

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCUS VINICIUS VALE LIMA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS: um estudo de caso para residência de 80m² em São Luís-MA**

São Luís-MA

2019

MARCUS VINICIUS VALE LIMA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS: um estudo de caso para residência de 80m² em São Luís-MA**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano Lima Filho.

São Luís-MA

2019

Lima, Marcus Vinicius Vale.

Análise de viabilidade da implantação de tecnologias sustentáveis: um estudo de caso para residência de 80m² em São Luís-MA / Marcus Vinicius Vale Lima. – São Luís, 2019.

73 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano Lima Filho

1. Sustentabilidade. 2. Edificações. 3. Alternativo. I. Título.

CDU :-----


MARCUS VINICIUS VALE LIMA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS: um estudo de caso para residência de 80m² em São Luís-MA**

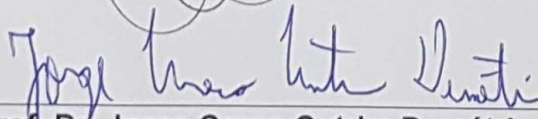
Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 02 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. João Aureliano Lima Filho (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Caio Cesar Pereira de Aguiar
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar meus passos, permitindo que tudo fosse possível, não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos de minha vida, é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, Hérlon e Iracema pelo amor, incentivo e apoio incondicional, que mesmo em meio a tanta correria do trabalho sempre achavam tempo para a família.

Ao meu irmão Hérlon Júnior, por todos os dias me suportando, me ajudando e me lembrando que a vida é muito mais importante do que um simples trabalho ou curso.

Ao meu falecido irmão João Carlos, que de onde estiver, sei que está a me guiar e me guardar.

Aos meus irmãos Rodrigo e Gabriel por todas as brincadeiras, momentos de alegria e todo apoio que alguém poderia ter.

As minhas avós, Euzamar, Gracinha e Raimundinha, mulheres de fé, batalhadoras, guerreiras, que mesmo com todas as dificuldades nunca permitiram se abater.

Ao meu falecido avô João Ivo, por ser o meu exemplo de pessoa, trabalhador, honesto e que sempre colocava a família em primeiro lugar.

Aos meus tios Jacqueline e Emanuel, que acompanharam de perto a minha formação, principalmente durante a faculdade, sempre me apoiando e acreditando em mim.

Ao meu padrinho Carlos Neto que sempre fora meu exemplo a ser seguido na vida acadêmica.

Aos meus demais tios e tias por todo amor, carinho, paciência e apoio que me deram sempre.

Gostaria de agradecer à minha principal companheira durante essa jornada, Natalia Rocha, minha namorada e parceira para todos os momentos, que dentro deste período de curso sempre me suportou, incentivou e me fez desejar ser um homem melhor a cada dia.

A minha segunda família, Ana Lúcia, Olavio e Stalys por me acolherem, pelo apoio e aconselhamentos.

Agradeço também a família que eu tive o prazer de escolher, meus amigos, em especial Ana Beatriz, Caio Antônio, Gilberto Mourão, Nicolas Mota e Mateus Braga, por todas as noites mal dormidas, fazendo trabalho, as preocupações acadêmicas e do dia a dia. Sem eles não conseguiria ter chegado a este momento tão importante.

Gostaria de agradecer ao meu orientador João Aureliano, que mais do que um orientador é um amigo, que sempre me aconselhou e me apoiou durante essa jornada.

As empresas Brasil Construções Ltda e Mendes Solar Engenharia e Energia, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

*“O amor é a fundamental e originária
vocação do ser humano.”*

João Paulo II

RESUMO

Sendo a construção civil responsável pela utilização de grande parte dos recursos naturais, é necessário que se estabeleçam métodos construtivos mais sustentáveis, de forma a amenizar o impacto ambiental deste setor. Por isso este trabalho surge com o intuito de demonstrar a viabilidade de alguns métodos construtivos que visam diminuir o impacto ambiental da construção. Ele desenvolve uma análise de viabilidade de sistemas sustentáveis de construção em uma residência modelo de 80m² em São Luís, Maranhão. Nele foram analisados quatro métodos construtivos e foram realizadas uma análise de seus custos e tempo de retorno. Demonstrando assim que estes métodos já se encontram no alcance financeiro de grande parte da população e que a não utilização deles advém de uma falta de informação sobre o assunto.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Edificações. Custo.

ABSTRACT

As construction is responsible for the use of a large part of natural resources, it is necessary to establish more sustainable construction methods in order to soften the environmental impact of this sector. Therefore, this work aims to demonstrate the viability of a few construction methods that aim to reduce the environmental impact of construction. It develops a feasibility analysis of sustainable building systems in an 80m² model residence in São Luís, Maranhão. In it were analyzed four construction methods and were performed an analysis of their costs and return. Thus, demonstrating that these methods are already within the financial reach of most of the population and that their non-use comes from a lack of information on the subject.

Keywords: Sustainable. Buildings. Cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sete Elementos da Ecoeficiência.....	23
Figura 2 - Cadeia Produtiva da Construção Civil de Obras de Edificações.	24
Figura 3 - Inventário de Ciclo de vida de uma Construção.....	25
Figura 4 - Desenvolvimento Sustentável.....	26
Figura 5 - Mapa da Insolação Diária, Média Anual.	36
Figura 6 - Sistema Solar de Aquecimento de água.	37
Figura 7 - Aquecedor Solar de Baixo Custo.....	38
Figura 8 - Placas Fotovoltaicas no Telhado de uma Residência.	40
Figura 9 - Diferença de vazão entre torneiras com arejador e convencional.....	42
Figura 10 - Exemplo de Instalação de Sistema de Captação de Água de Chuva.	43
Figura 11 - Esquema de Reúso de Água Cinza.....	43
Figura 12 - Exemplo de Funcionamento de Sistema de Reúso de Água Cinza com Reservatório Comum ao Edifício.	47
Figura 13 - Exemplo de Sistema de Reúso de Água Cinza Individual.	47
Figura 14 - Layout da Residência de 80m².	49
Figura 15 - Projeto Elétrico.....	50
Figura 16 - Sistema de Captação de Água de Chuva Tecnotri.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de estimativa de consumo diário de energia.	51
Tabela 2 - Orçamento do Sistema de Aquecedor Solar.	54
Tabela 3 - Orçamento do Sistema de Reaproveitamento de Água Cinza.	57
Tabela 4 - Orçamento do Sistema de Captação de Água Pluvial.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conferências Internacionais sobre o Meio Ambiente.	17
Quadro 2 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul.	27
Quadro 3 - Critérios Selo Azul de Qualidade Urbana.	28
Quadro 4 - Critérios Selo Azul de Projeto e Conforto.	28
Quadro 5 - Critérios Selo Azul de Eficiência Energética.	29
Quadro 6 - Critérios Selo Azul de Conservação de Recursos Naturais.	29
Quadro 7 - Critérios Selo Azul de Gestão de Água.	30
Quadro 8 - Critérios Selo Azul de Práticas Sociais.	30
Quadro 9 - Benefícios da certificação LEED.	31
Quadro 10 - Níveis da Certificação LEED.	33
Quadro 11 - Circuitos da Residência de 80m².	50
Quadro 12 - Sistema Indicado para Energia Solar.	52
Quadro 13 - Orçamento Sistema de Energia Solar.	52
Quadro 14 - Tarifa de Energia Elétrica da Cemar.	54
Quadro 15 - Consumo Predial Diário.	56
Quadro 16 - Evolução da Tarifa da Caema.	58

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ASBC	Aquecedor Solar de Baixo Custo
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CEF	Caixa Econômica Federal
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EUA	Estados Unidos da América.
GBC Brasil	Green Building Council Brasil
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
ONGs	Organização não Governamental
PIS	Programa de Integração Social
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMMAM	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
STJ	Superior Tribunal de Justiça
UNCSD	United Nations Conference on Sustainable Development
USGBC	United States Green Building Council.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral.....	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
2	SUSTENTABILIDADE.....	16
2.1	HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE	16
2.2	SUSTENTABILIDADE E ECOEFICIÊNCIA.....	21
2.3	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
2.4	PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NO BRASIL.....	26
2.4.1	Selo Casa Azul	26
2.4.2	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	30
2.5	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	33
3	SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR.....	36
3.1	SISTEMA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA COM ENERGIA SOLAR.....	36
3.2	AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO – ASBC	37
3.3	SISTEMA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	38
3.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	40
4	SISTEMAS DE ECONOMIA HÍDRICA	42
4.1	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	44
4.2	SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZA	45
5	ESTUDO DE CASO.....	49
5.1	SISTEMA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	49
5.2	SISTEMA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA COM ENERGIA SOLAR.....	52
5.3	SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZA	55
5.4	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	59
6	CONCLUSÃO.....	62

REFERÊNCIAS.....	64
ANEXO A	69

1 INTRODUÇÃO

Nas décadas de 1960 e 1970, acentuam-se os pensamentos sobre os danos causados ao meio ambiente, gerando as primeiras tentativas de uma consciência ecológica com uma postura mais ativa. Ao longo do tempo, o tema começa a se tornar uma busca global e não apenas tema de alguns grupos que levantaram a bandeira sobre esse assunto. Fatos como o lançamento de "A Primavera Silenciosa" (1962), de Rachel Carson, marcam a inovação do alerta sobre o uso indiscriminado de agrotóxicos e se torna um dos primeiros best-sellers sobre a questão ambiental, num contexto de primeiros debates sobre a luta ecológica.

Como já mencionado, nesse clima, a ONU começa a fomentar o debate, e temos aí, ao menos de maneira formal, a primeira aparição do conceito de desenvolvimento sustentável, seguida pela ECO 92 e suas 21 proposições. Mas não é só a ONU a arena desse debate: nos meios rural e urbano, no campo educacional, nas universidades, escolas, ONGs e nas diversas esferas de governo e gestão, a discussão corre progressivamente e se desenvolve em muitos espaços, ou seja, ideias e atitudes de todos podem ser fundamentais nessa empreitada (ONU, 2019).

A palavra sustentabilidade está muito presente no dia-dia das pessoas. Segundo o Dicionário Dicio (2019, p. 1), o conceito de sustentabilidade é "relacionado com aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais, que é a busca de suprir as necessidades do presente sem afetar as gerações futuras".

A conscientização e a conseqüente adoção de ações ecológicas propiciarão, a médio e longo prazo, a garantia de um planeta com boas condições para a existência e o desenvolvimento das mais diversas formas de vida, inclusive da vida humana. E por causa disso, há um aumento da procura de boas práticas na construção civil para reduzir os impactos ambientais, desde a troca por materiais sustentáveis, como também a aplicação de novas técnicas.

É necessário, porém, que essas mudanças estejam ao alcance de todas as pessoas do globo. E para que estes processos estejam ao alcance de todos estão sendo feitas um número cada vez maior de pesquisa e investimentos na área com o intuito de baratear os custos de produção. Algumas dessas tecnologias já possuem um custo acessível, mas não possuem uma prática muito difundida, enquanto outros são conhecidos, mas ainda não possuem um preço acessível a maioria da população.

Neste trabalho serão abordadas algumas metodologias construtivas, com foco em alternativas sustentáveis para fontes de energia, de captação e reúso de água, de forma a avaliar o custo-benefício deles.

Dentro das fontes de energia sustentáveis serão trabalhadas a energia solar como fonte de aquecimento de água e como fonte de energia elétrica. Já no quesito de gestão hídrica, será abordado tanto sistemas de captação de água de chuva, como de reaproveitamento de água. Sempre fazendo uma análise de viabilidade destes sistemas dentro do preço global do projeto de uma residência de 80m² localizada em São Luís, Maranhão

1.1 Justificativa

É necessário que se faça uma análise sobre estes métodos de construção sustentáveis. Portanto este trabalho surge como uma forma de contribuir com o estudo sobre métodos sustentáveis de construir, visando sempre uma análise de viabilidade dentro deste processo, de forma a demonstrar se é possível e viável, com a tecnologia existente, a utilização destes métodos para uso em residências unifamiliares de 80m².

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Fazer uma análise de viabilidade dos métodos de construção sustentáveis em residências de baixa renda.

1.2.2 Objetivos específicos

- Demonstrar a importância das construções sustentáveis;
- Fazer uma análise comparativa entre os métodos de construções sustentáveis;
- Procurar meios de universalizar os métodos de construção sustentáveis.

2 SUSTENTABILIDADE

2.1 Histórico da sustentabilidade

A partir da revolução industrial em meados do século XVIII, inicia-se um conjunto de mudanças na forma de produzir, aumentando substancialmente a velocidade de produção. Somando este aumento de produção ao processo de êxodo rural e de crescimento populacional cria-se uma necessidade maior no consumo de matéria prima.

Esta forma desenfreada de consumo, iniciou um processo de degradação do meio ambiente, criando-se a necessidade de se iniciar o debate sobre as consequências que esta degradação pode trazer para os seres vivos. A partir deste debate surgem em alguns países processos de conscientização da causa ambiental e processos de preservação e recuperação do meio ambiente.

Um marco para esses processos de conscientização é a publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson (1962), que discorre sobre o uso abusivo de pesticidas nos EUA e evidencia a deterioração do meio ambiente dentro do modelo atual que traz uma necessidade de produzir cada vez mais.

A ideia de sustentabilidade surge em um campo multidisciplinar focado nos destinos do planeta e do meio ambiente (LENZI, 2006). O tema vem repercutindo cada vez mais dentro da sociedade, ganhando espaços para o debate não somente no meio acadêmico, como também no dia a dia das pessoas, que se vêm cada vez mais preocupadas com a devastação da natureza.

Com o tema ganhando proporções cada vez maiores é preciso uma análise cada vez mais criteriosa sobre o mesmo. Para Beck (2010), os problemas ambientais somente podem ser solucionados de forma razoável em negociações internacionais, a partir de acordos e conferências que atravessem fronteiras.

A partir dessa análise, faz-se necessário um estudo das conferências internacionais sobre o tema, como forma de nortear as ações a serem seguidas, para que se possa avançar rumo a um desenvolvimento sustentável (Quadro 1).

Quadro 1 - Conferências Internacionais sobre o Meio Ambiente.

Denominação	Clube de Roma	Conferência de Estocolmo	Rio 92	Rio + 10	Rio + 20
Ano	1968	1972	1992	2002	2012
País	Itália	Suécia	Brasil	África do Sul	Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Em 1968 o economista e empresário Aurélio Peccei reúne um grupo de 30 pesquisadores, de vários países e diversas áreas de pesquisa, como Economia, Sociologia, Engenharia entre outras, a fim de discutir as questões políticas, econômicas e ambientais, surgindo a partir daí o Clube de Roma (MOTA *et al.*, 2008).

A partir das pesquisas realizadas pelo Clube de Roma, percebe-se uma interação complexa entre os aspectos econômicos, políticos, naturais e sociais, tornando necessário um estudo multidisciplinar sobre estes temas, ao invés de um estudo isolado, surgindo em 1972 um relatório que sintetizava esses estudos, que recebeu o nome de Limites para o Crescimento. Este relatório, porém, demonstra mais uma preocupação com a manutenção do crescimento econômico e populacional, do que com a escassez de recursos naturais ou a degradação ambiental, colocando estes fatores ambientais como fatores que limitam em termos absolutos esse crescimento (PIGA; MANSANO, 2015).

Pode-se dizer que o Clube de Roma forneceu teor científico suficiente para apontar as contradições do capitalismo naquele momento e, surpreendentemente, foi elaborado por alguns dos profissionais que mais se beneficiavam desse sistema. O Relatório do Clube de Roma (ou Relatório Meadows devido à participação dos cientistas Meadows) encontrou dificuldades para mensurar precisamente os impactos ambientais futuros do avanço capitalista, mas alertou o mundo sobre a insustentabilidade do crescimento econômico acelerado (PIGA; MANSANO, 2015, p. 180).

O relatório Limites para o Crescimento serve como um catalisador das discussões acerca da sustentabilidade, norteando a partir dele novos documentos e debates que futuramente serviriam como base para termos como o desenvolvimento sustentável e pela busca de uma sociedade que seja ambientalmente sustentável.

Em 1972 foi realizada, em Estocolmo na Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. Ela representou a ascensão do movimento ambiental que vinha se organizando desde os anos 60 (PIGA; MANSANO, 2015).

A Conferência de Estocolmo, teve a participação de 113 países e de 19 agências governamentais, além de universitários, representantes de agremiações e cientistas. Sendo muito importante na legitimação dos assuntos ambientais.

Estocolmo ajudou a fortalecer os grupos ambientalistas e ampliar o seu papel político, como também a promover o desenvolvimento de políticas ambientais nacionais para posteriormente serem disseminadas e implementadas em níveis que atendessem à hierarquia governamental de cada nação: seja nas esferas nacional, estadual e/ou municipal. Esta conferência colaborou para fortalecer também o reconhecimento da importância de agências ambientais nacionais dos países participantes (PIGA; MANSANO, 2015, p.181).

A Conferência serviu como forma de estabelecer bases e recomendações para a criação de políticas públicas com enfoque no desenvolvimento e no uso sustentável de recursos. Por meio de um documento que ficou conhecido como Declaração de Estocolmo, onde ficam estabelecidos 26 princípios, além disso também fica estipulado a adoção de um plano de ação de 109 recomendações. Por fim, fora criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), focado na proteção do meio ambiente e em promover um desenvolvimento mais sustentável.

Da Declaração de Estocolmo é importante ressaltar, para este trabalho três princípios dentre os 26.

O décimo quinto princípio, onde fala da importância do planejamento de assentamentos humanos e a preocupação para que o processo de urbanização não prejudique o meio ambiente, mas também levando o máximo de benefício a população, tanto social, econômico e ambiental.

Já o décimo oitavo princípio fala que é fundamental o uso da tecnologia para descobrir, evitar e combater os riscos que ameaçam o meio ambiente.

Por fim, o vigésimo princípio fala que todos os países, especialmente os em desenvolvimento tem que focar na pesquisa e no desenvolvimento científico referente aos problemas ambientais.

Em 1987, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que foi presidida pela médica Gro Harlem Brundtland. Novamente com o objetivo de discutir sobre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico (ONU, 2019).

Em 1987, essa comissão publicou o relatório denominado como Nosso Futuro Comum, onde foi difundido o conceito de desenvolvimento sustentável, que passou a nortear as ações das organizações públicas e privadas. O desenvolvimento sustentável foi entendido pela comissão como o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades” (MOTA *et al.*, 2008, p. 13).

O relatório reconheceu que para buscar soluções para o desenvolvimento sustentável seria imprescindível: tomar consciência do fato de que os problemas sociais e ambientais são interconectados; reconhecer que perturbações ambientais não são restritas a propriedades particulares ou a limites geográficos; que catástrofes experimentadas em uma determinada região do mundo, conseqüentemente, afetam o bem-estar de pessoas em todas as localidades, e que apenas sobre abordagens sustentáveis do desenvolvimento, poderá se proteger o frágil ecossistema do planeta e promover o desenvolvimento da humanidade (MOTA *et al.*, 2008, p.13).

No ano de 1992 foi organizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no estado do Rio de Janeiro, mais conhecida como Rio-92.

Foi elaborada nesta conferência uma série de declarações acerca de assuntos como as mudanças climáticas e recomendações para que se estabilizassem as emissões de dióxido de carbono. Sendo o seu principal resultado a aprovação da Agenda 21, que é um plano de ação composto por quatro seções e 40 capítulos, que delimita objetivos e metas a serem alcançados (PIGA; MANSANO, 2015).

Agenda 21 trata de problemas globais importantes que devem receber atenção de diferentes agentes para sua implementação. Assim, ela deve ser desdobrada em diversas agendas, como agendas nacionais, locais e organizacionais (BARBIERI, 2009 apud PIGA; MANSANO, 2015, p. 182).

Também foi formulada a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Carta da Terra, composta por 27 princípios. Sendo que destes, os que mais se destacam, segundo Mota *et al.* (2008) são:

as responsabilidades comuns, porém diferenciadas, dos Estados; a manutenção de padrões sustentáveis de produção e consumo visando proteger o meio ambiente com o princípio da precaução; o incentivo para que as autoridades nacionais promovam a internalização dos custos ambientais no processo de formação dos preços dos produtos e o uso dos instrumentos econômicos de política ambiental, por meio da implementação do princípio do poluidor/pagador; e previsão do uso da avaliação do impacto ambiental (MOTA *et al.*, 2019, p. 14-15).

Desta forma tentou-se organizar medidas, deveres e princípios a serem colocados como a base para que se alcance um desenvolvimento sustentável, além de combater os danos ambientais causados.

Em 2002 fora reunida a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo, também conhecida como Rio+10 ou Conferência de Johannesburgo. Seu principal objetivo era avaliar os acordos e as propostas realizadas pela Rio-92, principalmente da Agenda 21, e delimitando os próximos passos para a implementação do que fora proposto nesta agenda (PIGA; MANSANO, 2015).

Runyan e Norderhaug (2002 apud MOTA *et al.* 2008 p. 16), discorrem que mesmo que a conferência não trouxesse nenhum resultado específico ou que conduzisse a novos tratados, foram firmados compromissos importantes em 5 áreas: água e saneamento, energia, saúde e ambiente, agricultura e gerência da biodiversidade e do ecossistema.

Ficou estipulado na conferência que se deve aumentar o acesso das pessoas ao saneamento e água potável. Também de aumentar o acesso a fontes de energia renováveis e a eficiência energética. Já na área de saúde e ambiente fica definido que se deve buscar melhorar os serviços básicos de saúde e diminuir as agressões ao meio ambiente. Na agricultura, ficou determinado que sejam feitos investimentos em programas de agricultura sustentável nos países desenvolvidos. E por fim também fora determinado uma redução da perda de biodiversidade e reversão na tendência de degradação de recursos naturais (PIGA; MANSANO, 2015).

Portanto na Rio+10, foram discutidas as metas da Rio-92, buscando debater o que fora feito e que ainda precisa ser feito para alcançá-las. Além disso vários outros temas foram abordados de forma a tentar traçar uma rota para o desenvolvimento de tecnologias que ofereçam uma produção limpa e sustentável.

Em junho de 2012 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD), conhecida como Rio +20, contando com a participação de chefes de estado de 190 nações e pautada sobre dois debates principais, uma economia verde no âmbito de erradicação da pobreza e as características institucionais para um desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2019).

O maior objetivo desta conferência, no entanto seria a reafirmação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, para tanto foram debatidos as ações e resultados das nações que tomaram parte nos acordos e tratados de âmbito ambiental. Pela primeira vez também, foi levado formalmente o debate sobre

a chamada economia verde, cujo foco seria em atividades com baixa pegada de carbono, inclusão social e proteção e preservação da biodiversidade.

O relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) na época apontava que seria necessário o investimento de 2% do produto interno bruto global por ano em dez setores estratégicos, considerados pelo órgão como os que mais consomem recursos naturais e que mais poluem o meio ambiente, a fim de realizar uma transição para uma economia verde.

Os investimentos na área estariam ligados a um crescimento conjunto do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), somado a uma redução ou manutenção da atual “pegada ecológica” das nações acordadas. A pegada ecológica seria a quantidade de recursos naturais utilizados para uma determinada população. A pegada ecológica atualmente é um dos termos mais utilizados quando se trata da questão ambiental e tem sido utilizada como um indicador de sustentabilidade ambiental (GALLO *et al.*, 2012).

Quanto às políticas públicas debatidas na conferência, ficou evidente que estas deveriam ser diferentes em cada país, tendo em consideração suas próprias condições socioeconômicas e institucionais específicas, seus recursos naturais e seus maiores pontos de degradação ambiental. Em teoria, todos os países que realizassem esta transição para uma economia verde conseguiriam maiores ganhos econômicos através de características intrínsecas a este novo modelo, como otimização dos recursos, maior produtividade e um aumento no mercado criando novos empregos.

2.2 Sustentabilidade e ecoeficiência

Segundo o Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente do IBGE (2004), o termo sustentabilidade é associado a desenvolvimento sustentável e é a capacidade de um processo ou forma de apropriação de recursos continuar a existir por um longo período.

E como foi visto anteriormente o termo desenvolvimento sustentável, a partir do Relatório de Brundtland, é um tipo de desenvolvimento que satisfaz a geração atual sem comprometer as gerações futuras. Portanto é a capacidade de manter um desenvolvimento por um longo período de tempo, para isso é necessário a manutenção dos recursos naturais e o uso de fontes renováveis.

Para ser sustentável, uma empresa ou empreendimento tem que buscar, em todas as suas ações e decisões, em todos os seus processos e produtos,

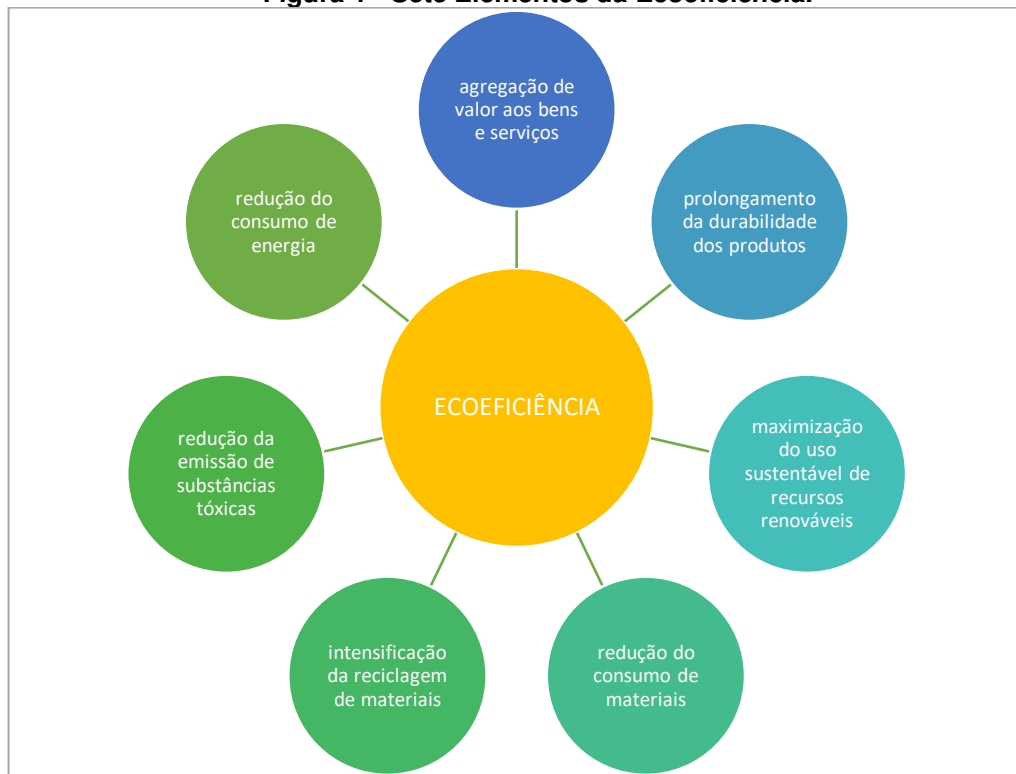
incessante e permanentemente, a ecoeficiência. Vale dizer, tem que produzir mais e melhor com menos: mais produtos de melhor qualidade, com menos poluição e menos uso dos recursos naturais. E tem que ser socialmente responsável: toda empresa está inserida num ambiente social, no qual influi e do qual recebe influência. Ignorar essa realidade é condenar-se a ser expulsa do jogo, mais cedo ou mais tarde (ALMEIDA, 2002, p.34).

Portanto, percebe-se que o desenvolvimento sustentável é um processo gradual, onde são feitas escolhas diárias que impactam diretamente o meio. A base para um desenvolvimento sustentável é um mercado aberto e competitivo onde os preços refletem o custo, incluindo o ambiental (ALMEIDA, 2002).

Segundo Elkington (1999), a sustentabilidade possui três pilares que se relacionam: a econômica, ambiental e social, que recebe o nome de tripé da sustentabilidade ou *triple bottom line*.

Ecoeficiência é segundo Almeida (2002), uma filosofia de gestão empresarial que incorpora a gestão ambiental e é alcançada através do fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas, reduzindo o impacto ambiental e o consumo de recursos, a um nível no mínimo equivalente à capacidade de sustentação da Terra. Ele também diz que ser ecoeficiente é combinar o desempenho econômico com o ambiental e elenca sete elementos para a ecoeficiência, que são: redução do consumo de materiais com bens e serviços; redução do consumo de energia com bens e serviços; redução da emissão de substâncias tóxicas; intensificação da reciclagem de materiais; maximização do uso sustentável de recursos renováveis; prolongamento da durabilidade dos produtos; e agregação de valor aos bens e serviços (Figura 1).

Figura 1 - Sete Elementos da Ecoeficiência.

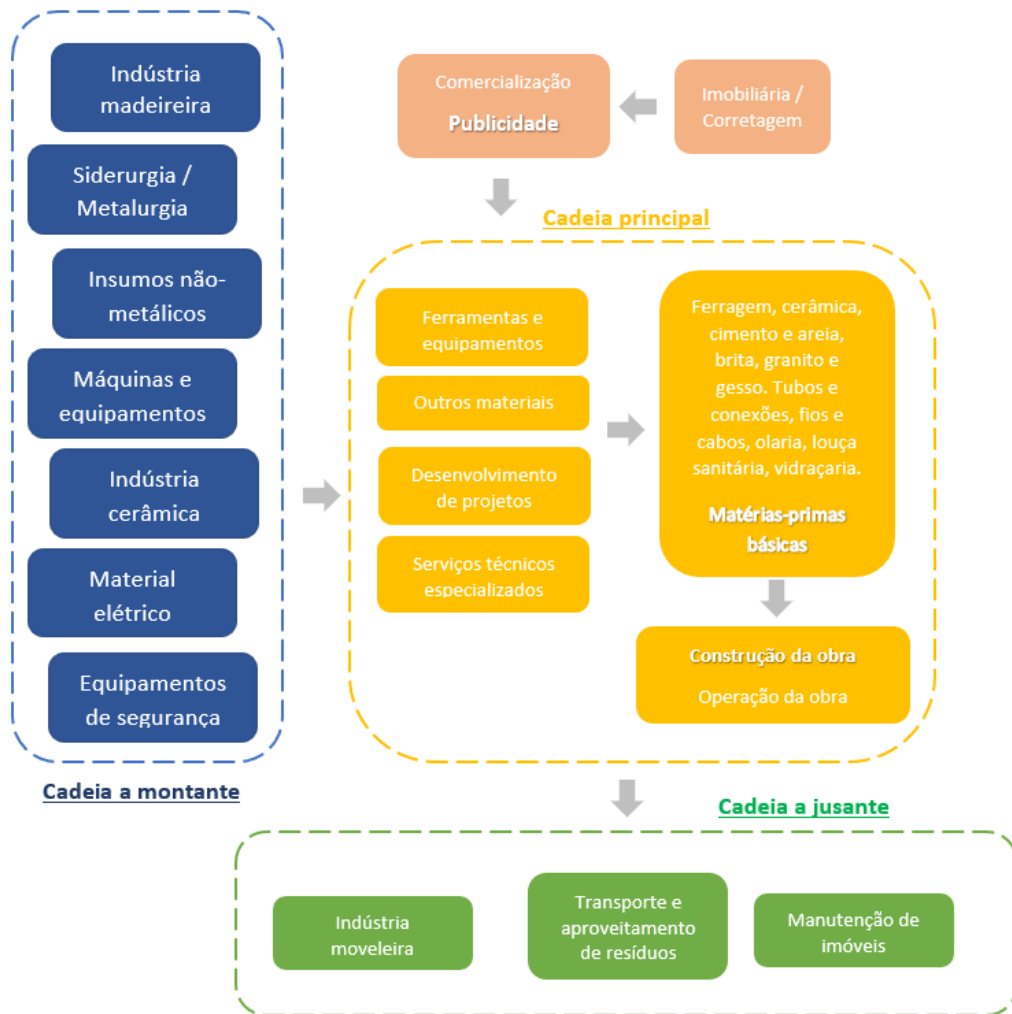


Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

2.3 Sustentabilidade na construção civil

A construção civil é um setor fundamental para a vida em sociedade. Porém, em números gerais, ela é responsável pelo consumo de boa parte dos recursos naturais. Segundo o guia Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial (CBCS, 2014) a construção civil mundial demanda 40% da energia e em média um terço dos recursos naturais, além disso é responsável por emitir um terço dos gases de efeito estufa, consumir 12% da água potável e produzir 40% dos resíduos sólidos urbanos. Por isso, há uma necessidade de se reduzir os impactos desse setor ao meio ambiente, procurando meios sustentáveis de construir ou pelo menos que retardem o processo de degradação ambiental (Figura 2).

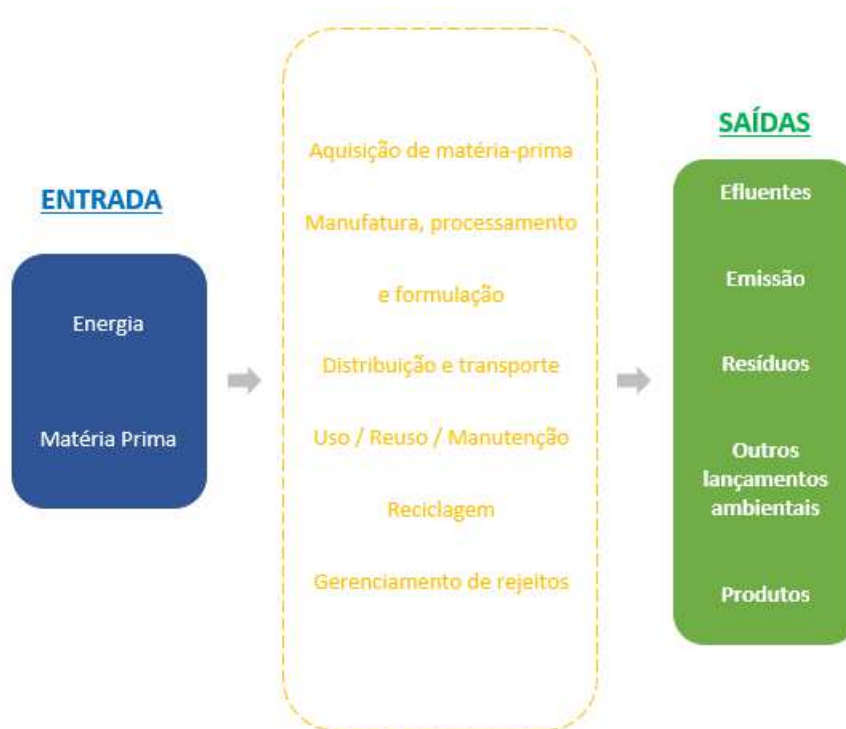
Figura 2 - Cadeia Produtiva da Construção Civil de Obras de Edificações.



Fonte: Adaptada de SEBRAE/Multivisão (2008).

Uma construção sustentável é aquela onde, dentro da cadeia produtiva do empreendimento, são aplicados os princípios do desenvolvimento sustentável. Isto inclui os processos desde a extração da matéria prima e do planejamento até a construção e/ou demolição, além do gerenciamento dos entulhos da obra. Reduzindo o consumo de matérias primas, de energia durante a obra e após a mesma, trabalhando pensando na cadeia de produção dos materiais (MEDEIROS; NARDI, 2011), conforme pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 - Inventário de Ciclo de vida de uma Construção.



Fonte: Adaptada de Fava *et al.* (1991 apud MEDEIROS; NARDI, 2011).

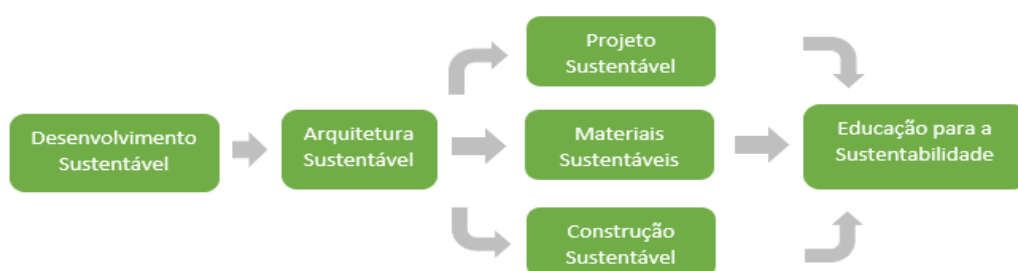
Medeiros e Nardi (2011) definem que os engenheiros e arquitetos devem tomar mais cuidados durante o projeto, para que sejam feitos projetos sustentáveis, elencando alguns pontos principais:

- a) Aplicar princípios ecológicos desde o início, para evitar o aumento de custos. Caso as tecnologias sustentáveis sejam acrescentadas posteriormente, o custo da edificação aumentará.
- b) Evitar especificidades funcionais, pois poderão tornar as edificações inerentemente inflexíveis.
- c) Priorizar iluminação e ventilação naturais, e, se possível, com pátios internos, evitando plantas muito profundas.
- d) Projetar visando à simplicidade operacional, uma vez que a simplicidade das instalações e dos sistemas construtivos permite sua atualização periódica e cria uma relação de respeito entre o usuário e o espaço habitado.
- e) Projetar visando à durabilidade, pois uma construção de baixa qualidade pode converter em um fardo no futuro. As edificações duráveis e de baixo custo de manutenção podem ter um custo inicial mais alto, porém, ao longo de sua vida útil, economizam energia e reduzem os resíduos, representando um investimento mais sólido.
- f) Para maximizar o uso de energias renováveis, a edificação deve ser orientada corretamente (com a fachada principal voltada para o equador); possuir uma inclinação adequada (de 30° a 40° na cobertura e de 60° a 70° na fachada) para instalação de painéis de aquecimento solar e ódulos fotovoltaicos; estar suficientemente afastada de outras construções, para permitir a incidência de iluminação solar (em especial durante o inverno, quando os raios solares incidem em ângulos inferiores); evitar obstáculos aos

fluxos de ar; e as coberturas devem ser projetadas para suportar geradores eólicos e acumuladores térmicos (boilers) (MEDEIROS; NARDI, 2011, p. 18).

Fica evidente então a importância do projeto a ser realizado, já pensando de uma maneira sustentável, pois buscar adaptações futuras pode render um custo ainda maior para a obra. Mantendo também uma qualidade na obra, pois uma das grandes vantagens na construção sustentável é o menor valor de manutenção do imóvel e dos custos operacionais como o de energia e de água, por exemplo (Figura 4).

Figura 4 - Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Adaptada de MEDEIROS; NARDI (2011).

2.4 Principais certificações ambientais no Brasil

As certificações ambientais são concedidas a empreendimentos após passarem por métodos de avaliação de desempenho, onde são comprovados os níveis de eficiência, em relação a sustentabilidade. Vários países possuem metodologias e certificados diversos para que seja feita essa avaliação ambiental (ASBEA, 2012).

Serão abordados neste trabalho, três dos principais certificados utilizados no território nacional, que são o Selo Casa Azul, a certificação LEED e o processo AQUA.

2.4.1 Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul CAIXA é um instrumento utilizado para fazer uma classificação socioambiental de empreendimentos habitacionais, buscando valorizar aqueles que adotarem soluções mais eficientes de construção, relacionadas ao uso racional de recursos naturais, à melhoria na qualidade da habitação e em seu entorno. O Selo pode ser aplicado a todos os projetos habitacionais apresentados à CAIXA para o financiamento ou nos programas de repasse (CEF, 2010).

O Selo foi lançado em 2010, com o intuito de incentivar a produção de empreendimentos imobiliários sustentáveis. Ele é concedido após uma análise criteriosa de viabilidade técnica e dos critérios estabelecidos pelo instrumento, para classificação da construção.

Existem 53 critérios que servem para nortear o projeto do empreendimento e três níveis de gradação: o bronze, que o projeto precisa obedecer os 19 critérios obrigatórios; o prata, que precisa obedecer, além dos critérios obrigatórios, mais seis critérios a sua escolha; e o ouro, que além dos obrigatórios, precisa obedecer mais doze critérios de livre escolha (Quadro 2).

Quadro 2 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul.

Gradação	Atendimento Mínimo
Bronze	19 Critérios obrigatórios
Prata	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
Ouro	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

A CEF (2010) divide esses 53 critérios em seis categorias, sendo que cada categoria engloba diversos critérios, os quais são:

- a) Qualidade Urbana;
- b) Projeto e Conforto;
- c) Eficiência Energética;
- d) Conservação de Recursos Naturais;
- e) Gestão de Água;
- f) Práticas Sociais.

Os 53 critérios, dentro de suas respectivas categorias, que servem de base para obtenção do Selo Casa Azul serão demonstrados nos quadros a seguir.

A categoria um, de qualidade urbana, apresentada no quadro 3, trata da importância do meio ao qual está inserido o empreendimento. Demonstrando a importância da interação entre o meio ao qual a construção está, se será possível fazer substituições como andar de bicicleta ou transporte público ao invés de usar um carro particular, por exemplo.

Quadro 3 - Critérios Selo Azul de Qualidade Urbana.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
QUALIDADE URBANA			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Qualidade do Entorno - Infraestrutura	obrigatório		
Qualidade do Entorno - Impactos	obrigatório		
Melhorias no Entorno			
Recuperação de Áreas Degradadas			
Reabilitação de Imóveis			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

Já a categoria dois trata dos projetos diretamente, ou seja, do conforto que o ambiente traz para o morador. É importante pois, aumenta o conforto térmico e a iluminação natural, por exemplo, impactando diretamente no consumo elétrico do empreendimento. Além de outras alternativas para contribuição de um modo de vida sustentável (Quadro 4).

Quadro 4 - Critérios Selo Azul de Projeto e Conforto.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
PROJETO E CONFORTO			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Paisagismo	obrigatório		
Flexibilidade de Projeto			
Relação Com a Vizinhança			
Solução Alternativa de Transporte			
Local Para Coleta Seletiva	obrigatório		
Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	obrigatório		
Desempenho Térmico – Vedações	obrigatório		
Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	obrigatório		
Iluminação Natural de Áreas Comuns			
Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			
Adequação as Condições Físicas do Terreno			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

O quadro 5 ilustra a categoria sobre a eficiência energética, ou seja, aparelhos e formas alternativas que influenciem diretamente no consumo energético da residência.

A categoria seis (Quadro 6) diferente das outras, é mais voltada para como é feita a construção, desde a escolha dos materiais até a gestão dos resíduos. E preza

principalmente pela escolha dos materiais e métodos construtivos que tenham um baixo impacto ambiental e um alto rendimento para a obra.

Quadro 5 - Critérios Selo Azul de Eficiência Energética.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	obrigatório		
Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	obrigatório		
Sistema de Aquecimento Solar			
Sistemas de Aquecimento à Gás			
Medição Individualizada – Gás	obrigatório		
Elevadores Eficientes			
Eletrodomésticos Eficientes			
Fontes Alternativas de Energia			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

Quadro 6 - Critérios Selo Azul de Conservação de Recursos Naturais.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Coordenação Modular			
Qualidade de Materiais e Componentes	Obrigatório		
Componentes Industrializados ou Pré-fabricados			
Formas e Escoras Reutilizáveis	Obrigatório		
Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Obrigatório		
Concreto com Dosagem Otimizada			
Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)			
Pavimentação com RCD			
Facilidade de Manutenção da Fachada			
Madeira Plantada ou Certificada			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

A quinta categoria é correspondente à gestão da água, portanto trata sobre métodos de economizar e de melhor aproveitar a água. Além de tratar de formas que permitem a manutenção desse recurso para o meio, como garantir áreas permeáveis para infiltração de água no solo (Quadro 7).

Quadro 7 - Critérios Selo Azul de Gestão de Água.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
GESTÃO DA ÁGUA			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Medição Individualizada – Água	Obrigatório		
Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	Obrigatório		
Dispositivos Economizadores – Arejadores			
Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão			
Aproveitamento de Águas Pluviais	obrigatório		
Retenção de Águas Pluviais			
Infiltração de Águas Pluviais			
Áreas Permeáveis			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

Já a última categoria de prática sociais (Quadro 8), trata sobre formas de conscientização e formas de inclusão da sociedade no projeto. É fundamental esse acesso da população, pois só com a união entre o empreendimento e a população que se consegue um resultado realmente sustentável.

Quadro 8 - Critérios Selo Azul de Práticas Sociais.

QUADRO RESUMO - CRITÉRIOS E CLASSIFICAÇÃO			
PRÁTICAS SOCIAIS			
CRITÉRIOS	BRONZE	PRATA	OURO
Educação para a Gestão de RDC	obrigatório		
Educação Ambiental dos Empregados	obrigatório		
Desenvolvimento Pessoal dos Empregados			
Capacitação Profissional dos Empregados			
Inclusão de trabalhadores locais			
Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto			
Orientação aos Moradores	obrigatório		
Educação Ambiental dos Moradores			
Capacitação para Gestão do Empreendimento			
Ações para Mitigação de Riscos Sociais			
Ações para a Geração de Emprego e Renda			

Fonte: Adaptada de CEF (2010).

2.4.2 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Esta é uma certificação que tenta incentivar e acelerar a adoção de práticas de uma construção sustentável. Ela avalia o edifício por inteiro desde o projeto até a

construção final e manutenção do mesmo. O LEED inclui todos os tipos de edifícios, a partir de formas diferentes de avaliação, podendo ser aplicado em qualquer etapa de seu ciclo de vida.

É feita uma avaliação de vários aspectos como questões de implantação, uso racional de água, eficiência energética, seleção dos materiais, qualidade ambiental interna, estratégias inovadoras e questões de prioridade regional. Portanto é uma certificação que incentiva que o construtor pense no empreendimento de uma forma diferente desde o seu início até o final da obra (GBC BRASIL, 2019).

Para obter a certificação LEED, é necessário cumprir as seguintes etapas, segundo a *Green Building Council Brasil* – GBC Brasil (2019):

- a) Registro do projeto junto ao USGBC via plataforma LEED Online;
- b) Coleta de informações pelo time de projetos;
- c) Submissão: Quando todo o material tiver sido reunido e a equipe estiver pronta para a revisão, o administrador do projeto deve submeter a documentação;
- d) Análise da documentação;
- e) Certificação.

A GBC Brasil (2019) elenca os principais benefícios da certificação, dividindo-os em três tipos de benefícios: econômicos, sociais e ambientais. Exemplos de benefícios serão vistos no quadro 9 a seguir:

Quadro 9 - Benefícios da certificação LEED.

BENEFÍCIOS DA CERTIFICAÇÃO LEED		
ECONÔMICOS	SOCIAIS	AMBIENTAIS
Diminuição dos custos operacionais	Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes	Uso racional e redução da extração dos recursos naturais
Diminuição dos riscos regulatórios	Inclusão social e aumento do senso de comunidade	Redução do consumo de água e energia
Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento	Capacitação profissional	Implantação consciente e ordenada
Aumento na velocidade de ocupação	Conscientização de trabalhadores e usuários	Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas

(Continuação)

BENEFÍCIOS DA CERTIFICAÇÃO LEED		
ECONÔMICOS	SOCIAIS	AMBIENTAIS
Aumento da retenção	Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em Comércios).	Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental
Modernização e menor obsolescência da edificação	Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais	Redução, tratamento e reúso dos resíduos da construção e operação.
	Aumento da satisfação e bem estar dos usuários	
	Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável	

Fonte: Adaptada de GBC Brasil (2019).

A avaliação do LEED, segundo a GBC Brasil (2019) é feita a partir de alguns critérios básicos:

- a) Projeto Integrado;
- b) Localização e Transporte;
- c) Implantação;
- d) Eficiência do uso da água;
- e) Energia e Atmosfera;
- f) Materiais e Recursos;
- g) Qualidade Ambiental Interna;
- h) Inovação;
- i) Créditos Regionais.

Dentre estes há critérios que são divididos entre pré-requisitos e créditos. Sendo os pré-requisitos obrigatórios para qualquer empreendimento que queira obter o certificado, além disso é necessário somar no mínimo 40 pontos a partir dos créditos.

Quanto mais créditos, maior será a categoria a qual o empreendimento irá se enquadrar (Quadro 10).

Quadro 10 - Níveis da Certificação LEED.

Nível	Pontuação Necessária
Certificado	40 – 49
Prata	50 – 59
Ouro	60 – 79
Platina	80 – 110

Fonte: Adaptada de GBC Brasil (2019).

2.5 Legislação ambiental

Com a criação de regulações e políticas públicas com espaços de ação globais, surge a necessidade de um alinhamento entre estas políticas e os códigos legais brasileiros a fim de garantir o desenvolvimento sustentável, caminhando para uma economia verde de alcance nacional.

Em 1934 é sancionado o código florestal, impondo a partir de então limites ao uso individual destes e os reconhecendo como bens de interesse comum a todos os habitantes do país. Somente em 1965 este receberia seu primeiro adendo, ampliando seu papel para a conservação da flora. Considerado inovador, estabeleceu pela primeira vez na história do país a proteção das áreas de preservação permanente, mas somente em 1967 a lei torna função do estado legislar sobre jazidas, florestas, caça, pesca e águas, cabendo aos Estados a responsabilidade de zelar pelas áreas florestais (STJ, 2010).

É somente em 1975 que começam a ser aplicadas medidas para controle da poluição causada pelo ramo industrial, fazendo com que as empresas poluidoras se tornassem responsáveis por corrigir e prevenir danos ambientais. Em 1981 foi instituído o Programa Nacional de Meio Ambiente que buscava através da Lei nº 6.938 ajudar a implementar uma economia verde, impor punições a quem for responsabilizado por questões ambientais, e difundir dados e ideais de conscientização e preservação do meio ambiente. Essa mesma lei também instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) que buscava a articulação em conjunto dos âmbitos Municipais, Estaduais e Federais para a gestão da questão ambiental no Brasil (STJ, 2010).

Com a constituição de 1988 é definido pela primeira vez um capítulo inteiro ao meio ambiente, impondo nesse ao poder público e ao coletivo a necessidade de resguardar o meio ambiente para as gerações futuras. Em 1997 é criado através da Política Nacional de Recursos Hídricos o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tornando a água pela primeira vez em um bem de domínio público, com valor econômico e uso limitado afim de garantir o uso do mesmo para as gerações futuras (BRASIL, 1988).

Em 12 de fevereiro de 1998 é instaurada a Lei dos Crimes Ambientais que determina uma punição mais severa para qualquer tipo de ação com efeito negativo ao meio ambiente. Nos anos 2000 é regulamentada através da Lei n 9.885, o artigo 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), o qual se encarregou da criação e controle das normas para designar Unidades de Conservação e promover o desenvolvimento sustentável. Este é formado por 12 categorias de unidade de conservação, estaduais, federais e municipais, como maior exemplo podemos utilizar os Parques, que são constituídos de áreas de proteção aos ecossistemas, áreas de proteção ambiental, entre outras (BRASIL, 1998).

Em julho de 2001 são regulamentados os art. 182 e 183 da Constituição Federal e entrega ao Estatuto da Cidade a responsabilidade de criar critérios de regulamentação para os usos de propriedades urbanas, beneficiando a população, garantindo assim o direito às cidades sustentáveis. A estabilização de diretrizes nacionais para o saneamento básico data do início de 2007, determinando o acesso ao saneamento básico, abastecimento de água, esgotamento sanitário, infraestrutura, limpeza urbana, drenagem, condições de saúde pública, eficiência e sustentabilidade econômica (BRASIL, 2007).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010 gere o descarte apropriado de resíduos sólidos, de modo consciente, promovendo saúde pública e qualidade do meio ambiente. Suas principais ações se baseiam em planos de resíduos sólidos, coleta seletiva, criação de cooperativas de reciclagem, educação ambiental e incentivos fiscais e financeiros (BRASIL, 2010).

Dentro do âmbito estadual é importante frisar sobre a criação do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), a partir da Lei estadual n 5.405 de 1992, este visava a melhoria e preservação da qualidade ambiental, manutenção do equilíbrio ecológico, estabelecimento de normas de uso e manuseio dos recursos naturais,

organização e utilização de forma adequada do solo urbano e rural, promoção de incentivos fiscais para a preservação ambiental e educação ambiental em todos os níveis de ensino (MARANHÃO,1992).

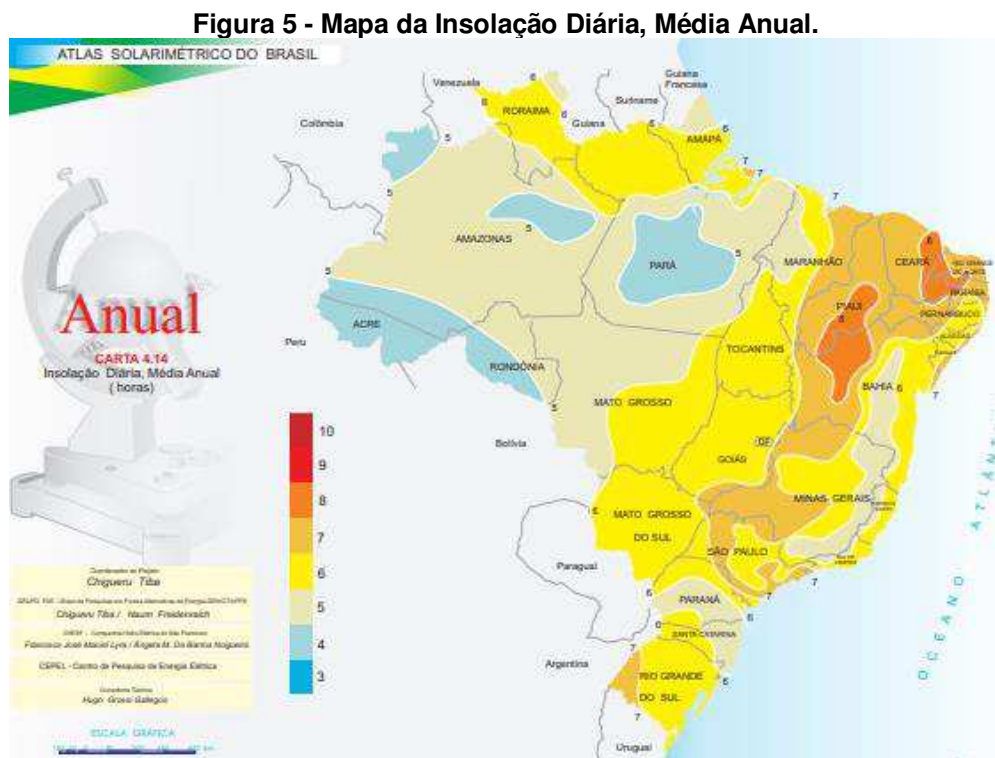
No Âmbito Municipal é em 2007 que se discorre da lei a instalação e funcionamento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM), responsável pelo planejamento, proteção, coordenação, defesa, melhoria, controle, recuperação, fiscalização e execução da política municipal ambiental, atuando em conjunto com as demais secretarias e instituições públicas e privadas de âmbito Municipal, Estadual, Federal e Internacional (SÃO LUÍS, 2007). Mesmo com esta grande quantidade de leis e órgãos responsáveis por gerir e cuidar da causa ambiental brasileira, até hoje sofremos com a incapacidade de aplicação destas, sendo em grande parte descumpridas.

3 SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, tanto como fonte de calor, quanto de luz, é hoje, uma das alternativas energéticas mais promissoras para se enfrentar os desafios do novo milênio (CEPEL/ELETROBRÁS, 1999).

Numa residência a energia solar pode ser aproveitada principalmente de duas formas, para o aquecimento de água, por meio de um sistema de aquecimento normalmente feito com uso de boiler, e para produção de energia elétrica, através de placas fotovoltaicas.

Percebe-se com o mapa da insolação diária ilustrado na figura 5, um grande potencial para o uso da energia solar em boa parte do Brasil, principalmente na região Nordeste. Este é um importante fator a ser considerado para utilização de energia solar tanto para produção de energia elétrica como para fonte de aquecimento de água.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2000.

3.1 Sistema para aquecimento de água com energia solar

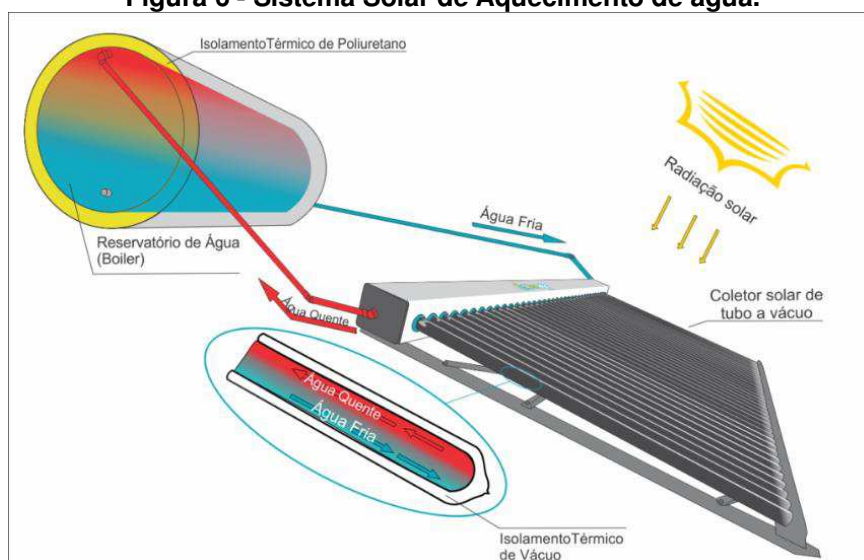
A energia solar fototérmica é quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, na forma de calor, através da radiação solar que incide

sobre o mesmo (CEPEL/ELETROBRÁS, 1999). Para se fazer uso dessa energia é necessário saber coletá-la e armazená-la, e para isso servem os coletores solares.

Os coletores solares têm a função de aquecer um fluido a partir da energia solar recebida durante os períodos de insolação (NBR 15569, 2008). O coletor solar dá início ao seu funcionamento quando a energia solar incide sobre a superfície do mesmo, transformando-se em calor, que aquece a água que está em seu interior. Quando a água é aquecida, ela diminui sua densidade e se movimenta em direção ao reservatório, processo que recebe o nome de termossifão. Essa água é armazenada em um reservatório térmico para conservá-la aquecida até o momento de uso (FERREIRA, 2014).

Normalmente se faz uso deste tipo de sistema para evitar a utilização de um conjunto motorbomba. Pode-se também fazer uso de um sistema de aquecimento auxiliar, que funcionaria nos períodos de baixa insolação, durante a noite ou o inverno, visto que este sistema de aquecimento de água só funciona no período de insolação do Sol (Figura 6).

Figura 6 - Sistema Solar de Aquecimento de água.



Fonte: Franca (2017).

3.2 Aquecedor Solar de Baixo Custo – ASBC

Atualmente já existem projetos de dispositivos de Aquecimento Solar de Baixo Custo (ASBC) (Figura 7), que funcionam com os mesmos princípios, porém com materiais de menor custo, como garrafas pet, embalagens longa vida, algumas tábuas

de madeira e tubulações de PVC, além de não precisar de mão de obra especializada para a montagem do mesmo (SOCIEDADE DO SOL apud Ferreira, 2014).

Porém deve-se ficar claro que há uma diferença na eficiência entre estes dois modelos de aquecedores solar (ASBC e aquecedor solar industrializado). Tendo o aquecedor solar industrializado um rendimento melhor que o de baixo custo.

Figura 7 - Aquecedor Solar de Baixo Custo.



Fonte: Santos (2015).

3.3 Sistema para geração de energia fotovoltaica

Energia solar fotovoltaica consiste na conversão direta da radiação solar em energia elétrica através de materiais semicondutores. Este fenômeno recebe o nome de efeito fotovoltaico. Este efeito foi observado pela primeira vez pelo físico Edmond Becquerel no ano de 1839, quando ele nota o aparecimento de uma diferença de potencial entre os eletrodos de uma solução condutora quando exposta a luz do Sol (CEPEL/ELETROBRÁS, 1999).

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais semicondutores e é possível pois estes materiais possuem faixas de energia onde é permitida a presença de elétrons, que é a faixa de valência, e de outra onde “totalmente vazia”, que é chamada de faixa de condução.

O semicondutor mais utilizado é o silício, que além de abundante na crosta terrestre, possui em seus átomos quatro elétrons na camada de valência, adicionando outros elementos como o fósforo que possui cinco elétrons, haverá um elétron em

excesso ligado ao átomo, que com pouca energia poderá ser movido para a faixa de condução. Portanto o fósforo é considerado um material dopante doador de elétrons, chamado de dopante N.

Por outro lado, se ao invés de fósforo, forem adicionados átomos com três elétrons de ligação como é o caso do boro, haverá déficit de elétrons para satisfazer a ligação com os átomos de silício. E por causa dessa falta de elétron, é necessária pouca energia térmica para causar um movimento do elétron da camada vizinha. Portanto, o boro é considerado um material dopante receptor de elétrons, chamado de dopante P.

Cada célula solar é formada por uma camada do material dopante N e outra do dopante P. A partir da junção PN entre as camadas os elétrons livres passam do lado do dopante doador de elétrons para o dopante receptor de elétrons. Por meio de um condutor externo, se conectam as duas faixas criando um fluxo de elétrons na conexão.

Enquanto houver radiação solar incidindo na célula, o fluxo eletrônico se manterá e a intensidade da corrente será proporcional a intensidade da radiação solar incidente (FERREIRA, 2014).

Desse modo, o sistema de geração de energia fotovoltaica não necessita de uma localização com alta radiação solar, porém seu rendimento está diretamente ligado a incidência de luz solar sobre a placa, logo em locais nublados a produção de energia diminui significativamente (Figura 8).

Antigamente o sistema não era muito utilizado por se tratar de um sistema caro, mas hoje em dia com o avanço da tecnologia e incentivos fiscais, fica cada vez mais acessível esse tipo de tecnologia para a população.

É importante ressaltar também algumas das principais vantagens do sistema de energia fotovoltaico, segundo Ferreira (2014):

- a) Não produz poluição;
- b) Não consome combustíveis;
- c) Sistema silencioso;
- d) Vida útil do sistema superior a 20 anos;
- e) Possui resistência a condições climáticas extremas, como granizo, vento, temperatura e umidade;
- f) Exige pouca manutenção;

- g) Permite incorporação de novos módulos futuramente, para aumentar a potência instalada.

Figura 8 - Placas Fotovoltaicas no Telhado de uma Residência.



Fonte:Leroy Merlin (2018).

3.4 Eficiência energética

Medeiros e Nardi (2011), definem algumas medidas para serem tomadas para que se possa garantir a eficiência energética de uma residência.

- a) Iluminação: utilização de lâmpadas energeticamente eficientes. Possuem uma vida útil maior que as lâmpadas normais, além de possuírem um consumo bem inferior, tendo assim um custo benefício elevado em relação as lâmpadas normais.
- b) Isolamento termo acústico: A colocação de isolamento nas superfícies externas da edificação pode reduzir o consumo de energia em 60% tanto no aquecimento quanto na refrigeração dos ambientes. O uso de janelas com vidro duplo e com revestimento de baixa emissividade proporcionam um bom investimento na melhoria do conforto ambiental.
- c) Controle: O acréscimo de controles modernos às instalações antigas e atuais pode ser muito eficiente do ponto de vista econômico e energético.

Além dessas simples alterações, pode-se destacar que um projeto bem feito de arquitetura pode economizar significativamente o custo com ar condicionado ou aquecedores e iluminação. A partir do posicionamento da edificação em relação ao

Sol, da escolha do material utilizado e outras adequações pode-se ter um bom nível de economia. Um bom projeto arquitetônico é essencial para se ter uma boa eficiência energética em uma edificação.

4 SISTEMAS DE ECONOMIA HÍDRICA

A água é um elemento essencial para a vida e com o aumento populacional e o desenvolvimento econômico do mundo, a água potável de fácil acesso se torna cada vez mais escassa no planeta. Por isso faz-se necessário que sejam tomadas medidas para preservar esse recurso tão importante (Figura 9).

Dentro do meio da engenharia há diversos métodos para contribuir com a economia de água, alguns em métodos construtivos, como optando por construções “a seco”, como é o caso dos *steel frames* e *wood frames*, que permitem além de não utilizar água, uma agilidade na construção. Além disso o avanço tecnológico tornou possível que fossem criados mecanismos para o controle de vazão de água em dispositivos domésticos, como chuveiros, duchas, torneiras e vasos sanitários.

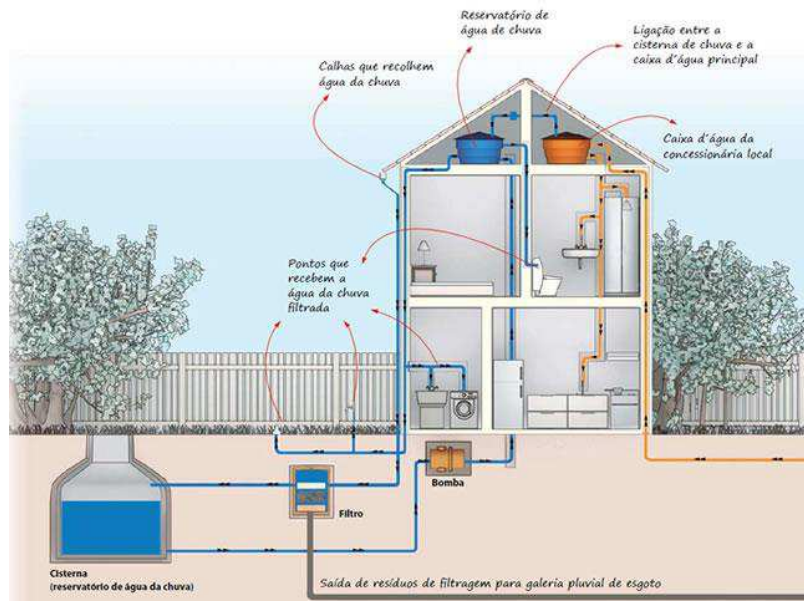
Figura 9 - Diferença de vazão entre torneiras com arejador e convencional.



Fonte: Facilidade (2019).

Pode-se citar além desses, sistemas de captação da água de chuva, que são fundamentais para uma habitação sustentável, podendo ajudar no consumo da água da casa durante alguns meses do ano. Para fazer a captação da água da chuva não se faz necessário um sistema muito complexo, que será abordado a seguir (Figura 10).

Figura 10 - Exemplo de Instalação de Sistema de Captação de Água de Chuva.



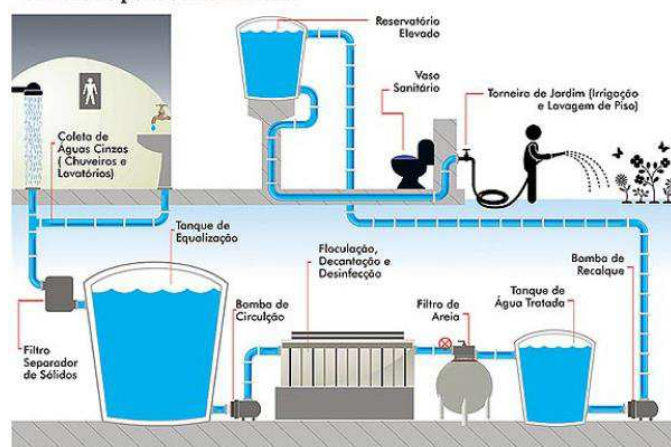
Fonte: Brasília Concreta (2015).

Outro avanço importante para a manutenção desse recurso essencial foi a criação de sistemas de reutilização de água. Esta água reutilizada recebe o nome de água cinza, para tal sistema é necessário que se faça todo o tratamento da água antes dela poder ser reutilizada. Porém a água cinza só poderá ser reutilizada para usos menos nobres, como o de aparelhos sanitários e irrigação de jardins (Figura 11).

Figura 11 - Esquema de Reúso de Água Cinza.

REÚSO DE ÁGUA CINZA

Veja como a água proveniente de chuveiro e lavatório pode ser reutilizada



Fonte: Folha de Londrina (2011).

4.1 Sistema de captação de água de chuva

Um sistema de captação de água pluvial pode significar uma economia de até 50% do consumo de uma casa, ele pode ser utilizado para fins menos nobres como descarga de vasos sanitários, máquinas de lavar roupa, usos em jardins internos e externos, lavagem de calçadas e automóveis ((MEDEIROS; NARDI, 2011).

Um sistema que aproveite a água da chuva é uma forma de uso eficiente da água, pois é um modo de utilizar a água que chega as nossas casas, com custos muito reduzidos se comparados com os custos das operadoras para tratar e transportar a água até as nossas residências, e que seria encaminhada diretamente para a rede de drenagem pluvial, sem aproveitarmos esse potencial.

Porém a água de chuva não é, na maior parte das vezes, potável, o que impossibilita o seu uso direto sem que esta água seja tratada. Porém, em uma residência há várias formas de aproveitar a água não potável. Verdade (2008) diz que cerca de 60% da água consumida em uma residência não requer que seja potável, a exemplo disso temos a limpeza de pisos, de carros, vasos sanitários e também para regar jardins.

Portanto, fica claro o potencial de um sistema que aproveite a água pluvial. Mas é necessário para um bom funcionamento deste sistema que além de ter uma boa captação, seja garantida a qualidade da água e para isso é necessário que se tenha cuidado durante todo o encaminhamento da água pela calha até o reservatório e posterior uso, passando por filtros, cloradores e também por um sistema importante de descarte da água de lavagem das superfícies, que é chamado de *first-flush*.

Um sistema de captação de água de chuva não é tão complexo, mas são necessários alguns cuidados com o manuseio da água de forma a não contaminar a mesma. O passo a passo para a instalação desse sistema consiste basicamente em:

- a) Captar a água de chuva: consiste basicamente em fazer uso dos telhados, coberturas ou outras superfícies para fazer a captação da água, sendo necessário que se tenha cuidados como a angulação do telhado, coeficiente de escoamento e grau de infiltração do material utilizado. A forma e o material do telhado impactam diretamente na quantidade de água que será canalizada para o reservatório.
- b) Transporte para o reservatório: será utilizado um conjunto de calhas e condutores para fazer o transporte da água, onde deve ser levado em

conta, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), fatores como o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. Já devem ser instalados na calha, dispositivos de remoção de detritos, como grades e telas.

- c) Sistema de *first-flush*: é um sistema que usa a água das primeiras chuvas, pois elas contêm um grau de impureza mais elevado, devido ao material depositado nos telhados como pó, material orgânico caído de árvores, excrementos de pássaros, entre outros, que são dissolvidos pela água das primeiras chuvas.
- d) Filtragem: é um processo que visa a melhoria da qualidade final da água. Os filtros vão estar presentes durante todo o processo, desde a captação onde é importante que se coloquem grades nas calhas para retirar sedimentos de grandes dimensões, mais à frente usar um coletor de folhas e outros filtros mais finos para evitar a passagem de sedimentos e outras substâncias que se encontrem ali.
- e) Armazenamento da água: após as etapas anteriores, a água chega ao reservatório onde será armazenada até chegar o momento de seu uso. Importante ressaltar que o tamanho do reservatório é um dos fatores que delimitam o consumo da água pluvial, porém como ele representa o maior custo do sistema, têm-se que encontrar o equilíbrio entre o volume captado e o volume do reservatório, evitando construir reservatórios maiores que o necessário.

4.2 Sistema de reutilização de águas cinza

Um sistema de reutilização de água cinza é basicamente uma forma de reaproveitar a água que seria descartada de pias, lavatórios, máquinas de lavar, dentre outras, porém não são consideradas para tal a água proveniente de vasos sanitários, pois elas contêm uma grande quantidade de matéria orgânica e de bactérias.

Em alguns casos, o reúso de água é mais aconselhável do que a utilização de água pluviais, como em edifícios de grande porte, pois não é dependente das variações climáticas (ALVES *et al.*, 2009 apud VILELA, 2019). Portanto é importante

sempre fazer uma análise de viabilidade dos dois sistemas, de forma a usar o mais adequado a cada tipo de construção.

Verdade (2008) elenca alguns fatores que exemplificam o porquê de um sistema que reutiliza exclusivamente a água do chuveiro para o uso de sanitários, ser a solução com o maior potencial para serem utilizados no sistema de reúso de água, tais como:

- a) A água do chuveiro possui uma qualidade razoável, de forma que pode ser utilizada sem tratamento ou com um tratamento simples;
- b) Há um equilíbrio de consumo entre o sanitário e o chuveiro, permitindo fazer uso de reservatórios menores por banheiro;
- c) O sistema pode ser aplicado de forma individual ou para vários banheiros, tendo a vantagem da escala e centralização da gestão;
- d) Em caso de falta de água a ser reutilizada é fácil conseguir uma alternativa, bastando ligar uma fonte de água para alimentar o reservatório.

Verdade (2008) traz dois sistemas de reúso de água, com diferença basicamente na quantidade de banheiros que cada sistema irá atender. O primeiro sistema consiste em um sistema centralizado, ou seja, a água do chuveiro de todos os banheiros da residência é encaminhada para um reservatório comum e desse reservatório a água é reencaminhada para os vasos sanitários, por meio de um conjunto de motor-bomba. Pode-se ser adicionado a esse sistema outro reservatório, mais elevado, de forma que a água seria bombeada do reservatório inferior para o superior e dele iria para os sanitários por meio da força da gravidade (Figura 12).

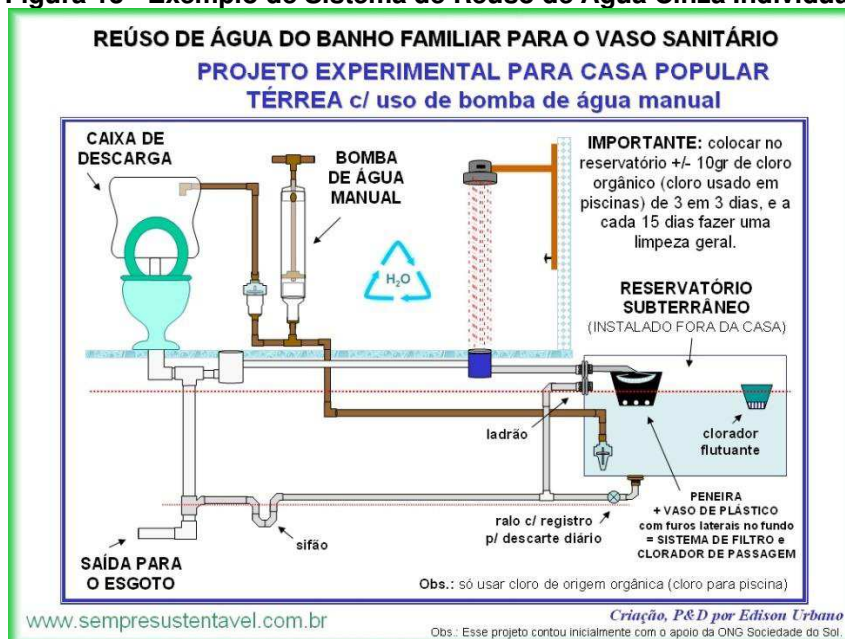
Figura 12 - Exemplo de Funcionamento de Sistema de Reúso de Água Cinza com Reservatório Comum ao Edifício.



Fonte: Verdade (2008).

O segundo modelo abordado é um sistema individual, onde o volume de água produzido pelo banho de um banheiro é armazenado, para a alimentação da descarga daquele mesmo banheiro por meio de uma bomba. O principal fator deste segundo modelo é o tamanho do reservatório, que deve variar de acordo com a utilização do sanitário. Verdade (2008) fez uma consideração de 40 litros por pessoa, com duas pessoas utilizando o sanitário em média, portanto sendo necessário reservatórios de 80 litros por banheiro (Figura 13).

Figura 13 - Exemplo de Sistema de Reúso de Água Cinza Individual.



Fonte: Urbano (2004).

Este modelo acima foi criado por Edison Urbano, em parceria com a ONG Sociedade do Sol, como uma forma de adaptar um sistema de simples execução de reutilização da água do chuveiro. Neste sistema a água do chuveiro é canalizada para o reservatório externo, passando por um sistema de filtros e por uma cloração, onde ele usa pastilhas de cloro de piscina dentro de um flutuador, do reservatório a água é bombeada por meio de uma bomba de água manual até a caixa de descarga (URBANO, 2004).

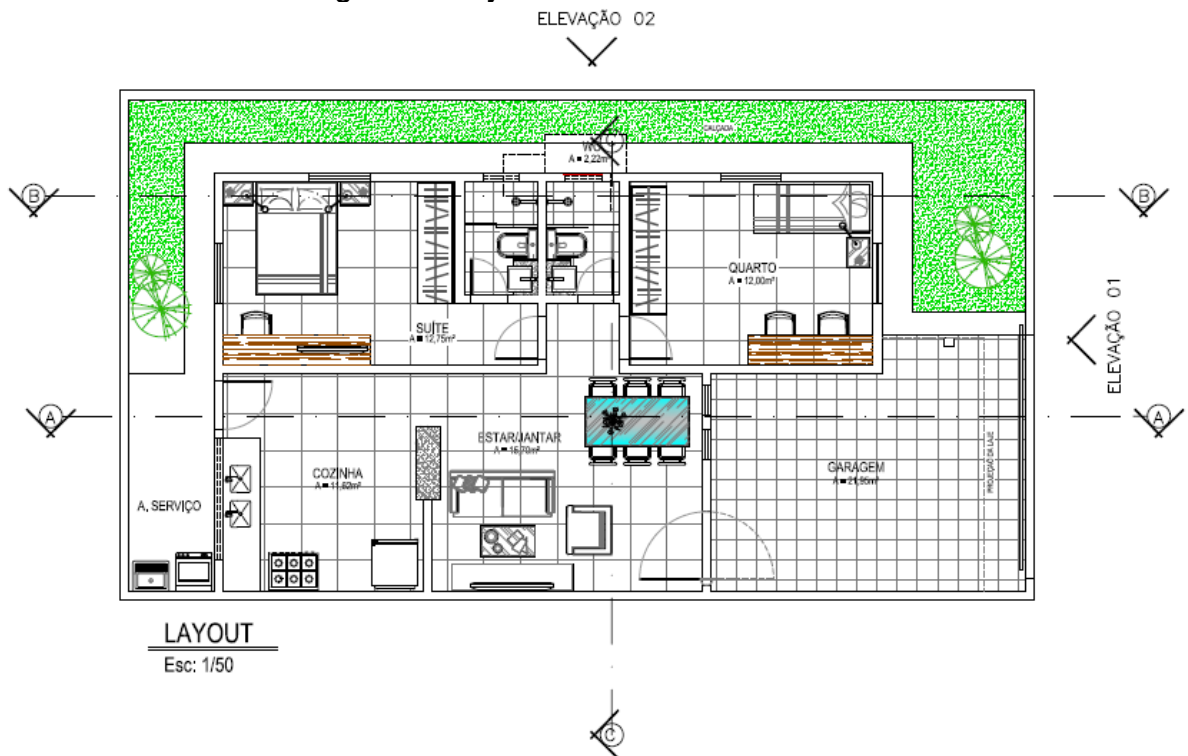
É importante também ressaltar que há uma qualidade mínima exigida para que a água possa ser reutilizada, para assim garantir a saúde do usuário. Diminuindo ou evitando a presença de materiais tóxicos, matéria orgânica e micro-organismos. As águas cinzas normalmente não possuem altas concentrações destes elementos, e até por isso podem ser utilizadas, mas é importante que além de um sistema de filtro que ajude a controlar estes fatores, que o usuário tenha consciência e evite despejar estes elementos na água.

5 ESTUDO DE CASO

O projeto arquitetônico do presente estudo de caso foi cedido pela Construtora Brasil Ltda, com intuito de contribuir com os estudos sobre métodos sustentáveis de construção, neste caso, de fazer uma análise de viabilidade da implantação de práticas sustentáveis para uma residência de 80m² (Figura 14) no município de São Luís-MA.

Com base no projeto arquitetônico foram feitos os projetos elétrico e hidrossanitário, para a partir deles propor os modelos das propostas sustentáveis a serem seguidos.

Figura 14 - Layout da Residência de 80m².

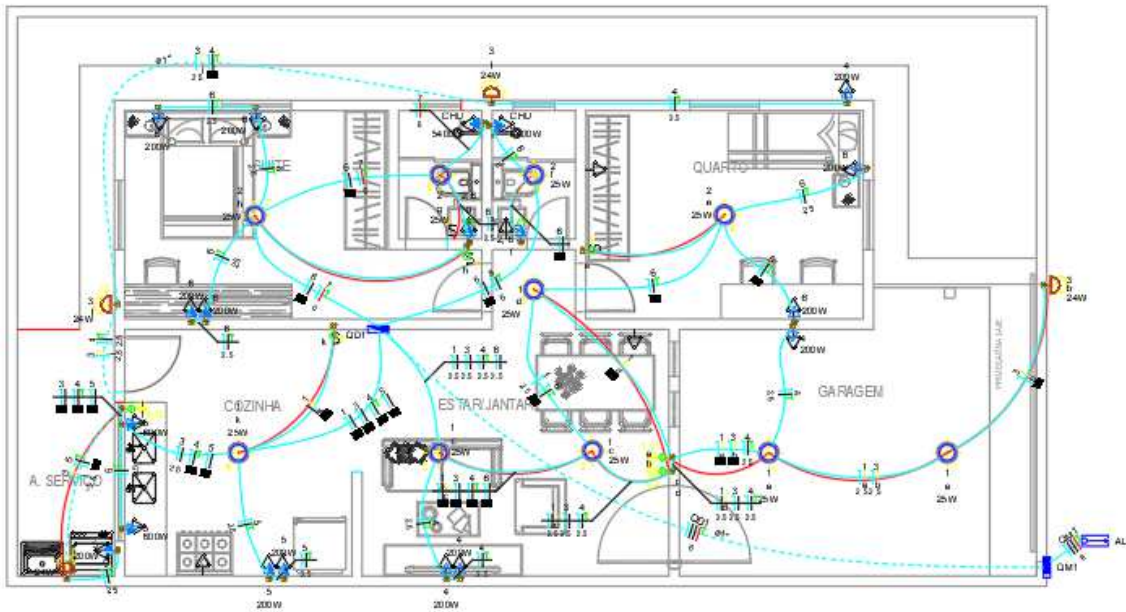


Fonte: Brasil Ltda (2019).

5.1 Sistema para geração de energia fotovoltaica

Com base no projeto elétrico, pode-se estimar a potência total do sistema, de onde será feita uma média para que seja previsto o consumo médio da residência, conforme Figura 15.

Figura 15 - Projeto Elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

De acordo com o projeto temos no Quadro 11 que:

Quadro 11 - Circuitos da Residência de 80m².

Circuitos	Descrição	Potência Total (W)
1	Iluminação Garagem/Sala/Cozinha	150
2	Iluminação Quartos/Banheiros	100
3	Iluminação Externa	96
4	Tomadas Sala/Garagem	800
5	Tomadas Cozinha	1800
6	Tomadas Quartos/Banheiros	1400
7	Chuveiro Elétrico 01	5400
8	Chuveiro Elétrico 02	5400
9	Ar Condicionado 01	1300
10	Ar Condicionado 02	1300

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A partir dessas informações e fazendo ponderações acerca do consumo médio de cada circuito, levando-se em consideração um tempo médio de uso por aparelho presente no circuito, chega-se a um valor de 683,52kWh/mês. Esse valor

pode ser confirmado a partir da tabela 1, obtida a partir de análises do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

Tabela 1 - Tabela de estimativa de consumo diário de energia.

Aparelhos Elétricos	Dias Estimados	Média	Consumo Médio Mensal	Consumo Médio Mensal Estimado na Casa de 80m ²
	Uso/Mês	Utilização/Dia	(kWh)	(kWh)
Aparelho de DVD	8	2 h	0,24	0,24
Aparelho de som	20	3 h	6,6	6,6
Ar-condicionado tipo split menor ou igual a 10.000 BTU/h	30	8 h	142,28	284,56
Bomba d'água 1/2 cv	30	30 min	7,2	7,2
Chuveiro elétrico - 4500 W	30	32 min	72	144
Computador	30	8 h	15,12	15,12
Exaustor fogão	30	2 h	9,96	9,96
Ferro elétrico automático a seco - 1050 W	12	1 h	2,4	2,4
Forno micro-ondas - 25 L	30	20 min	13,98	13,98
Geladeira 2 portas frost free	30	24 h	56,88	56,88
Grill	10	30 min	3,2	3,2
Lâmpada fluorescente compacta - 23 W	30	5 h	3,45	34,5
Lavadora de roupas	12	1 h	1,76	1,76
Liquidificador	15	15 min	0,8	0,8
Notebook	30	8 h	4,8	4,8
Roteador	30	8 h	1,44	1,44
Sandueira	30	10 min	3,35	3,35
Tanquinho	12	1 h	0,84	0,84
TV em cores - 32" (LCD)	30	5 h	14,25	28,5
Ventilador de mesa	30	8 h	17,28	34,56
Valor Médio Total da Residência de 80m²				654,69

Fonte: Adaptado de PROCEL (2006).

A partir desta tabela adaptada da PROCEL, alterando-se na última coluna a quantidade de alguns equipamentos para que a casa se adapte a planilha, temos um consumo estimado de 654,69 kWh/mês, valor próximo ao calculado a partir das ponderações acima.

Para o dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica contou-se com o auxílio da empresa Mendes Solar Engenharia e Energia. Como demonstrado anteriormente fora adotado um consumo estimado de 650 kWh/mês, com base nessas informações e nas informações de projeto fora indicado o seguinte sistema, de acordo com o Quadro 12.

Quadro 12 - Sistema Indicado para Energia Solar.

Produção de Energia Recomendada (kWh)	650kWh
Potência Sugerida (Wp)	6030
Perdas Aproximadas	20,00%
Número de Módulos	16
Área Necessária para Instalação	36m ²

Fonte: Adaptado de Mendes Solar (2019).

A partir do sistema indicado acima fora proposto o seguinte orçamento, conforme Quadro 13.

Quadro 13 - Orçamento Sistema de Energia Solar.

Valor do Investimento	R\$24.600,00
Economia no Primeiro Mês	R\$466,66
Tempo de Retorno do Investimento	4 anos aproximadamente
Geração Estimada Diária (kWh)	21,71
Geração Estimada Mensal (kWh)	660,29

Fonte: Adaptado de Mendes Solar (2019).

Mais informações sobre o Sistema de Energia Solar, como garantias e os equipamentos utilizados, proposto pela Mendes Solar Engenharia e Energia podem ser encontrados no Anexo A.

5.2 Sistema para aquecimento de água com energia solar

Para o dimensionamento do sistema de boiler foi utilizada a NBR 15569 (ABNT, 2008), segundo a metodologia de cálculo dois da norma, o dimensionamento é feito da seguinte forma:

Primeiro acha-se os volumes de consumo e de armazenamento:

$$V_{consumo} = \sum (Q_{peça} \times T_{uso} \times \text{frequência de uso})$$

$$V_{consumo} = 4(3,5 \times 15 \times 1) = 210 \text{ Litros/dia}$$

$$V_{armazenamento} = \frac{V_{consumo} (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armazenamento} - T_{ambiente})}$$

$$V_{armazenamento} = \frac{210 \text{ Litros} (40^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})}{(50^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C})} = 114,54 \text{ Litros}$$

$$V_{armazenamento} \geq 75\% V_{consumo}$$

$$V_{armazenamento \text{ mínimo}} \geq 157,5 \text{ Litros}$$

$$V_{armazenamento \text{ adotado}} = 200 \text{ Litros}$$

Com o volume de armazenamento calculado acha-se a demanda de energia útil:

$$E_{\text{útil}} = \frac{V_{armazenado} \times \rho \times C_p \times (T_{armazenamento} - T_{ambiente})}{(3600)}$$

$$E_{\text{útil}} = \frac{0,2 \times 1000 \times 4,18 \times (50 - 28)}{(3600)} = 5,11 \text{ kWh/dia}$$

$$E_{\text{perda}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} = 0,77 \text{ kWh/dia}$$

Por fim, é calculado a área coletora:

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) \times FC_{\text{instal}} \times 4,901}{PMDEE \times I_G}$$

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(5,11 + 0,77) \times 4,901}{2,72 \times 5,60} = 1,89 \text{ m}^2$$

Adotado então um sistema de boiler de 200L, com área coletora de 2m², tem-se o orçamento do sistema de aquecedor solar (Tabela 2).

Tabela 2 - Orçamento do Sistema de Aquecedor Solar.

Componentes	Preço unitário	Preço total	Fonte
Boiler Solar Baixa Pressão 200L	R\$ 1.529,90	R\$ 1.529,90	Leroy Merlin
Coletor Solar 2m ²	R\$ 734,90	R\$ 734,90	Leroy Merlin
Valor Total		R\$ 2.264,80	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Como demonstrado anteriormente na Tabela 1, o consumo estimado de energia do chuveiro elétrico seria de 144kWh/mês que seriam economizados a partir do uso do sistema de aquecimento solar de água.

Quadro 14 - Tarifa de Energia Elétrica da Cemar.

CLASSE	BAIXA TENSÃO			
	TARIFA CONVENCIONAL (R\$/kWh)	TARIFA BRANCA (R\$/kWh)		
		Horário Ponta	Horário Intermediário	Horário Fora Ponta
RESIDENCIAL BAIXA RENDA				
Consumo - até 30 kWh	0,21100	NAO SE APLICA		
Consumo - 31 a 100 kWh	0,36172	NAO SE APLICA		
Consumo - 101 a 220 kWh	0,54257	NAO SE APLICA		
Consumo acima de 220 kWh	0,60286	NAO SE APLICA		
RESIDENCIAL NORMAL				
Residencial	0,63018	1,39989	0,87102	0,49793
DEMAIS CLASSES				
Comercial	0,63018	1,43047	0,88937	0,50405
Cooperativa de Eletrificação Rural	0,47894	1,06391	0,66198	0,37843
Iluminação Pública - B4a	0,3466	NAO SE APLICA		
Iluminação Pública - B4b	0,3781	NAO SE APLICA		
Industrial	0,63018	1,43047	0,88937	0,50405
Serviço Público de Irrigação	0,42852	0,95193	0,5923	0,3386
Poder Público	0,63018	1,43047	0,88937	0,50405
Próprio	0,63018	1,43047	0,88937	0,50405
Rural	0,47894	1,06391	0,66198	0,37843

Fonte: Cemar (2019).

Assim, temos que o valor economizado por mês é determinado pela seguinte equação:

$$C_{economia} = tarifa \times C_{chuveiro\ elétrico}$$

$$C_{economia} = 0,63018 \times 144 = R\$ 90,75$$

Já a taxa de retorno é definida dividindo o valor total do investimento pelo valor economizado, como demonstrado a seguir:

$$T_{\text{retorno}} = R\$2264,80 / (R\$90,75/\text{mês}) = 24,95 \text{ meses} = 2 \text{ anos}$$

Podendo esse retorno ser mais rápido se consideradas as taxas incidentes sobre a energia como o ICMS, PIS e COFINS.

5.3 Sistema de reutilização de águas cinza

Após a análise dos sistemas que utilizam do Sol para produção de energia, térmica ou elétrica, faz-se necessário para uma construção sustentável, uma análise de viabilidade de sistemas que aproveitem a água de uma forma mais inteligente, ou com um sistema de captação de água de chuva, ou com um sistema que faça a reutilização das águas cinzas.

Foi adotado um sistema semelhante ao demonstrado no capítulo de sistema de reaproveitamento de água, demonstrado pelo grupo Sempre Sustentável em parceria com a ONG Sociedade do Sol, onde há um reaproveitamento da água do chuveiro para o uso do vaso sanitário. De acordo com Verdade (2008), é um sistema que possui uma correlação boa entre o gasto de água do chuveiro e o consumo do sanitário, portanto ele fora adotado como modelo a ser seguido para o reaproveitamento de água, evitando gastos de reservatórios maiores.

Por se tratar de uma casa onde os dois banheiros são vizinhos, será adotado um único reservatório para receber a água dos dois banheiros e para atender a demanda de reúso para os banheiros. Portanto para que se chegue a uma estimativa de custo para este sistema, é necessário dimensioná-lo para que atenda a demanda diária exigida.

Quadro 15 - Consumo Predial Diário.

Prédio	Consumo (litros/dia)
Alojamento provisório	80 <i>per capita</i>
Ambulatórios	25 <i>per capita</i>
Apartamentos	200 <i>per capita</i>
Casas populares ou rurais	150 <i>per capita</i>
Cavaliárias	100 por cavalo
Cinemas e teatros	2 por lugar
Creches	50 <i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	50 <i>per capita</i>
Escolas (externatos)	50 <i>per capita</i>
Escolas (internatos)	150 <i>per capita</i>
Escolas (semi-internato)	100 <i>per capita</i>
Escritórios	50 <i>per capita</i>
Garagens e posto de serviço	50 por automóvel/200 por caminhão
Hotéis(sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 por hóspede
Indústrias – uso pessoal	80 por operário
Indústrias – com restaurante	100 por operário
Jardins (rega)	1,5 por m ²
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Matadouro – animais de grande porte	300 por animal abatido
Matadouro – animais de pequeno porte	150 por animal abatido
Mercados	5 por m ² de área
Oficinas de costura	50 <i>per capita</i>
Orfanatos, asilos, berçários	150 <i>per capita</i>
Piscinas – lâmina de água	2,5 cm por dia
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Quartéis	150 <i>per capita</i>
Residência popular	150 <i>per capita</i>
Residência de padrão médio	200 <i>per capita</i>
Residência de padrão luxo	250 <i>per capita</i>
Restaurantes e outros similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: Júnior (2016).

A partir do Quadro 15 pode-se estipular o consumo de 150 litros por dia por pessoa para residências populares, considerando uma média de duas pessoas por dormitório, têm-se um total de 4 pessoas para este estudo de caso, chegando a um consumo médio de 600 litros por dia nesta residência. Ferreira (2014) faz as seguintes considerações de forma a demonstrar a compatibilidade entre o consumo de água de banho e o consumo de água com as descargas, de forma a provar a eficiência do sistema adotado.

a) Consumo médio de água com o banho:

$$3,5 \text{ litros/min} \times 15 \text{ min} = 52,5 \text{ litros /dia}$$

Considerando um chuveiro com vazão de 3,5 litros por minuto e banhos com duração de 15 minutos.

b) Consumo médio de água com descargas:

$$10 \text{ litros/descarga} \times 5 \text{ descargas} = 50 \text{ litros/dia}$$

Considerando um volume de 10 litros por descarga e de 5 descargas por pessoa por dia.

A partir destes cálculos, fica evidente a eficiência do sistema individualizado proposto por Verdade (2008), onde a água do chuveiro será utilizada para a descarga.

Para o dimensionamento do reservatório, temos que:

$$50 \text{ litros/pessoa} \times 4 \text{ pessoas} = 200 \text{ litros}$$

Portanto o reservatório a ser construído deve atender a essa demanda, já que o ideal é que água cinza não seja armazenada por muito tempo. Porém Verdade (2008) traz uma medida menor de reservatório, que seria de 40 litros por pessoa e por dia, não havendo, portanto, uma variação muito grande entre o valor adotado por ele e o adotado neste trabalho.

Tomando por base o orçamento de Ferreira (2014) e adaptando para o sistema do estudo de caso, têm-se a Tabela 3.

Tabela 3 - Orçamento do Sistema de Reaproveitamento de Água Cinza.

Componentes	Preço unitário	Preço total	Fonte
Reservatório de polietileno 250L	R\$ 199,00	R\$ 199,00	Mercado
2 dias de bombeiro hidráulico (16 horas)	R\$ 14,96	R\$ 239,36	Sinapi
2 dias de ajudante (16 horas)	R\$ 11,16	R\$ 178,56	Sinapi
1 bomba de 1/2 cv	R\$ 246,95	R\$ 246,95	Mercado
1 eletrônível	R\$ 40,00	R\$ 40,00	Mercado
1 clorador flutuante	R\$ 35,00	R\$ 35,00	Mercado
Hipoclorito de cálcio pastilhas (balde 10 kg)	R\$ 200,00	R\$ 200,00	Mercado
Valor Total		R\$ 1.138,87	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Estimando o consumo mensal (m^3) com descarga sanitária para o estudo de caso, ou seja, quatro pessoas:

$$C_{ds} = 0,2 m^3 \times 30 \text{ dias} = 6,0 m^3$$

Considerando um consumo mensal, de acordo com a tabela de estimativa de consumo diário:

$$C_{mensal} = (150 \text{ litros} \times 4 \text{ pessoas} \times 30 \text{ dias}) + \left(19m^2 \times \frac{1,5 \text{ litros}}{\text{dia}} \times 30 \text{ dias}\right)$$

$$C_{mensal} = 18.885 \text{ litros} = 18,885m^3$$

De acordo com esse consumo, entra-se na tabela de tarifa da CAEMA a seguir:

Quadro 16 - Evolução da Tarifa da Caema.



EVOLUÇÃO TARIFÁRIA DOS VALORES PRATICADOS DE 2013 A 2016 - LEI Nº 13.673, DE 5 DE JUNHO DE 2018

Categorias de Usuários	Faixas de Consumo m^3 /Economias/mês	VIGÊNCIA - 01.05.2012	VIGÊNCIA - 01.02.2013	VIGÊNCIA - 01.02.2014	VIGÊNCIA - 01.07.2015	VIGÊNCIA - 01.11.2015	VIGÊNCIA - 01.05.2016	VIGÊNCIA - 01.09.2016	VIGÊNCIA - 09.02.2019
		TARIFA	TARIFA	TARIFA	TARIFA	TARIFA	TARIFA	TARIFA	TARIFA
		Reajuste 52,87%	Reajuste médio 6,01%	Reajuste 5,86%	Reajuste 7,98%	Reajuste 4,73%	Reajuste 12%	Reajuste 10,43%	Reajuste 22,33%
Residencial	Até 10	13,30/mês	14,10/mês	14,90/mês	16,09/mês	16,85/mês	18,87/mês	20,84/mês	25,49/mês
	De 11 - 20	2,69/ m^3	2,85/ m^3	3,02/ m^3	3,26/ m^3	3,41/ m^3	3,82/ m^3	4,22/ m^3	5,16/ m^3
	De 21 - 30	4,27/ m^3	4,53/ m^3	4,79/ m^3	5,17/ m^3	5,41/ m^3	6,06/ m^3	6,69/ m^3	8,18/ m^3
	De 31 - 50	5,19/ m^3	5,50/ m^3	5,82/ m^3	6,29/ m^3	6,59/ m^3	7,69/ m^3	8,49/ m^3	10,39/ m^3
	Excedente de 50	8,18/ m^3	8,67/ m^3	9,18/ m^3	9,91/ m^3	10,38/ m^3	12,07/ m^3	13,33/ m^3	16,31/ m^3

Fonte: Adaptado Caema (2018).

E como a tarifa do esgoto é igual a 100% da tarifa de água têm-se uma economia mensal de:

$$C_{economia} = 2(\text{tarifa}) \times C_{ds}$$

$$C_{economia} = 2(R\$5,16/m^3) \times 6m^3 = R\$ 61,92$$

E o tempo de retorno do investimento será de:

$$T_{retorno} = R\$1.138,87/(R\$61,92/mês) = 18,39 \text{ meses} = 1,5 \text{ ano}$$

5.4 Sistema de captação de água de chuva

Como já fora proposto um sistema de reutilização de água cinza para os sanitários, será proposto um sistema de aproveitamento da água de chuva para auxiliar a limpeza de terraços, carros, rega de plantas e outros fins não potáveis. Tomando por base o valor já calculado de consumo médio mensal de água da residência, têm-se:

$$C_{mensal} = 18.885 \text{ litros} = 18,885m^3$$

Vieira (2012) faz um levantamento de que 49% do consumo de água de uma residência é de água potável, portanto o sistema de captação de água de chuva poderia atender até:

$$C_{\text{não potável}} = C_{mensal} \times 51\% = 9.631,35 \text{ litros} = 9,631m^3$$

Fazendo o cálculo do volume de chuva média coletada, de acordo com Ferreira (2014) e utilizando a média pluviométrica de São Luís-MA, fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), temos que:

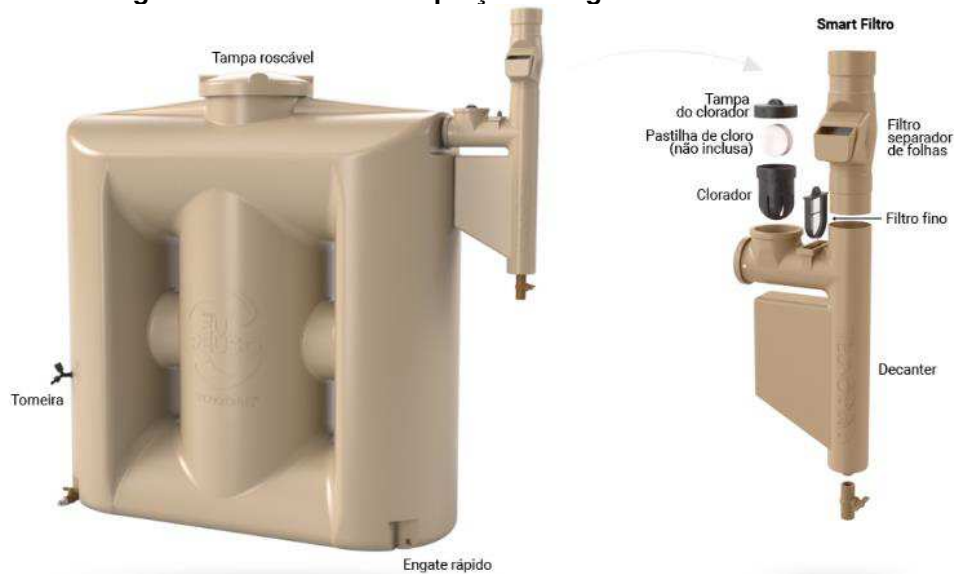
$$V_{chuva} = \text{Pluviosidade média} \times \text{eficiência do filtro} \times \text{área de cobertura}$$

$$V_{chuva} = 183 \times 0,95 \times 80 = 13,91m^3$$

Portanto conseguindo suprir a necessidade média de 9,631m³ de água não potável. Para o sistema de reúso de água já existem modelos modernos e de fácil instalação que funcionam como forma de armazenamento da água de chuva, *first-flush* e as etapas iniciais de filtragem que podem ser utilizados ao invés de construir um sistema manualmente para tal fim.

Um exemplo de sistema de reúso de água disponível no mercado é a cisterna vertical da Tecnotri, que consiste em um modelo onde seu filtro já faz o sistema de *first-flush*, além de filtrar as partículas maiores e fazer o processo de cloração, de forma a garantir a qualidade da água que será utilizada. Após passar pelo sistema de filtro deles, a água será diretamente encaminhada para a cisterna, que pode ser associada diretamente a outras cisternas se for necessário um volume maior de água reservada (Figura 16).

Figura 16 - Sistema de Captação de Água de Chuva Tecnotri.



Fonte: Tecnotri (2019).

O próximo passo será dimensionar o tamanho do reservatório, adotando o método do Azevedo Neto, indicado pela NBR 15527 (ABNT, 2007) que fala sobre o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

$$V_{cisterna} = 0,042 \times \text{Precipitação média} \times T_{\text{tempo de pouca chuva}} \times A_{\text{area de coleta}}$$

$$V_{cisterna} = 0,042 \times 183 \times 4 \times 80 = 2.459,52 \text{ Litros}$$

Será adotado então um sistema com duas cisternas verticais de 1050 litros e um *smart* filtro, os outros componentes do sistema como a calha já seriam instalados normalmente, por isso não há um aumento no custo, e por ser de fácil instalação, não necessitaria de mão de obra especializada para a instalação do mesmo (Tabela 4).

Tabela 4 - Orçamento do Sistema de Captação de Água Pluvial.

Componentes	Preço unitário	Preço total	Fonte
Cisterna Vertical Modular 1050 Litros. Kit		R\$	
Reúso de Água	R\$ 1.518,00	3.036,00	Tecnotri
Smart Filtro Tecnotri. Universal Decanter			
8 litros	R\$ 433,65	R\$ 433,65	Tecnotri
	Valor Total	R\$ 3.469,65	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Por último, fazendo novamente o tempo de retorno do investimento, temos que:

$$C_{economia} = 2(tarifa) \times C_{n\grave{a}o\ pot\grave{a}vel}$$

$$C_{economia} = 2(R\$5,16/m^3) \times 9,63m^3 = R\$ 99,38$$

E o tempo de retorno do investimento será de:

$$T_{retorno} = R\$3.469,65/(R\$99,38/m\^{\hat{e}}s) = 34,91\ meses = 3\ anos$$

6 CONCLUSÃO

A partir do trabalho desenvolvido percebe-se um avanço da sociedade para um desenvolvimento mais sustentável. Desde os primórdios havia uma preocupação com a degradação do meio ambiente e este movimento veio ganhando força ao longo do tempo.

Essa consciência ambiental é um importante passo a ser dado pela construção civil, já que a mesma é uma das principais causadora de poluição. Portanto tendo a necessidade da criação de novas técnicas e tecnologias para um uso mais inteligente de recursos, diminuindo assim o impacto ambiental.

Porém estas tecnologias tem que estar ao alcance de toda a população e não somente dos mais ricos, de forma que realmente seja possível um desenvolvimento mais sustentável por todos no globo. Com o avanço da ciência, há uma redução nos custos para estas tecnologias, mas ainda existem poucas informações sobre os mesmos, fazendo com que algumas destas tecnologias, mesmo já sendo viáveis, se tornem pouco utilizadas pela população em geral.

Percebe-se por este trabalho que alguns modelos sustentáveis de construção necessitam de um tempo de retorno pequeno se for levar em consideração a vida útil do empreendimento. A exemplo disso, todos os sistemas demonstrados no trabalho possuem um tempo de retorno do investimento inferior a 5 anos.

A exemplo disso temos os sistemas adotados por esse trabalho, que demonstram uma relação custo-benefício boa, já que a uma redução no custo de manutenção do imóvel, como contas de água e de luz, por um investimento mínimo. No caso do sistema que reutiliza água, com um investimento de aproximadamente R\$1.100,00, que é um investimento pequeno em relação ao custo global de empreendimento deste porte. Além disso, o sistema amenizaria os danos causados ao meio ambiente e reduziria também, em média R\$60,00 por mês do custo mensal, tendo um tempo de retorno curto, de um ano e meio, em relação ao tempo de vida do empreendimento.

O mesmo é válido para os outros sistemas, com ressalvas de possuírem um investimento inicial um pouco maior, porém geram uma economia mensal também maior, em relação aos custos mensais das contas de água e de luz. Perceptível a partir dos tempos de retorno, que são de 2 anos para o sistema de aquecedor solar

de água, 3 anos para o sistema de coleta de água pluvial e aproximadamente 4 anos do sistema de energia fotovoltaica.

Entretanto, os custos nem sempre são palpáveis para todas as classes sociais, por conter um alto investimento inicial, como é o caso do sistema fotovoltaico. Portanto, ainda são necessários mais incentivos à produção, pesquisa e benefícios àqueles que fazem uso de tecnologias sustentáveis como forma de baratear ou facilitar o acesso às mesmas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. [s. l]: Nova Fronteira, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 15527**. Água de chuva - Aproveitamento de chuva - coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR: 15569**. Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.

ASBEA. **Guia sustentabilidade na arquitetura: Diretrizes de escopo para projetistas e contratantes**. São Paulo: Prata Design, 2012.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL. **Banco de dados solarimétricos**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

BECK, U. **Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. **Sobre a Rio+20**. Rio+20, 2019. Disponível em: <<http://www.rio20.gov.br>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Projeto (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Evolução Tarifária**. CAEMA, 2018. Disponível em: <http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com_content&view=article&id=1786>. Acesso em: 5 nov. 2019.

CBCS. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas, Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável**. 2014. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcaosustentavel/show.asp?ppgCode=DAE7FB57-D662-4F48-9CA6-1B3047C09318>>. Acesso em: 30 ago. 2019

CEF. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. Brasília: Páginas & Letras, 2010. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

CEPEL/ELETROBRÁS. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 1999.

DICIO, Dicionário Online de Português. **Significado de Sustentabilidade**. 2019. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/sustentabilidade/>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

ELKINGTON, John. **Canibais com garfo e faca: o Livro Conceito - Triple Bottom Line - Profit - Planet - People**. [s. l]: Pearson, 1999.

FACILIDADE. **Arejador Para Torneira 1,8 litros/minuto – Tipo Spray**. Facilidade, 2019. Disponível em: <<http://www.facilidad.com.br/produto/arejador-para-torneira-18-litrosminuto-tipo-spray/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. **Habitação Autossuficiente: Interligação e Integração de Sistemas Alternativos**. 1. ed. Editora Interciência, 2014.

FOLHA de Londrina. **Revolução verde com toque pré-vermelho**. 2011. Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/cadernos-especiais/revolucao-verde-com-toque-pe-vermelho-781481.html>>. Acesso em: 12 set. 2019.

FRANCA, Savio. **Aquecedor solar a vacuo: simples e com a máxima eficiência**. Brassolar, 2017. Disponível em: <<https://blog.brassolar.com.br/aquecedor-solar-a-vacuo-maxima-eficiencia/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

GALLO, Edmundo; *et al.* Saúde e economia verde: desafios para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1457-1468, 2012.

GBC BRASIL. **Conheça a Certificação LEED**. GBC Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 5 nov. 2019

IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2ª Edição de 2004.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. Blucher Editora. 2016.

LEROY MERLIN. **Leroy Merlin Cia Brasileira de Bricolagem**. 2018. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/>>. Acesso em: 30 ago. 2019

LENZI, C. L. **Sociologia Ambiental: risco e sustentabilidade na modernidade**. Bauru, SP: Edusc, 2006.

MARANHÃO (Estado). **Lei Nº 5.405 de 08 de Abril de 1992**. Institui o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. São Luís. 8 ABR. 1992. Disponível em: < <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1823>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

MEDEIROS, Virgílio Almeida; NARDI, Vivianne. **Casa sustentável**. Minas Gerais: Viveiros, 2011.

MOTA, Jose Aroudo; *et al.* **Trajetória da Governança Ambiental**. In: BRASIL IPEA. Boletim Regional, Urbano e Ambiental. Brasília, 2008.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 02 set. 2019.

PIGA, Talita Ravagnã; MANSANO, Sonia Regina Vargas de. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E HISTÓRIA: Uma Análise Crítica. **Revista Perspectivas Contemporâneas**, Campo Mourão, PR, v. 10, n. 2, 2015. Disponível em: <<http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/perspectivascontemporaneas/article/view/1856>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

PROCEL. **PROCEL Info**. Centro brasileiro de informação de eficiência energética, 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

SÃO LUÍS (Município). **Lei Municipal Nº 4.872 de 21 de Novembro de 2007**. Dispõe sobre a instalação e o funcionamento da secretaria municipal de meio ambiente- SEMMAM e dá outras providências. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/ma/s/sao-luis/lei-ordinaria/2007/487/4872/lei-ordinaria-n-4872-2007-dispoe-sobre-a-instalacao-e-o-funcionamento-da-secretaria-municipal-de-meio-ambiente-semmam-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

SANTOS, Elaine. **Passo a passo de como fazer um aquecedor solar com garrafas PET**. Ecolmeia, 2015. Disponível em: <<https://ecolmeia.org.br/aquecedor-solar-de-baixo-custo-pet/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

SEBRAE. **Cadeia produtiva da construção civil**: cenários econômicos e estudos setoriais. SEBRAE/Multivisão, 2008. Disponível em: <http://189.39.124.147:8030/downloads/construcao_civil.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

STJ. **Linha do tempo**: um breve resumo da evolução da legislação ambiental no Brasil. Superior Tribunal de Justiça, 2010. Disponível em: <<https://stj.jusbrasil.com.br/noticias/2219914/linha-do-tempo-um-breve-resumo-da-evolucao-da-legislacao-ambiental-no-brasil>>. Acesso em: 5 set. 2019.

TECNOTRI. **Tecnotri Indústria de Plásticos Ltda.** 2019. Disponível em: <<https://cisternas.tecnotri.com.br/>>. Acesso em: 15 out. 2019.

URBANO, Edison. **Projeto experimental do reúso de água do banho familiar para as descargas no vaso sanitário**. Sempre sustentável, 2004. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/reusodeagua/reuso-de-agua-do-banho.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2019

VERDADE, Jorge Henrique de Oliveira. **Aproveitamento de água das chuvas e reutilização de Águas cinzentas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57595/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2019.

VIEIRA, Abel Silva. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100475/314917.pdf?sequencia=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

VILELA, Letícia Rezende. **Análise da Viabilidade econômica de um sistema de reaproveitamento de água cinza, em edificação residencial, através do uso do BIM**. 2019. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26251>>. Acesso em: 01 out. 2019.

ANEXO A – Orçamento do Sistema de Energia Fotovoltaica.



MENDES SOLAR
ENGENHARIA & ENERGIA

MENDES SOLAR Engenharia & Energia | Tel: (98): 98155-9427/991147549
CNPJ:33549234/0001-41
Rua urucutua, nº 04 | Aracagy praia.
São José de Ribamar – MA | CEP: 65110-000 |
site:www.mendessolarengenharia.com.br
e-mail:comercial@mendessolarengenharia.com.br

DADOS DO CLIENTE

Nome	Brasil Construtora LTDA		
Endereço	xxx	CPF/CNPJ	xxx
Cidade	São luis - MA	Bairro	xxx
Telefone	xxx	CEP	xxx
VENDEDOR		E-mail	xxx

DADOS CONSUMO ATUAL DE ENERGIA

Tarifa (R\$/kWh)	0,6500
Consumo Médio Mensal	650

PROPOSTA DE SISTEMA DE GERAÇÃO SOLAR

Seu Sistema

Com base nas informações de consumo, tarifa, tipo de instalação, e informações sobre o local de instalação, ofertamos o seguinte sistema:

Produção de Energia Recomendada kWh	650
Potência sugerida (Wp)*	6030
Perdas aproximadas*	20,00%
Número de módulos*	16
Área necessária para instalação*	36 m ²

* Valores aproximados. Valores reais serão calculado no projeto final

Garantias

Módulos Fotovoltaicos	10 anos contra defeitos de fabricação 25 anos de capacidade de geração (80% da inicial)
Inversores	7 anos
Instalação	12 meses

Equipamentos/ kit solar fotovoltaico

21CAN380001NE	MODULO FV CANADIAN 144 CELLS 380W MONO 1500V F16	16
22SUN0005220001	INVERSOR SUNGROW MONOFÁSICO 5KW - 2 MPPT	1
231U2S002001	STRING BOX CLAMPER SOLAR 2 CORDAS E 2 SAIDA	1
9PI000000000054	Sices Solar 2.0 Perfil Ceramic Rooftop 1,57 metros	24
9PI000000000065	Sices Solar 2.0 Junção Ceramic Rooftop	20

9PI000000000062	Sices Solar 2.0 Terminal Final 35mm	8
9PI000000000061	Sices Solar 2.0 Terminal Intermediario 35mm	30
2605SSPCM106	SICES SOLAR PARAFUSO CABECA MARTELO M10 28/15	28
2606SSP107	SICES SOLAR PORCA M10 INOX A2	28
2602106	SICES SOLAR PARAFUSO ESTRUTURAL - AISI 316 - M10X250 - ROSCA SEM FIM	28
25PV4N001	CONECTOR FÊMEA/MACHO	4
2624001	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC PT ABNT NBR 16612	40
2624002	CABO SOLAR 6MM ATE 1800V CC VM ABNT NBR 16612	40
SICES	SEGURO RISCO ENGENHARIA E MONTAGEM	1
2618AWC067	MONITORAMENTO SICES	1

Serviços de engenharia, Homologação CEMAR e Instalação do sistema (mão de obra completa)

Para a nossa empresa, a qualidade dos produtos e serviços vem em primeiro lugar. Trabalhamos apenas com os melhores produtos. Jinko e Canadian são as maiores fabricantes do mundo em módulos fotovoltaicos, e Fronius é a melhor fornecedora de inversores.

Parceiros e alguns equipamentos:

A instalação é um processo simples, seguro e não envolve obras. Nosso tempo médio é de 3 a 5 dias.

Escopo

Estão incluídos no escopo desta proposta os seguintes serviços:

- Dimensionamento do sistema;
- Vistoria do local de instalação;
- Elaboração do projeto do sistema conforme normas técnicas aplicáveis da concessionária de energia;
- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao CREA;
- Fornecimento dos equipamentos relacionados no item 5, incluindo fretes;
- Fornecimento dos materiais necessários para suporte padrão e ligação dos equipamentos;
- Aprovação do projeto junto a concessionária de energia local;
- Instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica, incluindo deslocamento, hospedagem e alimentação da equipe;
- Interligação do sistema na rede da Concessionária;
- Comissionamento do sistema;
- Monitoramento da geração do sistema via wifi (dependente de rede wireless no local de instalação do inversor, com acesso à internet);

Os prazos, preços e demais condições apresentadas neste documento não incluem a execução dos seguintes serviços:

- Reforço das estruturas do telhado e/ou cobertura existente para recebimento dos equipamentos;
- Obras civis de qualquer natureza, como adequações no padrão de entrada, nova infraestrutura elétrica para interligação na rede interna existente e fundações para instalação dos painéis no solo (estamos considerando que os painéis serão instalados em cobertura ou telhado cerâmico existente);
- Instalação de malha de aterramento para proteção do sistema;
- Adequações ou reparos nas instalações elétricas existentes;

ANÁLISE FINANCEIRA

Valor Presente Líquido

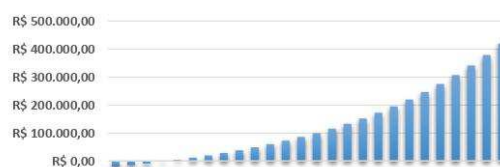
Valor Presente Líquido, ou VPL é o somatório dos termos de um Fluxo de Caixa Descontado. Quanto maior o VPL, mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. O VPL indica qual o lucro que o projeto ou novo negócio trará.

Taxa Interna de Retorno

Taxa Interna de Retorno, ou TIR é a taxa de juros para a qual o VPL é nulo. Quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. Pense na TIR como a taxa de juros que uma aplicação financeira precisaria render para ser tão lucrativa quanto o projeto ou novo negócio.

Características Financeiras	
Preço do kWh ano 0	0,65
Degradação dos painéis (%a.a.)	0,80%
Custo de Manutenção (%a.a.)	0,50%
Inflação Projetada (%a.a.)	6,00%
Inflação Energética Projetada (%a.a.)	10,00%
Ano de troca do Inversor	13
Custo de Inversor no ano 13	R\$1.500,00

Retorno Financeiro Acumulado em 25 anos com solar



Investimento Concorrente (%a.a.)	12%
----------------------------------	-----



Resultados	
Valor do Investimento	R\$ 24.600,00
Economia já no Primeiro Mês	R\$466,66
Payback Ano	4
Economia Total Gerada	R\$530.665,26
Valor Presente Líquido	R\$58.862,45
Taxa Interna de Retorno	35,55%
Geração estimada diária (kWh)	21,71
Geração estimada mensal (kWh)	660,29
Geração estimada anual (kWh)	7923,42
Valor estimado do kWh com solar	R\$67,00



Com inversor SolarEdge ou micro inversor	R\$ 28.000,00
--	---------------

ORÇAMENTO		Forma de Pagamento por boletos Mendes Solar em 3x.	
Forma de Pagamento por bancos ou á vista		Boleto	
Valor total do Investimento	R\$ 24.600,00	Valor total dividido 1º de 75% + 2 x	
Pagamento	BANCOS/PARCELADO	pagamento do 1º Boleto: contrato	R\$ 18.450,00
Prazo de Entrega	2 meses	dividido de 2 vezes	R\$ 6.150,00
á vista 3% desconto	R\$ 23.862,00	pagamento do 2º Boleto: 1º mês	R\$ 3.075,00
Validade da Proposta	10 dias	pagamento do 3º Boleto: 2º mês	R\$ 3.075,00



- Financiamento Banco do Nordeste (FNE SOL) – 12 anos, até 1 ano carência (Para Pessoa Jurídica). Solicite uma simulação
- Financiamento Santander Energias Renováveis – Análise de Crédito Imediata de 12 a 60 vezes.
- Financiamento ou consórcio de sistemas solar Banco Brasil.
- CDC sustentável Bradesco/empréstimo algum banco de interesse do cliente.

ACEITAMOS TODOS OS CARTÕES

Facilitamos o seu pagamento

SOLUÇÃO COMPLETA DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO E ALGUNS SERVIÇOS
 A instalação é um processo simples, seguro e não envolve obras. Nosso tempo médio é de 3 a 5 dias. Equipe formada por engenheiros e técnicos com experiência em sistemas fotovoltaicos.





TERMO DE ACEITE

Declaro estar de acordo com os termos estabelecidos na proposta comercial e de serviços apresentados pela empresa Mendes Solar engenharia & energia, incluindo todas as especificações técnicas, quantidade de equipamentos, condições comerciais, valores e forma de pagamento.

Estamos à disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais.

Atenciosamente,

Eng electricista: **AROLD F MENDES JÚNIOR** -
 Gerente operacional
 Telefone/Whatsapp: (98) 98155-9427
 - E-mail: eng.aroldojunior@gmail.com
 - CREA/MA: 111817757-6

ACEITE DA PROPOSTA E FATURAMENTO:

Responsável/Cliente:

MENDES SOLAR Engenharia & Energia | Tel: (98): 98155-9427/991147549
 CNPJ:33549234/0001-41
 Rua urucutua, nº 04 | Aracagy.
 São José de Ribamar – MA | CEP: 65110-000 |
 site:www.mendessolareengenharia.com.br
 e-mail:comercial@mendessolareengenharia.com.br