistema será calculado com a fórmula a seguir:

$$\text{Volume anual de captação} = \text{Volume total de precipitação} * \text{Área de captação}$$

Onde:

Volume total de precipitação = é a somatória dos volumes mensais, expresso em mm que no pluviômetro equivale a l/m².

$$\text{Volume anual de captação} = 1304,9 \frac{l}{m^2} * 40m^2 = 52m^3$$

$$\text{Volume mensal de captação} = 4,3 m^3$$

Em um ano a residência sem o sistema de captação de água gastaria 12 vezes o consumo mensal, equivalente a 144m³, lembrando que deste total apenas 57m³ são substituíveis pela água de reuso.

Com a utilização do volume de reuso o volume anual de gasto de água diminuiria para 92m³. E o consumo mensal diminuiria para 7,7 m³.

5.2.7. Período de retorno do investimento

A conta de água por sua vez também teria uma economia.

Sem o reservatório o volume utilizado seria de 12m³, cobrado, conforme a tabela 6, de R\$22,38 por 10m³ e R\$3,5 por m³ excedente entre 11 a 20m³, sendo um total de R\$ 29,38. E na conta final de 58,76, porque é necessário adicionar o esgoto.

Com o reservatório o volume utilizado seria de 7,7m³, cobrado, conforme a tabela 6, de um valor único mensal de R\$ 22,38. E na conta final de 44,76, porque é necessário adicionar o esgoto.

Sendo a economia mensal de R\$14,00 e o período de retorno do investimento seria de 37 anos.

Nota-se que para esta modelização não seria interessante a utilização do sistema de reuso, mas deve-se pensar na hipótese de aumento de moradores, e consequentemente aumento do volume de água, e na possibilidade de aumentar a área de captação de chuva.

5.3. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para este estudo de viabilidade econômica do sistema de energia fotovoltaica é necessário conhecer as seguintes variáveis: índices de irradiação solar do local estudado, a demanda diária de energia dos habitantes, o custo de implantação do sistema e as tarifas aplicadas pela concessionária de energia.

O local da modelização é a cidade de São José dos Campos – SP.

5.3.1. Irradiação solar diária média

A tabela a seguir fornece os dados de irradiação solar diária média da cidade no plano horizontal. Os dados foram obtidos do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) – 2017.

Figura 40 - Irradiação solar diária média São José dos Campos

UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
		Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
SP	BRA	23,2° S	45,886002° O	2,3	5,22	4,92	4,81	4,14	3,64	3,22	3,64	4,17	4,19	4,75	5,39	5,28	4,45	2,17

Fonte: (CRESESB, 2017)

A seguir tem-se os dados de irradiação solar diária média em relação a outros três ângulos: o ângulo igual à latitude; o ângulo que fornece o maior valor médio diário anual de irradiação solar; o ângulo que fornece o maior valor mínimo diário anual de irradiação solar.

Figura 41 - Irradiação solar diária média São José dos Campos com angulações diferentes

Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	
0° N	5,22	4,92	4,81	4,14	3,64	3,22	3,64	4,17	4,19	4,75	5,39	5,28	4,45	
23° N	4,74	4,70	4,95	4,67	4,50	4,16	4,66	4,92	4,44	4,64	4,95	4,73	4,67	
22° N	4,77	4,72	4,95	4,66	4,48	4,12	4,62	4,90	4,44	4,66	4,98	4,77	4,67	
32° N	4,43	4,48	4,84	4,73	4,69	4,39	4,90	5,05	4,40	4,46	4,64	4,40	4,62	

Fonte: (CRESESB, 2017)

5.3.2. Consumo médio de energia

Para modelização foi realizada uma simulação no site da fornecedora de energia, COPEL, com alguns componentes básicos de uma casa para dois habitantes. A seguir a tabela com os dados e consumos mensais.

Figura 42 - Consumo mensal de energia da cozinha

Cozinha

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Geladeira	1	130	24	Horas/Dia	93,60	R\$ 64,03
Lâmpada Fluorescente	1	9	4	Horas/Dia	1,08	R\$ 0,74
Microondas	1	1200	15	Minutos/Dia	9,00	R\$ 6,16
Forno Elétrico (Grande)	1	1500	5	Minutos/Dia	3,75	R\$ 2,57
TOTAL:					107,43	R\$ 73,50

Fonte: (COPEL, 2017)

Figura 43 - Consumo mensal de energia do quarto

Quarto

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Computador	1	300	2	Horas/Dia	18,00	R\$ 12,31
Lâmpada Fluorescente	1	9	4	Horas/Dia	1,08	R\$ 0,74
TOTAL:					19,08	R\$ 13,05

Fonte: (COPEL, 2017)

Figura 44 - Consumo mensal de energia do banheiro

Banheiro

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Chuveiro	1	3500	20	Minutos/Dia	35,00	R\$ 23,94
Lâmpada Fluorescente	1	9	2	Horas/Dia	0,54	R\$ 0,37
Secador de cabelo	1	1400	10	Minutos/Dia	7,00	R\$ 4,79
TOTAL:					42,54	R\$ 29,10

Fonte: (COPEL, 2017)

Figura 45 - Consumo mensal de energia da sala

Sala

Item:	Unidades:	Potência em Watts:	Tempo de uso:	Período:	kWh por mês:	Custo por mês (R\$):
Lâmpada Fluorescente	1	9	4	Horas/Dia	1,08	R\$ 0,74
Televisor	1	100	2	Horas/Dia	6,00	R\$ 4,10
TOTAL:					7,08	R\$ 4,84

Fonte: (COPEL, 2017)

Com um resultado total para simulação de:

Consumo aproximado da conta de luz:

176,13 kWh

Valor aproximado:

R\$ 120,49

Para contabilizar os aparelhos eletrônicos que não foram identificados tais como: ferro de passar roupa, ventilador, aspirador de pó, liquidificador, batedeira, torradeira e etc., foi adicionado mais 10% no consumo aproximado, portanto, nosso estudo será baseado em um consumo mensal de uma casa popular de dois habitantes de 211kWh.

5.3.3. Tarifas do fornecimento de energia

O valor mensal será correspondente às tarifas aplicadas pela EDP – Bandeirantes que é a fornecedora de São José dos Campos.

O custo do kWh é 0,26, sendo o valor total da conta de 54,86 + ICMS + CONFINS + PIS/PASEP.

$$\text{Valor aproximado} = 138,14 \text{ reais.}$$

5.3.4. Dimensionamento e custo do sistema de painéis fotovoltaicos

Segundo o site PORTAL SOLAR é necessário a instalação de 7 placas fotovoltaicas para suprir este consumo de energia de 211kWh para uma residência situada em São José dos Campos.

O gerador deve ter uma potência de 1,85 kWp.

O preço médio de um gerador fotovoltaico e de 7 placas seria de R\$ 12.395,00 a R\$ 15.725,00.

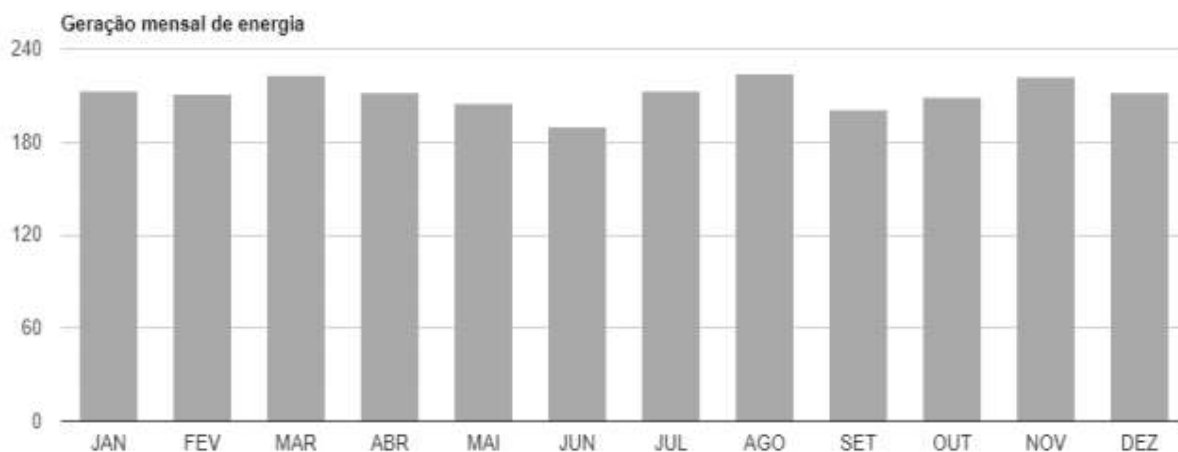
Figura 46 - Ficha técnica simulada para um gerador fotovoltaico

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:	1,85	kWp. (ou potência instalada)
O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:	R\$ 12.395,00	até R\$ 15.725,00
Quantidade de placas fotovoltaicas:	7	de 260 Watts
Produção anual de energia	2532	kWh/ano aproximadamente
Área mínima ocupada pelo sistema:	14,83	metros quadrados aprox.
Peso médio por metro quadrado:	15	kilograma / metro quadrado
Geração mensal de energia:	211	kWh/mes aproximadamente

Fonte: (PORTAL SOLAR, 2017)

Em seguida é apresentado um gráfico da modelização com o fornecimento mensal de energia. Nota-se que os meses que possuem maiores índices de irradiação solar, consequentemente, produzem maiores índices energéticos, no entanto, mesmo no mês com o menor índice de irradiação solar, junho, também é capaz de produzir a energia necessária de 211 kWh, ou seja, o dimensionamento foi baseado para fornecer a energia necessária com os menores índices de irradiação solar.

Figura 47- Geração de energia mensal



Fonte: (PORTAL SOLAR, 2017)

5.3.5. Período de retorno do investimento

Como o sistema foi dimensionado para suprir a demanda total de energia da casa, a economia será o valor total da conta mensal, ou seja, de R\$ 138,14.

Será considerado para o valor de instalação do sistema um preço médio de R\$ 14.060,00.

O período de retorno é calculado dividindo o preço total de instalação do sistema pelo preço de economia, que no caso é o total do consumo mensal.

$$\text{Período de retorno} = \frac{14060}{138,14} = 101 \text{ meses} = 8,5 \text{ anos}$$

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou os problemas causados no meio ambiente oriundos do sistema capitalista, do consumismo exacerbado dos dias atuais, da falta da prática de reuso e reciclagem de materiais e como a permacultura é uma forma interessante de mitigar estes problemas e de como ela tem muito a oferecer em diversos âmbitos, como no cultural e espiritual, assim como abordou os problemas ambientais diretamente causados pela indústria da engenharia civil e apresentou a necessidade de técnicas, materiais e ferramentas sustentáveis para o desenvolvimento de uma construção sustentável e suas vantagens.

Sendo assim, teve como finalidade servir como uma ferramenta de sistematização e proposição de novas ideias e orientações a respeito da permacultura e da utilização de técnicas e materiais para uma construção sustentável.

O processo de urbanização após a revolução industrial contribuiu para o quadro atual de pobreza e degradação ambiental e a permacultura é um meio para um desenvolvimento sustentável em todas as dimensões da sustentabilidade, na social, econômica e ambiental.

No contexto social, as diretrizes e ações da permacultura voltadas ao planejamento de comunidades tendem possibilitar uma melhora nas condições de vida dos moradores, fornecem aos envolvidos maiores qualidades de empatia e noções de comunidade, assim como pode ser uma solução econômica para famílias de comunidades de baixa renda.

No contexto ambiental, as diretrizes e ações da permacultura são extremamente vantajosas, capazes de mitigar os impactos ambientais, de solucionar os problemas causados pelo acúmulo de resíduos e de possibilitar uma vivência harmônica com a natureza.

No contexto econômico, as diretrizes e ações da permacultura também se mostram vantajosas como foi demonstrado no estudo da viabilidade em uma comuna, *Bec Hellouin*, localizada na região da Normandia, França. O estudo realizado por 3 anos mostrou que o salário do permacultor atingiu um benefício suficiente para assegurar o trabalhador agrícola.

Ressaltando também que a permacultura pode ser utilizada em uma escala menor com o intuito apenas de fornecer uma economia às famílias. Por exemplo em condomínios que utilizam terrenos para plantio e a venda dos produtos é abatida do valor do condomínio, ou em

ecovilas que utilizam a permacultura para o próprio sustento e venda do excedente para custear atividades comunitárias.

A construção de empreendimentos tem um grande impacto ambiental. A indústria da engenharia civil é o setor que mais consome recursos naturais ao longo de décadas, tem o volume de resíduos, gerado por entulhos e demolições, duas vezes maior que o volume sólido de lixo urbano, além de consumir materiais que geram enormes quantidades de CO₂ na produção e por fim, utiliza-se também quase 40% da energia mundial em edificações.

Com o intuito de mitigar estes problemas, surgem a partir da década de 80 com o Relatório de Brutland diretrizes que englobam a construção civil e a sustentabilidade. Desde então, técnicas e materiais são estudados para inovar e diminuir os impactos ambientais, assim como a ideia da reciclagem e reutilização ganham força com o mesmo objetivo.

No contexto social, a construção sustentável se mostra eficaz e atinge os objetivos de conforto térmico e acústico nos empreendimentos, assim como os objetivos de design e planejamento, no entanto, é considerada inviável para classes mais pobres, pois possui alto valor de investimento inicial.

No contexto ambiental, a construção sustentável é necessária como visto, ela é capaz de reduzir entulhos, reaproveitar e reutilizar materiais, assim como separá-los e reciclá-los de forma correta, economizar e aproveitar melhor os recursos naturais.

No contexto econômico, a construção sustentável possui um retorno de investimento um pouco grande, o que faz com que seja pouco utilizada se comparada com a construção convencional, no entanto, fornece ao empreendimento uma valorização econômica.

No estudo de caso sobre a viabilidade econômica do sistema de captação e reuso de água, pode-se observar que o tempo de retorno do investimento era muito alto, no entanto, o caso foi modelizado para uma casa residencial pequena e com poucos moradores. Para uma casa residencial maior e para uma classe social com maior poder econômico ela pode ser considerada pelas vantagens ambientais, pois neste caso a vantagem econômica não seria o principal objetivo.

No estudo de caso sobre a viabilidade econômica do sistema de painéis fotovoltaicos, pode-se observar que o tempo de retorno de investimento é viável para uma casa

residencial pequena, no entanto, novamente há a ressalva de que a modelização foi realizada em uma cidade com altos índices de irradiação solar.

Assim nota-se que os sistemas e técnicas de energias renováveis e reuso de águas pluviais devem ser estudados juntos com os locais a serem implantados, pois como visto, a incidência de recursos e fontes naturais variam de região a região.

No Brasil, a construção sustentável ainda sofre com o preconceito e o medo de que esta não seja de qualidade ou eficaz como a convencional, cabe aos novos engenheiros demonstrar e sugerir estes materiais e técnicas como forma de propagar a ideia e de retirar as incertezas, para que a construção sustentável possa crescer.

Por fim, diante de tudo, pode-se concluir que a sustentabilidade é importante e necessária para o futuro ambiental, visando não só a preservação ambiental, mas também a preservação da vida humana sobre a Terra, buscando harmonia na vivência com a natureza e estudando novas formas de preservar e utilizar recursos naturais, para se alcançar o equilíbrio ecológico e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
- BARROS, B. R. **Permacultura e desenvolvimento urbano**: diretrizes e ações para a sustentabilidade socioambiental em loteamentos de interesse social. 2008. 204p. Tese (Mestrado em dinâmicas do espaço habitado) – Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Alagoas, Maceió, 2008.
- BARROS, B. R.; DE SOUZA, F. A. M. **Tecnologia construtiva em bambu**: uma abordagem conceitual. In: II congresso Brasileiro e I Ibero-americano Habitação social – Ciência e tecnologia – CTHAB 2006, 2006. Florianópolis.
- BENNET, P. **Indicadores de sustentabilidade em habitação popular**: construção e validação de um instrumento de medição de realidade local de comunidades de baixa renda. 2004. 178p. Dissertação (Mestrado profissionalizante em engenharia) - Programa de pós-graduação em engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BRASIL. Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução CONAMA**. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/18018FE8/PropResol_EMENDAS_2oGT.pdf > Acesso em: 10 out. 2017.
- CIDADE DE MASDAR. **Designs sustentáveis na cidade de Masdar**. Disponível em: < <http://www.masdar.ae/> > Acesso em: 17 ago. 2017.
- CIDADE DE MASDAR. **Características sustentáveis da cidade de Masdar**. Disponível em: < <https://www.basf.com/br/pt/we-create-chemistry/creating-chemistry-magazine/resources-environment-and-climate/masdar-city-eco-city-on-the-persian-gulf.html> > Acesso em: 23 ago. 2017.
- CIDADE FLORESTA NA CHINA. **Características sustentáveis da cidade floresta na China**. Disponível em: < <http://casavogue.globo.com/Arquitetura/Cidade/noticia/2017/06/china-constroi-primeira-cidade-100-sustentavel-do-mundo.html> > Acesso em: 17 ago. 2017.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix. 2001. 256p.
- CASA VOGUE. **Ilustrações da cidade floresta**. Disponível em: < <http://casavogue.globo.com/Arquitetura/Cidade/noticia/2017/06/china-constroi-primeira-cidade-100-sustentavel-do-mundo.html> > Acesso em: 17 ago. 2017.
- CEPAGRI METEOROLOGIA UNICAMP. **Informações sobre o clima da cidade de São José dos Campos**. Disponível em: < http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_560.html > Acesso em: 16 out. 2017.
- COBBERT, J.; COBBERT, M. **Designing sustainable communities**: learning from village homes. California: Island Press, 2000. 235p.
- CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Características da sustentabilidade aplicada na construção sustentável**. Disponível em: < <https://revistadasustentabilidade.wordpress.com/2015/06/30/o-conceito-de-construcao-sustentavel-dentro-da-engenharia-civil/> > Acesso em: 17 set. 2017.
- COPEL. **Simulador de consumo de energia elétrica**. Disponível em: < <http://www.copel.com/hpcopel/simulador/> > Acesso em: 23 out. 2017.
- CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização em construção civil) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009.
- CORREIA, S. C. M. **Uma aproximação da permacultura ao design**. 2011. 387 f. Dissertação (Mestrado em design do produto) – Faculdade de arquitectura da universidade técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

CRUZ, S.; OSENTOWSKI, J. **What is permaculture?** Colorado: USDA Western Region SARE/ACE Program, 2004. 6p.

DINAMICA AMBIENTAL. **Figura representativa do wood frame.** Disponível em: < <http://www.dinamicambiental.com.br/blog/sustentabilidade/voce-wood-frame/> > Acesso em: 02 set. 2017.

EARTHAVEN. **Figuras de designs sustentáveis aplicados na ecovila.** Disponível em: < <http://www.earthaven.org/ecological-living/> > Acesso em: 12 abr. 2017.

ECO MONTES. **Ilustração de sistema de captação de água da chuva.** Disponível em: < <http://ecomontes.com.br/cresce-procura-por-sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva/> > Acesso em: 14 jul. 2017.

ECOVILAS. **Imagens de ecovilas no Brasil.** Disponível em: < <http://nomadesdigitais.com/10-ecovilas-brasileiras-para-conhecer-em-cada-regiao-do-pais/> > Acesso em: 15 maio 2017.

ECOVILAS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. **Imagens de ecovilas no Brasil.** Disponível em: < <http://nomadesdigitais.com/10-eco-vilas-e-comunidades-pra-conhecer-antes-de-morrer/> > Acesso em: 27 jul. 2017.

ECOVILAS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL. **Ecovilas e comunidades sustentáveis brasileiras.** Disponível em: < <http://www.ecovilasbrasil.com.br/as-10-ecovilas-e-comunidades-visitadas-pelo-ecovilas-brasil/#more-80> > Acesso em: 28 jul. 2017.

ESPAÇO SMART. **Imagem ilustrativa do sistema smart frame.** Disponível em: < <http://www.espacosmart.com.br/kit-smart-frame/> > Acesso em: 15 out. 2017.

FRANCIS, M. **Village Homes:** a case study in Community Design. Landscape Journal, Wisconsin, n21, 2002, 42p.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável.** São Paulo: FURB/ ANNABLUME/ FAPESP 2000. 296p.

FURUKAWA, F. M. / CARVALHO, B. B. **Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis:** estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo. 2011. 109f. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

GBCBRASIL. **Informações sobre o selo LEED.** Disponível em: < <http://www.gbcbrazil.org.br> > Acesso em: 23 out. 2017.

GUIA DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS. **Guia com materiais e imagens de materiais sustentáveis.** Disponível em: < <http://sustentarqui.com.br/> > Acesso em: 10 out. 2017.

GREENEDGE PROJECTS. **BedZED London.** 2004.

GREENEDGE PROJECTS. **Village Homes.** 2005.

GUÉGAN, S.; LÉGER, F. **Etude Maraîchage biologique permaculture et performance économique.** 2015. Disponível em: < <http://www.fermedubec.com/ferme.aspx> > Acesso em: 12 out. 2017.

HOLMGREN, D. **Essence of permaculture.** Australia: Holmgren design services, 2004. 20p.

HOLMGREN, D. **Os fundamentos da permacultura.** Austrália: Holmgren design services, 2007. 27p.

HOTEL HARDMAN. **Imagem de telhado verde.** Disponível em: < <http://hotelhardman.com.br/turismoemjoapessoa/projeto-telhado-verde-e-aprovado-e-joao-pessoa-ficara-ainda-mais-verde/> > Acesso em: 05 ago. 2017.

JOTI. **Ilustração da utilização de vidro duplo.** Disponível em: < <https://www.joti.pt/produtos/vidro-duplo> > Acesso em: 29 ago. 2017.

KRONKA MULFARTH, R. C. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. 2002. 220f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LEFÈBVRE, H. **A revolução urbana**. Tradução: MARTINS, S. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002. 178p.

MOLISSON, B.; SLAY, R. **Introdução à permacultura**. Brasília: Taguari Publications, 1998. 204p.

MORROW, R. **Permacultura passo a passo**. Brasília: ecocentro IPEC. 2002. 155p.

PORTAL SOLAR. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. **Calculo de painéis fotovoltaicos**. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar> > Acesso em: 24 out. 2017.

RECICLOTECA. **Imagem de telhas sustentáveis**. Disponível em: < <http://www.recicloteca.org.br/reciclagem/telhas-ecologicas-e-sustentaveis/> > Acesso em: 20 out. 2017.

SANTANA, V. M. et al. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Disponível em: < www.inicepg.univap.br >. Acesso em: 15 out. 2017.

SELO CASA AZUL. **Informações sobre o Selo Casa Azul**. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx> > Acesso em: 23 out. 2017.

SOARES, A. L. J. **Conceitos básicos sobre permacultura**. Brasília: SDR-MA/PNUD. 1998. 56p. (Projetos novas fronteiras da cooperação para o desenvolvimento sustentável).

SOUSA, K. O. **A inserção da permacultura e a educação ambiental como instrumento para a redução de aterros sanitários e lixões**. 2009. 105f. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em direito) – Centro Universitário do Distrito Federal. Brasília. 2009.

SUSTENTARQUI. **Imagens de materiais sustentáveis**. Disponível em: < <http://sustentarqui.com.br/produtos/> > Acesso em: 09 set. 2017.

VILLAGE HOMES. **Informações sobre a ecovila Village Homes**. Disponível em: < <http://www.villagehomesdavis.org/> > Acesso em: 27 jul. 2017.