

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JUIZ DE  
FORA

LARISSA YURIE FRANCO DE OLIVEIRA

JUIZ DE FORA

2023

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JUIZ DE  
FORA

LARISSA YURIE FRANCO DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Juiz de Fora, como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Construção Civil

Orientador: Maria Teresa Gomes Barbosa

Coorientador: José Luiz Ernandes Dias Filho

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2023

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE JUIZ DE  
FORA

LARISSA YURIE FRANCO DE OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com a Resolução Nº 01/2018 do Colegiado do Curso de Engenharia Civil, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

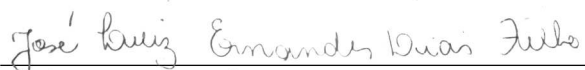
Aprovado em: 31/03/2023

Por:



---

Prof.(a) Maria Teresa Barbosa Gomes, D.Sc (Orientadora)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Construção Civil



Prof. José Luiz Ernandes Dias Filho, D.Sc (Coorientador)  
Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia de São Carlos



---

Prof. Antônio Eduardo Polisseni, D.Sc (Examinador 01)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Construção Civil



---

Eng. Vinicius Martins Galil (Examinador 02)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente gostaria de agradecer quem esteve ao meu lado durante todos os anos que vivi e por todas as dificuldades que passei para hoje estar aqui, minha mãe. Não menos importante, agradeço também a todos meus familiares que durante todos esses anos de faculdade sempre tiveram alguma palavra de carinho para me incentivar e motivar. Meu muito obrigado a todos vocês! Inclusive ao meu querido avô que não pode estar aqui para viver esse momento comigo. Obrigada também a Deus e ao Universo, que sempre estiveram presentes na minha vida guiando meus passos e meus caminhos em todos os momentos de fraqueza e de fortaleza.

Quero agradecer aos meus amigos da vida, que sempre me apoiaram e entenderam quando eu disse que não podia fazer algo porque precisava estudar. Outro agradecimento aos seguimentos que tive a honra de fazer parte, a Atlética e o Engenheiros Sem Fronteiras, que me trouxeram pessoas e experiências que vou carregar para toda minha vida! Um agradecimento especial a um amigo que a vida trouxe e levou, mas que esteve comigo em muitos momentos importantes e de desespero, me apoiando, me suportando e sempre me motivando e trazendo ao foco principal, que era terminar esse trabalho.

Minha gratidão também a UFJF pela oportunidade, pelos momentos vividos na instituição, pelas alegrias, realizações e por tudo que oferece a seus estudantes! Aos meus orientadores, que sempre tiveram paciência, carinho e dedicação comigo durante esse processo, a todos os professores que passaram pela minha vida e aos aprendizados que todos deixaram, sempre carregarei essas experiências comigo. Um agradecimento muito especial a Christiane, que se disponibilizou e abriu sua casa para ser meu objeto de estudo sempre com muita atenção, paciência e carinho.

Meu muito obrigada aos professores que ganhei da vida nos estágios que fiz e nos trabalhos que realizei. Minha eterna gratidão a cada pessoa que passou por mim durante todo esse tempo de vida e que de alguma forma deixou sua marca na minha história, seja com alguma palavra de incentivo, seja pelo simples fato de ter cruzado meu caminho.

Muito obrigada a vida!

“Com um discurso positivo e direto, Johan van Lengen coloca o homem no centro da disputa, chamando para nós mesmos a responsabilidade pela construção do futuro.”

*(Jaime Lerner)*

## RESUMO

A construção sustentável surgiu com a definição de desenvolvimento sustentável e a ideia de preservar o planeta para futuras gerações. Sendo a engenharia civil um setor com grandes impactos ambientais, os profissionais da área se tornam responsáveis por todo o processo realizado para uma construção desde especificações de materiais até o término do ciclo, estudando e descobrindo sempre novas formas de construir reduzindo o consumo de energia, água e geração de resíduos. Baseando-se nesse conceito, foi-se realizado um estudo de caso de uma moradia projetada de forma sustentável em 2008 realizando um levantamento quanto aos seus processos de redução de tais parâmetros identificando os métodos construtivos que foram usados e realização de propostas de recomendações para fortalecimento desse conceito no ciclo de vida útil da edificação. Esse é um trabalho de cunho documental e bibliográfico por se utilizar de materiais publicados previamente. Ao final do estudo, pode-se concluir que o objeto de estudo dispõe de recursos ainda muito utilizados na construção sustentável e que as recomendações feitas foram soluções que agregam o já que já foi realizado, além disso, ficou evidente que o uso de certificações para se construir uma edificação unifamiliar a deixaria economicamente inviável, sendo necessário a utilização de métodos alternativos que agreguem a construção.

Palavras-chave: Construção sustentável. Certificações. Soluções sustentáveis.

## **ABSTRACT**

Sustainable construction emerged with the definition of sustainable development and the idea of preserving the planet for future generations. Since civil engineering is a sector with great environmental impacts, professionals in the area become responsible for the entire process carried out for a construction, from material specifications to the end of the cycle, always studying and discovering new ways of building, reducing energy consumption, water and waste generation. Based on this concept, a case study was carried out of a house designed in a sustainable way in 2008, carrying out a survey regarding its processes of reduction of such parameters, identifying the constructive methods that were used and making proposals of recommendations for strengthening of this concept in the useful life cycle of the building. This is a documental and bibliographic work because it uses previously published materials. At the end of the study, it can be concluded that the object of study has resources still widely used in sustainable construction and that the recommendations made were solutions that add what has already been done, in addition, it was evident that the use of certifications for if building a single-family building would make it economically unfeasible, requiring the use of alternative methods that add construction.

Keywords: Sustainable construction. Certifications. Sustainable solutions.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Características das fases do empreendimento comercial tradicional.....	18
Figura 2 – Mapa de localização do bairro Jardins Imperiais.....	23
Figura 3 – Gráfico de temperaturas e precipitações anuais em Juiz de Fora.....	24
Figura 4 – Dados climatológicos anuais de Juiz de Fora.....	24
Figura 5 – Vista lateral da casa apresentando seu formato acompanhando o terreno.....	25
Figura 6 – Vista superior evidenciando a elevação e integração do terreno.....	25
Figura 7 – Parte da casa de maior incidência solar.....	27
Figura 8 – Conceito pilotis integralizando os ambientes sala de estar e segundo andar.....	28
Figura 9 – Apresentação do teto verde com solução e área de convivência.....	29
Figura 10 – Exemplo do uso da claraboia no segundo andar da casa.....	30
Figura 11 – Uso do dormente na área externa para reduzir uso de água.....	31
Figura 12 – Reservatório da água do teto verde que também é utilizado como piscina.....	32
Figura 13 – Laje nervurada como solução da super estrutura gerada.....	33
Figura 14 – Croqui da casa.....	35
Figura 15 – Cálculo aproximado de custo da solução convencional.....	36
Figura 16 – Cálculo aproximado de custo da solução sustentável.....	37
Figura 17 – Exemplo de reuso de água.....	39
Figura 18 – Exemplo de reboco feito pela Taba Bambu.....	40
Figura 19 – Exemplo do sistema boiler.....	40



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Tabela resumo: soluções sustentáveis usadas na casa.....	34
Quadro 2 – Valores unitários de materiais e mão de obra.....	36
Quadro 3 – Valores unitários de materiais e mão de obra.....	37

## LISTA DE SIGLAS

NBR	Norma Brasileira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
CNI	Confederação Nacional da Indústria
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
AQUA	Alta Qualidade Ambiental

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.4 METODOLOGIA.....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	16
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
2.2. PARÂMETROS MÍNIMOS PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL....	17
2.3. O PAPEL DO SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO.....	19
2.4. PORQUE CERTIFICAR.....	21
3. ESTUDO DE CASO.....	23
4. ORÇAMENTO.....	35
5. PROPOSTA DE RECOMENDAÇÃO.....	38
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com Pereira (2009) o conceito da construção sustentável surgiu em consonância com a definição de desenvolvimento sustentável onde se inseriu as dimensões econômica, ambiental e social que norteiam e consolidam a preservação do planeta para as gerações futuras.

Barbosa e Almeida (2016) mencionam que para o setor da construção civil houve a necessidade de articulação em todos os níveis, de forma sistêmica, já que está vinculada a: uma grande cadeia produtiva, normas técnicas, códigos de obras, planos diretores e políticas públicas que geram impactos ambientais, econômicos e sociais. Sendo assim, os profissionais envolvidos no processo construtivo dos empreendimentos tornaram-se responsáveis pela especificação dos materiais, produtos, componentes e técnicas construtivas que influenciam todas as demais etapas (execução, uso e manutenção) até ao término do ciclo da construção em prol da construção sustentável.

As pesquisas por materiais e técnicas ecoeficientes se estabelecem em atender três critérios básicos: técnico, que é o conhecimento das propriedades químicas, físicas, mecânicas, dentre outra; econômico, focado na redução do custo do produto final, incluindo custo de fabricação, aplicação, transporte e manutenção; além do ecológico, baseado na redução do custo de descarte do rejeito (BARBOSA e ALMEIDA, 2016), bem como a inovação tecnológica, que busca meios de equacionar melhor a questão dos custos e diminuir as perdas (SILVA, SILVA e AGOPYAN, 2003).

Teixeira e Carvalho (2005, p.9) destacam, ainda, que a indústria da construção civil é “[...] uma atividade que complementa a base produtiva e cria externalidades positivas que aumentam a produtividade dos fatores de produção e incentivam as invenções privadas, sendo de importância estratégica para a sustentação do desenvolvimento econômico e social brasileiro”.

Barbosa e Almeida (2016) existem diversos indicadores que auxiliam a consolidação da construção sustentável e dentre desses, pode-se citar o uso da água, da energia e dos materiais. Dessa forma, levando em consideração os objetivos principais da construção sustentável: os benefícios ao meio ambiente e a promoção da qualidade vida, as diretrizes construtivas para tal processo consistem na redução do consumo de energia, de água e de geração de resíduos.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O tema construções sustentáveis tem uma importância muito grande pois, gera impactos positivos diretamente ligados a questão ambiental, o que interfere no desenvolvimento do planeta. Ela foi definida por Jerry Yudelson (2013), como

“Uma edificação sustentável é aquela que considera seu impacto sobre a saúde ambiental e humana e, então, o diminui. Ela consome uma quantidade consideravelmente menor de energia e água em relação a uma edificação convencional, tem menos impactos sobre o terreno e, em geral, níveis mais altos de qualidade do ar no interior. Também se preocupa em partes com os impactos de ciclo de vida dos materiais de construção, móveis e acessórios.”

Para que uma construção cause o mínimo de degradação no ambiente, é preciso que ela seja responsável por tudo o que consome, gera, processa e descarta, dessa forma a importância do uso práticas que levem a redução do consumo de água, energia e de resíduos, não apenas durante a construção da edificação, mas também no seu ciclo de vida útil fazendo com que sua manutenção continue sendo sustentável.

Inicialmente as práticas sustentáveis vinham de inovações tecnológicas como os painéis solares, cisternas, captação de águas e outros. Hoje já existem diversos estudos de materiais mais naturais que podem ser usados na construção civil para diminuição dos impactos do setor, como a exemplo uso de teto verde (GATTO, 2012), bambu (HAOULI, 2018) e partículas de açaí (BARBOSA et al, 2018)

## **1.3 OBJETIVOS**

O objetivo principal do presente trabalho é efetuar um estudo de caso de uma residência unifamiliar situada na cidade de Juiz de Fora, fazendo o levantamento da construção quanto as metodologias usadas afim de reduzir do consumo de energia, de água e de resíduos definidos no seu projeto e executadas segundo tal. Ao final desse estudo, pretende-se avaliar se existem formas de aprimorar sua utilização, e se sim, propor recomendações. Sendo assim, o trabalho se baseia em uma minuciosa análise de uma edificação sustentável localizada na cidade de Juiz de Fora identificando os métodos construtivos usados e propor recomendações para aprimoração de seu uso.

Como objetivo secundário, destacam-se:

- i) Revisão bibliográfica sobre os preceitos da construção sustentável;
- ii) Levantamento dos parâmetros que norteiam os requisitos mínimos para obtenção de uma construção sustentável;
- iii) Propor recomendações para fortalecimento do conceito de construção sustentável ao decorrer do ciclo de vida útil da edificação.

#### **1.4 METODOLOGIA**

Segundo Gil (2002), este trabalho pode ser classificado, quanto ao procedimento que será adotado para sua elaboração, como documental, bibliográfico e, ainda, como um estudo de caso, pois se utiliza de materiais já publicados como artigos, livros, guias, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado.

O estudo será realizado por etapas que consistem em: uma revisão sistemática da literatura (RSL) sobre o tema Construções Sustentáveis e seus parâmetros; em seguida definida e apresentada uma edificação sustentável localizada na cidade de Juiz de Fora (objeto de estudo) onde será efetuado o levantamento dos parâmetros que a classificam como tal. Finalmente, após uma minuciosa análise será proposto recomendações de forma a assegurar sua sustentabilidade segundo os estudos mais recentes sobre o tema.

#### **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho foi dividido em quatro capítulos, nos quais foram abordados da seguinte forma:

O Capítulo 1 apresenta o conceito do tema escolhido, as principais diretrizes a serem estudadas, um breve histórico das soluções abordadas, os objetivos gerais e específicos do trabalho, a metodologia usada na dissertação e a forma escolhida para estruturação da mesma.

O Capítulo 2, por sua vez, trata-se de uma Revisão Bibliográfica, onde foram aprofundados alguns assuntos comentados de forma mais geral na introdução do trabalho como a revisão bibliográfica e as diretrizes mínimas para que uma construção possa ser considerada sustentável, nesse mesmo capítulo também foi englobado o papel dos sistemas de certificação e a razão de certificar uma construção sustentável e como fechamento desse, foi estudado o cenário atual brasileiro referente ao tema.

O estudo de caso foi assunto do Capítulo 3, onde foi apresentado o objeto de estudo, nesse caso, uma edificação unifamiliar localizada em um condomínio de casas de alto padrão na cidade de Juiz de Fora. Foi feita uma análise das metodologias construtivas usadas comparando as metodologias estudadas além de uma análise também em relação aos sistemas de certificação, feito isso, na conclusão do parágrafo foram realizadas propostas de recomendações com os estudos atuais para tal edificação.

No Capítulo 4 foi realizado um orçamento da metodologia usada na casa e a que foi chamada de convencional, onde se usa alvenaria afim de comparação dos valores finais e análise de ambas as propostas.

As propostas e recomendações para melhorar ainda mais a sustentabilidade da casa foi apresentada no Capítulo 5.

Já o Capítulo 6 tem-se as principais conclusões e considerações finais sobre o tema e sobre o aprendizado realizado durante os estudos feitos.

## 2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O setor da construção civil é economicamente um dos mais importantes do país, como descreve o MMA (2022), devido a geração de emprego e renda para a população, mas em contrapartida, também é considerado como uma das atividades que mais gera impacto ambiental, de acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB) seja pela necessidade de realizar exploração de pedreiras e extração de areia, seja pelo alto consumo energético além da geração de resíduos ao se demolir ou construir um edifício que são lançados no meio ambiente.

A construção sustentável é resultado da conscientização por parte da sociedade a fim de se responsabilizar quanto a geração dos resíduos, comprometendo-se a reaproveitá-los e gerir de maneira condizente os recursos naturais disponíveis, com o intuito de que não falte para as gerações seguintes como cita Araújo (2022a). Para tal construção acontecer é necessário todo o estudo do local para assim fazer a escolha dos materiais e as tecnologias usadas de forma que atendam aos critérios de impacto mínimo do meio ambiente, como uso de materiais reciclados e matérias primas renováveis.

Segundo Bragança *et al.* (2011), a primeira vez que o termo construção sustentável foi definido aconteceu em 1994, na Conferência Internacional sobre Construção Sustentável na Flórida por Charles Kibert, o qual caracterizou este conceito como “a criação e o planejamento responsável de um ambiente construído saudável, com base na otimização dos recursos naturais disponíveis e em princípios ecológicos”, além disso, ele apresentou também o que chamou de “Os sete princípios para a construção sustentável”, sendo eles:

- redução de consumo e recursos;
- reutilização dos recursos o máximo possível;
- reciclar os resíduos da demolição e sempre que possível utilizar materiais reciclados;
- proteger os sistemas naturais e o funcionamento de todas as suas atividades;
- eliminar todos os materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
- incorporar o custo total nas decisões econômicas e promover a qualidade em todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído.



Para que a construção sustentável seja de fato aplicada, de acordo com a Câmara da Indústria da Construção (2008) ela precisa estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, começando pela sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. É preciso pensar em nas atitudes que podem ser tomadas em cada uma dessas etapas da construção, com o intuito de mostrar os aspectos e impactos ambientais e como isso, como evitar ou minimizar tais impactos para que o empreendimento seja “uma ideia sustentável, uma implantação sustentável e uma moradia sustentável.”

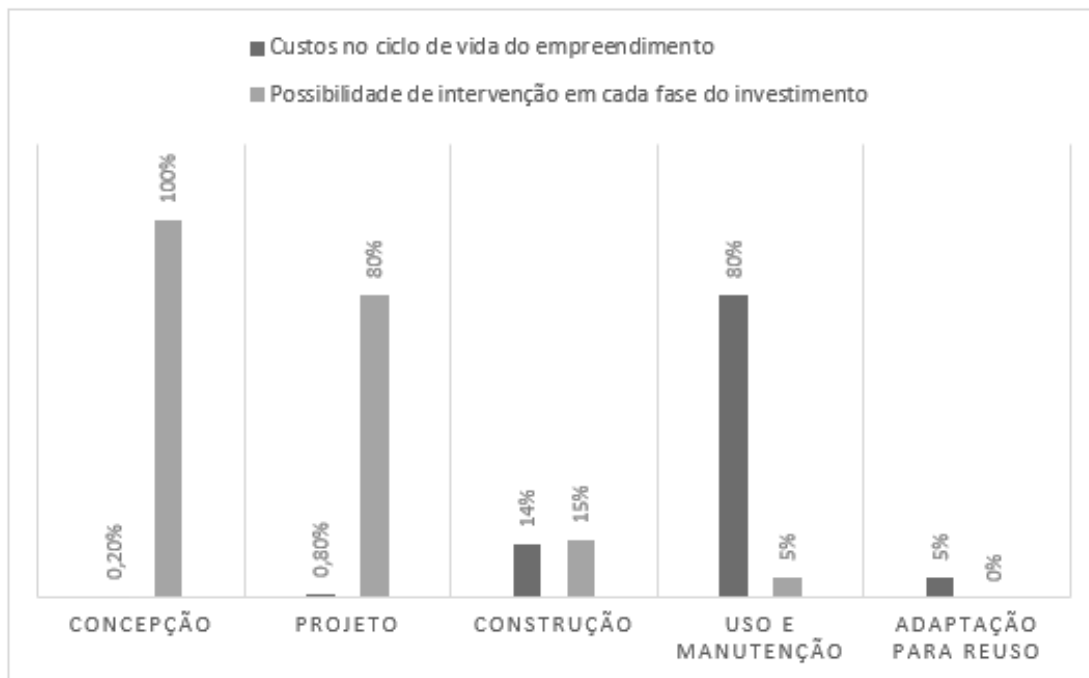
## **2.2 PARÂMETROS MÍNIMOS PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**

O setor da construção precisa cada vez mais focar no meio ambiente e nas consequências geradas pelas suas atividades, dessa forma, é preciso que as empresas mudem a forma de produzir e gerir suas obras. Para dar início a isso, elas devem começar por uma introdução progressiva de sustentabilidade, com o objetivo de, em cada obra, encontrar soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento

São nas fases iniciais do empreendimento que está a possibilidade de diminuir os custos e planejar a aplicação da sustentabilidade, é o que afirma estudo feito por Ceotto (2006 *apud* Câmara da Indústria da Construção, 2008) em que ele analisa um edifício comercial cuja vida útil é cerca de 50 anos.

A construção civil é diretamente vinculada a indicadores de qualidade de vida, porque tal setor aponta soluções de urbanismo e estruturas que fornecem desenvolvimento para a sociedade (ROQUE E PIERRI, 2019), dessa forma, focar apenas na redução do impacto social nas fases iniciais do empreendimento não é suficiente para que o setor da construção se torne mais sustentável de acordo com a Câmara da Indústria da Construção (2008). É necessário que haja planejamento dentro em cada etapa, contemplando todos os impactos que possam acontecer durante o ciclo de vida, com a intenção de minimizar principalmente nas primeiras fases, para que isso gere melhorias como um todo, assim como demonstra a Figura 1.

Figura 1: Características das fases do empreendimento comercial tradicional.



Fonte: adaptado de Ceotto (2006 *apud* Câmara da Indústria da Construção, 2008).

Casagrande Junior (2010) destaca 5 fases de projeto que podem auxiliar os empreendimentos a desenvolverem projetos sustentáveis, a primeira fase é de projeto, etapa em que são coletados os dados específicos da área a ser implantada a edificação; a segunda fase é a de implantação, é quando surge as consequências dos recursos que se planejou na fase anterior, o que evidencia a necessidade de escolher recursos que não agridam o meio ambiente; a fase três é a de uso, nela surgem as consequências ligadas aos materiais especificados no projeto arquitetônico (nessa escolha devem ser considerados materiais de longa duração e de fácil manutenção); a quarta fase é a de manutenção, nessa fase é importante que o acesso as instalações (hidráulicas e elétricas, por exemplo) seja facilidade pela compatibilização de todos os projetos; e concluindo, a fase cinco é a de demolição, é necessário que se viabilize uma demolição racional, ou seja, comprometido com a escolha de materiais e componentes reaproveitáveis, não frágeis ou desmontáveis.

A Câmara da Indústria da Construção (2008) destaca a existência de diversos parâmetros para que se obtenha uma construção sustentável, dessa forma, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), além de outras instituições de mesmo cunho pontuaram algumas como:

- 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 ecoeficiência 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

Conforme foi salientado, estes parâmetros são de extrema importância na criação de um canteiro de obra sustentável para então obter-se um produto final sustentável. Dessa forma, é necessário planejar o empreendimento para que em cada etapa do seu ciclo de vida ele possa ser sustentável, desde de sua concepção passando por toda sua vida útil, inclusive em momentos em que o mesmo precise de manutenção até quando ele será reformado ou demolido.

### **2.3 O PAPEL DO SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO**

A ferramenta de avaliação da construção civil ligada a sustentabilidade surgiu no final dos anos 80, conforme Lucas (2011), tendo como principal objetivo qualificar e quantificar os impactos positivos e negativos gerados pelo setor da construção no meio ambiente, podendo assim, encontrar medidas que minimizem os impactos negativos e valorizem os positivos.

Essas ferramentas tornam possível reconhecer construções capazes de contribuir para um futuro sustentável, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e sociais, pois consideram também a garantia de sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios. As análises são realizadas através da aplicação de sistemas e ferramentas de certificação que tendem a estimular e avaliar as boas práticas na construção, com o objetivo de preservar o meio ambiente, aumentar a qualidade de vida e do ambiente construído.

Os edifícios construídos de forma sustentável recebem selos verdes ou certificações, sendo que esses são ferramentas usadas para validação de desempenho, o que demonstra uma gestão de ambiente construído utilizando eficiência energética, redução de uso de recursos naturais e minimização da poluição. Para isso, deve ser estabelecidas metas de consumo e origem dos recursos (como água e energia) e de emissão de poluentes (RUZENE, 2011).

As ferramentas de certificação estão sempre em constante evolução para abranger as necessidades que venham surgindo com o passar do tempo e com o surgimento de novas tecnologias. A maioria deles, de acordo com Lucas (2011) é baseado nas leis e regulamentações locais com o peso necessário a cada parâmetro e indicador, o que é predefinido de acordo com a realidade ambiental, sociocultural e econômica do local.

Existem diversos métodos no mundo para certificação de uma edificação sustentável, pode-se citar alguns, baseados nos estudos de Lucas (2011), Nascimento e Maciel (2010) e Leite (2011) como o BREEAM, surgido com a finalidade de promover orientação de minimização de efeitos negativos e fomentar um ambiente interno saudável e confortável, abrange aspectos como energia, impacto ambiental, saúde, produtividade, oportunidades para melhoria, vantagens financeiras e outros, incentiva a utilização das melhores práticas ambientais em todas as fases do ciclo de vida; cria parâmetros e padrões que não são impostos na legislação e realça a importância dos benefícios de edifícios com menor impacto ambiental; o LEED com objetivo o desenvolvimento e implementação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis, pretende incentivar a criação de edifícios ambientalmente responsáveis e lucrativos além de saudáveis para viver e trabalhar; o AQUA-HQE que é uma adequação do HQE para uso no Brasil, tal ferramenta visa garantir a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou reabilitação utilizando auditorias e avaliações em três etapas da obra: fase do programa, fase de concepção e fase de realização.

Os aspectos ambientais que podem ser ligados a sustentabilidade das construções segundo alguns sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificação voluntária de edifício - BREEAM, CASBEE, GBTool, LEED (Câmara da Indústria da Construção, 2008):

- Qualidade da implantação.
- Gestão do uso da água.
- Gestão do uso de energia.
- Gestão de materiais e (redução de) resíduos.

- Prevenção de poluição.
- Gestão ambiental (do processo).
- Gestão da qualidade do ambiente interno.
- Qualidade dos serviços.
- Desempenho econômico

Alguns destes parâmetros são destacados por Rocheta e Farinha (2007), as quais evidenciam que na gestão da água, é possível propor medidas que controle os gastos, reaproveitamento de águas pluviais e criação de áreas de infiltração; na gestão dos materiais priorizar materiais naturais com baixa energia incorporada, que sejam duráveis e minimamente poluentes; na gestão de resíduos reduzir, reutilizar, recuperar e reciclar tudo que for possível durante todo ciclo de vida dos edifícios através de um bom planejamento se seja adequado para casa caso.

## **2.4 PORQUE CERTIFICAR**

O setor da construção civil, conforme Marinho (2020) é uma das atividades socioeconômicas mais importantes do país, mas ao mesmo tempo, é um dos setores que mais agride o meio ambiente, já que toda construção gera resíduo, além de um grande uso de matérias prima não renováveis, o que contribui muito para a poluição do planeta.

De acordo com a CNI (2017) os principais impactos do setor de construção são: 30% das emissões globais de gases de efeito estufa são atribuídos aos edifícios; esse é o setor de maior consumo de recursos e de matérias-primas, cerca de 50% da produção global de aço e, a cada ano, 3 bilhões de toneladas de matérias-primas são usadas para fabricar produtos de construção em todo o mundo; entre 40% a 60% do volume de resíduos em centros urbanos maiores que 500.000 habitantes são oriundos de processos construtivos; e os edifícios são responsáveis por 25% a 40% do uso de energia global, o que contribui com as emissões de CO<sub>2</sub>.

Cada vez mais cresce a importância com o meio ambiente e com o desenvolvimento sustentável, pois dessa forma, pode-se garantir um uso consciente dos recursos para suprir as necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras, assegurando que seja possível que esses utilizem dos mesmos recursos de forma também sustentável gerando um ciclo vicioso positivo em que se agrida o meio ambiente o mínimo possível.

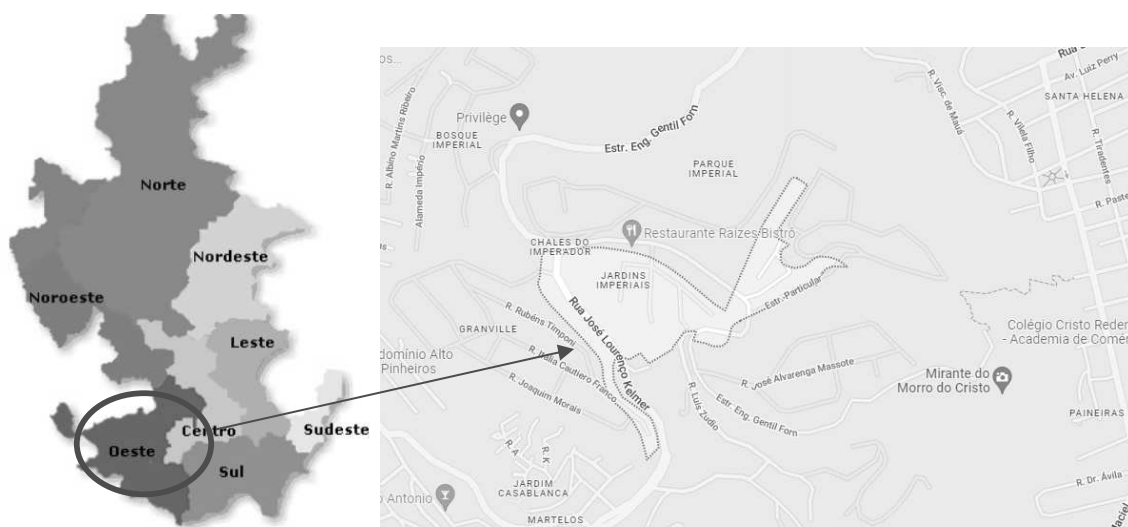
Portanto, a certificação de uma edificação abona que, além dela atender aos parâmetros regidos por tal selo, seja de reutilização de material ou relacionado a gasto energético, garante também

um ambiente construído mais saudável e confortável para seu usuário, ajudando dessa forma o meio ambiente e a saúde do ser humano.

### 3 ESTUDO DE CASO

O estudo foi efetuado em uma edificação unifamiliar, localizada na cidade de Juiz de Fora - MG, no bairro Jardins Imperiais. A Figura 2 apresenta o mapa de localização do bairro que se situa na região oeste da cidade, em um condomínio residencial de alto padrão de acordo com a NBR 12721(2005).

Figura 2: Mapa de localização do Bairro Jardins Imperiais.

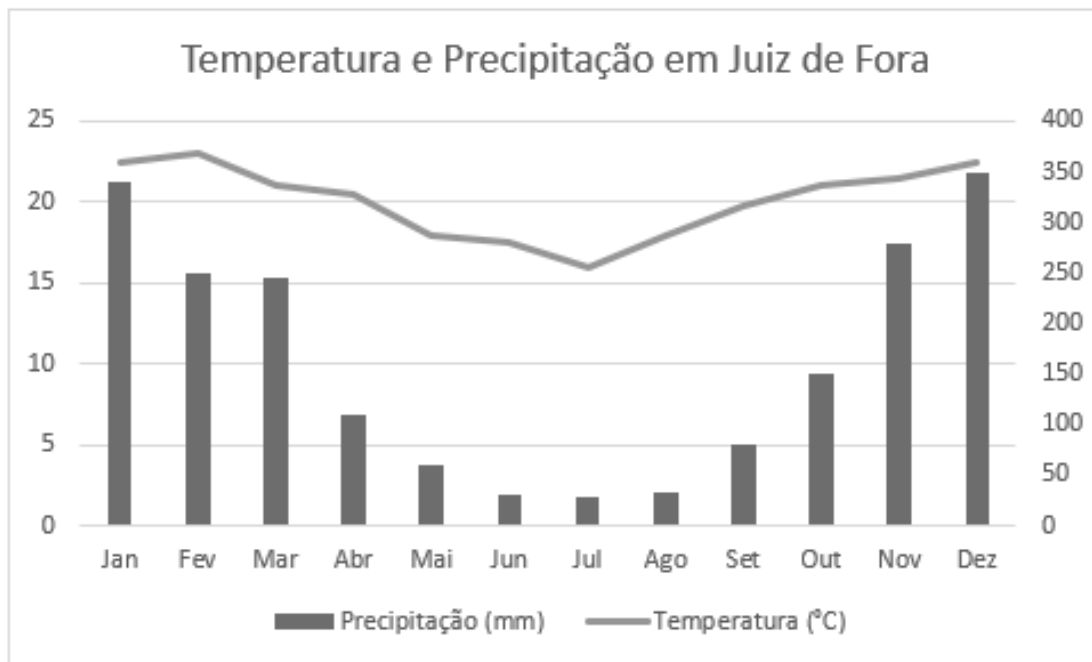


Fonte: Adaptado de Google Maps.

Salienta-se que o clima da cidade é predominantemente tropical de altitude com dois períodos distintos, um quente e chuvoso e outro frio e seco. De acordo com o site *Climate Data* (2022), a maior umidade relativa do ar ocorre no mês de dezembro, com cerca de 79,93%, sendo também o mês mais chuvoso do ano, enquanto a menor umidade ocorre no mês de setembro, na ordem 68,98%, embora o mês menos chuvoso seja julho. A temperatura média da cidade de Juiz de Fora é 20,2°C e a média anual de pluviosidade é de 1971mm. As Figuras 3 e 4 ilustram respectivamente as temperaturas e precipitações médias da cidade e os dados climatológicos.

O projeto da edificação é do ano de 2006 e a obra iniciou-se em 2008, sendo finalizada 10 anos após devido a dificuldades com mão de obra. A área do terreno é igual a 660m<sup>2</sup>, enquanto que a área construída é de 238m<sup>2</sup> divididos em dois andares com cinco quartos e áreas de uso comum, há inclusive um deck de madeira (área igual a 218m<sup>2</sup>) ao redor da casa para locomoção e acessibilidade e um telhado verde, com acessibilidade adequada para área de lazer.

Figura 3: Gráfico de temperaturas e precipitações anuais em Juiz de Fora.



Fonte: Adaptado de *Climate Data* (2022).

Figura 4: Dados climatológicos anuais de Juiz de Fora.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	22.8	23.1	22.2	20.7	18.2	17.3	16.8	17.8	19.4	20.7	20.9	22.1
Temperatura mínima (°C)	19.3	19.3	18.9	17.3	14.5	13.2	12.4	13.2	15	16.8	17.6	18.8
Temperatura máxima (°C)	27.4	27.9	26.7	25.2	22.9	22.5	22.2	23.5	24.9	25.8	25.4	26.7
Chuva (mm)	341	253	250	108	62	29	28	35	85	153	283	344
Umidade (%)	78	76	80	79	77	77	74	70	69	73	79	80
Dias chuvosos (d)	16	13	16	11	7	4	4	5	8	12	15	17
Horas de sol (h)	7.7	8.0	6.7	5.7	5.5	5.7	5.9	6.2	6.0	6.0	5.7	6.9

Fonte: Adaptado de *Climate Data* (2022).

Cabe mencionar que o projeto da casa é de responsabilidade da proprietária, que possui formação nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. Sendo assim, foi efetuada uma análise dos itens de sustentabilidade, consagrados na época do projeto, verificando a aplicação dos parâmetros de economia, durabilidade e segurança.

A residência localiza-se em um terreno curvo de esquina como mostrado nas Figuras 5 e 6, possuindo 15m na parte da frente e 16m na lateral curva, além de possuir uma inclinação na divisa do terreno e a parte de trás tem 15m reto.



Figura 5: Vista lateral da casa apresentando seu formato acompanhando o terreno.



Fonte: o Autor.

Figura 6: Vista superior evidenciando a elevação e integração do terreno.



Fonte: Google Earth.

No planejamento do projeto o objetivo principal era ter uma edificação sustentável com um baixo custo, pois segundo a proprietária, “realizar uma construção gastando muito é fácil”, e isso acaba se tornando inviável. Para a realização do seu projeto, ela fez orçamento de todas metodologias convencionais e todas as usadas na casa para uma comparação e análise, além de estudar a sustentabilidade de tudo que seria usado.

Ao planejar a casa, a ideia principal foi usar ao máximo os recursos naturais e climáticos disponíveis (a exemplo da iluminação e da ventilação) para que não poluíssem e trouxessem conforto térmico para os usuários, dessa forma, optou-se por pousar a casa no terreno evitando movimentação de terra e alterações do micro clima e regime de água locais.

A orientação solar e a direção dos ventos influenciaram na disposição da casa, optou-se pelo uso os ventos dominantes criando uma ventilação cruzada e dessa forma, gerando arrefecimento com a intenção de refrescar o ambiente – colocação de janelas onde o vento incide e saída de ar por onde o vento se dissipa – evitando o uso de ventiladores e ar condicionado.

Foi realizado um estudo sobre a incidência solar para que a iluminação dominante da casa fosse a natural, dessa forma, foi optado pelo uso do vidro no lado de maior incidência de luz, como apresentado na Figura 7, o que trouxe economia de energia durante o uso da edificação. Essa metodologia construtiva fez com que a casa obtivesse o máximo de conforto térmico disponível, no verão o calor se dissipa pelas aberturas da casa e no inverno ele fica recluso no interior da casa. Para total aproveitamento dos benefícios de uma iluminação natural, foi escolhido que todos os quartos fossem voltados para o lado nascente do sol, favorecendo a saúde dos moradores.

Uma outra solução arquitetônica escolhida foi o uso do pilotis, apresentado na Figura 8. Todos os ambientes sociais da casa são interligados formando um loft, o que privilegiando a circulação e a transformação dos cômodos. A casa foi separada em quatro platôes com diferenças de níveis pequenas aproveitando a implantação do terreno, assim, evitou-se um custo maior com lajotas, massa e mão de obra.

Figura 7: Parte da casa de maior incidência solar.



Fonte: o Autor.

Para cobertura da casa foi usado o teto verde apresentado na Figura 9, a ideia desse método construtivo é elevar o terreno para o teto da casa, e dessa forma, gerar o mínimo de alteração no micro clima e regimes locais. Em relação a manutenção, colocando terra na laje evita-se os fenômenos de expansão e contração do concreto quando exposto ao tempo, assim evita-se infiltrações. Outro fator agregador para sua escolha é a criação de mais uma área utilizável na casa que contribui com o conforto térmico e acústico.

Para a impermeabilização foi usado um sistema aplicado uma geomembrana usada em lagoas de mineração e aterros sanitários, sendo além de efetivos, duráveis (tem uma vida útil em torno de 200 anos, assim como uma edificação) não gerando ciclos de lixos durante a manutenção. A escolha desse sistema foi devido ao fato de a liga betuminosa interagir com as plantas o que faz com que a impermeabilização não possua a eficácia desejada além do curto prazo de validade desses produtos.

Figura 8: Conceito pilotis integrando os ambientes entre sala de estar e segundo andar.



Fonte: o Autor.

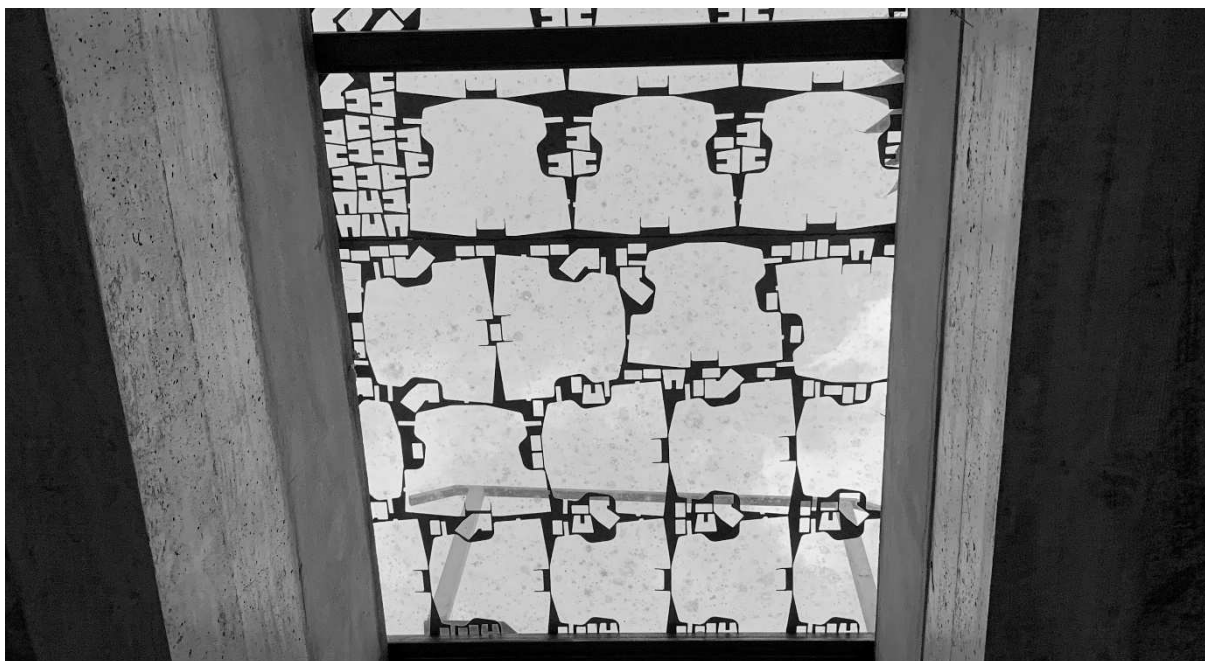
Figura 9: Apresentação do teto verde como solução além de área de convivência.



Fonte: o Autor.

A fim de se minimizar o consumo de energia, na cobertura verde foram instaladas algumas claraboias, como mostrado na Figura 10, para iluminação lunar e aproveitamento das luzes dos postes da rua, que juntamente com os espaços interligados da casa, atinge todos os cômodos sociais ao mesmo tempo. Nessa cobertura também foram instalados painéis solares cuja energia é usada para aquecimento de água.

Figura 10: Exemplo do uso da claraboia no segundo andar da casa.



Fonte: o Autor.

A escolha dos materiais de construção foi feita através de pesquisas de sustentabilidade, durabilidade e economia. Para a estrutura da casa foi optado pelo uso do concreto impermeabilizado com resina própria a base d'água. Sua escolha foi feita através de uma comparação entre o uso da água na sua produção; exploração de matérias primas e sua durabilidade; manutenção. A parte externa da casa é feita de dormente o que fica evidente na Figura 11 (dormente e grama), devido a sua manutenção ser econômica por não gastar água para limpar o piso.

O material usado no piso da casa foi a madeira, as paredes e o teto ficaram em concreto aparente, os banheiros foram feitos com piso de madeira removível, o que ajuda na economia da limpeza. A cozinha possui um fogão a lenha centralizado para servir como sistema de aquecimento auxiliar. A escada externa é feita de metal e possui um guarda corpo de cabo de aço, da mesma forma que a escada interna. Todos os outros guarda corpos da edificação, assim como o portão e as fachadas são de sobras de chapas de aço cortadas a laser.

Figura 11: Uso do dormente na área externa para reduzir uso de água.



Fonte: o Autor.

O teto verde foi usado também com o objetivo de redução do consumo da água. Toda água que cai nele é recolhida e levada para um reservatório apresentado na Figura 12, seu espelho d'água é de 1,50m que tem capacidade para reservar até 30000l de água, assim ele também pode ser usado como uma piscina. Esse reservatório fica localizado do lado dos ventos dominantes, mantendo sempre a umidade da casa ideal. A irrigação das coberturas verdes é feita por gravidade – existe um pequeno caimento na laje para tal – e utilizando a própria água recolhida por elas.

Figura 12: Reservatório da água do teto verde que também é utilizado como piscina.



Fonte: o Autor.

O problema gerado pelo teto verde diante a engenharia civil é a sobrecarga da estrutura, pois o peso da terra é de  $160\text{kg/m}^2$  (aproximadamente 10cm de altura de solo) enquanto um telhado convencional possui aproximadamente  $25\text{kg/m}^2$ , devido a esse peso excessivo, a laje da casa ficaria muito espessa, dessa forma, houve um cálculo estrutural específico levando em consideração essas sobrecargas, sendo optado então por usar lajes nervuradas em todo local que receberia a terra para diminuir a quantidade de concreto que seria investido nesses locais, assim como mostrado na Figura 13.



Figura 13: Laje nervurada como solução da super estrutura gerada.



Fonte: o Autor.

A partir das análises apresentadas no estudo de caso produziu-se a Tabela 1, onde se encontram um resumo das principais soluções utilizadas pela proprietária em seu projeto para cada demanda que surgia.

Quadro 1: Resumo das soluções utilizadas.

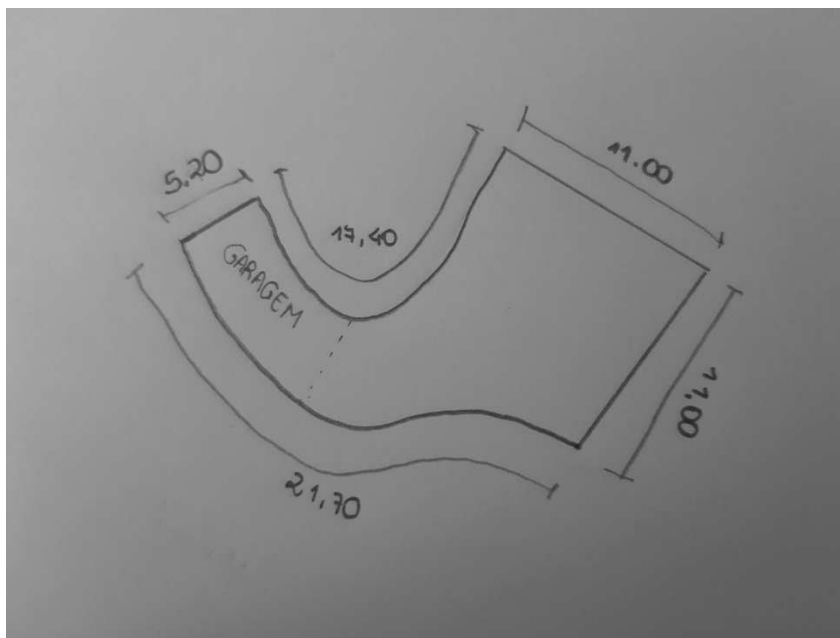
Uso de ventilação natural - arrefecimento	Colocação de janelas onde o vento incide e saída de ar onde ele se dissipa
Uso de iluminação natural	Vidro como vedação posicionado na maior incidência de luz e claraboia
Circulação e redução de vedação	Pilotis
Conforto térmico e acústico	Teto verde
Impermeabilização teto verde	Geomembrana
Redução de energia	Painéis solares
Estrutura da casa	Concreto armado
Piso externo	Dormente e grama
Piso interno	Madeira
Vedações	Concreto aparente
Impermeabilização concreto	Resina a base de água
Banheiros	Madeira removível
Escadas	Chapa de aço reutilizada
Guarda corpo e portão	Chapa de aço reutilizada
Reutilização de água	Teto verde e reservatório
Super estrutura	Laje nervurada

Fonte: o autor.

## 4 ORÇAMENTO

No orçamento foi levado em consideração, para efeito de comparação entre os métodos construtivos convencional e sustentável, apenas a parte referente as vedações verticais. As outras partes não seriam alteradas independentemente do método construtivo utilizado. Como o autor não possui as plantas da casa, ele foi feito de forma genérica com medidas aproximadas a partir da escala do Google Maps para a construção do croqui (ver Figura 14) em que todos os cálculos foram baseados nessas medidas, além disso, todos os custos foram estimados através de pesquisa de campo.

Figura 14: Croqui da casa.



Fonte: o Autor.

- Uso da alvenaria comum (solução convencional):

Para cálculo da alvenaria foi levado em consideração o valor do saco de cimento, da massical, do caminhão de 5m<sup>3</sup> de areia, o valor de diária da mão de obra (pedreiro e servente) e uma quantidade de 5 pedreiros, 5 serventes e 2 pintores trabalhando durante todo o processo. De acordo com o cálculo realizado pelo autor, um pedreiro e um servente fazem por dia 10m<sup>2</sup> de reboco, 20m<sup>2</sup> de chapisco e assenta 200 lajotas (equivale a 5,32m<sup>2</sup> considerando uma lajota de dimensões 14x19cm). Um traço de massa utiliza 1 lata de cimento, 1 lata de massical e 6 latas de areia fina (8m<sup>3</sup> de areia dão em média 8 traços).

Todos os valores dos itens necessários para cálculo do orçamento deste item estão descritos no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Valores unitários de materiais e mão de obra.

Saco de massical	R\$19,00
Saco de cimento	R\$31,00
Caminhão 5m <sup>3</sup> de areia fina	R\$725,00
Caminhão 5m <sup>3</sup> de areia média	R\$695,00
Diária pedreiro	R\$80,00
Diária servente	R\$60,00
Diária do pintor	R\$80,00

Fonte: o Autor.

Ao todo, tem-se 66,3m lineares de alvenaria e um pé direito de 3m. As informações para os custos envolvidos de aproximadamente 400m<sup>2</sup> de alvenaria executados estão na Figura 15. Foi considerado para valor de diária as pessoas que trabalhariam no dia, neste caso, com 5 serventes (R\$300,00) mais 5 pedreiros (R\$400,00), que totalizam R\$700,00.

Figura 15: Cálculo aproximado de custo da solução convencional.

<b>Mão de Obra</b>			
	Dias	Valor diária	Custo
Assentamento lajota	15	R\$ 700,00	R\$ 10.500,00
Chapisco	4	R\$ 700,00	R\$ 2.800,00
Reboco	8	R\$ 700,00	R\$ 5.600,00
Pintura	10	R\$ 160,00	R\$ 1.600,00
			Custo total = R\$ 20.500,00

<b>Material</b>			
	Quantidade	Preço unitário	Total
Cimento 50kg	250	R\$ 19,00	R\$ 4.750,00
Massical 20kg	100	R\$ 31,00	R\$ 3.100,00
Areia fina 5m <sup>3</sup>	5	R\$ 725,00	R\$ 3.625,00
Areia média 5m <sup>3</sup>	4	R\$ 695,00	R\$ 2.780,00
Massa corrida 5l	30	R\$ 45,00	R\$ 1.350,00
Tinta bruciato 5kg	45	R\$ 214,00	R\$ 9.630,00
Lajota	5640	R\$ 2,25	R\$ 12.690,00
			Custo total = R\$ 37.925,00

**TOTAL = R\$ 58.425,00**

Fonte: o Autor.

- Uso do concreto e vidro (solução sustentável):

Para cálculo do concreto e do vidro foi levado em consideração o valor do m<sup>3</sup> de concreto usinado e o valor do m<sup>2</sup> do vidro instalado, como descrito no Quadro 3. Dessa forma, foram medidos quanto usaria de cada um somado a mão de obra de diária de carpintaria e madeira para produção das formas, além da mão de obra de 5 serventes e 5 carpinteiros.

Quadro 3: Valores unitários de materiais e mão de obra.

Concreto usinado (m <sup>3</sup> )	RS460,00
Valor do vidro instalado (m <sup>2</sup> )	RS1625,00
Diária servente	RS60,00
Diária carpinteiro	RS80,00

Fonte: o Autor.

Para as dimensões de volume de concreto foi considerando uma parede de 14cm de espessura e uma área de parede com 360m<sup>2</sup>, dessa forma 50m<sup>3</sup> de concreto e para instalação de vidro é considerado uma área de 40m<sup>2</sup>, e o cálculo realizado está na Figura 16. Foi considerado para valor de diária as pessoas que trabalhariam no dia, neste caso, com 5 serventes (R\$300,00) mais 5 carpinteiros (R\$400,00), que totalizam R\$700,00. Para a concretagem a diária são utilizados apenas 2 serventes, gerando o total de R\$120,00.

Figura 16: Cálculo aproximado de custo da solução sustentável.

<b>Mão de Obra</b>			
	Dias	Valor diária	Custo
Forma de parede	5	R\$ 700,00	R\$ 3.500,00
Concretagem	5	R\$ 120,00	R\$ 600,00
			Custo total = R\$ 4.100,00

<b>Material</b>			
	Quantidade	Preço unitário	Total
Concreto m <sup>3</sup>	50	R\$ 460,00	R\$ 23.000,00
Vidro e esquadria m <sup>2</sup>	40	R\$ 1.625,00	R\$ 65.000,00
Madeira m <sup>2</sup>	360	R\$ 40,00	R\$ 14.400,00
			Custo total = R\$ 102.400,00

**TOTAL = R\$ 106.500,00**

Fonte: o Autor.

A partir do orçamento feito observa-se que o valor da instalação dos vidros (R\$65.000,00) onerou muito, o que deixou o orçamento da solução sustentável (R\$106.500,00) mais cara que a solução convencional (R\$58.425,00). Considerando a economia durante a vida útil de um projeto sustentável, o valor investido terá retorno.

## 5 PROPOSTA DE RECOMENDAÇÕES

Após todas as análises feitas, foi possível concluir que a casa dispõe de muitos recursos sustentáveis, esses considerando umidade, ventilação, iluminação, ciclo da água e o tempo. Dessa forma, pode ser recomendado apenas algumas soluções que agregam ao que já é feito na casa, considerando outras atualizações possíveis de se fazer.

- A casa já possui uma forma de reutilização da água da chuva através do teto verde, toda a água recolhida é acumulada num reservatório cuja água é usada para aguar as plantas e pode ser usada para demais usos, porém, seria interessante a instalação de um sistema de cisterna para água de reuso a fim de fazer o tratamento das águas cinzas vindas da máquina de lavar e chuveiro. Um exemplo de sistema de reuso está apresentado na Figura 17 abaixo.

Figura 17: Exemplo de reuso de água.



Fonte: Acquacontroll.

- Uma forma de reduzir o impacto gerado pelos materiais de construção civil é optar pelo uso de bioconstrução, essa metodologia se baseia em “construir uma edificação saudável, que respeita o meio ambiente e o entorno onde está inserida e também criar um ambiente agradável para viver” de acordo com a Taba Bambu (grupo de arquitetos juizforanos), para isso, é usado os matérias oferecidos pelo próprio oslo

onde a construção acontecerá. No projeto objeto do trabalho essa metodologia poderia ter sido usada em paredes de vedação, com a finalidade de diminuir a quantidade de concreto usada, abaixo está a Figura 18 que ilustra um detalhe feito com reboco natural.

Figura 18: Exemplo de reboco natural feito pela Taba Bambu.



Fonte: Taba Bambu.

- A casa já utiliza de painéis solares para aquecimento de água, mas uma opção viável seria o uso desses painéis apenas para produção de energia elétrica e o uso de boiler para aquecimento da água, fazendo assim a separação do uso da energia solar e aproveitando a da melhor forma, a Figura 19 apresenta os componentes do boiler.

Figura 19: Exemplo do sistema boiler.



Fonte: Rinnai.



## 6 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do assunto construções sustentáveis, desde seu surgimento como conceito até suas diretrizes construtivas. Com isso, ficou claro a importância que o assunto sempre teve e como ele está cada vez sendo mais aprofundado conforme o crescimento do desenvolvimento sustentável, uma vez que esse setor gera impactos diretos na natureza com o seu processo natural de produção de materiais. Sendo assim, seus parâmetros mínimos são aplicados para que a construção civil seja responsável por tudo que consome, gera e processa.

Do levantamento das diretrizes que norteiam os requisitos mínimos para obtenção de uma construção sustentável, ficou claro que entre eles estão o aproveitamento de condições naturais locais, gestão sustentável da implantação da obra e o uso de matérias primas que contribuam com a ecoeficiência do projeto. Dessa forma, tem-se a redução do consumo de energia e água, além disso reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos.

Depois de todo o estudo inicial feito, foi realizada uma entrevista para o estudo de caso com a proprietária de uma casa localizada na cidade de Juiz de Fora. A casa foi elaborada pela própria proprietária, que é formada nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Dessa forma, ela a projetou usando recursos de engenharia e de arquitetura com o intuito de recorrer aos recursos naturais oferecidos. Todas as escolhas construtivas foram baseadas no clima da região onde a casa está situada e divididos entre soluções de arquitetura e soluções de engenharia.

Quanto ao orçamento executado pode-se perceber que o valor da solução sustentável (R\$106.500,00) fica atualmente mais elevado que o valor da solução convencional (R\$58.425,00), mas em contrapartida quando se leva em consideração a economia gerada durante a vida útil de um projeto sustentável, o valor investido tem um retorno considerável.

Como soluções arquitetônicas a ideia era chegar a uma casa que aproveitasse os recursos climáticos e naturais como iluminação e ventilação, trazendo conforto térmico e redução de consumo de água e energia, além disso, integrou-se ao máximo no terreno com o uso do teto verde, o que ajudou que não houvesse mudança no micro clima. Como soluções de engenharia, foi estudada a fundo a escolha dos materiais que seriam utilizados na casa para obter o resultado necessário juntamente com o estudo de sustentabilidade, durabilidade e economia. Para

recomendação de soluções que podem ser acrescentadas, a casa foi construída e planejada de forma muito completa, então foi proposto apenas opções que pudessem ser agregadas e não necessárias, como o uso de um boiler para aquecimento de água, utilização de bioconstrução e reutilização de águas cinzas.

As construções sustentáveis em geral são reconhecidas através de selos verdes ou certificações que acontecem por avaliações dos parâmetros utilizados no desempenho da edificação, um exemplo é o AQUA. Depois de todo o estudo feito para a realização do presente trabalho ficou nítido que em empreendimentos menores como uma casa fica inviável economicamente usar os recursos exigidos para se obter um selo de construção sustentável, sendo válido usar outros métodos alternativos que sejam efetivos e economicamente viáveis. Isso não exclui a importância e a necessidade de obras de maior porte seguirem os padrões exigidos pelas certificações apresentadas. Outra forma de alinhar a sustentabilidade em projeto atualmente está sendo a descarbonização, de forma a minimizar os impactos da utilização de combustíveis fósseis nas atividades da construção civil.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, 2005. 61 p.

ACQUACONTROLL. Projeto de reuso de águas cinzas. Disponível em: <https://www.acquacontroll.com.br/projeto-reuso-aguas-cinzas>. Acesso em: 09/03/2023.

ARAÚJO, M. A. A Moderna Construção Sustentável. IDHEA (2022b). Disponível em: < <https://sites.google.com/site/arquiteturabiossustentavel/a-moderna-construcao-sustentavel> >. Acesso em: 01/06/22.

ARAÚJO, M. A. Casas ecológicas. IDHEA, 2022<sup>a</sup>. Disponível em: < <https://sites.google.com/site/arquiteturabiossustentavel/idhea---instituto-para-o-desenvolvimento-da-habitacao-ecologica> >. Acesso em: 10/04/22

ASSIS, A. P. A. R., & Carneiro, G. T. Práticas de construção sustentável com enfoque na gestão dos resíduos da construção civil. Um estudo de caso do edifício residencial terra mundi.

BARBOSA, M. T; ALMEIDA, M. M. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: contributos das ferramentas de avaliação. Curitiba: CRV, 2016.

Barros, E., Anjos, P. F. A., & Pereira, M. H. L. (2021). Edifício sustentável: estudo de caso das moradas infantis de Canuanã em Formoso do Araguaia-TO. Research, Society and Development, (14p), e408101422511-e408101422511.

BLOG CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, DESCUBRA TUDO SOBRE SEUS BENEFÍCIOS. EESC jr. Disponível em: . Acesso em: 16/02/2022.

BRAGANÇA, L., MATEUS, R., & GOUVEIA, M. (2011). Construção sustentável: o novo paradigma do setor da construção. Seminário Paredes divisórias: Passado, presente e futuro. Porto.

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

CASAGRANDE, EFJ. "Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável." Artigo extraído do site [www.idhea.com.br](http://www.idhea.com.br).(acessado em maio de 2010).

*Climate Data*. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/juiz-de-fora-5957/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. Construção Sustentável: a mudança em curso / Confederação Nacional da Indústria. Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Brasília : CNI, 2017. 98 p.

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Ministério do Meio Ambiente, 2022. Disponível em: < <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial->

urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html >. Acesso em: 10/04/22

DA SILVA BARBOSA, Uende et al. reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN, v. 2178, p. 6925, 2018.

EXAME. Casal usa cânhamo para construir casa na Austrália. Disponível em: <https://exame.com/mundo/casal-usa-canhamo-para-construir-casa-na-australia/>. Acesso em: 10/03/2023.

FERNANDES, A. J. R. C. (2015). Lean construction e construção sustentável: um estudo de caso (Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Lisboa).

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/> Acesso em 13 de junho de 2022.

FURUKAWA, F. M.; Carvalho, B. B. (2011). Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis–estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo.

GATTO, Christiane Merhy (2012). Coberturas verdes: a importância da estrutura e da impermeabilização utilizadas.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAOULI, JAMINY SAAD. Estudo da construção sustentável utilizando o bambu. 2018.

LEITE, V. F. (2011). Certificação ambiental na construção civil–Sistemas LEED e AQUA. Belo Horizonte.

LUCAS, V. S. (2011). Construção sustentável-sistema de avaliação e certificação (Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Lisboa).

MARINHO, Luciomar Dias. Viabilidade da utilização do Sistema Light Steel Frame para construção de habitações populares. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 03, Vol. 03, pp. 19-52. Março de 2020. ISSN: 2448-0959

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 84-119, maio 2009.

NASCIMENTO, A. L., & Maciel, E. (2010). Certificado ambiental de edifícios Aqua, Leed E Procel Edifica. Santo André, 1(1), 49-56.

PEREIRA, P. I. Construção Sustentável: o Desafio. Tese para Conclusão de Curso – Engenharia Civil, UFP, Portugal, 2009, [122f.], 106p.

PINTO, G. C. S., & Gomes, L. C. (2021). Construção sustentável de residências de interesse social: um estudo de caso com light steel frame em varginha mg. Construção sustentável de residências de interesse social: um estudo de caso com light steel frame em varginha mg.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Disponível em: <https://pjf.mg.gov.br/cidade/clima.php>. Acesso em: 10 nov. 2022.

RINNAI. Sistema de aquecimento solar. Disponível em: <https://www.rinnai.com.br/>. Acesso em: 09/03/2023.

ROCHETA, V. L. D. S., & Farinha, M. D. F. S. M. T. (2007). Práticas de projecto e construtivas para a construção sustentável.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. *Research, society and development*, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

RUZENE, J. S. (2011). Gestão energética e ambiental de edificações: avaliação de metodologias para certificação.

SILVA, V.; SILAVA, M.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. In: *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.

TABA BAMBU. Bioconstrução. Disponível em: <https://www.tababambu.com/>. Acesso em: 09/03/2023.

TEIXEIRA, L.P., CARVALHO, F.M.A. de. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. *Revista paranaense de desenvolvimento*. Curitiba, jul./dez. 2005, n. 109, p. 09-26

UCHOA, G., MACÊDO, L., & BARTZ, C. (2014). A avaliação da construção sustentável no brasil—métodos. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL.

YUDELSON, Jerry. Projeto integrado e construções sustentáveis. Bookman Editora, 2013.