



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Campus
Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

**ANÁLISE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E VIABILIDADE
FINANCEIRA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CASA
POPULAR NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE – GO**

INGRID MICHELLE BORGES

Rio Verde, GO

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E VIABILIDADE
FINANCEIRA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CASA POPULAR NO
MUNICÍPIO DE RIO VERDE – GO**

INGRID MICHELLE BORGES

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Costa Couto

Rio Verde – GO

Março, 2023



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2023 - CCBEAMB-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

No dia 01 de Março de 2023, às 14 horas, na Sala 17 - Pavilhão 2 do IF Goiano - Campus Rio Verde, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Bruno de Oliveira Costa Couto (orientador), Andriane de Melo Rodrigues (membro) e Patrícia Caldeira de Souza (membro), para examinar o trabalho de curso (TC) intitulado **"Análise de práticas sustentáveis e viabilidade financeira para uma casa popular no Município de Rio Verde"** da estudante Ingrid Michelle Borges, matrícula nº 2017102200740432, do curso de engenharia ambiental do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do trabalho de curso, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da banca examinadora.

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Costa
Couto
Orientador

(assinado eletronicamente)

Prof. Ms. Andriane de Melo
Rodrigues
Membro

(assinado eletronicamente)

Prof. Ms. Patrícia Caldeira de Souza
Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Patrícia Caldeira de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 10:48:00.
- Andriane de Melo Rodrigues, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 09:24:34.
- Bruno de Oliveira Costa Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 08:51:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 474246
Código de Autenticação: 332825d21b



Borges, Ingrid Michelle

Análise de práticas sustentáveis e viabilidade financeira para a construção de uma casa popular no município de Rio Verde - GO / Ingrid Michelle Borges. - Rio Verde - GO
77 f.: il.

Monografia (Graduação) - Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde, 2023.
Orientador: Dr. Bruno de Oliveira Costa Couto

Bibliografia

1. Construção sustentável. 2. Práticas sustentáveis. 3. Comparação de custos. I. Sustentabilidade na construção civil. II. Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde.

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, o autor da minha história e que nunca me abandonou. Seu amor é o meu sustento e me dá sempre coragem para questionar a realidade e tentar buscar novos caminhos para tentar fazer desse mundo um lugar melhor. E também dedico esse trabalho a mulher da minha vida, minha esposa Angélica, que é meu alicerce e porto seguro, e quem sempre me apoiou e me deu força. Só nós sabemos de tudo que passamos todos esses anos e sem você eu jamais teria conseguido. Essa vitória também é sua, meu amor.

AGRADECIMENTOS

Ser engenheira era um sonho que eu julgava ser impossível devido a vários fatores, principalmente econômicos, pois vim de uma família humilde e não teria condições de pagar uma faculdade particular, e ao escolher uma faculdade pública, seria em período integral, e teria de abrir mão do trabalho, o que nunca foi uma opção, pois o meu sustento provém dele. Mas eu consegui. Nós conseguimos. Por que várias pessoas foram essenciais nessa trajetória e contribuíram de alguma forma para que esse sonho se tornasse realidade.

Agradeço a Deus, por nunca ter me abandonado, e a São José, a quem sou muito devota e sempre estive comigo.

Agradeço ao grande amor da minha vida, minha esposa Angélica, que além de meu amor, é também minha melhor amiga e maior incentivadora. Sei que sem você eu não teria conseguido chegar até aqui e sou eternamente grata por tudo que fez e faz por mim. Só de pensar em você, meu coração se enche de alegria. Eu te amo mais que tudo!

Sou grata ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, carinhosamente chamado por mim de “meu lugarzinho”, pois sempre me senti em casa e muito acolhida nessa instituição.

Agradeço aos meus professores, por todo conhecimento compartilhado, e em especial ao meu orientador Bruno de Oliveira Costa Couto, que aceitou meu convite de participar desse trabalho.

Agradeço as empresas em que trabalhei durante a faculdade, pois foi através delas e trabalhando a noite, que consegui estudar durante o dia.

Agradeço a Frida, Flora, Romeu, Julieta, Eva e Kiara, meus nenésss. Vocês foram minha paz e meu ponto de equilíbrio em muitos momentos difíceis que tive durante todo esse período. Os dias ruins desaparecem quando chego em casa e sou recebida com lambeijos por vocês.

E a todos que, direta ou indiretamente, participaram da minha vida acadêmica e desse projeto, meu amor e gratidão eterna.

RESUMO

BORGES, Ingrid Michelle. **ANÁLISE DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS E VIABILIDADE FINANCEIRA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA CASA POPULAR NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE – GO.** 2022. 77p. Trabalho de Curso (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2023).

O objetivo do trabalho consistiu em uma análise das práticas sustentáveis aplicadas na construção civil e no desenvolvimento do projeto sustentável de uma residência padrão popular, visando um projeto piloto dentro do município de Rio Verde (GO). O projeto baseou-se em uma residência popular, onde o mesmo foi comparado levando em conta o padrão convencional com as determinações do levantamento de técnicas de construção sustentável. Para realizar a comparação do método sustentável com o método convencional, buscou-se técnicas que fossem facilmente aplicadas. As práticas sustentáveis apresentadas nesse projeto abordam uma energia limpa e que oferece economia financeira, com a energia fotovoltaica, o conforto térmico, com o telhado verde, e a preservação da água potável e economia da conta de água com o reservatório para captação e reuso da água da chuva. Com o orçamento apresentado foi possível analisar a viabilidade de uma construção sustentável no município de Rio Verde - GO, e foi verificado que mesmo o custo inicial sendo mais elevado que de uma construção convencional, o retorno financeiro a longo prazo e o benefício ao meio ambiente torna esse tipo de construção muito mais viável, tanto economicamente quanto ambientalmente.

Palavras-chave: construção sustentável, sustentabilidade na construção civil, práticas sustentáveis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Vida	26
Figura 2 - Representação de um processo de produção.....	30
Figura 3 - Classes dos resíduos da construção civil	36
Figura 4 - Consumo de energia elétrica no Brasil de 1990 – 2013	41
Figura 5 - Previsão do aumento do consumo de energia em edificações	42
Figura 6 - Edifício comercial JK	44
Figura 7 - Edifício comercial Porto Brasilis	45
Figura 8 - Conjunto Energisa.....	46
Figura 9 - Conjunto de edificações do empreendimento Ilha Pura	47
Figura 10 - Portfólio das ferramentas LEED	50
Figura 11 - Ferramentas do LEED relacionada às fases do empreendimento.....	51
Figura 12 - Categorias e Famílias de classificação da certificação	54
Figura 13 - Perfil mínimo de desempenho para certificação.....	54
Figura 14 - Comparação dos custos do método convencional e do método sustentável.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão ambiental	21
Quadro 2 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão social.....	22
Quadro 3 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão econômica.....	23
Quadro 4 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final.....	27
Quadro 5 - Requisitos de desempenho para qualidade de um empreendimento	31
Quadro 6 - Soluções para acondicionamento dos resíduos	37
Quadro 7 - Níveis de classificação do selo Casa Azul	55
Quadro 8 - Resultados das soluções adotadas com a energia fotovoltaica para o edifício sustentável	59
Quadro 9 - Resultados das soluções adotadas com a captação de água da chuva para o edifício sustentável	60
Quadro 10 - Resultados das soluções adotadas com o telhado verde para o edifício sustentável	60
Quadro 11 - Resultados das soluções adotadas com o bloco de cerâmica estrutural para o edifício sustentável	61
Quadro 12 - Resultados das soluções adotadas com o pavimento intertravado para o edifício sustentável	61
Quadro 13 - Resultados das soluções adotadas com a tintura mineral para o edifício sustentável	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas dos setores econômicos em relação ao PIB.	18
Tabela 2 - Níveis de Certificação LEED	52
Tabela 3 - Custo dos itens para uma residência convencional padrão popular na cidade de Rio Verde - GO.	62
Tabela 4 - Custo dos itens para uma residência sustentável padrão popular na cidade de Rio Verde - GO.	64

LISTA DE SIGLAS

A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV - Análise do Ciclo de Vida
ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ASTM - American Society for Testing and Materials
BEES - Building for Environmental and Economic Sustainability
BRE - Building Research Establishment
BREEAM - Building Establishment Environmental Assessment Method
CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CIB - Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
CO2 - Dióxido de Carbono
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA- Agência de Proteção Ambiental
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
GBC - Green Building Council
GSA - United States General Services Administration
HQE - Haute Qualité Environnementale
ISO - Organização Internacional da Padronização
LCC - Life Cycle Cost
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
NIST - National Institute of Standards and Technology
NBR - Norma Brasileira
ONGs - Organizações Não Governamentais
ONU - Organização das Nações Unidas
PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PIB - Produto Interno Bruto

RCC - Resíduos da Construção Civil

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SNIS - Sistema de Informação sobre Saneamento

SO₂ - Dióxido de Enxofre

TWh - Terawatt-hora

UNCED - United Nations Conference on Environment and Development

USGBC - United States Green Building Council

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações iniciais	14
1.2 Justificativa	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Impactos Ambientais, Econômicos e Sociais da Construção civil.....	16
3.2 Construção Sustentável	19
3.2.1 Dimensão Ambiental e Análise do Ciclo de Vida (ACV).....	25
3.2.2 Dimensão social	28
3.2.3 Dimensão econômica	29
3.3 Medidas e Sistemas Sustentáveis na Construção Civil	31
3.3.1 Materiais Sustentáveis.....	33
3.3.2 Gerenciamento de Materiais e Resíduos da Construção Civil	34
3.3.3 Gerenciamento de Águas e Efluentes.....	37
3.3.4 Gerenciamento de Energia	39
3.3.5 Exemplos de edifícios sustentáveis	43
3.4 Certificações.....	47
3.4.1 BREEAM.....	48
3.4.2 LEED.....	50
3.4.3 AQUA - HQE.....	53
3.4.4 Selo Casa Azul	55
3.5 Vantagens e Desvantagens da Construção Sustentável.....	55
4. METODOLOGIA.....	57
4.1 Descrição do Projeto	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1 Soluções adotadas	58
5.2 Orçamento	62
6. CONCLUSÃO.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O principal modelo de desenvolvimento mundial ainda continua sendo a exacerbada utilização dos recursos naturais, que tem por consequência a degradação do meio ambiente. Segundo METHA (1999), esse crescimento se dá tanto por parte de países industrialmente ricos quanto pelos países em desenvolvimento ou industrialmente pobres. Nos países ricos, a manutenção dos elevados padrões de vida promove um consumo cada vez maior. Por outro lado, nos países em desenvolvimento, a busca por melhorias em seus padrões de vida, conduz a um elevado crescimento no consumo dos recursos naturais. No entanto, é perceptível, levando-se em conta a limitação dos recursos naturais e as mudanças climáticas, que esse caminho não se sustentará com decorrer dos anos.

E esse modelo de desenvolvimento está diretamente ligado à construção civil que, com o êxodo rural e ambientes cada vez mais urbanos, é uma das atividades que mais causam impactos negativos ao meio ambiente, sendo também, uma das mais importantes, tanto no âmbito econômico quanto no social.

Com o passar dos anos e da ação social de Organizações Não Governamentais (ONGs), surgiram os defensores do meio ambiente que reivindicavam às empresas o início de um processo de preservação do meio ambiente, contribuindo também para a comunidade local (KARKOTLI, 2006).

O desenvolvimento sustentável é discutido frequentemente, principalmente quando se trata de recursos ambientais, pois estes são potenciais de desenvolvimento da sociedade. Para se alcançar o desenvolvimento desejado é necessário que haja conscientização da utilização racional dos recursos ambientais, mediante adoção de tecnologias adequadas e organização social equitativa e eficiente (KARKOTLI, 2006).

A sustentabilidade pode ser resumida como a capacidade da empresa em se auto manter e de se auto sustentar, focando na racionalização econômica, proclamando os valores da vida, da justiça social e do compromisso com as gerações vindouras (NORO, 2010).

Cada vez mais tem-se percebido que o caminho para um mundo mais sustentável é mais amplo do que se imaginava, e que isso não é responsabilidade apenas das empresas, mas também de vários outros setores, como a sociedade e o governo. Ainda assim, a maioria da

população ainda não conhece esse novo modelo de desenvolvimento, seus benefícios e a maneira de colocá-lo em prática.

Os impactos gerados pela construção civil estão basicamente relacionados ao consumo de recursos naturais e de energia e à geração de resíduos. Estes ocorrem tanto durante e para a construção quanto no uso de edifícios. A discussão de conceitos de concepção de edifícios com menor consumo de recursos naturais, de energia e menor geração de resíduos, contribui para uma prática de sustentabilidade na medida em que soluções são criadas e que se aumenta o nível de conscientização da sociedade para o problema. Pesquisas sobre esses conceitos e possíveis soluções têm papel fundamental na mudança de paradigma do setor da construção civil. A incorporação de práticas de sustentabilidade no edifício “é uma forma de promover a busca pela igualdade social, valorização dos aspectos culturais, maior eficiência econômica e menor impacto ambiental nas soluções adotadas nas fases de projeto, construção, utilização, reutilização e reciclagem da edificação, visando à distribuição equitativa da matéria-prima e garantindo a competitividade do homem e das cidades” (KRONKA MÜLFARTH, 1999).

Diante disso, esse trabalho irá se desenvolver com base em um estudo de caso de uma residência padrão popular na cidade de Rio Verde - GO, visando a melhoria das práticas relacionadas à construção civil, adequando-as aos padrões da sustentabilidade, aplicando medidas e sistemas sustentáveis, e que tem por objetivo disseminar um modelo de desenvolvimento sustentável.

1.2 Justificativa

A construção civil tem extrema relevância quando se trata de termos econômicos e sociais e, por sua vez, também é uma das principais atividades em que mais se agride o meio ambiente. Dessa forma, ponderar a maneira de se construir é uma forma de analisar os problemas e buscar soluções para os mesmos.

A sustentabilidade tem nos mostrado caminhos onde o principal objetivo é atenuar efeitos causados antigos métodos de desenvolvimento, como na construção civil. Devido a isto, diversos setores têm buscado métodos e sistemas que possibilitem construir de maneira mais sustentável. Portanto, tornando a construção civil ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável.

Este projeto traz uma proposta de construção sustentável em uma residência popular, buscando soluções sustentáveis, mas respeitando às normas vigentes, com o objetivo de torná-la um modelo a ser seguido.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na análise das práticas sustentáveis aplicadas na construção civil e no desenvolvimento do projeto sustentável de uma residência padrão popular, visando um projeto piloto dentro do município de Rio Verde (GO).

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) apresentar os impactos causados ao meio ambiente pela construção civil;
- b) compreender o conceito de desenvolvimento sustentável;
- c) analisar os métodos, materiais e sistemas utilizados para a realização de uma construção sustentável;
- d) ressaltar a importância da utilização de técnicas sustentáveis em um projeto de construção civil, apresentando os custos e vantagens e desvantagens em comparação ao método tradicional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Impactos Ambientais, Econômicos e Sociais da Construção civil

A construção civil é uma atividade altamente relevante e que traz inúmeros benefícios, não apenas econômicos, mas também sociais, promovendo o contínuo desenvolvimento do país. O setor é responsável por uma vasta movimentação socioeconômica, onde a geração de empregos, vendas e locações e moradias são apenas alguns exemplos de como as construções, seja de pequeno ou grande porte, são importantes para a sociedade.

Porém, em contrapartida, é um setor altamente degradante e os impactos ambientais causados podem ser observados em todas as etapas de sua cadeia produtiva. Assim, tem-se degradação logo na extração de matéria-prima, sendo o setor responsável por grande parte dos recursos naturais extraídos, entre 15 e 50 %. Pode-se citar também, ainda nessa etapa inicial, os 220 milhões de toneladas de agregados naturais que são consumidos apenas na produção de

concreto e argamassa no Brasil, e ainda, o fato de cerca de 2/3 de a madeira natural extraída ser utilizada por essa atividade, sendo que a grande maioria das florestas não são manejadas de maneira adequada (JOHN, 2007).

Muitos impactos são gerados em decorrência da construção civil, seja de maneira direta ou indireta. Desde a fabricação de materiais, como o cimento, por exemplo, até ao acabamento de uma obra, há consequências que são de responsabilidade social, econômica e ambiental. Mesmo que à primeira vista, esses danos possam não parecer significativos, com estudos e um olhar mais críticos, eles podem ser previstos, prevenidos e mitigados.

Toda ação antrópica pode causar impactos ambientais, assim como sociais e econômicos, que podem ser negativos ou positivos, temporárias ou permanentes, e tudo isso vai depender da significância do impacto. Algumas obras podem provocar danos irreversíveis ao ecossistema, alterando-o drasticamente e até provocando sua extinção.

Grande parte dos recursos da natureza são consumidos pela construção civil. Segundo JOHN *et al* (2007), o setor de construção de edificações chega a consumir até 75% dos recursos extraídos da natureza, com o agravante de a maior parte não ser renovável. A produção, o transporte e o uso de materiais contribuem para a poluição global, bem como as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes do ambiente externo de edificações.

Conforme apontam SOUZA e DEANA (2007, p. 7), a cadeia produtiva da construção é responsável pelo consumo de 14% a 50% dos recursos naturais extraídos no planeta. No Japão, responde por 50% dos materiais circulantes na economia, e nos EUA, relaciona-se a 75% dos materiais.

De acordo com estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2013), a operação de edifícios consome cerca de 40% da energia elétrica produzida no Brasil. E o consumo de recursos hídricos também é grave onde, segundo o Sistema de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2008), os níveis de desperdício das concessionárias públicas são de aproximadamente 40%, em média, e de até 55% em algumas cidades do Brasil.

Para Costa e Formoso (1998), perda é qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias a produção da edificação. Portanto, a perda abrange tanto o desperdício de materiais, e também a realização de atividades não necessárias que determinam custos adicionais e não contribuem para o lucro.

De acordo com o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA, 1993) em uma análise realizada, o setor da construção civil é o segundo em desperdício e perdas, afetando o PIB nacional de forma direta com este fator.

Tabela 1 - Perdas dos setores econômicos em relação ao PIB.

Atividade	Agropec.	Construção Civil	Serviços	Indústria	Energia	Transp.
Contribuição para o PIB	10% do PIB	9% do PIB	16% do PIB	38% do PIB	Somam 27% do PIB	
Perdas anuais em milhões de dólares	8790	6700	8400	6650	4730	5010
Perdas anuais em % do PIB	2,51%	2,40%	1,91%	1,90%	1,35%	1,43%

Fonte: Adaptado de CONFEA (1993)

Ultimamente o desperdício de insumos tem que se tornado uma pauta importante dentro das organizações, que cada vez mais vem buscando alternativas de minimizar esse problema que é tão recorrente.

A indústria da construção civil está se remodelando, a disponibilidade financeira está menor e os clientes cada vez mais exigentes, estes aspectos tem determinado uma nova reforma com relação as empresas, exigindo a toma de estratégias mais modernas com o foco na qualidade, racionalização e produtividade, obtendo assim um produto final melhor e mais barato (COSTA; FORMOSO, 1998).

Conforme Pinto (1994), alguns materiais empregados detêm perdas que, efetivamente são gritantes, se avaliadas isoladamente no Brasil, em que se destacam:

- a) Cimento - entre 33% e 85% do total de cimento utilizado;
- b) Areia - entre 39% e 46% do total necessário;
- c) Argamassa - variando de 86% a 92% de toda argamassa empregada;
- d) Cal hidratada - cerca de 102% da cal é gasta além do que realmente se necessitaria na obra.

Para que as perdas sejam minimizadas ou acabadas é necessário que as empresas consigam determinar, entre as diversas tarefas as que são dispostas no processo de construção, e que de forma efetiva contribui para a realização do produto final, e as atividades que são secundárias (que possuem a possibilidade de poderem melhorar ou não serem realizadas sem prejudicar o método) (SEBRAE; SENAI; GTZ, 2007).

3.2 Construção Sustentável

Segundo o relatório da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2014), o desafio da sustentabilidade assumiu, há alguns anos, um papel de destaque na agenda da Indústria da Construção no Brasil. Já existem diversos estudos em nível nacional e mundial que perscrutam os impactos positivos e negativos gerados pelo mercado imobiliário e a Indústria da Construção sobre a sociedade, economia e o meio ambiente.

O objetivo de uma construção sustentável é a busca por atender os princípios do desenvolvimento sustentável, que conforme o Relatório de Brundtland (1987) é o modelo de desenvolvimento que visa suprir as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações de atender as suas próprias necessidades. Ou seja, é o empreendimento que procura reduzir os seus impactos ambientais, sociais e econômicos durante a sua construção, uso e demolição.

Segundo Krygiel e Nies (2008) o edifício sustentável busca desenvolver e são concebidos visando o aumento da eficiência dos recursos naturais (água, energia e materiais) através de medidas e procedimentos construtivos, com foco na redução dos impactos da construção, e minimização dos impactos à saúde das pessoas e ao meio ambiente e gerando ainda possíveis economias financeiras.

Vários estudos comprovam os benefícios das construções sustentáveis. Conforme aponta o Capital E (2003), este novo modelo de construção pode reduzir em 30% o consumo de energia, em 36% as emissões de gases do efeito estufa, 81% dos prédios pesquisados reduziram em no mínimo 50% do uso de água e 38% deles reduziram ao menos 75%, assim como reduziram de 50 a 60% a geração de resíduos. Já a GSA (*United States General Services Administration*), órgão responsável pela administração dos edifícios do governo federal norte-americano, realizou um estudo em que os edifícios verdes reduziram 19% os custos de manutenção e garantiram um nível de satisfação pelos seus ocupantes 27% maior em comparação com outros prédios (GSA, 2011). Portanto, também são obtidas vantagens econômicas nestes empreendimentos, não somente a redução dos impactos ambientais.

De acordo com Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção – CIB a construção sustentável deve partir de um “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002).

A construção sustentável é aquela comprometida com o desenvolvimento sustentável. Seus conceitos e práticas são usualmente relacionados a ações e metas previstas nos meios

decisórios do desenvolvimento sustentável, devendo ser uma resposta a estas. As Agendas 21, incluindo a definida pela ONU e as diferentes iniciativas nacionais, regionais, locais e setoriais, são o principal meio decisório destas ações e metas. E estas são normalmente entendidas a partir da integração das dimensões ambientais, sociais e econômicas (*triple bottom line*) (MOTTA, 2009).

Práticas e conceitos da sustentabilidade no ambiente construído foram relacionados por SILVA (2003) às três dimensões do *triple bottom line* e também a uma dimensão institucional. A dimensão institucional, segundo Motta (2009), procura fortalecer os esforços para sustentabilidade, dentro e fora de uma indústria específica e, também, a Agenda 21. Os quadros 1, 2 e 3 ilustram esses conceitos, relacionando o modelo de desenvolvimento e construção sustentável pertinentes e previstos na Agendas 21, com as possibilidades de ações e práticas da construção civil, separados nas três dimensões do *triple bottom line*.

Quadro 1 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão ambiental

DIMENSÃO AMBIENTAL		
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído
Atmosfera	Mudança climática	Evitar gases causadores de efeito estufa (GHC)
	Dano a camada de ozônio	Evitar materiais cujo uso e/ou produção emitam substâncias nocivas a camada de ozônio.
	Qualidade do ar	Evitar poluentes do ar em áreas urbanas.
Solo	Poluição do solo	Evitar poluição do solo.
		Gestão do resíduo de construção.
	Agricultura	Seleção da área: evitar área de potencial agrícola.
	Florestas	Seleção da área: evitar danos aos ecossistemas.
		Usar madeira certificada.
	Desertificação e erosão	Cuidados na preparação do sítio.
		Cuidados para drenagem natural do terreno.
Urbanização e assentamentos	Seleção da área: direcionar crescimento urbano.	
	Seleção da área: priorizar vazios urbanos com infraestrutura.	
	Evitar densidades de ocupação baixas.	
Oceanos, mares e costa		Evitar poluição
		Ocupar adequadamente áreas litorâneas.
Água doce	Quantidade de água	Conservar e reduzir o consumo de água.
		Manter permeabilidade do solo.
	Qualidade da água	Tratar dos efluentes do ambiente construído.
Evitar efluentes geradores de eutrofização.		
Saneamento		Prever infraestrutura de saneamento básico: evitar poluição
Biodiversidade	Ecossistemas e espécies chaves.	Seleção da área: evitar danos aos ecossistemas.
		Estudar o impacto ambiental.
		Conservar a vegetação.

Fonte: Adaptado de Silva (2003).

Quadro 2 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão social

DIMENSÃO SOCIAL		
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído
Justiça social	Erradicação da pobreza	Gerar empregos diretos e indiretos com salários adequados.
	Igualdade de gênero.	Reduzir desigualdade de salários e oportunidades para homens e mulheres.
	Relações trabalhistas	Política de remuneração justa.
	Comunidades locais	Uso de mão de obra local.
Educação	Capacitação técnica para sustentabilidade	Programas formais de treinamento.
	Alfabetização	Programas formais de alfabetização e melhoria de educação.
	Conscientização pública	Programas de divulgação.
Saúde	Qualidade do ambiente interno	Eliminar materiais com compostos orgânicos voláteis – COVs.
		Priorizar circulação natural de ar.
		Limpeza e renovação do ar.
	Saúde e segurança do trabalho	Proporcionar infraestrutura e equipamentos adequados.
		Proporcionar condições ergonômicas de trabalho.
		Política de redução de acidentes.
	Condições sanitárias	Acesso a abastecimento de água tratada.
Acesso a infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto.		
Destinar apropriadamente o lixo e resíduos sólidos		
Infraestrutura urbana		Seleção da área: priorizar proximidade de parques e áreas de lazer públicas.
		Construir áreas públicas nos edifícios.
	Transporte	Incentivar o uso de transporte coletivo e/ou limpos (exemplo: bicicleta).
		Reduzir o impacto sobre o sistema viário e de transporte existente
	Habitação	Participar de política de redução do <i>deficit</i> habitacional.
		Participar de política de melhoria de habitações precárias, formais e informais.

Fonte: Adaptado de Silva (2003).

Quadro 3 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão econômica

DIMENSÃO ECONÔMICA			
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído	
Estrutura econômica	Recursos e mecanismos financeiros	Investir em tecnologias mais eficientes e limpas.	
		Financiar iniciativas, políticas e programas para aumento de sustentabilidade.	
	Desempenho econômico	Aumentar a qualidade do produto e de processos.	
		Aumentar o ciclo de vida do ambiente construído.	
		Alocar eficientemente os recursos.	
Padrões de produção e consumo	Consumo de materiais	Prever custos ambientais e sociais no valor final.	
		Priorizar matérias com produção eficiente (menor desperdício e resíduos)	
		Utilizar de modo eficiente os materiais	
		Reduzir o desperdício e resíduos da construção.	
		Gestão para melhoria da qualidade da construção.	
		Aumentar a durabilidade dos materiais.	
	Gestão de resíduos	Planejar a manutenção da edificação.	
		Otimizar o uso do espaço: projeto.	
		Reutilizar e/ou reciclar componentes.	
		Reutilizar e/ou reciclar resíduos de construção.	
	Uso de energia	Implantar programa de coleta seletiva durante a construção e no uso da edificação.	
		Dispor adequadamente o resíduo de construção.	
		Projeto com estratégias de eficiência no consumo de energia.	
		Reduzir o uso de energia durante a construção.	
	Uso da água	Priorizar materiais com menor energia incorporada	
		Utilizar energia renovável.	
		Projeto com estratégias de eficiência no consumo de água.	
	Transporte	Utilizar fontes alternativas de abastecimento de água: águas pluviais, reuso de água e outros.	
		Programas de conscientização no uso da água	
	Divulgação	Priorizar materiais locais.	
		Priorizar mão de obra e serviços locais	
			Instrumento de informação ao consumidor: <i>marketing</i> .

Fonte: Adaptado de Silva (2003).

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), apresentam algumas práticas para sustentabilidade na construção, sendo as principais (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - FIEMG, 2008):

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;

- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

MOTTA e AGUILAR (2008) sintetizaram os principais conceitos relacionados com a sustentabilidade. Observou-se que a sustentabilidade deve estar presente em todas as fases do ambiente construído, sendo estas: idealização, concepção, projeto, construção, uso, manutenção e final de vida útil.

Carvalho (2013) aponta que para a edificação ser considerada sustentável ela deve focar nas seguintes questões: gerenciamento dos resíduos da construção, operação e demolição; uso eficiente de recursos, como minimizar o impacto da produção e reduzir o consumo de água e terra; economia e uso eficiente de energia; e fornece um ambiente interno saudável.

De acordo com Valente (2009), a construção sustentável consiste em soluções e melhores práticas obtidas por meio do projeto para tratar de questões ambientais, para atender às necessidades futuras dos usuários. Para este propósito, os elementos construtivos que reduzem o impacto ambiental global, por exemplo, são adequados para materiais de reutilização, economia de água e baixo consumo de energia. Além disso, considerações técnicas, ambientais e econômicas devem ser avaliadas com o mesmo grau de importância.

Em síntese, o Guia da Sustentabilidade na Construção (CBIC, 2008) compila e enumera nove princípios necessários à elaboração de uma construção sustentável:

- a) Qualidade da implantação.
- b) Gestão do uso da água.
- c) Gestão do uso de energia.
- d) Gestão de materiais e redução de resíduos.
- e) Prevenção de poluição.
- f) Gestão ambiental (do processo).
- g) Gestão da qualidade do ambiente interno.

- h) Qualidade dos serviços.
- i) Desempenho econômico.
- j) Gestão do local, incluindo aspectos culturais e ambientais do entorno.
- k) Responsabilidade social.

3.2.1 Dimensão Ambiental e Análise do Ciclo de Vida (ACV)

Na dimensão ambiental, a sustentabilidade busca um “equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso destes recursos de forma a permitir que o planeta continue a suportar uma qualidade de vida aceitável” (CIB *et al.*, 2002).

Portanto, o valor ambiental do ambiente construído está relacionado com seu impacto ao meio ambiente. Pode-se dar um significado objetivo aos impactos e conseqüentemente ao valor ambiental, através da avaliação e mensuração desse impacto. O principal método de avaliação é a análise do ciclo de vida ou ACV (MOTTA, 2009).

Conforme Honda (2016), a metodologia da Análise do Ciclo de Vida (ACV) é a maneira mais objetiva para avaliar os impactos ambientais dos materiais e sistemas construtivos. Ela é baseada na quantificação de todos os fluxos de matéria e de energia estabelecidos por cada produto ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, da sua origem ao seu fim.

De acordo com Motta (2009), a análise do ciclo de vida ou ACV é definida como a avaliação e comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentam funções similares em todo ciclo de vida do mesmo. Para isso ela realiza inventários do fluxo de energia e matéria para cada sistema de maneira a comparar estes entre si, retratados sob o aspecto de impactos ambientais. A ACV é normalizada pela série ISO 14000.

As etapas básicas de uma ACV são: definição do problema; inventário ou balanço de massa-energia; e avaliação de impactos ambientais.

Na primeira etapa tem-se:

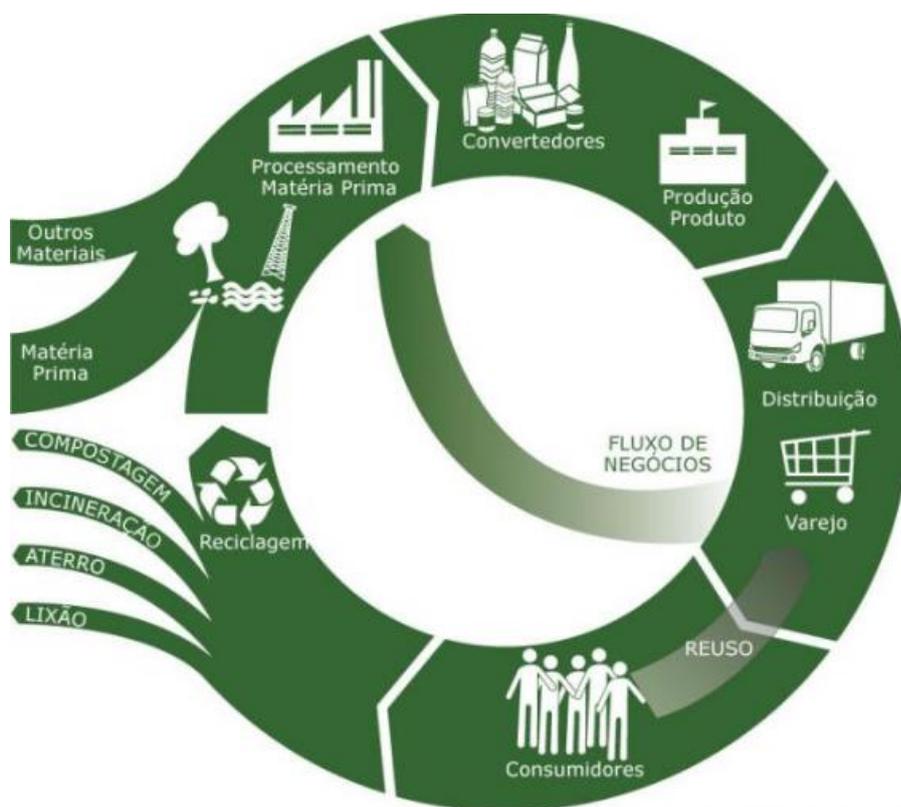
- a definição do objetivo do estudo;
- a delimitação das fronteiras do sistema;
- a definição da base referencial ou unidade funcional.

A norma ISO 14040 indica que: “A análise do Ciclo de Vida é uma técnica para determinar os aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto juntando um inventário de todas as entradas e saídas relevantes do sistema, avaliando os impactos ambientais

potenciais associados a essas entradas e saídas, e interpretando os resultados das fases de inventário e impacto em relação com os objetivos de estudo”.

Segundo a cartilha da Agenda Ambiental na Administração Pública – A3P (2013), esta análise permite constatar os impactos além dos limites da área produtiva. Em alguns casos, esses efeitos podem se apresentar de maior relevância que os provocados diretamente pelos processos de confecção do produto. Com a superexploração e uma gestão inadequada de recursos florestais, pode-se gerar impactos significativos na qualidade do solo, com os consequentes impactos sobre a taxa de renovação da vegetação e sobre a qualidade das águas superficiais, devido ao carreamento de sedimentos e material orgânico derivados de processos erosivos (figura 1).

Figura 1 - Ciclo de Vida



Fonte: A3P (2013).

Há três grandes tendências de modelos de avaliação dos impactos ambientais. As diferenças entre elas estão na consideração ou não de especificidades locais e das consequências dos impactos, nas categorias ambientais. Mid point (médio ponto) são as categorias que não consideram as consequências ambientais e end point (ponto final) são quando consideram. No quadro 4 são apresentadas algumas categorias classificadas como ponto médio ou ponto final.

Quadro 4 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final

CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL	
Ponto Médio	Ponto Final
Mudança climática	Qualidade do ecossistema
Acidificação	Saúde humana
Eutrofização	Uso de Recursos
Destruição da camada de ozônio	
Ecotoxicidade	
Uso do Solo	

Fonte: Adaptado de UGAYA (2008).

Ao final da avaliação, determina-se um indicador único, levando em consideração os impactos a partir da importância relativa (pesos) das categorias ambientais, utilizando-se uma base comparativa.

3.2.1.1 Ferramentas de Ciclo de Vida (ACV)

Conforme aponta Motta (2009), para avaliação prática do impacto ambiental de um produto ou serviço, através de uma ACV, foram desenvolvidas ferramentas computacionais de simulação. Existem ferramentas para ACV de materiais e ferramentas específicas para ACV em edificações. Entre as principais ferramentas de ACV de materiais com utilidade para edificações, pode-se citar o SimaPro, o GABI e o UMBERTO. Já entre as ferramentas específicas para edificações, estão o BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) e as do *Athena Institute*.

De acordo com Motta (2009), o SimaPro foi desenvolvido na Holanda, baseado na ISO 14000 (PRE, 2004). Ele é composto de uma série de softwares que, através de um banco de dados atualizável, avalia o impacto ambiental de um material. O SimaPro é a ferramenta computacional de ACV para materiais mais utilizada no mundo, incluindo indústrias, universidades e instituições de pesquisa (PRE, 2004). O GABI foi desenvolvido na Alemanha pelo instituto PE Europe junto com a universidade de Stuttgart. UMBERTO também foi desenvolvido na Alemanha, pelo Instituto de Informática Ambiental Hamburgo. Ambos podem ser utilizados em vários setores para ACV de materiais, assim como o SimaPro.

O BEES foi desenvolvido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) dos Estados Unidos, como parte do programa *Environmentally Preferable Purchasing* da Agência de Proteção Ambiental - EPA, que visa priorizar as compras de produtos com melhor desempenho ambiental (LIPPIATT, 2007 apud MOTTA, 2009).

O diferencial da ferramenta é que ela permite uma associação do desempenho ambiental com o desempenho econômico do produto. O desempenho ambiental é avaliado tendo como base a norma ISO 14040. Os estágios do ciclo de vida analisados são: aquisição, manufatura, transporte, construção, uso, manutenção, reciclagem e gestão de resíduos. O desempenho econômico é avaliado através do método de custo de ciclo de vida (*Life Cycle Cost* ou LCC) da ASTM. A avaliação engloba os custos do investimento, da execução, da operação, da manutenção e do descarte. Os desempenhos ambiental e econômico são ponderados para uma avaliação única através do método de análise de decisão *Multi-Attribute* da própria ASTM (MOTTA, 2009).

O *Athena Institute*, situado no Canadá, é uma organização não governamental que busca auxiliar arquitetos e engenheiros na avaliação do impacto ambiental dos produtos e edifícios, novos e existentes, através do método de ACV. Ele desenvolveu as ferramentas computacionais *Athena Impact Estimator for buildings* e *Athena EcoCalculator for Assemblies*. O *Impact Estimator* simula uma ACV de um edifício com até 1200 variáveis e possui modelos de edificações compatíveis com cerca de 95% das tipologias norte americanas, incluindo edifícios industriais, institucionais, comerciais e residenciais. O *EcoCalculator* realiza simulações de ACV de matérias e componentes construtivos, mostrando resultados imediatos (MOTTA, 2009).

3.2.2 Dimensão social

Na dimensão social se busca o “desenvolvimento de sociedades justas, que proporcionem oportunidades de desenvolvimento humano e um nível aceitável de qualidade de vida” (CIB et al., 2002).

Segundo Motta (2009, p. 39), o valor social da sustentabilidade deve ser mais importante em países em desenvolvimento que buscam aumentar a qualidade de vida de sua população, do que em países desenvolvidos, que já alcançaram o bem-estar social. Para Silva (apud MOTTA, 2009, p. 39), os indicadores do desempenho social devem retratar as consequências da atividade econômica da empresa e/ou empreendimento. Este valor deve considerar o impacto global sobre toda sociedade, incluindo os empregados, empreiteiros e subcontratados, fornecedores, clientes e comunidade.

No entanto ainda não existe um conceito formal e único do valor social (ARAÚJO, 2006). Algumas propostas indicam o valor social de uma empresa ou empreendimento como aqueles que através de programas consistentes, geram e disseminam conhecimento e promovem

o crescimento tanto da organização quanto de todos os públicos que exercem influência ou são influenciados pela empresa (BUENO et al., 2002). Esses valores devem prever práticas para atendimento da comunidade, incluindo e indo além dos obrigatórios por lei. Deste modo é importante a incorporação em uma empresa e empreendimento de valores sociais na missão, na cultura e na mentalidade dos dirigentes e colaboradores, visando o bem-estar da população, pois o próprio sucesso desses depende da sociedade a qual pertencem (FELIX, 2003).

Para dar um significado objetivo ao desempenho e valor social das empresas, algumas entidades buscam indicadores específicos. No Brasil, podemos destacar o indicador de Responsabilidade Social Empresarial do Instituto ETHOS. No entendimento do instituto, a responsabilidade social é um valor que indica “o comprometimento permanente dos empresários de adotar um comportamento ético e contribuir para o desenvolvimento econômico, melhorando simultaneamente a qualidade de vida de seus empregados e de suas famílias, da comunidade local e da sociedade como um todo” (CUSTODIO e MOYA, 2007).

O índice ETHOS busca auxiliar as empresas no aprofundamento da responsabilidade social e comprometimento com o desenvolvimento sustentável. Desenvolvido desde 1999, existem ferramentas e índices específicos para vários setores da economia. O setor da construção civil possui um índice ETHOS desde 2005 (MOTTA, 2009, p. 39 e 40).

3.2.3 Dimensão econômica

Na dimensão econômica, a sustentabilidade busca um sistema econômico que facilite o acesso a recursos e oportunidades e o aumento de prosperidade para todos, dentro dos limites do que é ecologicamente possível e sem ferir os direitos humanos básicos” (CIB/UNEP-IETC, 2002). Assim, ela reconhece a necessidade do consumo para o alcance do bem-estar e da prosperidade, considera a lógica de produção de bens de consumo, incorporando o uso eficiente dos recursos. O valor econômico pode então ser associado a uma melhoria nas práticas de produção, que busquem produtividade, menor consumo de recurso, durabilidade, viabilidade, competitividade econômica e empresarial, que leve a um crescimento sustentável do padrão real de vida da população, com aceitável justiça distributiva (LANDAU, 1992). O principal conceito que influencia estas questões é a qualidade (DEMING, 1990; COLTRO, 1996).

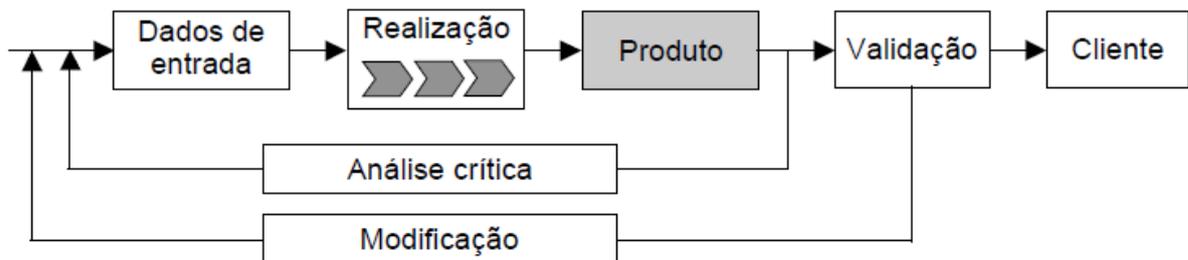
O conceito de qualidade do produto foi desenvolvido a partir dos campos administrativos e de controle de produção. Nos anos 50 e 60, foram formulados os principais conceitos de qualidade de um produto, sendo (FABRÍCIO, 2004):

- qualidade do produto como máxima utilidade para o consumidor (DEMING, 1990);
- qualidade como o perfeito contentamento do usuário (FEIGENBAUM, 1951);
- qualidade como satisfação das necessidades do cliente (JURAN, 1991);
- qualidade efetiva é a que realmente traz satisfação ao consumidor (ISHIKAWA, 1993).

Sistemas de gestão são utilizados para a realização de um produto. Os sistemas de gestão que se baseiam em conceitos de qualidade são chamados de sistemas de gestão pela qualidade.

Na gestão pela qualidade, o produto é entendido como resultado de um processo que utiliza um conjunto de dados de entrada e que, ao final, deve garantir como dados de saída um grupo de soluções que respondem às necessidades dos clientes internos e externos do mesmo. As necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros que serão parte integrante dos dados de entrada. A realização do produto também é entendida como uma série de processos internos. As etapas de definição de dados de entrada, realização do produto e o produto, devem ser analisados criticamente, aprimorando as definições do processo (MELHADO, 1999). De acordo com o autor, o produto final deve ser verificado em relação aos parâmetros definidos e validados junto aos clientes (figura 3).

Figura 2 - Representação de um processo de produção



Fonte: Adaptado de Melhado (1999).

As incorporações de valores de qualidade e de gestão para qualidade nos empreendimentos de construção civil ocorrem, principalmente, a partir de exigências de mercado e/ou regulamentações (ANDERY, 2008 apud MOTTA, 2009). Na gestão do empreendimento, a qualidade é vista como condições de desempenho a ser auferida através de práticas metodizadas. As normas da série ISO 9000 e o programa PBQP-H são referências para sistematizar ações de gestão pela qualidade. De modo geral, os empreendimentos adotam como requisitos de desempenho as normas técnicas. A norma técnica NBR-15.575 (ABNT, 2013) resume os requisitos de desempenho de edifícios habitacionais até 5 pavimentos, incluindo o

tema sustentabilidade, dentro do conceito entendido pela mesma. Desde modo, pode-se entender que os requisitos dessa norma estão relacionados com a qualidade de edifícios habitacionais de cinco pavimentos. Na NBR-15.575, a sustentabilidade é vista como mais um requisito de desempenho a ser considerado na qualidade do edifício (quadro 5).

Quadro 5 - Requisitos de desempenho para qualidade de um empreendimento

Qualidade de um empreendimento	
Requisitos de desempenho	Segurança estrutural
	Segurança ao fogo
	Segurança interno-externa
	Estanqueidade
	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto tátil
	Adaptação à utilização
	Durabilidade
	Manutenabilidade
	Sustentabilidade.

Fonte: Adaptado de Fabrício (2002).

3.3 Medidas e Sistemas Sustentáveis na Construção Civil

Diversas medidas podem ser adotadas para promover uma edificação sustentável em cada um dos princípios necessários para esse tipo de construção. Para Garrido (2010), as medidas mais econômicas são aquelas que oferecem o máximo benefício ambiental, enquanto aquelas que têm menos eficiência são as mais caras para o meio ambiente.

A introdução de práticas sustentáveis deve começar na fase de planejamento da obra, a partir da seleção da área e da vistoria, a fim de garantir uma adequada interligação do prédio com o meio ambiente. A avaliação das obrigações ambientais da estação é necessária para impedir a construção ou tomar medidas corretivas em locais contaminados por usos anteriores ou fontes próximas de poluição. Ao escolher um canteiro de obras, a prioridade deve ser dada às áreas urbanizadas com infraestrutura estabelecida e serviços básicos acessíveis na área, manutenção das áreas naturais existentes e restauração de habitats. Para implementar as condições ambientais, é necessária a drenagem local, saneamento, abastecimento de água, coleta de lixo, eletricidade, estradas, transporte coletivo e outros. (LOPES, 2013).

A gestão da construção em termos de sustentabilidade é importante para a construção ambiental. Prevenção de erosão, sedimentação de cursos de água e formação de poeira, ou seja, proteção do solo, prevenção de partículas arrastadas pela chuva ácida e cursos do vento e chuva

ou poluição da água e prevenção da poluição do solo, o material de partículas transportadas pelo ar é uma prática que deve ser projetada e aprovada no local da obra. Para isso, existem algumas medidas de controle: cercar o canteiro, pulverizar a água antes e durante a operação e evitar cavar quando a velocidade do vento estiver alta (LOPES, 2013). Algumas ações devem ser tomadas para que o entremetimento no entorno da construção seja o menor possível, reduzindo a harmonia do ambiente, como o respeito ao tempo de trabalho, limpeza e manutenção das estradas, redução de ruídos, etc.

Durante a construção, há também um amplo movimento de veículos para o transporte de matérias-primas e componentes para a obra, a poluição do ar e o uso de grandes quantidades de combustíveis fósseis para viagens. Planejar a logística e usar recursos próximos ao local de trabalho pode atenuar essas consequências. (LEITE, 2011).

O uso eficaz de materiais através da redução de resíduos e reutilização de resíduos deve ser considerado uma estratégia durante a fase de construção. É importante avaliar o uso de materiais que não excedam o número necessário. Embora a distribuição adequada de resíduos seja importante, deve ser dada prioridade aos processos de redução de emissões e, portanto, medidas a serem desenvolvidas para a conversão de resíduos em matérias-primas e, finalmente, pela adoção de medidas de combustão em fornos de cimento e uma gestão que reduz perdas (RIOS, 2014). Segundo as diretrizes da Lei Nacional de Resíduos Sólidos nº 12.305/2010, a resolução CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão de resíduos da construção civil (Brasil, 2002), é necessário ter responsabilidade pelo meio ambiente e uma redução dos custos de remoção e desnecessárias despesas com a compra de materiais.

Um edifício sustentável é caracterizado, não apenas pela sua construção, mas também pelo seu funcionamento. A construtora deve criar um espaço para reciclagem e separação dos resíduos para coleta seletiva no edifício, e que tenha compartimento ventilado e fornecimento de água, correspondente aos padrões nacionais, e os usuários devem fazer a separação e destinação adequada dos seus resíduos.

A qualidade do local interno é um dos princípios da edificação sustentável. A qualidade do ar e o ambiente de conforto acústico associados a esta base não prejudicam a saúde e segurança dos usuários e não os levam ao bem-estar (LEITE, 2011). O objetivo é controlar a descarga de poluente no edifício, visando um ambiente saudável, portanto deve-se usar produtos que não emanam gases tóxicos. A utilização de materiais orgânicos e naturais, tanto para a limpeza quanto para a decoração, vai proporcionar um ambiente agradável.

3.3.1 Materiais Sustentáveis

De acordo com Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS e outros (2014), vários setores da indústria brasileira de materiais geram produtos com impactos ambientais abaixo do típico mundial. É o caso das indústrias cimenteira, do aço e da madeira plantada. E mesmo nas cadeias produtivas mais atrasadas na agenda ambiental serão encontradas empresas fornecedoras que operam com impactos ambientais muito baixos. De forma geral, opções para reduzir o impacto ambiental da construção existem. Porém, ferramentas de comunicação e conhecimentos que permitem à sociedade aumentar os benefícios dessa oferta são pouco eficientes.

Quando existe a preocupação ambiental, normalmente as decisões são orientadas por lista de materiais “verdes”, baseada em critérios unidimensionais, como teor de compostos orgânicos voláteis, teor de resíduos, energia incorporada (na produção), ou presentes em *check lists* de selos de *green building*, na maioria das vezes desenvolvidos para outras realidades. O uso de critérios unidimensionais, mesmo que conceitualmente corretos, pode levar a decisões que aumentam os impactos ambientais. É o caso do incentivo ao uso de materiais reciclados (inclusive resíduos de construção, plásticos, borracha de pneu) como agregados na produção de concretos que muita vez implicam em um grande aumento do consumo de cimento do concreto (CBCS et al., 2014 apud DAMINELI, 2013), aumentando o custo e o impacto ambiental.

Torgal e Jalali (2010) apontam que estudaram a possibilidade de substituir grandes quantidades de argila por cinzas volantes. Os tijolos contendo cinza volante, devem ferver a uma temperatura de cerca de 1050 ° C, o que significa um aumento de 50 ° C a 100 ° C. Em comparação com tijolos impraticáveis, eles têm uma alta resistência mecânica, baixa absorção de água e boa resistência à congelamento-degelo.

De acordo com os mesmos, foi estudado por Demir e Topçu (2007) a possibilidade de utilizar diversos resíduos orgânicos (serragem, resíduos de tabaco, resíduos vegetais) como potencial para a formação de microporos em um ladrilho cerâmico. Esses autores confirmam que o uso desses resíduos como substituto da argila não causa problemas de fundição em percentuais de 10% em peso. Porcentagens mais altas requerem mais água, exceto que o processo de extrusão se torna difícil.

Devido ao grande número de estudos que demonstraram os danos causados pelo processamento indiscriminado de matérias-primas, desperdício e poluição inadequados, há novas técnicas que estão revolucionando a engenharia civil e, ao mesmo tempo, cooperam com

a ideia de criar ramo ecológico e correto. Entre estes, o uso de pó de mármore e resíduos de construção sendo substituído do agregado (BARBOSA et al, 2011).

Barbosa et al (2011), realizou testes de laboratório para verificar se o concreto agregado (resíduo) é melhor que o concreto convencional (a partir de areia e agregados) e, portanto, é uma solução viável para compartilhar esses resíduos. Quanto às propriedades mecânicas, confirmou-se que o resultado final do concreto feito usando resíduos seria benéfico. Outra vantagem é a substituição de materiais tradicionais (areia e cascalho) pela produção de concreto que, além de proteger o meio ambiente, reduz o custo dos materiais de construção. No entanto, também mostrou menos fluidez, o que reduziu sua trabalhabilidade e módulo de elasticidade e criou uma tendência maior para a formação de microfissuras.

Segundo Torgal e Jalali (2010), o uso de fibras vegetais na produção de compósitos cimentícios como substitutos de fibras de amianto ou mesmo fibras sintéticas pode contribuir para aumentar a sustentabilidade da indústria da construção. Exemplos de fibras vegetais altas usadas para plantas são: fibras de sisal, fibras de coco, casca de arroz, fibras de cânhamo.

3.3.2 Gerenciamento de Materiais e Resíduos da Construção Civil

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, tendo ciência, da crescente quantidade de resíduos da construção e demolição destinados em locais inapropriados, determinou através da publicação realizada em 5 de julho de 2002, uma resolução que constitui as diretrizes, critérios e procedimentos para promoção da gestão de resíduos originados da construção e demolição, inclusive o órgão decidiu os procedimentos essenciais de modo que mitiga a degradação ambiental, esta foi a Resolução nº 307.

A Resolução 307 do CONAMA define que resíduos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solo, rocha, madeira, forro, argamassa, gesso, telha, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obra, calça ou metralha.

Esta publicação entrou em vigor na data de 03 de janeiro de 2003, no documento são relacionadas várias formas para definição dos termos referentes ao gerenciamento de RCC, aliás determina uma classificação para os mesmos, sendo;

- a) Classe A;

- b) Classe B;
- c) Classe C;
- d) Classe D.

A partir de cada uma das definições, são determinados procedimentos com relação a destinação.

Resíduos da Classe A, são aqueles originados das construções, reparos, demolições e reformas de serviços da construção civil e aqueles que são resultados da composição dos locais da obra, como: blocos, cerâmicos, tijolos, concreto, terra, pedras, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, constituintes de cimentos e misturas, gesso, materiais asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fios elétricos, etc. (Brasil, 2002).

A destinação destes resíduos, devem ser a reciclagem para utilização novamente no modo de agregados, ou então deve ser realizado a disposição destes em aterros de RCC, permitindo sua reutilização e reciclagem posteriormente (Brasil, 2002).

Resíduos Classe B, são os papéis, plásticos, metais, madeiras, vidros e outros. A destinação destes resíduos, devem ser a reciclagem, reutilização ou a realização do envio das substâncias para os locais de armazenamento periódico, determinando a distribuição de modo que possibilite o seu uso posteriormente (Brasil, 2002).

Resíduos Classe C, são os resíduos no qual não foram determinados processo ou práticas viáveis que permita a sua reciclagem e ou recuperação, como os produtos gerados do gesso. A destinação deste tipo de material, deve ser a armazenagem, o transporte e a finalidade segundo as normas regulamentadas vigentes (Brasil, 2002).

Resíduos da Classe D, são produtos tóxicos utilizados no processo da construção, como resinas, solventes, óleos, tintas e qualquer outro que possa ser prejudicial à saúde vindos de reparo, demolição e reformas de qualquer tipo obra (Brasil, 2002).

A figura 3 apresenta as classes dos resíduos da construção civil.

Figura 3 - Classes dos resíduos da construção civil



Fonte: Prefeitura de São José dos Pinhais (2018)

A redução da geração de resíduos deve ser uma prioridade quando falamos de gestão sustentável de resíduos, mas na existência dos mesmos, deve-se sempre buscar sua reutilização ou reciclagem. Somente quando não houver possibilidade de nenhuma das alternativas, é que eles deverão ser incinerados ou aterrados. Também é fundamental que a segregação ocorra junto à fonte geradora, nesse caso, no canteiro de obra, e que o gerador do resíduo se conscientize da importância do seu papel nesse processo.

Para Pinto (1998), o uso de projetos e controles sobre os sistemas de construção racionalizados, além de determinar aplicações referentes a gestão da qualidade já configuradas, conseguem proporcionar grandes realizações para a diminuição na quantidade de resíduos gerados. A forma como os materiais são armazenados no canteiro e obras e como ocorre a distribuição dos mesmos pode determinar a minimização das perdas, ou até aumentá-las.

O acondicionamento pode ser realizado no local onde os resíduos são gerados, podem ser utilizados alguns procedimentos para este processo. Os materiais como plásticos, madeiras, papéis e metais conseguem ser acomodados em recipientes que sejam abertos e resistentes e na parte interna os recipientes podem ter um saco de rafia apropriado para a geometria do recipiente, facilitando a colocação dos resíduos para a coleta e posteriormente destinação final (SEBRAE; SENAI; GTZ, 2007).

Demais resíduos com maior massa ou geometria, os resíduos Classe A, por exemplo, podem ser acondicionados em pilhas ou utilizar caçambas para disposição inicial e dependendo da quantidade até contêineres (SENAI; SEBRAE; GTZ, 2007).

No quadro abaixo é demonstrado a referência entre o resíduo e classificação do seu acondicionamento:

Quadro 6 - Soluções para acondicionamento dos resíduos

<i>Tipo de Resíduo</i>	<i>Acondicionamento Inicial</i>
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, componentes cerâmicos, concreto, tijolos e similares	Pilhas formadas próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos
Madeira	Bombonas ou pilhas formadas nas proximidades da própria bombona ou dos dispositivos de transporte vertical
Plásticos (embalagens, aparas de tubulações, etc.)	Bombonas ou fardos
Papelão (sacos e caixas de embalagens utilizados) e papéis (escritório)	Bombonas ou fardos
Metal (ferro, aço, fiação, arame, etc.)	Bombonas
Serragem	Sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Gesso de revestimento, placas e artefatos	Sacos de embalagem do gesso ou sacos de ráfia próximos aos locais de geração
Solos	Eventualmente em pilhas para imediata remoção
Telas de fachada e de proteção	Recolher após o uso e dispor em local adequado, sendo este já para acondicionamento final.
EPS (poliestireno expandido) – ex: isopor	Quando em pequenos pedaços, colocar em sacos de ráfia. Em placas, formar fardos.
Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas, instrumentos de aplicação (pincéis, broxas e trinças) e outros materiais auxiliares (panos, trapos, estopas, etc.)	Manuseio com os cuidados observados pelo fabricante do insumo na ficha de segurança da embalagem ou do elemento contaminante do instrumento de trabalho. Imediato transporte pelo usuário para o local de acondicionamento final.
Restos de uniformes, botas, panos e trapos sem contaminação por produtos químicos.	Disposição nos <i>bags</i> para resíduos diversos sendo este o acondicionamento final.

Fonte: SEBRAE (2007).

3.3.3 Gerenciamento de Águas e Efluentes

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA *et al.*, 2005), a água tem um papel limitante no desenvolvimento industrial, agrícola e urbano, tendo em vista que a disponibilidade per capita da água doce vem diminuindo de maneira rápida, devido ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos usos e o processo de poluição dos mananciais ainda disponíveis.

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade econômico e social é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e

centros de produção específicos. Nesse sentido, reuso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas, nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição (ANA et al., 2005).

O aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, como forma de combater os desperdícios e promover o uso racional da água no Brasil, é elemento fundamental para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva sustentável na construção (SIMÃO, 2014).

É de extrema importância que se verifique o regime de chuvas e sua periodicidade na região onde o edifício estará localizado. Deve se atentar a:

- falta de água ou enchentes;
- problemas de erosão decorrentes das chuvas;
- carência de saneamento ou abastecimento na região.

Após o levantamento destes dados, é possível alinhar as estratégias a serem adotadas no empreendimento, tanto na construção quanto na operação, contribuindo com a sua sustentabilidade, alinhada à redução de custos durante a sua vida útil. Como fonte de referência para o levantamento das informações pode-se consultar o Banco de Dados Climáticos do Brasil (EMBRAPA).

Segundo Côrrea (2009), para organizar as estratégias adotadas, deve-se elaborar um plano do uso racional da água, no sentido de fazer uso eficiente da água e reverter este uso em benefícios durante a vida útil da edificação, especialmente durante o uso, quando ocorre o maior consumo hídrico. O plano deve contemplar:

- a) Redução da quantidade de água extraída;
- b) Redução do consumo e desperdício de água;
- c) Aumento da eficiência do uso de água;
- d) Aumento da reciclagem e do reuso de água.

A adoção deste plano leva a benefícios que vão desde a redução dos impactos socioambientais e redução de custos na fase de uso e operação até a divulgação da ação com objetivos comerciais.

O uso racional da água pela cadeia produtiva da construção deve envolver não só a promoção da educação entre seus diversos atores como também o fomento à gestão integrada (do manejo e da drenagem), ao gerenciamento equilibrado entre a oferta e a demanda e à inovação tecnológica. A sustentabilidade desse insumo depende da redução da demanda em, pelo menos, três níveis de abrangência: macro, com a exploração racional dos recursos hídricos; médio, com a gestão otimizada dos sistemas públicos; e micro, com a otimização do consumo de água nos edifícios. Fundamentalmente, nas edificações, a gestão deve contemplar: o suprimento de água potável; a gestão de águas pluviais e o esgotamento sanitário (SIMÃO, 2014).

Para a determinação da aplicação da gestão dos recursos hídricos, Simão (2014), propõe, um programa de construção sustentável, determinando as seguintes diretrizes:

- a) estabelecer políticas que estimulem o reaproveitamento das águas pluviais em edifícios residenciais, comerciais e públicos.
- b) elaborar e implementar, um manual de boas práticas que apresente diretrizes para o uso racional da água. O manual deve ter como objetivo: estimular a contratação de obras que contemplem soluções com menor nível de consumo; propor uma legislação para a medição individual de consumo nas edificações novas e construídas; fomentar soluções mais econômicas no uso de água potável e de fontes alternativas de água; promover a interface entre o tema e as políticas públicas e programas, como o Minha Casa Minha Vida e o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.
- c) estimular e exigir um aprimoramento da gestão pública, integrando o manejo e a drenagem de águas pluviais e o aumento da permeabilidade dos solos, sobretudo nos ambientes urbanos.
- d) implementar programas regionais de capacitação, educação e conscientização sobre o uso racional da água para todos os profissionais da cadeia produtiva da construção (projetistas, arquitetos, engenheiros), demais atores do setor (administradores prediais, empresas de facilities) e consumidores.
- e) desenvolver programas para a qualificação da gestão das concessionárias de serviços de água e esgoto, reduzindo os atuais níveis de perda na distribuição.

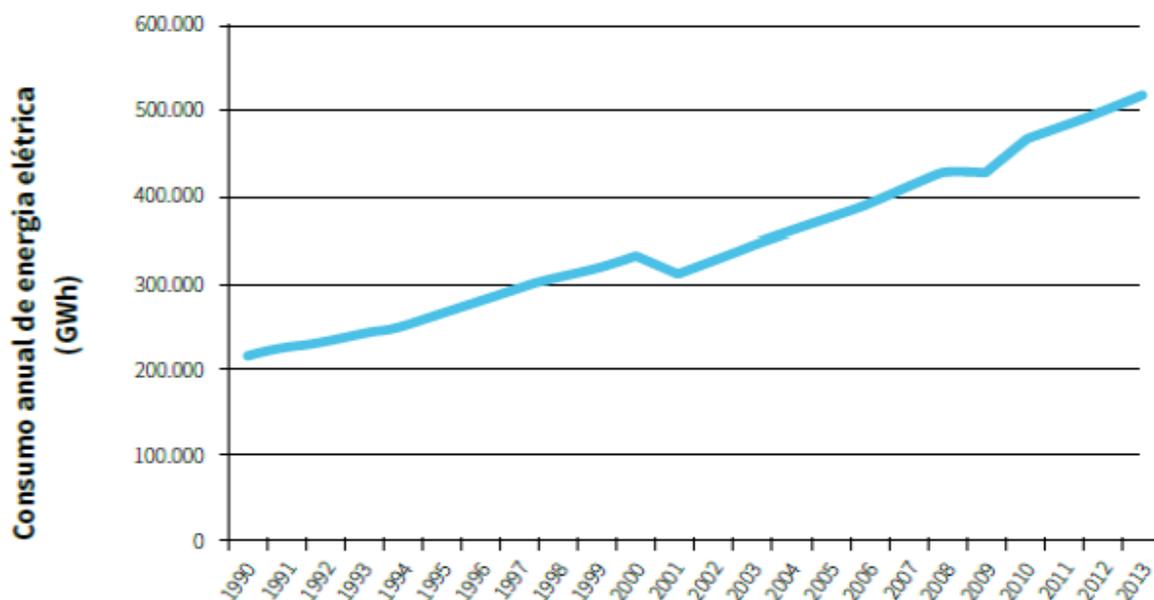
3.3.4 Gerenciamento de Energia

De acordo com a cartilha da Agenda Ambiental na Administração Pública – A3P – e outros (2013), a energia elétrica se tornou um dos bens de consumo fundamentais para as sociedades modernas. Utilizada para inúmeros fins como iluminação, movimentar máquinas e equipamentos, controlar a temperatura, produzindo calor ou frio ou agilizar as comunicações. Da eletricidade dependem a produção, locomoção, segurança, conforto e vários outros fatores associados à qualidade de vida.

A contrapartida dos benefícios proporcionados pelo desenvolvimento tecnológico é o crescimento do consumo de energia. O aumento da demanda presente e futura leva a necessidade de verificar novas formas de uso de energia sob a ótica de um consumo sustentável, buscando reduzir os desperdícios e identificar outras fontes alternativas mais eficientes e seguras para o homem e o meio ambiente, como a energia solar, eólica, biocombustível, entre outras fontes energéticas (A3P et al., 2013).

Os consumos energéticos em edificações mostram uma tendência crescente nos últimos anos, e o Plano Nacional Energético para 2050 (EPE, 2014a; EPE, 2014b) identifica previsões para futuros aumentos nesse consumo. O setor de edificações (incluindo residências, edifícios comerciais e públicos) é responsável por 48% do consumo elétrico do país (EPE, 2014a). Na tendência crescente de consumo de energia, a única redução significativa ocorreu após a crise energética de 2001, quando programas de redução de consumo foram implantados em todo o país. (Houve também uma estabilização de consumo durante a crise financeira mundial de 2008, mas o país voltou a ter o crescimento esperado no ano seguinte.) A Figura 4 aponta que as medidas de eficiência energética tomadas após a crise de 2001 seguraram o aumento de consumo energético, com uma melhoria de eficiência equivalente ao crescimento esperado em dois anos e meio (CBCS et al., 2014).

Figura 4 - Consumo de energia elétrica no Brasil de 1990 – 2013



Fonte: CBCS (2014)

Para CBCS e outros (2014), o consumo energético aumenta em função do crescimento da população, redução de número de pessoas por domicílio e aumento no consumo energético de cada domicílio (associado, em geral, ao aumento do poder aquisitivo). No ano de 2014 foi registrado 63 milhões de domicílios no Brasil, com consumo residencial total de 124 TWh de energia elétrica, representando 44% do consumo total.

Em 2050, é estimado que haverá 98 milhões de domicílios, com consumo elétrico total de 336 TWh, representando 67% do consumo total. No setor de serviços, que inclui edifícios comerciais e públicos, não há estimativas de estoque atual de edificações ou do aumento na construção. O consumo atual de energia elétrica (89% da energia total) é de 128,1 TWh, e é previsto que até 2050 esse consumo aumente para 614,6 TWh, ou seja, 92% do consumo energético total do setor (CBCS et al., 2014).

A figura 5 apresenta uma estimativa do aumento do consumo de energia em edificações.

Figura 5 - Previsão do aumento do consumo de energia em edificações



Fonte: EPE (2014a; 2014b)

A eficiência energética das edificações é um dos indicadores de desempenho e um dos requisitos mais avaliados em construções sustentáveis. Sabe-se que, no Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde atualmente a cerca de 44% do consumo faturado no país, sendo que 22% são utilizados apenas em instalações residenciais, 14% em comerciais e 8% em edificações públicas. Como o Brasil é um país em desenvolvimento, a tendência é de aumento desse consumo (SIMÃO, 2014).

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2008), na proposta de construção sustentável, recomenda as seguintes diretrizes públicas, para a promoção da proposta:

- a) Incentivo à geração distribuída de energia, por meio de fontes renováveis e da criação de redes mais inteligentes, que permitam o compartilhamento da energia local excedente nas edificações.
- b) Formulação de legislação específica, tendo como base a etiquetagem, que estimule a eficiência energética nas edificações e que inclua benefícios fiscais em equipamentos, materiais e bens de consumo utilizados no projeto e pelos ocupantes, com desoneração para as instalações mais eficientes e oneração para as menos eficientes. Essa legislação deve atingir obras públicas e privadas, para a produção de edificações com nível A ou B.

- c) Incentivar a etiquetagem para novas edificações privadas e obrigatoriedade para as públicas, visando atender aos níveis A ou B, nas grandes metrópoles e, em todo o território nacional. Esse novo marco legal deve fomentar a realização de auditorias energéticas regulares, pelo governo, em todas as edificações brasileiras, a começar pelas edificações públicas para monitorar desempenho e identificar e estabelecer oportunidades de implementação de melhorias. Essa legislação deve estabelecer ainda a realização de campanhas regulares de comunicação e educação para superar a falta de conhecimento e salientar o comportamento eficiente, com foco em informações objetivas sobre precificação versus desempenho energético das edificações e dos equipamentos individuais.
- d) Fomento à formulação de legislação específica para estimular o retrofit em edificações existentes (públicas e privadas) e incentivo à obrigatoriedade da etiquetagem para os mesmos. O objetivo é estabelecer um programa nacional de reformas para o aumento da eficiência energética no parque de edificações construído. Essa legislação deve alcançar os três níveis do Executivo: municípios, estados e União.
- e) Capacitação dos diversos atores e consultores que atuam na cadeia produtiva (especialmente projetistas, administradores prediais e empresas de facilities) para a produção e operação de edificações de atuação em edificações inteligentes e de alta eficiência. Essa capacitação deve ressaltar a importância dos investimentos na fase do projeto, com a consequente minimização de custos nas etapas de operação e de manutenção dos empreendimentos.

3.3.5 Exemplos de edifícios sustentáveis

O edifício comercial JK 1455 (Figura 6), de 13 pavimentos de escritórios, localizado em São Paulo, na Avenida Juscelino Kubitschek, passou por uma adequação para que pudesse ser considerado sustentável e, assim, recebeu o selo de qualidade LEED Ouro de Operação e Manutenção. Dentre as soluções sustentáveis empregadas, há estratégias para a redução do consumo de energia elétrica, melhor uso da água – já que não tem produtos químicos nas fontes do prédio, reaproveitando o líquido para as torres de resfriamento – e maior eficácia na limpeza, pois implementa políticas visando eficiência com mínimo uso de produtos químicos (JAZRA, 2012).

Figura 6 - Edifício comercial JK



Fonte: AECWEB (2011).

Localizado no centro do Rio de Janeiro, o Porto Brasilis (Figura 7) é um edifício comercial de alto padrão de 21 pavimentos e com uma área de 18.600 m². Assim como o JK 1455, o Porto Brasilis também foi certificado com o selo LEED Ouro. Ele conta com um sistema de tratamento e reaproveitamento de águas pluviais, uso de materiais de construção com baixos compostos orgânicos voláteis, reatores e lâmpadas de alta eficiência, dentre algumas das medidas sustentáveis empregadas no empreendimento (HAYDÉE, 2013).

Figura 7 - Edifício comercial Porto Brasilis



Fonte: HAYDÉE (2013).

O conjunto de prédios Energisa (Figura 8), com 1.902 m² de área construída fica no sertão da Paraíba e foi projetado para ser sustentável principalmente devido à escassez de recursos na região (devido ao clima semiárido). Assim, utilizaram materiais renováveis, reutilizáveis e recicláveis, como madeira com certificação de reflorestamento, vidros laminados com baixo fator solar, tijolos cerâmico-prensados maciços e cercas de divisas com metal reciclado para a construção dos prédios. As medidas sustentáveis adotadas renderam o selo LEED à Energisa (HAYDÉE, 2013).

Figura 8 - Conjunto Energisa



Fonte: HAYDÉE (2013)

Na zona oeste do Rio de Janeiro localiza-se o a Ilha Pura (Figura 9), conhecido como Vila dos Atletas, empreendimento que foi construído para receber os atletas para a Olimpíada em 2016. Obtém certificado por dois dos principais selos de sustentabilidade do mundo, o AQUA-HQE edifícios habitacionais e o AQUA-HQE bairros e loteamentos. As principais soluções ambientais adotadas no empreendimento foram:

- a) Redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE);
- b) Viveiro de Mudanças;
- c) Uso de Madeira Nativa Certificada;
- d) Gestão de água e energia com medição setorizada e online em 15 áreas;
- e) Eficiência Energética.

Figura 9 - Conjunto de edificações do empreendimento Ilha Pura



Fonte: Gazeta do Povo (2015)

3.4 Certificações

Com uma busca equilibrada por uma melhor qualidade de vida e proteção ambiental, é extremamente importante estabelecer critérios e condições técnicas e legais para determinar se os produtos e serviços são consistentes com os princípios éticos e de produção contidos no conceito de desenvolvimento sustentável. Para isso, foram criadas certificações, que podem ser encontrados sob diferentes nomes, como selos verdes, rótulos ecológicos, rótulos ecológicos, etc. (BIAZIN; GODOY, 2009), onde todos buscam o mesmo ideal.

Pode-se dizer que os sistemas de classificação que buscam considerar a sustentabilidade na sua avaliação têm origem nos sistemas de avaliação ambiental da que surgiram na década de 90, na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas na conferência UNCED de 1992, no Rio de Janeiro (MOTTA, 2009).

Nesse caso, os certificados ambientais podem ser entendidos como processos realizados por uma entidade externa, independente, credenciada ou proprietária que pode emitir um documento que verifica a conformidade do produto, processo ou serviço com o ambiente.

Portanto, é determinado que o produto atende aos requisitos estabelecidos pelo organismo de certificação. (LOPES, 2013).

No que diz respeito à engenharia civil, a certificação é um tipo de ferramenta que tem grande potencial para implementar ações sustentáveis nesse setor, para criar e coletar as condições para os projetos e implementar o processo de construção da gestão de impactos (LOPES, 2013).

Para Carvalho (2013), como os sistemas de certificação de construções sustentáveis são ferramentas que definem critérios e objetivos e direcionam o projeto para apresentar características específicas que esses sistemas definem como sustentáveis. A implementação desse processo deve, de acordo com os princípios da Agenda 21, levar a uma melhoria permanente da sustentabilidade das cidades.

O procedimento de certificação envolve várias etapas para obter uma compactação estável. Inicialmente, as organizações de certificação fornecem recomendações e instruções para planejar e construir um edifício sustentável. Após essa fase, as próprias empresas conduzem avaliações e auditorias para avaliar a conformidade da empresa com o padrão e seu bom progresso. Em caso de inconsistências, as intervenções são realizadas. Somente após este procedimento, o organismo de certificação emitirá um rótulo ecológico para o edifício (NOVIS, 2014).

Presentemente diversos países possuem estes sistemas de classificação. Na Inglaterra possui o BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*), e ele é o detentor do maior número de certificações no mundo. Nos Estados Unidos existe o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), presente não apenas em território americano, mas também se expandindo para outros países. E na França temos o sistema HQE (*Haute Qualité Environnementale*), que é de extrema importância para o Brasil, pois serviu como base para uma das certificações que utilizamos aqui.

3.4.1 BREEAM

Segundo Motta (2009) o BREEAM (*Building Establishment Environmental Assessment Method*) foi o primeiro sistema de classificação ambiental das edificações. Ele foi desenvolvido no Reino Unido para uso no mesmo, por pesquisadores do Building Research Establishment - BRE e do setor privado. O programa é atualizado no período de no mínimo três e no máximo cinco anos, sendo a última atualização em 2008. Nesta, o BRE intensificou os esforços de expansão internacional do BREEAM, visando o uso de seu método de avaliação por outros

países que se interessem na metodologia (BRE, 2008). De acordo com o BRE existiam em 2008 mais de 700.000 projetos do Reino Unido registrados no BREEAM, sendo que destas mais de 115.000 edificações já haviam obtido a certificação.

O BREEAM é dividido em categorias de tipo da edificação e de fase em que se encontra o empreendimento. Os tipos de edificações contidos pela ferramenta são:

- escritórios (BREEAM *Offices*);
- residências (BREEAM *EcoHomes*);
- multifamiliares (BREEAM Multi-Residential);
- indústrias (BREEAM *Industrial*);
- edifícios de ensino (BREEAM *Education*);
- edifícios de saúde (BREEAM *Healthcare*);
- edifício da justiça (BREEAM *Courts*);
- penitenciárias (BREEAM *Prisons*);
- edifícios para locação: lojas, *shopping*, etc. (BREEAM *Retail*);
- outros: lazer, laboratórios, bases militares, hotéis, etc (BREEAM *Bespoke*).

São consideradas as fases da edificação:

- projeto;
- operação e uso;
- manutenção.

Seu método de avaliação baseia-se em análise documental e na verificação de itens mínimos de desempenho, projeto e operação dos edifícios. O desempenho dos edifícios é avaliado em diferentes categorias.

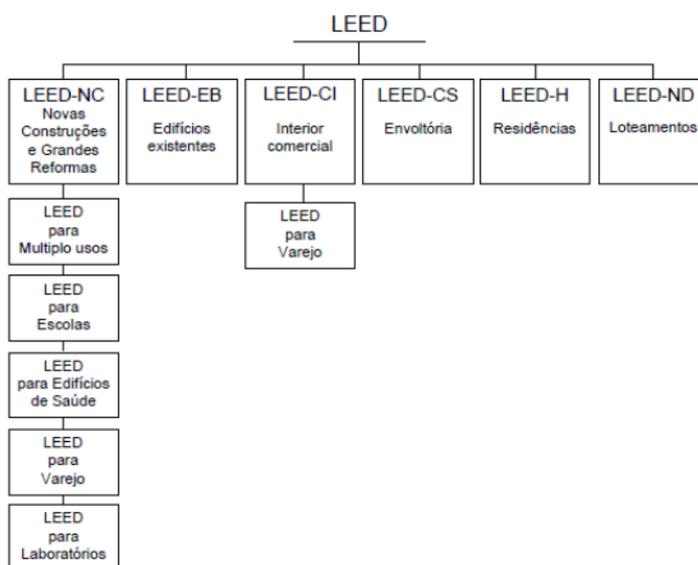
- **Energia** (*energy use*): consumo de energia e a emissão de CO₂ na operação e uso.
- **Transporte** (*transport*): impacto da localização no transporte relacionado à emissão de CO₂.
- **Poluição** (*pollution*): geração de poluição do ar e da água.
- **Materiais** (*materials*): impacto ambiental dos materiais de construção em todo ciclo de vida.
- **Água** (*water*): consumo eficiente da água.

- **Uso do solo e Ecologia** (*land use and ecology*): impactos em áreas verdes, descontaminação do solo e conservação de ecossistemas.
- **Saúde e Bem estar** (*health and well-being*): qualidade ambiental interna e externa relacionadas à saúde e bem estar dos usuários.
- **Gestão** (*management*): política de gestão global e o comissionamento da gestão e das atividades.

3.4.2 LEED

O sistema de classificação LEED é um “sistema de classificação de desempenho consensual e orientado para o mercado, que tem por objetivo acelerar o desenvolvimento e a implantação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis” (CASSIDY, 2003). O seu desenvolvimento foi coordenado pelo USGBC - *United States Green Building Council* e dele fizeram parte os vários setores da indústria de construção civil dos Estados Unidos. A ferramenta começou a ser desenvolvida em 1996 e teve sua primeira versão finalizada em 1999. Um dos seus princípios é o caráter voluntário que, segundo os seus realizadores, é um incentivo para busca de desempenhos superiores em relação aos padrões ou às normas obrigatórias (CASSIDY, 2003). As ferramentas do LEED para classificação da edificação são divididas por tipologia (USGBC, 2009). A figura 10 mostra as ferramentas disponíveis até 2008.

Figura 10 - Portfólio das ferramentas LEED



Fonte: USGBC (2008).

A figura 11 mostra a atuação de cada ferramenta em relação a fase da edificação.

Figura 11 - Ferramentas do LEED relacionada às fases do empreendimento



Fonte: USGBC (2008).

Os principais objetivos do sistema LEED são (USGBC et al., 2009):

- definir “green building” por estabelecer um padrão comum de medição;
- promover a prática de projeto integrado, do edifício como um todo;
- reconhecer a liderança ambiental na indústria da construção;
- estimular a competição na construção sustentável;
- aumentar a consciência nos consumidores dos benefícios de edificações sustentáveis;
- transformar o mercado da construção.

O programa, informa Motta (2009), fornece uma estrutura completa para acessar o desempenho do edifício e atender as metas de sustentabilidade. Baseado em padrões científicos bem fundamentados, o LEED enfatiza estratégias para o desenvolvimento sustentável do espaço, aproveitamento de água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade ambiental interna (USGBC, 2009). O programa reconhece os sucessos alcançados e promove o conhecimento em edifícios sustentáveis através de um sistema amplo, oferecendo certificação de projeto, suporte profissional, treinamento e recursos práticos.

No mês de janeiro de 2009, 273 projetos entraram com pedido de certificação LEED em todo mundo. Até esta data, o LEED possui registrados 17.723 empreendimentos, sendo que destes 2.271, em um total de mais de 27 milhões de metros quadrados construídos, finalizaram o processo e possuem certificação (USGBC et al., 2009).

No Brasil, o certificado é o GBC-Brasil (Conselho de Construção Sustentável do Brasil), que foi fundado em 2007 e oferece oito tipos diferentes de cartões LEED. São eles: LEED NC, para novos edifícios ou grandes projetos de reconstrução; LEED ND, para projetos de desenvolvimento de bairro; LEED CS, para projetos em torno e na parte central do edifício; LEED Retail NC e CI para lojas de varejo; Saúde LEED para instituições médicas; LEED EB-OM para projetos de manutenção de edifícios existentes; LEED para escolas e LEED CI, para projetos internos ou edifícios comerciais (LOTTI, 2015).

O GBC-BRASIL, em seu site, indica que para os prédios que receberem o LEED são necessárias sete medições auditadas. Todos eles têm os pré-requisitos, pontuações e recomendações, que após a resposta garantem os pontos de construção. O nível de certificação é determinado pelo número de pontos recebidos, como pode-se verificar na Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de Certificação LEED

Nível	Pontuação
Certificação	40 a 49 pontos
Prata	50 a 59 pontos
Ouro	60 a 79 pontos
Platina	A partir de 80 pontos

Fonte: MARTINS (2010).

Os parâmetros avaliados pela GBC-Brasil e suas descrições são:

a) **Espaço Sustentável:** Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.

b) **Eficiência do uso da água:** Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.

c) **Energia e Atmosfera:** Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.

d) **Materiais e Recursos:** Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de

promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.

e) **Qualidade ambiental interna:** Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.

f) **Inovação e Processos:** Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.

g) **Créditos de Prioridade Regional:** Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

3.4.3 AQUA - HQE

A certificação “*Opération HQE® tertiaire*” ou “*Haute Qualité Environnement*” ou, em português, “Empreendimento Comercial de Elevado Desempenho Ambiental”, foi desenvolvida na França pela Associação HQE, pela ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*), por comissões de normalização e pelo CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*), buscando avaliar o desempenho ambiental de empreendimentos da construção civil. Sua primeira versão experimental foi lançada em dezembro de 2002 para edificações comerciais. Em fevereiro de 2004 foi lançada sua versão definitiva e a primeira certificação ocorreu em março de 2004. A certificação é obtida distintamente em três fases: Programa, Projeto e Execução. Segundo a Associação HQE, em todo mundo, até maio de 2008, cerca de 150 empreendimentos haviam sido certificados pelo menos na fase de projeto (CSTB, 2008).

O certificado AQUA-HQE, que foi desenvolvido a partir do HQE, certifica construções sustentáveis em território brasileiro e é reconhecido internacionalmente. Atualmente a Fundação Vanzolini é a única autorizada a aplicar este certificado.

De acordo com a Fundação Vanzolini (2016), o empreendimento que deseja receber o certificado AQUA-HQE será avaliado por auditores especializados, que analisam cada uma das 14 categorias, e as classifica em níveis de desempenho e excelência. É importante ressaltar também que as 14 categorias são separadas em 4 famílias principais: Local/Construção, Gestão, Conforto e Saúde. A Figura 12 apresenta o contexto escrito.

Figura 12 - Categorias e Famílias de classificação da certificação

GERENCIAR OS IMPACTOS SOBRE O AMBIENTE EXTERIOR		CRIAR UM ESPAÇO INTERIOR SADIO E CONFORTÁVEL	
SÍTIO E CONSTRUÇÃO		CONFORTO	
1	RELAÇÃO DO EDIFÍCIO COM O SEU ENTORNO	8	CONFORTO HIGROTÉRMICO
2	ESCOLHA INTEGRADA DE PRODUTOS, SISTEMAS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS	9	CONFORTO ACÚSTICO
3	CANTEIRO DE OBRAS RESPONSÁVEL / CANTEIRO DE OBRAS COM BAIXO IMPACTO AMBIENTAL	10	CONFORTO VISUAL
		11	CONFORTO OLFATIVO
GESTÃO		SAÚDE	
4	GESTÃO DA ENERGIA	12	QUALIDADE DOS ESPAÇOS / QUALIDADE SANITÁRIA DOS AMBIENTES
5	GESTÃO DA ÁGUA	13	QUALIDADE SANITÁRIA DO AR
6	GESTÃO DOS RESÍDUOS / GESTÃO DOS RESÍDUOS DE USO E OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO	14	QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA
7	GESTÃO DA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO / MANUTENÇÃO – PERMANÊNCIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL		

Fonte: Fundação Vanzolini (2016).

O empreendimento só receberá o certificado AQUA-HQE se tiver, no mínimo, um desempenho com três categorias no nível Melhores Práticas (MP), quatro categorias em Boas Práticas (BP) e sete categorias no nível base. A figura 13 demonstra o que foi descrito:

Figura 13 - Perfil mínimo de desempenho para certificação



Base (B): Prática corrente ou regulamentar

Boas Práticas (BP): Boas Práticas

Melhores Práticas (MP): Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: Fundação Vanzolini (2016).

3.4.4 Selo Casa Azul

Como primeiro certificado em projetos de sustentabilidade oferecidos no Brasil, o Selo Casa Azul da Caixa é uma ferramenta para a classificação sócioecológica de projetos habitacionais. O objetivo do selo é determinar quais empresas utilizam as soluções mais eficazes para a construção, uso, operação e manutenção de edifícios, a fim de promover o uso racional dos recursos naturais e melhorar a qualidade da casa e do seu entorno (CAIXA, 2016).

São avaliados 53 critérios, divididos em 6 categorias, para a obtenção do certificado Selo Casa Azul. As categorias são:

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

Para obtenção do certificado, o empreendimento deve cumprir no mínimo 19 critérios, mas nada o impede de ultrapassar essa exigência e obter uma classificação melhor, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Níveis de classificação do selo Casa Azul

Classificação	Requisitos para Classificação
Bronze	19 Critérios Obrigatórios
Prata	Critérios Obrigatórios e mais 6 Critérios Opcionais
Ouro	Critérios Obrigatórios e mais 12 Critérios Opcionais

Fonte: Caixa (2016)

3.5 Vantagens e Desvantagens da Construção Sustentável

Pelo ponto de vista financeiro, os empreendedores sempre questionaram os altos custos envolvidos em um projeto verde. Entretanto, além da redução dos custos de operação mais do que compensarem o investimento inicial, percebe-se que o adicional de custos da construção

sustentável vem caindo rapidamente no Brasil. Ademais, com o aumento da produtividade, fomentado pela adoção de técnicas e recursos mais modernos, as construtoras encurtarão o prazo de execução, ganhando em custo (GBC BRASIL, 2017).

A desvantagem para a construção de um edifício sustentável é o custo da obra, pois o investimento inicial é mais elevado do que para a construção de uma casa convencional, porém a longo prazo, ele se torna mais vantajoso, economicamente falando.

Os benefícios mais importantes que os edifícios verdes oferecem estão relacionados com o clima e com o ambiente natural. Os edifícios verdes não só reduzem ou eliminam impactos negativos sobre o meio ambiente, usando menos água, energia ou recursos naturais, mas também o impactam positivamente, gerando sua própria energia ou estimulando o crescimento da biodiversidade. Na prática, estas vantagens surgem a partir do uso eficiente de recursos naturais, da redução das emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa, do uso de materiais de construção com baixo impacto ambiental, da reciclagem e do emprego de técnicas sustentáveis de gestão e produção (Aires, 2019). Conforme aponta Green Building Council (2017), os edifícios certificados gastam até 30% menos em energia, liberam 35% menos de CO₂, reduzem o consumo de água entre 30% e 50% e o uso e desperdício de recursos naturais em até 60%.

É importante entender, também, que a redução das emissões de gases nocivos ao meio ambiente, principalmente o CO₂ (principal gás causador de mudanças climáticas), é reconhecida como um dos benefícios mais importantes decorrentes do consumo reduzido de energia. Praticamente todas as medidas analisadas pelos selos ambientais incentivam a diminuição da emissão de gases e materiais poluentes. Tanto a adoção de sistemas de reciclagem de materiais, o incentivo no uso de bicicletas e a redução no consumo de energia mitigam o lançamento de agentes contaminantes. A emissão de CO₂ e de SO₂ está diretamente relacionada à fabricação de cimento, à produção de energia, ao transporte de materiais e a diversas outras causas que são exponencialmente mitigadas pela adesão das certificações sustentáveis (Aires, 2019).

Os edifícios sustentáveis reduzem o consumo de água potável a partir de várias estratégias, incluindo instalações hidráulicas mais eficientes, aproveitamento de águas pluviais, armazenamento em telhados verdes, tratamento e reciclagem de águas servidas no local e o uso de plantas nativas ou tolerantes à seca no paisagismo. O consumo de água em um edifício é frequentemente dividido em três categorias: uso em instalações internas (por exemplo, pias, vasos sanitários e chuveiros), uso em irrigação externa e uso em processos (refrigeração, equipamentos hospitalares, lavanderia ou uso industrial etc.) (KATS, 2010).

Igualmente importante, é a questão do gerenciamento do uso e desperdício de materiais processados e recursos naturais. Neste contexto, gerenciar resíduos significa minimizar ou eliminá-los sempre que possível e reutilizar materiais. Apoderando-se dos recursos naturais, a construção civil é, entre todas as atividades produtivas, a maior geradora de resíduos. O economista e mestre em tecnologia ambiental Elcio Carelli, da empresa Obra Limpa, afirma que 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras têm origem na construção civil (OBRA LIMPA, 2017).

4. METODOLOGIA

Este projeto teve três etapas, a primeira foi uma revisão sistemática, seguida do estudo de caso e finalizada com a análise dos resultados.

A primeira etapa se deu a partir de pesquisas em livros, teses, dissertações e revistas científicas, tendo como objetivo o levantamento de dados referente as técnicas de construção sustentável e sua comparação com o método tradicional.

Baseando-se nesse referencial teórico, foi realizado um estudo de caso de uma residência popular no município de Rio Verde - GO, onde foi analisado e avaliado os custos de uma casa sustentável em comparação com uma casa convencional, além do seu período de retorno e a viabilidade de sua aplicação.

Em síntese, realizou-se um orçamento quanto aos custos para a realização de uma construção de uma casa sustentável e uma casa convencional. Os custos foram obtidos por meio do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), coletando-se os dados do mês de junho de 2022, através de uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no município de Goiânia (GO).

4.1 Descrição do Projeto

O projeto baseou-se em uma residência popular no município de Rio Verde – GO, onde o mesmo foi comparado levando em conta o padrão convencional com as determinações do levantamento de técnicas de construção sustentável.

O projeto é uma residência de padrão popular, portanto presume-se que tenha soluções sustentáveis de baixo custo.

Os itens comparados são:

- Instalação hidráulica;
- Instalação elétrica;
- Cobertura;
- Estrutura;
- Piso;
- Pintura.

Baseando-se nos elementos supracitados, buscou-se orçamentos e técnicas que juntos possam manter um ambiente econômico e sustentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Soluções adotadas

Para realizar a comparação do método sustentável com o método convencional, buscou-se técnicas que fossem facilmente aplicadas.

Para o método convencional foram adotadas as seguintes técnicas:

- Instalação hidráulica: elementos sanitários convencionais com alto consumo em razão das perdas, proveniente exclusivamente da concessionária de distribuição local.
- Instalação elétrica: energia hidrelétrica proveniente da distribuição da concessionária local.
- Cobertura: telhado de cerâmica, também conhecido como telhado colonial.
- Estrutura: bloco de concreto que na composição composto majoritariamente por cimento, cujo processo de fabricação emite uma alta quantidade de poluentes.
- Piso: piso de concreto que, assim como o bloco de concreto, possui uma grande quantidade de cimento.
- Pintura: tinta à óleo que possuem compostos orgânicos voláteis, que são poluentes atmosféricos.

Para o método sustentável foram adotadas as seguintes técnicas:

- Instalação hidráulica: reservatório para captação de água da chuva (minicisterna) e itens sanitários de baixo consumo somada a captação de água da concessionária local.

- Instalação elétrica: energia fotovoltaica, que transforma a luz do sol em corrente elétrica, e lâmpadas de LED, que possuem uma alta eficiência energética e tem maior durabilidade, contribuindo para a economia, além da energia proveniente da concessionária de distribuição local.

- Cobertura: telhado verde, que tem um excelente aproveitamento da luz do sol.

- Estrutura: bloco cerâmico estrutural, que polui menos que o de concreto, além de possuir melhor custo-benefício e ter maior isolamento térmico.

- Piso: pavimento intertravado, que não necessitam de argamassa.

- Pintura: tinta mineral, que não possui elementos químicos agressivos.

A seguir são apresentados os resultados obtidos com cada uma das técnicas sustentáveis:

Energia Fotovoltaica

Quadro 8 - Resultados das soluções adotadas com a energia fotovoltaica para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Renovável • Não poluente • Limpa • Silenciosa • Pouca necessidade de manutenção • Facilidade de instalação • Baixo custo para manter • Vida útil de mais de 25 anos • Economia de 50% a 95% da conta de luz • Ocupa pouco espaço • Valorização do imóvel 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado custo de aquisição (porém o valor é retornado em pouco tempo de uso) • Não gera energia à noite

Fonte: Própria autora (2022)

Reservatório para captação e reuso de água da chuva

Quadro 9 - Resultados das soluções adotadas com a captação de água da chuva para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Preservação da água potável• Redução do volume de esgoto descartado• Fácil instalação• Baixo custo• Combate à crise hídrica• Diminuição da demanda do recurso hídrico para o tratamento de água• Economia de até 55% no valor da conta de água• Auxilia no combate às enchentes• Evita a proliferação de mosquitos transmissores de doenças	<ul style="list-style-type: none">• Elevado custo de aquisição (porém o valor é retornado em pouco tempo de uso)• Necessidade de limpeza frequente

Fonte: Própria autora (2022)

Telhado Verde

Quadro 10 - Resultados das soluções adotadas com o telhado verde para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Melhora o isolamento térmico e acústico• Melhora a qualidade do ar• Diminuição da poluição• Retém água da chuva (diminuindo a possibilidade de enchentes)• Reduz o consumo de energia• Aumento da biodiversidade (atrai pássaros e borboletas)	<ul style="list-style-type: none">• Burocracia com aprovação do projeto• Custo de mão de obra• Necessidade de manutenção

<ul style="list-style-type: none"> • Embelezamento e valorização do edifício 	
---	--

Fonte: Própria autora (2022)

Bloco de cerâmica estrutural

Quadro 11 - Resultados das soluções adotadas com o bloco de cerâmica estrutural para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Emite 66% menos CO2 na atmosfera no decorrer do seu ciclo de vida • Maior isolamento térmico e acústico • Variedade de tamanhos e modelos • Melhor custo-benefício (pois necessita de menos argamassa e reboco) • Absorve menos umidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais frágil (necessita de cuidados no manuseio)

Fonte: Própria autora (2022)

Pavimento Intertravado

Quadro 12 - Resultados das soluções adotadas com o pavimento intertravado para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Reaproveitamento do material (material reciclado) • Maior durabilidade e resistência • Fácil instalação • Possibilidade de escoamento • Eficiência energética (reflete cerca de 30% a mais de luz em comparação com outros pavimentos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior mão de obra para instalação • Não pode ser colocado em escadas (devido à falta de contenção)

Fonte: Própria autora (2022)

Tintura mineral

Quadro 13 - Resultados das soluções adotadas com a tintura mineral para o edifício sustentável

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Evita a proliferação dos compostos químicos voláteis que são (altamente cancerígenos) • Diminui aparição de fungos e bactérias • Não tem cheiro • Resistente à umidade • Ingredientes naturais e econômicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo inicial elevado (porém sua manutenção ocorre em intervalos maiores)

Fonte: Própria autora (2022)

5.2 Orçamento

Considerando o referencial teórico e quantificador das técnicas sustentáveis, realizou-se um orçamento quanto aos custos para a realização de uma construção de uma residência sustentável e convencional. Os custos foram obtidos através do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), onde os dados foram coletados no mês de junho de 2022, através de uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no município de Goiânia (GO).

Nas tabelas 3 e 4 foram apresentados os custos do método convencional e do método sustentável, respectivamente.

Tabela 3 - Custo dos itens para uma residência convencional padrão popular na cidade de Rio Verde - GO.

ORÇAMENTO (método convencional)				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
COBERTURA				5201,00
Telha cerâmica tipo plan	m ²	50	47,53	2376,50
Trama de madeira composta por ripas, caibros e terças	m ²	50	56,49	2824,50
INSTALAÇÃO ELÉTRICA				2474,33
Eletroduto flexível corrugado, PVC, DN 20mm	m	19	2,35	44,65
Eletroduto flexível corrugado, PVC, DN 25mm	m	6	5,27	31,62

Eletroduto flexível corrugado, PVC, DN 32mm	m	30	6,19	185,70
Caixa eletroduto PVC 4x2"	unidade	15	1,41	21,15
Caixa eletroduto PVC 4x4"	unidade	1	2,81	2,81
Quadro de distribuição de energia, 6 circuitos	unidade	1	58,76	58,76
Receptáculo de porcelana para lâmpada incandescente	unidade	4	9,00	36,00
Luminária de teto tipo plafon em plástico	unidade	3	4,14	12,42
Interruptor 1 tecla, simples	unidade	2	8,72	17,44
Interruptor 2 teclas, simples	unidade	2	11,53	23,06
Interruptor 1 tecla simples conjugado com 1 tomada universal 2P + T	unidade	1	15,47	15,47
Tomada universal 2P + T	unidade	6	10,90	65,40
Conjunto de 2 tomadas 2P + T conjugadas	unidade	1	25,90	25,90
Disjuntor termomagnético monofásico 10A	unidade	2	17,90	35,80
Disjuntor termomagnético monofásico 20A	unidade	1	23,00	23,00
Disjuntor termomagnético monofásico 30A	unidade	1	25,22	25,22
Fio de cobre condutor isolado 750V #1,5mm ²	m	104	1,32	137,28
Fio de cobre condutor isolado 750V #2,5mm ²	m	45	2,11	94,95
Fio de cobre condutor isolado 750V #6,0mm ²	m	27	5,00	135,00
Fio de cobre condutor isolado 750V #10,0mm ²	m	15	8,18	122,70
Padrão de entrada de energia monofásica em poste de concreto 5m, completo, inclusive aterramento e caixa de medidor com disjuntor monofásico de 50A	unidade	1	1360,00	1360,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				1088,08
Vaso sanitário de louça branca com caixa acoplada	unidade	1	609,90	609,90
Caixa d'água 1000 litros	unidade	1	439,99	439,99
Torneira de mesa cromada, padrão popular p/lavatório	unidade	1	38,19	38,19

LÂMPADA				42,90
Lâmpada fluorescente 40W	unidade	5	8,58	42,90
PISOS				888,00
Calçada de proteção em concreto magro, espessura de 6cm e largura de 0,60m	m ²	16	55,50	888,00
PINTURA				4440,02
Pintura interna e externa a cal, 3 demãos	m ²	210	9,6	2016,00
Pintura esmalte 2 demãos sobre fundo nivelador (1 demão) em esquadrias de madeira	m ²	41	10,21	418,61
Pintura a óleo 2 demãos em paredes sem emassamento	m ²	103	19,47	2005,41
ESTRUTURA				5565,09
Bloco de concreto de vedação, 9x19x39cm	m ²	103	54,03	5565,09
TOTAL				19699,42

Fonte: Própria autora (2022).

Tabela 4 - Custo dos itens para uma residência sustentável padrão popular na cidade de Rio Verde - GO.

ORÇAMENTO (método sustentável)				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
COBERTURA				11097,575
Trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhado de até 2 águas	m ²	50	56,49	2824,50
Placas compensadas naval, e=15mm	m ²	50	31,92	1596,00
Lona impermeabilizante	m ²	50	33,57	1678,50
Manta geotêxtil	m ²	50	23,15	1157,50
Argila expandida	m ³	2,5	745,71	1864,27
Terra adubada	kg	750	0,76	570,00
Gramma esmeralda	m ²	50	13,80	690,00
Rufos metálicos	m	28	25,60	716,80
INSTALAÇÃO ELÉTRICAS				13044,23

Eletróduto flexível corrugado, PVC, DN 20mm	m	19	2,35	44,65
Eletróduto flexível corrugado, PVC, DN 25mm	m	6	5,27	31,62
Eletróduto flexível corrugado, PVC, DN 32mm	m	30	6,19	185,70
Caixa eletróduto PVC 4x2"	unidade	15	1,41	21,15
Caixa eletróduto PVC 4x4"	unidade	1	2,81	2,81
Quadro de distribuição de energia, 6 circuitos	unidade	1	58,76	58,76
Receptáculo de porcelana para lâmpada incandescente	unidade	4	9,00	36,00
Luminária de teto tipo plafon em plástico	unidade	3	4,14	12,42
Interruptor 1 tecla, simples	unidade	2	8,72	17,44
Interruptor 2 teclas, simples	unidade	2	11,53	23,06
Interruptor 1 tecla simples conjugado com 1 tomada universal 2P + T	unidade	1	15,47	15,47
Tomada universal 2P + T	unidade	6	10,90	65,40
Conjunto de 2 tomadas 2P + T conjugadas	unidade	1	25,90	25,90
Disjuntor termomagnético monofásico 10A	unidade	2	17,90	35,80
Disjuntor termomagnético monofásico 20A	unidade	1	23,00	23,00
Disjuntor termomagnético monofásico 30A	unidade	1	25,22	25,22
Fio de cobre condutor isolado 750V #1,5mm ²	m	104	1,32	137,28
Fio de cobre condutor isolado 750V #2,5mm ²	m	45	2,11	94,95

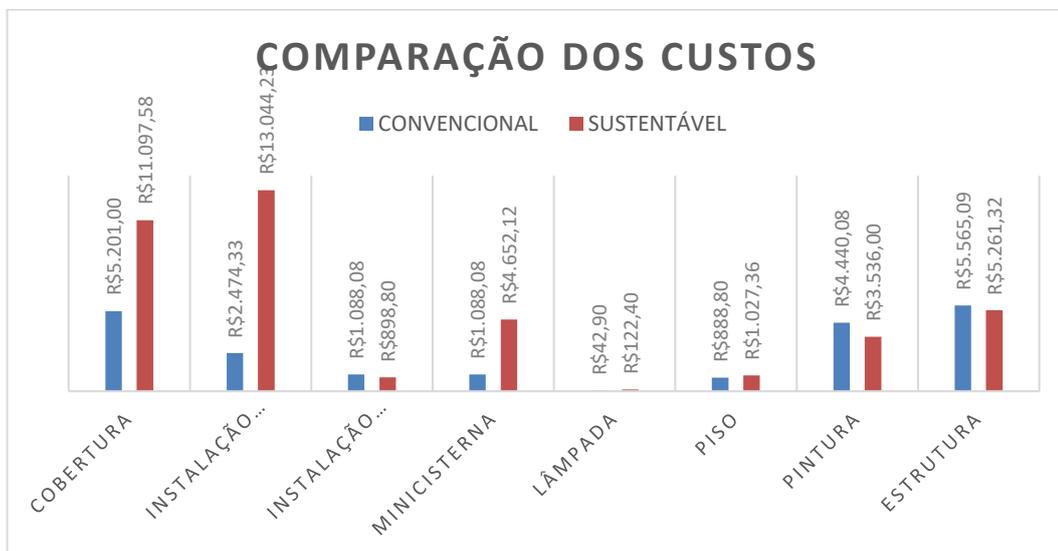
Fio de cobre condutor isolado 750V #6,0mm ²	m	27	5,00	135,00
Fio de cobre condutor isolado 750V #10,0mm ²	m	15	8,18	122,70
Padrão de entrada de energia monofásica em poste de concreto 5m, completo, inclusive aterramento e caixa de medidor com disjuntor monofásica de 50A	unidade	1	1360,00	1360,00
Conjunto de placas fotovoltaicas - 6 placas	unidade	1	10569,90	10569,90
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				898,80
Vaso sanitário de louça branca com caixa acoplada com duplo acionamento	unidade	1	809,9	809,90
Torneira de mesa cromada, padrão popular p/lavatório temporizada pressão bica baixa	unidade	1	88,9	88,90
MINICISTERNA				4652,12
Cisterna em PRFV de 2.000 Litros	unidade	1	4477,72	4477,72
Joelho 90° soldável e com rosca de 25mm x 3/4"	unidade	2	5,65	11,30
Calha platibanda de chapa de aço galvanizada n° 26, corte 45cm	m	7	23,3	163,10
LÂMPADA				122,40
Lâmpada LED 10W	unidade	5	24,48	122,40
PISOS				1027,36

Calçada com piso intertravado drenante, tipo retangular	m ²	16	64,21	1027,36
PINTURA				3536,00
Pintura interna e externa 2 demãos, com tinta mineral natural 18l - galão	unidade	12	221	2652,00
Pintura em esquadrias de madeira - galão	unidade	3	221	663,00
Pintura em paredes sem emassamento - galão	unidade	1	221	221,00
ESTRUTURA				5261,32
Bloco de cerâmico estrutural, 9x19x39cm	m ²	102,7	51,23	5261,32
TOTAL				39639,80

Fonte: Própria autora (2022)

A figura 13 mostra um gráfico com a comparação dos custos do método convencional e do método sustentável.

Figura 14 - Comparação dos custos do método convencional e do método sustentável



Fonte: Própria autora (2022)

O orçamento discorrido acima apresentam os custos para a construção de uma casa convencional e uma casa sustentável. A construção convencional teve um custo de 19699,42 e a construção sustentável foi de R\$ 39639,80, tendo a cobertura e instalação elétrica como os custos mais elevados, especificamente o conjunto de placas para a energia fotovoltaica.

Levando-se em consideração que a energia fotovoltaica trará o retorno financeiro no decorrer do tempo, foi feito um levantamento do consumo de energia para apresentar o período necessário que o proprietário do imóvel irá obter de volta seu investimento inicial e gerar lucro.

Dessa forma, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), o consumo mensal médio por residências unifamiliares é de 152,2 kWh. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2022 a tarifa para o estado de Goiás é R\$ 0,637 nas residências. Com isso, abaixo foi feito a relação entre o custo e consumo para determinar o gasto mensal com energia elétrica:

$$CONSUMO MENSAL DA CONTA DE ENERGIA = \frac{152,2 \text{ KWh}}{\text{mês}} * \frac{R\$ 0,637}{\text{KWh}} = 96,95$$

Obtendo o custo mensal da conta de energia e o gasto com o sistema de energia fotovoltaica (R\$ 10569,90), pode-se calcular o tempo necessário, o payback, para adquirir o investimento inicial:

$$\text{Payback} = \frac{R\$ 10569,90}{R\$ 96,95} = 109,02 \text{ meses} \rightarrow 9,08 \text{ anos}$$

Com os cálculos apresentados, é possível verificar que o sistema de energia fotovoltaica possui um retorno financeiro de 9,08 anos. Levando em consideração que o ele possui um desempenho por até 25 anos, pode-se afirmar que, apesar do alto custo inicial, a energia fotovoltaica, além de trazer benefícios ao meio ambiente, também traz benefícios econômicos.

Do mesmo modo, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) cada pessoa necessita de 3,3 m³ de água por mês (cerca de 110 litros de água por dia). Não somente, a Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos (AGR) através da Resolução nº 0125/2018 determina a tarifa cobrada pelo consumo de água de acordo com cada categoria. Em uma residência normal com quatro habitantes, onde o consumo mensal será estimado em 13,2 m³ de água por mês, a tarifa é de R\$ 4,75 por m³. Dessa forma, foi feito o cálculo para determinar o custo mensal proveniente do consumo de água:

$$GASTO MENSAL COM O CONSUMO DE ÁGUA = \frac{13,2}{\text{m}^3} * \frac{R\$ 4,75}{\text{m}^3} = 62,70$$

Portanto, com o valor gasto mensalmente em decorrência do consumo de água e o custo para se obter uma minicisterna, é possível calcular o payback para obter o investimento inicial:

$$\text{Payback} = \frac{\text{R\$ } 4652,12}{\text{R\$ } 62,70} = 74,2 \text{ meses} \rightarrow 6,18 \text{ anos}$$

Mediante o exposto, verifica-se que a minicisterna tem um retorno financeiro em 6,18 anos, e considerando que ela possui uma vida útil longa, e que apenas de garantia ela possui 10 anos, ela se torna uma prática sustentável viável, não apenas ambientalmente como economicamente.

6. CONCLUSÃO

Fundamentado neste estudo de caso, foi possível constatar o quanto a construção civil impacta o meio ambiente, seja de maneira direta ou indireta, e que isso contribui para a devastação dos recursos naturais. Com isso, torna-se imprescindível a mitigação dos problemas já causados e a prevenção dos problemas futuros.

O próprio mercado, percebendo que a natureza é limitada e entendendo a importância de se buscar alternativas mais sustentáveis, disponibilizam certificados verdes que servem como uma padronização e estabelece critérios e condições técnicas para todos que buscam o mesmo ideal.

Esse estudo demonstra desde a introdução, passando pelo referencial teórico e finalizando com os resultados, que uma construção sustentável beneficia o meio ambiente e também oferece retorno financeiro, diminuindo as contas de energia e água, por exemplo.

Em seguida, apresentou-se práticas sustentáveis e que são viáveis de serem aplicadas em residências no município de Rio Verde - GO, discutindo vantagens e desvantagens e apresentando orçamentos que servem como base para construções futuras.

As práticas sustentáveis apresentadas nesse projeto abordam uma energia limpa e que oferece economia financeira, com a energia fotovoltaica, o conforto térmico, com o telhado verde, e a preservação da água potável e economia da conta de água com o reservatório para captação e reuso da água da chuva.

Com o orçamento apresentado foi possível analisar a viabilidade de uma construção sustentável no município de Rio Verde - GO, e foi verificado que mesmo o custo inicial sendo mais elevado que de uma construção convencional, o retorno financeiro a longo prazo e o

benefício ao meio ambiente torna esse tipo de construção muito mais viável, tanto economicamente quanto ambientalmente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A3P, Agenda Ambiental na Administração Pública. Ministério do Meio Ambiente. **Sustentabilidade na Administração Pública**. Brasília, 2013, p. 98.

AECWEB. **JK 1455 é o primeiro LEED Ouro EB O&M do país**. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/jk-1455-e-o-primeiro-leed-ouro-eb-om-do-pais_6414_10_0. Acesso em: 30 de junho de 2022.

AIRES, E.K.S. **Sustentabilidade Na Construção Civil: O Caso De Uma Residência Padrão Popular**. 2019. 57p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNINOVAFAPI, Teresina, 2019.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA. Ministério do Meio Ambiente. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005, p.152.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_agua_em_edificacoes.pdf. Acesso em: 02 de julho de 2022.

ANDERY, P. R. P. **Introdução à Gestão da Qualidade**. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/gestao/Qualidade%2001.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2022.

ARAÚJO, M. R. M. **Exclusão Social e Responsabilidade Social Empresarial Psicologia em Estudo**. Maringá, 2006, p. 417-426.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2008.

BARBOSA, M. T. et al. **Concreto Ecológico**. Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF. 18º Concurso Falcão Bauer, 2011.

BIAZIN, C.C.; GODOY, A.M.G. **A Rotulagem Ambiental no Comércio Internacional**. Disponível em: http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/ mesa2/2.pdf. Acesso em: 03 de junho de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002. **Diretrizes, Critérios e processos para o gerenciamento de resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

BRUNTLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Oxford. Oxford University Press. 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em: 27 de junho de 2022.

BUENO, E. L., SERPA, P. T., SENA, R. B., OLIVEIRA, R. J. B. & SOEIRO, S. A. responsabilidade social e o papel da comunicação. **Responsabilidade social das empresas: a contribuição das universidades**. São Paulo/Petópolis: Instituto Ethos, 2002, p.273-302.

CAIXA ECONÔMICA DO BRASIL. 2016. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casaazul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16 de junho de 2022.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008, p. 60.

CARVALHO, T.S. **Gloria Palace Hotel: Um Estudo dos Aspectos de Sustentabilidade no Retrofit de um Hotel Histórico**. 2013. 158p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br>. Acesso em: 28 de junho de 2022.

CBCS - Conselho Brasileiro De Construção Sustentável. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**, 2014, p.111.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desenvolvimento com Sustentabilidade: Construção Sustentável**. 2014, p. 32.

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document** Boutek Report No Bou/E0204, Pretória, CIB/UNEP-IETC, 2002.

COLTRO, A. **A Gestão da Qualidade Total e suas Influências na Competitividade Empresarial**. Caderno de Pesquisas em Administração, 1996, v. 1, n. 2.

CORRÊA, L. R. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CÓRTEZ, L. **Uso da certificação Leed aumenta 30% em um ano no Brasil**. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenhariacivil/planejamento-projetos/uso-da-certificacao-leed-aumenta-30-em-um-ano-no-372212-1.aspx>. Acesso em: 30 de junho de 2022.

COSTA, A. L.; FORMOSO, C. T. Perdas na construção civil: uma proposta conceitual e ferramentas para prevenção. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 7., 1998, Florianópolis. Artigo técnico. Florianópolis - SC ,1998, p. 1-7.

CUSTODIO, A. L. M.; MOYA, R. **Indicadores Ethos De Responsabilidade Social Empresarial**. São Paulo: Instituto Ethos, 2007, p. 82.

DEMING, W. E. **Qualidade: a Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990, p.367.

DEMIR, A; TOPÇU, I. **Durability of rubberized mortar and concrete.** Journal of Materials in Civil Engineering, 2007.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética et al. **Cenário econômico 2050: ESTUDOS ECONÔMICOS.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2015, p. 123.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). 2002. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M. **Qualidade na construção e gestão da qualidade no processo de projetos de edifícios.** São Carlos, 2004.

FEIGENBAUM, A. V. **Quality control : principles,, practice, and administration.** New York: McGraw-Hill Book, 1951, p.443.

FÉLIX, L. F. F. **O Ciclo Virtuoso do Desenvolvimento Responsável. Responsabilidade Social das Empresas: A Contribuição das Universidades.** São Paulo/Petrópolis: Instituto Ethos, 2003, v. 2, p.13-42.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificado AQUA-HQE, Vila dos Atletas é entregue ao Comitê Olímpico Rio 2016.** 2016. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/2016/06/22/certificado-aqua-hqe-vila-dos-atletas-e-entregueao-comite-olimpico-rio-2016/>. Acesso em: 18 de junho de 2022.

GARRIDO, L. **Conceito de Sustentabilidade.** Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/11.046/3793/pt?page=2>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

GAZETA DO POVO. **Que tal morar num apartamento dos Jogos Olímpicos?.** Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/imoveis/que-tal-morar-num-apartamento-dos-jogos-olimpicos-9se6bm7fhpnutytk7lbatn8>. Acesso em: 30 de junho de 2022.

GBC - GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Selo Leed.** Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em: 16 de junho de 2022.

HAYDÉE, L. **Conheça 10 edifícios sustentáveis do Brasil**. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/conheca-10-edificios-sustentaveisdo-brasil>. Acesso em: 30 de junho de 2022.

HONDA, W. S. **Certificação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Corporativos no Brasil**. 2016. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ISHIKAWA K. **Controle de Qualidade Total à Maneira Japonesa Iliana Torres**. Rio de Janeiro: Campus, 1993. p.221.

JAZRA, G. **Edifício JK 1455 em São Paulo Recebe Leed Ouro**. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/sustentabilidade/edificio-jk-1455-emsao-paulo-recebe-leed-ouro-para-274544-1.aspx>. Acesso em: 30 de junho de 2022.

JOHN, V. M. **Palestra: Resíduos de Construção e Demolição**. Palestra apresentada no dia 05 de novembro de 2001 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no evento Seminário de Resíduos Sólidos/Pares Poli - Ações responsáveis e Soluções sustentáveis. Disponível em: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Pares%20-%20Poli_vmjohn.pdf. Acesso em: 27 de junho de 2022.

JURAN, J. M. **Controle de qualidade**. São Paulo, 1991.

KARKOTLI, G. **Responsabilidade social empresarial**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2006.

KATS, G. **Tornando nosso ambiente construído mais sustentável: custos, benefícios e estratégias**. Washington, Island Press, 2010, p. 248.

KRONKA MÜLFARTH, R. C. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. Tese de Doutorado, São Paulo, FAU-USP, 2003.

LANDAU, R. **Technology, capital formation and U. S. competitiveness. International**

productivity and competitiveness. New York: Oxford University Press, 1992, p.299-328.

LEITE, V.F. **Certificação Ambiental na Construção Civil – Sistema LEED e AQUA.** 2011. 50p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LEMOS, C. **Inovação na era do conhecimento. In: Informação e globalização na era do conhecimento.** Rio de Janeiro: Campus, 1999, p. 122-144.

LIPPIATT, B. C. **Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide.** National Institute of Standards and Technology, 2007.

LOPES, A.A. **Construção sustentável: medidas construtivas sustentáveis que buscam aumentar a eficiência no uso dos recursos e minimizar os impactos ao meio ambiente.** 2013. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

LOTTI, M. G. M. **Processo de desenvolvimento e implantação de sistemas, medidas e práticas sustentáveis com vista a certificação ambiental de empreendimentos imobiliários – estudo de caso: empreendimento bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas 2016.** 2015. 140 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MELHADO, S. B. O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP.** Rio de Janeiro, 1999.

METHA, P. K. A Concrete Technology for Sustainable Development. **Concrete International.** v. 21, n. 11, p. 47-52, 1999.

MOTTA, S.R.F.; AGUILAR, M.T.P. **Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações.** Gestão & tecnologia de Projetos, 2009, v. 4, n. 1, p. 84 – 119. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50953/55034> . Acesso em: 12 de junho de 2022.

MOTTA, S. R. F. AGUILAR, M. T. P. The Dialectic Creative Process for a Sustainable in the Constructed Environment. In: **2008 World Sustainable Building Conference - SB08**, 2008, Melbourne. Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, v. 2. p. 2640-2643, 2008.

MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

NORO, G. B. et al. Sustentabilidade: uma visão baseada em stakeholders. In: **VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO ENERGIA, INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E COMPLEXIDADE PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL**, 7, 2010. Niterói, RJ, Brasil, 2010.

NOVIS, L.E.M. **Estudos dos Indicadores Ambientais na Construção Civil – Estudo de Caso em 4 Construtoras**. 2014. 85p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

OBRA LIMPA, 2017. Disponível em: <http://www.obralimpa.com.br/index.php/category/entrevista-elcio-d-careli/>. Acesso em: 19 de junho de 2022.

PINTO, T.P.; PINTO, C.A.P. **Qualidade com pequenas soluções**. Porto Alegre: Ed. Pini, 1994.

PINTO; T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

RIOS, M.B.C. **Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas 2016**. 2014. 102p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SENAI; SEBRAE; GTZ. **GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Redução, Reutilização e Reciclagem.** Projeto Competir, 2007.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SIMÃO, P. S. **Desenvolvimento com Sustentabilidade.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, Construção Sustentável, São Paulo, 2014.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília, 2014. p. 212.

TORGAL, F.P.; JALALI, S. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.** 2ª ed. Portugal. TecMinho, 2010.

USGBC – UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. LEED. Disponível em: <https://www.usgbc.org/>. Acesso em: 16 de junho de 2022.

VALENTE, J.P. **Certificações na Construção Civil: Comparativo entre LEED e HQE.** 2009. 65p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.