



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Poliana de Oliveira Melo Moura**

**ESTUDO DO MODO CONSTRUTIVO DE CASAS SUSTENTÁVEIS**

**Uberlândia, 2019.**

**Poliana de Oliveira Melo Moura**

## **ESTUDO DO MODO CONSTRUTIVO DE CASAS SUSTENTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como pré-requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil sob orientação da Professora Vanessa Cristina de Castilho.

**Uberlândia, 2019.**

## **Resumo**

A sustentabilidade é um conceito que está sendo, atualmente, amplamente utilizado na construção civil, diminuindo os problemas causados pelos métodos arcaicos que ainda se mantêm nesta indústria. Em virtude disso, setores da sociedade têm se disposto a encontrar métodos e tecnologias sustentáveis, aplicando tais conceitos em projetos de grande porte e até mesmo nas pequenas edificações, tornando-os ecologicamente corretos e economicamente viáveis. Neste trabalho foi realizado o projeto estrutural de um edifício, com o auxílio do programa CAD/TQS, com o intuito de se comparar aspectos de uma estrutura de concreto armado convencional com a de uma casa unifamiliar que adota práticas sustentáveis. Dentre os resultados obtidos, para essa edificação, pôde-se constatar que edificações sustentáveis são economicamente mais viáveis que as estruturas convencionais.

## Lista de Figuras

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 1 - Categorias da certificação GBC Brasil Casa.....</b>                | <b>11</b> |
| <b>Figura 2 - Planta baixa cotada com três dormitórios (unidades em m) .....</b> | <b>13</b> |
| <b>Figura 3 - Elementos Construtivos.....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>Figura 4- Planta de forma do ático.....</b>                                   | <b>19</b> |
| <b>Figura 5 - Planta de fôrma da laje da caixa d'água.....</b>                   | <b>20</b> |
| <b>Figura 6 - Planta de fôrma do térreo.....</b>                                 | <b>21</b> |
| <b>Figura 7 - Planta de fôrma da cobertura .....</b>                             | <b>22</b> |
| <b>Figura 8 - Projeto em concreto armado em 3D.....</b>                          | <b>22</b> |
| <b>Figura 9 - Comparação entre os custos .....</b>                               | <b>27</b> |

## Lista de Tabelas

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabela 1 - Dimensões finais dos pilares .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>Tabela 2 - Flechas das lajes do térreo.....</b>     | <b>23</b> |
| <b>Tabela 3 - Flechas das lajes da cobertura .....</b> | <b>23</b> |
| <b>Tabela 4 - Flechas das lajes do ático .....</b>     | <b>24</b> |
| <b>Tabela 5 - Custo aço .....</b>                      | <b>25</b> |
| <b>Tabela 6 - Custo concreto .....</b>                 | <b>25</b> |
| <b>Tabela 7 - Custo fôrmas de madeira .....</b>        | <b>25</b> |
| <b>Tabela 8 - Custo vedação.....</b>                   | <b>26</b> |
| <b>Tabela 9 - Custo esquadrias .....</b>               | <b>26</b> |
| <b>Tabela 10 - Custo telhado e cerâmica .....</b>      | <b>26</b> |

## Sumário

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                     | <b>7</b>  |
| <b>4 MODO CONSTRUTIVO SUSTENTÁVEL.....</b>                     | <b>8</b>  |
| <b>4.1 Construção sustentável.....</b>                         | <b>9</b>  |
| 4.1.1 Elaboração do projeto .....                              | 9         |
| 4.1.2 Economia de água e energia .....                         | 9         |
| 4.1.3 Descarte correto.....                                    | 10        |
| <b>4.2 Certificação GBC Brasil Casa.....</b>                   | <b>10</b> |
| <b>4.3 Outras Certificações .....</b>                          | <b>11</b> |
| <b>5 PROJETO ARQUITETÔNICO .....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>5.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO SUSTENTÁVEL EXISTENTE .....</b>    | <b>14</b> |
| 5.1.2 Análise Sustentável.....                                 | 14        |
| <b>5.2 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO .....</b> | <b>16</b> |
| 5.2.1 Concepção do projeto .....                               | 16        |
| 5.2.1.1 Dados Gerais .....                                     | 16        |
| 5.2.1.2 Cargas de Vento .....                                  | 16        |
| 5.2.1.3 Cobrimento dos elementos estruturais.....              | 17        |
| 5.2.2 Seções dos elementos estruturais.....                    | 17        |
| 5.2.3 Cargas Solicitantes .....                                | 17        |
| 5.2.4 Dimensionamentos dos elementos .....                     | 18        |
| 5.2.5 Análise no Estado Limite Último e de Serviço .....       | 23        |
| <b>5.3 ANÁLISE COMPARATIVA.....</b>                            | <b>24</b> |
| 5.3.1 Projeto arquitetônico.....                               | 24        |
| 5.3.2 Mão de Obra .....                                        | 24        |
| 5.3.4 Materiais .....                                          | 24        |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>                                       | <b>27</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                        | <b>28</b> |

## **1 INTRODUÇÃO**

Quer em pequenas construções quer em grandes obras, o homem sempre utiliza recursos naturais para sua execução. Atualmente, com a maior consciência da degradação ambiental ocorrida pelos processos que envolvem a construção, existe um grande direcionamento em construir, de forma sustentável, reduzindo o desperdício com projetos ambientalmente mais responsáveis.

A sustentabilidade tem se tornado cada vez mais frequente nos projetos da construção civil, pois se percebeu a importância de respeitar e preservar os bens naturais existentes no país, quer para a geração atual, quer para as gerações futuras (INDUSTRIA HOJE, 2019). Para esses projetos, com o intuito de adquirir certificações sustentáveis, normalmente são usadas diferentes tecnologias que atendam à norma brasileira de desempenho (ABNT NBR 15575:2013), e que possam gerar baixo volume de resíduos da construção civil.

Certificações sustentáveis específicas para residências unifamiliares começam a ser mais reconhecidas no país. A fim de avaliar as questões de sustentabilidade específicas para projetos residenciais foi criado o programa Green Building Council Brasil (GBC Brasil Casa), que é uma Organização Não-Governamental (ONG) que estimula a indústria da construção civil em prol da sustentabilidade. Deve-se ressaltar que a primeira residência com a certificação GBC Brasil Casa foi construída na cidade de São Sebastião, no litoral paulista.

## **2 OBJETIVOS**

Esse trabalho tem por objetivo efetuar uma análise comparativa de uma edificação unifamiliar sustentável existente, o qual possui uma estrutura convencional de concreto armado dimensionada por meio do programa CAD/TQS. Nesse sentido, realizou-se uma análise de um projeto estrutural de uma casa sustentável em estudo, destinada a populações de baixa renda, para se obter resultados como custo, sistema construtivo, usos de materiais, entre outros aspectos.

## **3 METODOLOGIA**

A primeira etapa abrangeu o estudo do modo construtivo de casas sustentáveis, através de artigos e livros pertinentes ao assunto, idealização do levantamento e estruturação de projetos mais sustentáveis.

A segunda etapa do projeto, foi compreendida pela análise da planta arquitetônica da casa sustentável, disponibilizado virtualmente pelo site Habitação para Todos (2019). Nesta fase contemplou-se também a aquisição de informações relativas a custo para se construir essa obra, disponíveis no sítio eletrônico Casa Abril (2019).

A terceira etapa contemplou a concepção estrutural desta mesma planta arquitetônica estudada em estrutura de concreto armado utilizando o CAD/TQS. A estrutura foi concebida passando pelos seguintes processos: inserção das informações e dados gerais da construção, tais como, número de pavimentos, tipo de construção, resistência a compressão do concreto adotada, entre outras; locação dos elementos estruturais e adoção de medidas das suas seções; adição de cargas atuantes na estrutura; análise última da estrutura visando que ela tenha resistência e segurança

de acordo com a finalidade social que desempenhará; análise em serviço para que apresente um flechas e fissuras adequados a norma ABNT NBR 6118:2014.

A quarta etapa se baseou na obtenção de informações de uso de materiais, mão de obra e outros parâmetros avaliativos e comparação entre os modos construtivos.

#### **4 MODO CONSTRUTIVO SUSTENTÁVEL**

Conforme a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), um desenvolvimento sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras. Logo, pensar em construções sustentáveis se mostra um raciocínio necessário, quer sobre às questões atuais de meio ambiente e aos desperdícios dos materiais, quer quanto ao dos usuários.

A noção de Desenvolvimento Sustentável tem implícito um “compromisso de solidariedade com as gerações do futuro” no sentido de assegurar a transmissão do “patrimônio” capaz de satisfazer as suas necessidades. Implica a integração equilibrada dos sistemas econômico, sociocultural e ambiental, e dos aspectos institucionais relacionados com o conceito muito atual de “boa governação” (PEREIRA, I.P, 2009).

As casas ditas “ecológicas”, não possuem, de modo absoluto, em si esta plena função, mas sim uma construção que causa um dano ambiental bem reduzido se comparado a construções tradicionais. As construções sustentáveis buscam práticas ecológicas que vão desde elaborar um bom projeto arquitetônico que propicie aproveitamento da luz, ventilação e da vegetação nativa, o uso racional de energia, como também da escolha de materiais e eletrodomésticos, certificados e fiscalizados por órgãos competentes. Outras medidas, não relacionadas a construção, como a reciclagem de materiais, separação e coleta seletiva de lixo, propiciam, também, um ganho ao meio ambiente.

Buissecke (1996) afirma que o desenvolvimento sustentável, pretende-se que este contribua para a racionalização do uso de recursos ao longo do tempo, a curto e longo prazo, procurando uma equidade a nível social, uma eficiência a nível econômico e uma prudência ecológica a nível ambiental (PEREIRA, I.P, 2009).

A sustentabilidade se baseia em seis pressupostos básicos (KIBERT,2008):

- 1) Minimizar o consumo de recursos;
- 2) Maximizar a reutilização dos recursos;
- 3) Reciclar materiais os quais estão no fim de vida do edifício e utilizar recursos recicláveis e renováveis;
- 4) Proteger o ambiente natural;
- 5) Eliminar materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases de ciclo de vida;
- 6) Fomentar a qualidade ao criar ambiente construído;

O evidente impacto ambiental que a indústria da construção apresenta, promove a incorporação do conceito de sustentabilidade neste setor, começando a surgir o termo “Construção Sustentável” como resposta aos desafios do desenvolvimento sustentável. A utilização de novas tecnologias mais sustentáveis na criação de edifícios vai permitir reduzir os impactos causados pelo setor da construção (NASCIMENTO, T, M.B, 2014).



Hoje existem muitos materiais e tecnologias que podem ser empregadas para transformar uma habitação convencional em ecológica, integrando o homem e o meio e trazendo maior qualidade de vida aos usuários.

Além dos aspectos positivos ao meio ambiente e ao homem, as construções sustentáveis também estão influenciando o mercado imobiliário. Segundo site Ciclo Vivo (2019), atualmente, as moradias ecológicas estão em alta neste mercado, onde tais imóveis são cerca de 10% a 30% mais valorizados. Reformas que tornem construções tradicionais mais efetivas ecologicamente, também se beneficiam dessa taxa.

#### **4.1 Construção sustentável**

A fim de se construir de forma sustentável, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) traz orientações presentes em uma cartilha que contém os seguintes itens: aspectos relacionados a práticas sustentáveis, seleções de execuções que buscam a eficiência sustentável para cada cômodo de uma edificação, melhorias para cada ambiente de forma a se ter maior aproveitamento de iluminação e ventilação.

##### **4.1.1 Elaboração do projeto**

Na elaboração do projeto sustentável buscam-se atender alguns requisitos:

- Preservação das árvores nativas existentes no terreno, pois elas garantem a estabilidade do solo e ventilam o ambiente;
- Uso de iluminação natural buscando economia de energia;
- Uso de coberturas verdes para dar conforto térmico e retenção da água da chuva;
- Adoção de materiais de construção não prejudiciais à saúde ou ao meio ambiente. Por exemplo: a pintura da casa pode ser feita com tintas à base de água, em vez de óleo ou outras tintas industriais, que proporcionam as características física e químicas adequadas para cada projeto;
- Uso de madeiras certificadas, que são aquelas nos quais há a garantia de que sua retirada do ambiente foi realizada corretamente e que é advinda de florestas de manejo adequados;
- Uso de espécies nativas nas áreas externas e jardins;
- Utilização de reciclados da construção e pavimentação permeável;
- Utilização do piso permeáveis, feito de material prensado e que possui vida útil longa e baixo custo de manutenção;

##### **4.1.2 Economia de água e energia**

De acordo com a cartilha, uma casa ou prédio sustentável gera uma economia de aproximadamente 30% em sua manutenção, além do menor gasto com água e energia elétrica e tem uma vida útil e acessibilidade muito maiores. Portanto, para viabilizar a poupança de água e energia, as seguintes recomendações abaixo são relevantes:

- Uso de iluminação de longa vida e baixo custo além da instalação de um equipamento denominado “dimmer”, que possui função de regular a intensidade luminosa com a presença de sensores nos ambientes, propiciando a economia de energia elétrica;

- Uso de eletrodomésticos mais eficientes e que possuam o selo PROCEL (Procel Eletrobras de Economia de Energia), que indica o consumo energético dos aparelhos.
- Reaproveitamento da água da chuva;
- Adoção de cisternas para armazenagem da água e sua utilização esta para regar jardins, lavagem de pátios, descargas sanitárias, entre outras finalidades.
- Utilização de dispositivos que proporcionam economia de água em torneiras, bacias sanitárias e chuveiros com tecnologias que permitem a diminuição da vazão de água e, conseqüentemente, seu consumo;

#### **4.1.3 Descarte correto**

Acredita-se que grande parte dos resíduos sólidos gerados no Brasil são advindos de construção civil. Portanto, para proporcionar um descarte correto de materiais nas fases de construção, deve-se:

- No período de reforma ou construção, separar espaços, na residência, para acomodar adequadamente cada tipo de resíduos;
- Contratar empresas de caçambas que descartam os resíduos adequadamente;
- Averiguar se a obra está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA), que prevê a disposição correta do lixo, incentivando também a reciclagem e a sustentabilidade.

#### **4.2 Certificação GBC Brasil Casa**

A Certificação GBC Brasil Casa foi desenvolvida pelo Green Building Council Brasil que possui a função de fornecer meios fundamentais para projetar, construir e operar residências com desempenho e práticas sustentáveis. Além disso, busca-se incrementar o setor industrial em prol da sustentabilidade e da modificação do ambiente construído, através da educação e dissipação das práticas necessárias para construir ecologicamente correto.

O GBC Brasil (2019) ressalta que é extremamente importante criar parâmetros técnicos e desenvolver conceitos sustentáveis para o setor residencial no Brasil. Ele apresenta um guia que traz informações que possibilitam a redução de custos operacionais, que estimulam a criação de políticas públicas e benefícios fiscais para residências que aderem arranjos de sustentabilidade em seus projetos.

O público alvo da certificação são os profissionais envolvidos no processo de construir, tais como arquitetos, engenheiros e outros profissionais, e todos aqueles que procuram e defendem um diferencial no mercado ao desenvolver projetos eficientes.

O conteúdo da Certificação GBC Brasil Casa foi criado pelos Comitês Técnicos do GBC Brasil, que se orientou pelas Certificações Brasileiras e internacionais.

As categorias abordadas pela Certificação GBC Brasil Casa são apresentadas na Figura 4.

Figura 1-Categorias da certificação.



Fonte: GCB BRASIL (2019).

O GBC Brasil (2019) traz as condições mínimas que tornam o projeto adequado para se inscrever na certificação GBC Brasil Casa®, apresentadas a seguir resumidamente.

- Ser uma Construção Permanente: A certificação foi planejada para qualificar residências levando em consideração a relação das edificações com o seu entorno. Assim, é preciso que os projetos sejam estruturas permanentes. O projeto deve ser construído em terreno existente e deve-se manter estático em toda sua vida útil. Estruturas modulares, como containers, podem ser certificadas desde que sejam projetadas para serem fixas e permanentes.
- Definir limites razoáveis para o projeto: A certificação foi projetada para averiguar todos os impactos ambientais associados aos períodos de projeto e obra das construções. Criar um limite de perímetro razoável para o projeto, viabiliza que o mesmo seja analisado com precisão. O limite do projeto deve incluir todas as terras contíguas que estão associadas a ele e que oferecem suporte as atividades residenciais. Áreas de uso não residencial devem ser tratadas de forma independente e devem ser excluídas do processo de Certificação. O limite do projeto não pode ser alterado ao logo do processo de Certificação para tirar vantagem do cumprimento de determinado pré-requisito ou crédito.
- Cumprir as leis ambientais: O projeto que busca a certificação deve cumprir com todas as leis e regulamentos ambientais em âmbitos, federais, estaduais e locais vigentes para a construção da edificação. Esta condição deve ser atendida a partir da data do registro do projeto e até a data em que a residência receber o certificado de cumprimento do processo. A perda de licenças ou demais atos de competência do setor Público relacionadas as leis e regulamentos descritos acima, podem gerar cancelamento da certificação conquistada.

### 4.3 Outras Certificações

Outras certificações muito relevantes, em âmbito nacional e internacional, que se destacam em aspectos relacionados ao uso racionalizado dos recursos e utilização de materiais sustentáveis são:

- Selo BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Estabelecimento de Pesquisa de Construção): é uma certificação internacional originada no Reino Unido e tem finalidades de certificar edifícios públicos, comerciais e residenciais. Dentre suas metas, pode-se destacar, redução do consumo energético e de água, utilização de materiais sustentáveis, gestão de resíduos da construção e redução de impactos de vizinhança (Dados-Selo Verdes, 2019).
- Certificação LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental) é a certificação mais empregada no mundo. Originada nos Estados Unidos da América, possui diversos níveis de certificação e fins a serem seguidos. Se destacam a eficiência do uso de água e energia, uso de recursos naturais de forma responsável, uso de materiais sustentáveis, qualidade do ambiente construtivo e preocupação com a manutenção das instalações e do edifício (Dados-Selo Verdes, 2019).
- Certificação AQUA- Alta Qualidade Ambiental – entrou em vigor em 2008 como a primeira certificação criada no Brasil. É resultado de um acordo entre a Fundação Vanzolini, de São Paulo/SP, e o instituto francês CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), por meio da subsidiária HQE (Haute Qualité Environnementale) (Dados-Selo Verdes, 2019).
- Casa Azul-lançado pela Caixa Econômica Federal em junho de 2010. É um selo nacional e integra o conjunto de ações que visam adicionar diferenciais de sustentabilidade aos produtos do banco, sendo este responsável por 70% do crédito imobiliário para habitação no Brasil. A Caixa implementou uma classificação socioambiental para os projetos habitacionais que subsidia. O chamado Selo Casa Azul é a maneira que o banco encontrou de viabilizar o uso racional de recursos naturais nas construções e a melhoria da qualidade da edificação. A principal missão é reconhecer projetos que adotam soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios (Dados-Selo Verdes, 2019).
- Procel Edificações- Foi estabelecido em novembro de 2014 e é um instrumento de adesão voluntária que tem por finalidade principal identificar as construções que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, impulsionando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País (Dados-Selo Verdes, 2019).

## **5 PROJETO ARQUITETÔNICO**

O projeto arquitetônico que foi objeto de estudo deste trabalho, está disponível no site Habitação para Todos (2019), e compreende uma casa unifamiliar para populações de baixa renda, em Botucatu-SP, utilizando o sistema construtivo com aspectos de sustentabilidade. Este projeto conquistou o primeiro lugar em um concurso “Habitação para todos” em 2010, promovida pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) e o Instituto de Arquitetos do Brasil. O tempo para finalizar a obra foi estimado em um mês.

De acordo com o website, esse empreendimento ainda viabiliza ampliações em sua concepção e diversas configurações de fachada. Cada morador tem a possibilidade de se identificar com os seus imóveis através de uma simples escolha. As fachadas podem ser facilmente modificadas

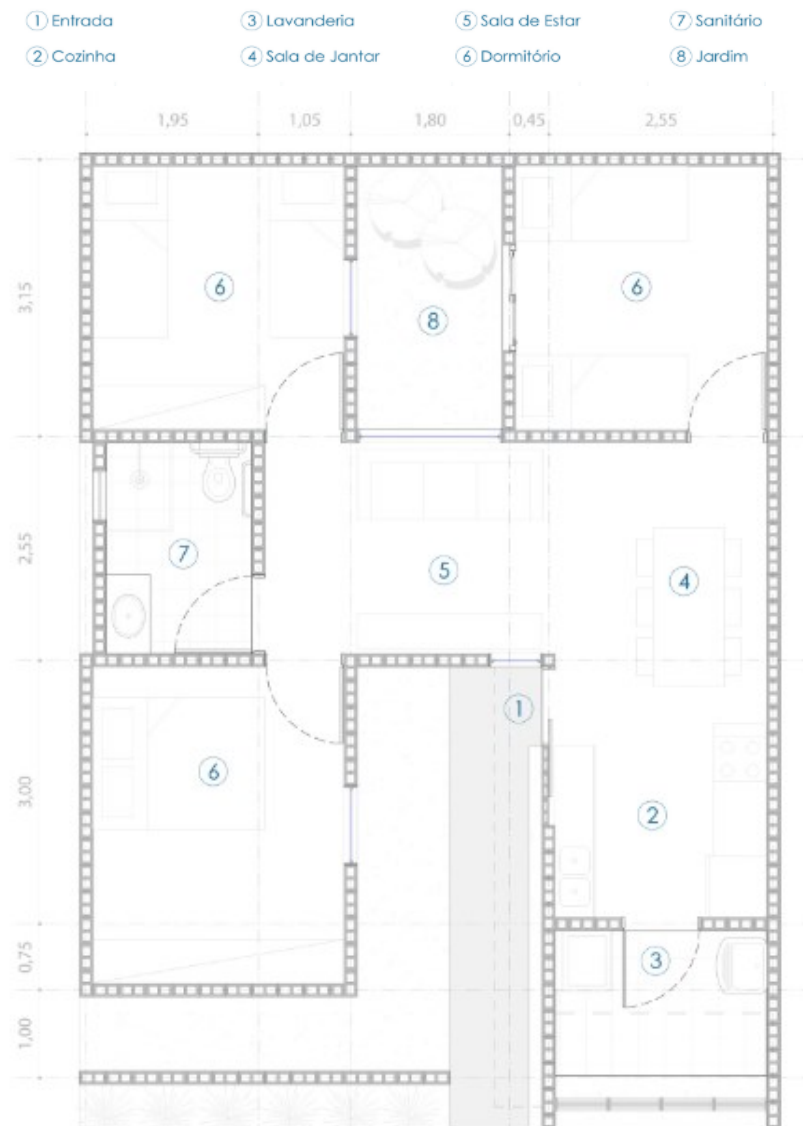
a partir da escolha por diversos materiais distintos de vedação dessa, assim como um trabalho paisagístico e com exploração de cores diversas para o volume das caixas d'água.

A concepção inicial das residências partiu de uma modulação simples de 0,90m. Esse ideal surgiu a partir de um estudo sobre um denominador comum que satisfizesse tanto as necessidades da construção como as básicas de acessibilidade.

“O módulo de 0,90m é perfeitamente usado quando se utiliza blocos estruturais da família 29, além disso a modulação de 0,90m permite ao cadeirante um deslocamento ideal dentro da residência” (HABITAÇÃO PARA TODOS, 2019).

A casa escolhida para se realizar o estudo, foi a composta por três dormitórios. Há o projeto arquitetônico, disponível no mesmo site, com a mesma casa com dois dormitórios. A versão com três quartos, possui maior área, de 61,65m<sup>2</sup> e perde uma pequena porção do quintal se comparada a planta com 2 dormitórios. A Figura 5 mostra a planta baixa cotada com 3 dormitórios na escala de 1:100, apresentada pelo sítio Habitação para Todos (2019).

Figura 2- Planta baixa cotada com três dormitórios (unidades em m)



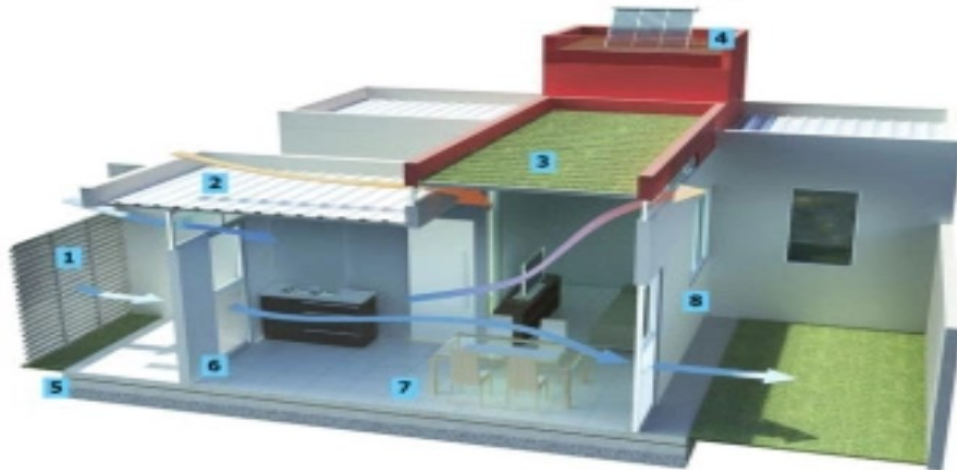
Fonte: Habitação para todos (2019).

## 5.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO SUSTENTÁVEL EXISTENTE

A concepção, neste caso, envolverá as partes estruturais e de vedação da casa. Os materiais e usos destes, foram retirados com base em Casa Abril (2019), website que publicou informações consideráveis acerca do empreendimento. As partes construtivas e como estas se relacionam com o meio, estão descritas na Figura 6 na escala de 1:100.

- 1) **Uso de aberturas:** o fechamento frontal é vazado, buscando permitir o escoamento do ar do meio externo para dentro da construção e que este a percorra por completo. Baseando nos termos da termodinâmica, o ar quente entrará por espaços superiores, aquecerá o ar mais frio, que irá escapar pelas esquadrias junto ao teto.
- 2) **Cobertura reflexiva:** uso de telhas termo acústicas, recheadas de poliestireno, pintadas de branco se sobrepõem à laje, a fim de refletir a luz solar. Assim, tem função de reduzir o calor dentro de casa.
- 3) **Telhado verde:** as áreas social e íntima recebem uma camada vegetal sobre a laje impermeabilizada com manta asfáltica. Dentre as vantagens da cobertura verde, estão a facilidade de drenagem, isolamento térmico, visto que podem reduzir até 3°C do ambiente interno, principalmente no verão, e diferencial estético da edificação. Ela poderá até comportar uma horta para consumo próprio.
- 4) **Energia limpa:** Uso de coletores solares voltados para o norte. Os equipamentos têm função de aquecer a água do chuveiro.
- 5) **Fundações:** são do tipo laje radier.
- 6) **Estrutura:** toda composta de blocos de concreto autoportantes, dispensando a construção de pilares e vigas. As peças possuem orifícios centrais para acomodar fios e canos, facilitando o andamento da obra. Suas medidas favorecem a modulação do projeto em múltiplos de 15 cm.
- 7) **Acabamentos:** o piso é composto por placas modulares cerâmicas de 30 x 30 cm, não havendo necessidade de cortar as placas, reduzindo o desperdício. Nas paredes, os arquitetos optaram por pintura mineral, podendo ser à base de cal ou silicato de potássio.
- 8) **Esquadrias:** São fabricadas sob medida usando-se ferro ou alumínio com pintura eletrostática.

Figura 3- Elementos Construtivos



Fonte: CASA ABRIL (2019).

### 5.1.2 Análise Sustentável

O sítio Habitação para Todos (2019), realizou uma investigação acerca de aspectos de sustentabilidade no projeto, descritos abaixo.

- a) **Otimização de recursos:** O projeto se utiliza ao máximo dos recursos naturais. O sol é usado para esquentar a casa, o vento para refrescar e regularizar a alta umidade e a água da chuva para regar o jardim e descarga do banheiro. A modularidade exigida pelo sistema construtivo, módulo de 0,90m com blocos estruturais da família 29, é notado como um fator positivo pois eliminam os resíduos sólidos da construção e otimiza-se o tempo de concepção.
- b) **Diminuição do consumo energético:** A casa se aquece por efeito de estufa e a água se esquentada por meio de placas solares. A iluminação natural é preponderante em todos os ambientes da casa, logo há a necessidade da utilização de energia elétrica somente quando não houver mais luz natural. O principal objetivo de um desenho bioclimático é eliminar os dispositivos tecnológicos que proporcionam calor e resfriamento a um edifício.
- c) **Diminuição de resíduos e emissões:** As únicas emissões da casa foram geradas pela aquisição dos materiais a serem empregados. Da mesma forma acontece com resíduos, pois o sistema construtivo e os materiais empregados possuem um alto grau de industrialização, estando na medida definida para o uso.
- d) **Melhoria da saúde e bem-estar dos usuários:** A ventilação é de forma natural e o tira proveito ao máximo da iluminação natural. Além do mais, conta com áreas descobertas gerando possibilidades de lazer para os usuários. Uma cobertura ajardinada permite também que os moradores plantem seus próprios alimentos para consumo próprio, ou até mesmo desfrutem como uma área de sol.

- e) **Diminuição do preço e da manutenção das casas:** A industrialização da obra promove a economia em virtude da produção em grande escala e permite também reduzir o tempo de execução da obra e o desperdício de materiais.
- f) **Acessibilidade:** Foram concebidas residências que concedem aos cadeirantes e portadores de necessidades especiais executar todas suas funções da maneira mais simples possível. Todos os cômodos da casa foram pensados para viabilizar perfeitamente as normas de acessibilidade, dando assim mais conforto aos usuários.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO EM CONCRETO ARMADO

Foi utilizado o *software* CAD/TQS para realizar a concepção e dimensionamento do projeto da mesma casa em concreto armado. O programa utiliza as normas ABNT NBR 6118:2014 para projeto de estruturas em concreto armado e procedimentos, ABNT NBR 6120:2018 para cargas de cálculo de estruturas de edificações e procedimentos, ABNT NBR 6123:2014 para forças de vento considerada em edificações e a ABNT NBR 8681:2003 para ações e segurança nas estruturas e procedimentos. O CAD/TQS já considera o peso próprio de estruturas de concreto armado e de muitas outras cargas, como as de barrilete e de paredes, dentre outras.

Deve-se salientar que para a realização do projeto em concreto armado, buscou-se adotar dimensões mínimas dos elementos estruturais visando que houvesse menor gasto com materiais e execução. Todavia, mesmo adotando tais medidas, houve a preocupação de que o projeto cumpra as funções de resistência e de bom aspecto visual, com base nas análises no Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, respectivamente.

### 5.2.1 Concepção do projeto

#### 5.2.1.1 Dados Gerais

Como não há informações de certos dados gerais construtivos no site Habitação para Todos (2019), foi adotado um pé direito de 2,8 m, de 0,7m para a área de barrilete e 1,2m para a área do reservatório de água de 2000 l. Além disso, o concreto armado escolhido foi o de resistência a compressão igual a 25 MPa para dimensionamento da estrutura. A edificação é composta pelo pavimento térreo (fundação), cobertura e pelo ático.

#### 5.2.1.2 Cargas de vento

Segundo o website Habitação para Todos (2019), o projeto de construção sustentável tem a iniciativa de ser reproduzido em todo o território de São Paulo. Segundo o mapa de isopleias (ABNT NBR 6123:1988), para a região de SP, pode se adotar a velocidade básica do vento igual a 40m/s. Os outros parâmetros relacionados ao vento adotados estão apresentados a seguir:

- $S1=1$  para terrenos planos ou fracamente acidentado;
- $S2=0,77$  (Categoria IV- Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos foi considerada igual a 10m; Classe da edificação igual a A: Maior dimensão menor ou igual a 20m);



- S3=1 para edificações para hotéis e residências, edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.

### 5.2.1.3 Cobrimento de elementos estruturais

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, o cobrimento para proteção as armaduras dos elementos estruturais, é influenciado pela classe de agressividade do ambiente no qual tais elementos estarão submetidos. Como a edificação será construída no estado de São Paulo, a categoria de agressividade é urbana e sua influência nas partes da construção é moderada. Dessa forma, foram usados os valores de norma para os cobrimentos: lajes iguais a 2,5 cm em suas partes superiores e inferiores e vigas, pilares e fundações iguais a 3 cm.

### 5.2.2 Seções dos elementos estruturais

Buscou-se adotar seções mínimas dos elementos estruturais e posicionar tais componentes em locais adequados de acordo com o “ideal arquitetônico”. Assim, as vigas estarão localizadas em locais onde haverá paredes, para que estas fiquem embutidas nelas, e os pilares foram posicionados de acordo com a localização de cada viga.

De maneira geral, as partes estruturais possuem as seguintes medidas:

- Fundação: Foram utilizadas lajes do tipo radier com resistência à compressão do concreto de 25 MPa, com espessura de 8 cm para cada laje.
- Lajes: possui altura de 8 cm;
- Pilares: onze pilares possuem largura e altura de 19 cm e dois pilares possuem largura igual a 19 cm e altura de 30 cm (P8 e P9). Há também dois pilares que nascem em vigas da cobertura (P9 e P5) e possuem função de fornecer apoio a laje da caixa d'água. Os pilares P8 e P9 possuem área da seção transversal maior pelos dois fatores, o primeiro é porque eles também recebem a carga da laje que sustenta a caixa de água, tal como o P9 e P5, e o segundo é que esta seção permite a formação de pórtico de contraventamento a 90 ° na estrutura, resistindo de maneira mais eficiente as cargas de vento;
- Vigas: Foram adotadas seções de 15 cm de largura e 30 cm de altura para vigas da cobertura e ático e vigas de 15 cm de largura por 50 cm de altura para as baldrames. Essa possui maior seção transversal porque recebe diretamente as cargas de parede;

### 5.2.3 Cargas solicitantes

O CAD/TQS já considera o peso próprio dos elementos estruturais. As outras cargas solicitantes são especificadas abaixo.

- Vedação: Foram utilizados blocos de alvenaria vazados de espessura final igual a 15 cm. Os blocos foram posicionados para formar as paredes de acordo com o projeto arquitetônico sustentável;
- Acabamentos: O programa utiliza uma carga distribuída permanente e acidental que depende da função de cada cômodo. Dessa forma, o peso do tipo de piso escolhido, argamassa colante, peso dos móveis, e outros, já estão introduzidos nessas cargas. Para áreas de dormitório, corredor e cozinha as solicitações são 0,1 tf/m<sup>2</sup> para a carga de

utilização e  $0,15 \text{ tf/m}^2$  para ação acidental, em contrapartida, em locais como área de serviço, foi utilizado carga de  $0,1 \text{ tf/m}^2$  como carga de uso e  $0,2 \text{ tf/m}^2$  para carga acidental;

- Cobertura: foi utilizada telha de fibrocimento de 6mm que possui carga de  $0,018 \text{ tf/m}^2$ ;
- Jardim: em áreas onde haverá jardim, as cargas usadas foram  $0,1 \text{ tf/m}^2$  para a carga permanente e  $0,72 \text{ tf/m}^2$  para a acidental;
- Barrilete: para essa área, foi usada uma solicitação de  $0,05 \text{ tf/m}^2$  para a carga permanentes  $0,1 \text{ tf/m}^2$  para a acidental;
- Caixa de Água: foi utilizada uma caixa de água de 2000 litros e uma carga permanente de barrilete de  $0,54 \text{ tf/m}^2$  na cobertura.

#### 5.2.4 Dimensionamentos dos elementos

Foi efetuado o processamento global, utilizando os dados dos itens 5.2.1 ao 5.2.3, da estrutura e foi obtido os resultados dos esforços. As Figuras 9,10, 11 e 12 ilustram as plantas de fôrmas finais em centímetros na escala 1:100, do pavimento ático, pavimento da laje da caixa d'água, da térreo e da cobertura, respectivamente, para resistir as solicitações atuantes na residência. Os pilares apresentam dimensões conforme Tabela 1.

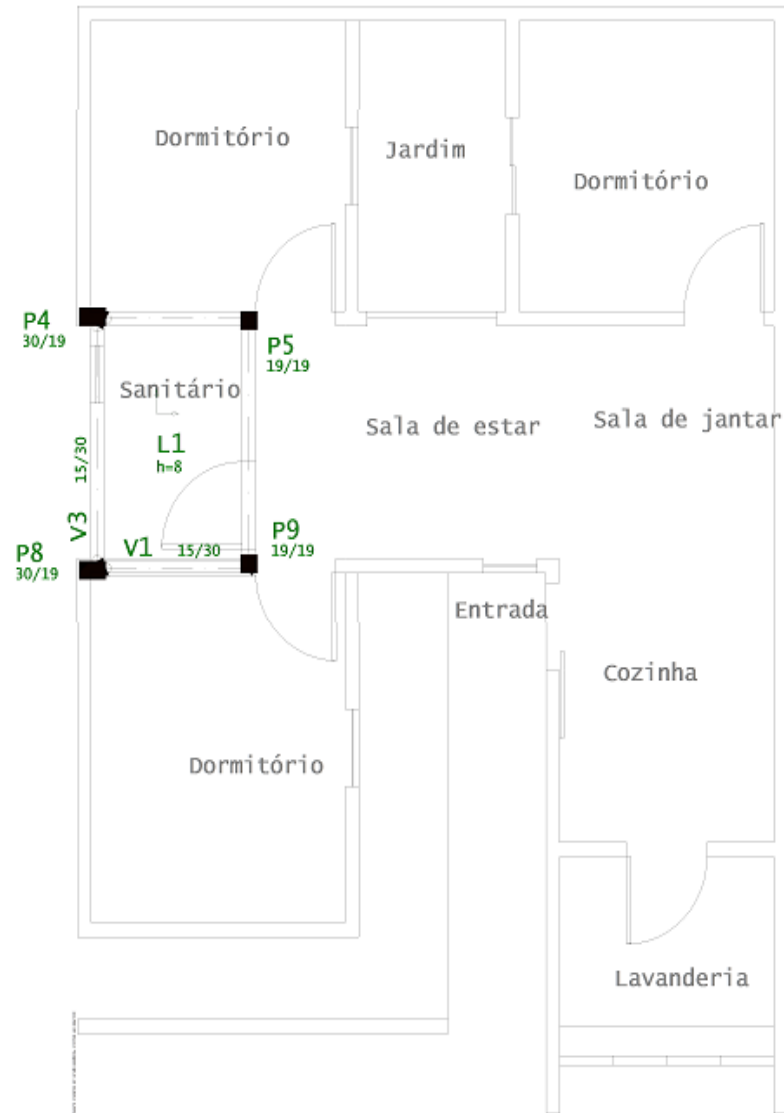
Desse modo, feito o lançamento dos pilares, vigas, lajes e dos carregamentos, foi possível visualizar em 3D a estrutura do edifício, como apresentado na Figura 13.

Tabela 1 – Dimensões finais dos pilares

| Pilar | Dimensões (cm) |
|-------|----------------|
| P1    | 19X19          |
| P2    | 19X19          |
| P3    | 19X19          |
| P4    | 30X19          |
| P5    | 19X19          |
| P6    | 19X19          |
| P7    | 19X19          |
| P8    | 30X19          |
| P9    | 19X19          |
| P10   | 19X19          |
| P11   | 19X19          |
| P12   | 19X19          |
| P13   | 19X19          |
| P14   | 19X19          |
| P15   | 19X19          |

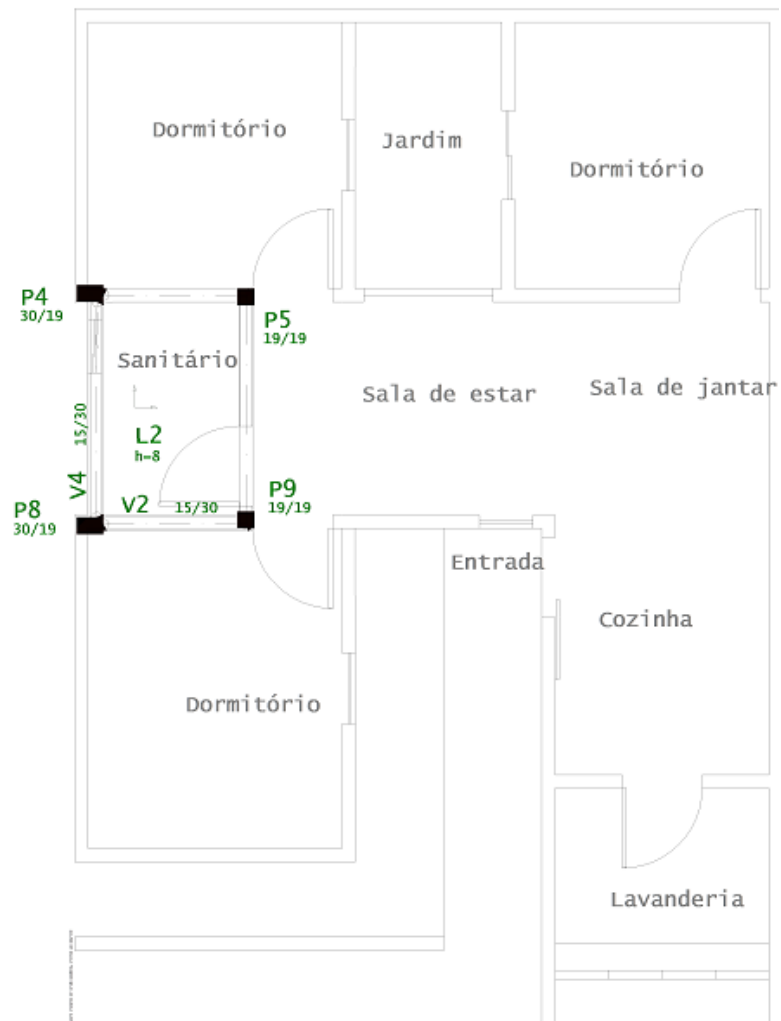
Fonte: Autor (2019).

Figura 4 - Planta de fôrma do ático.



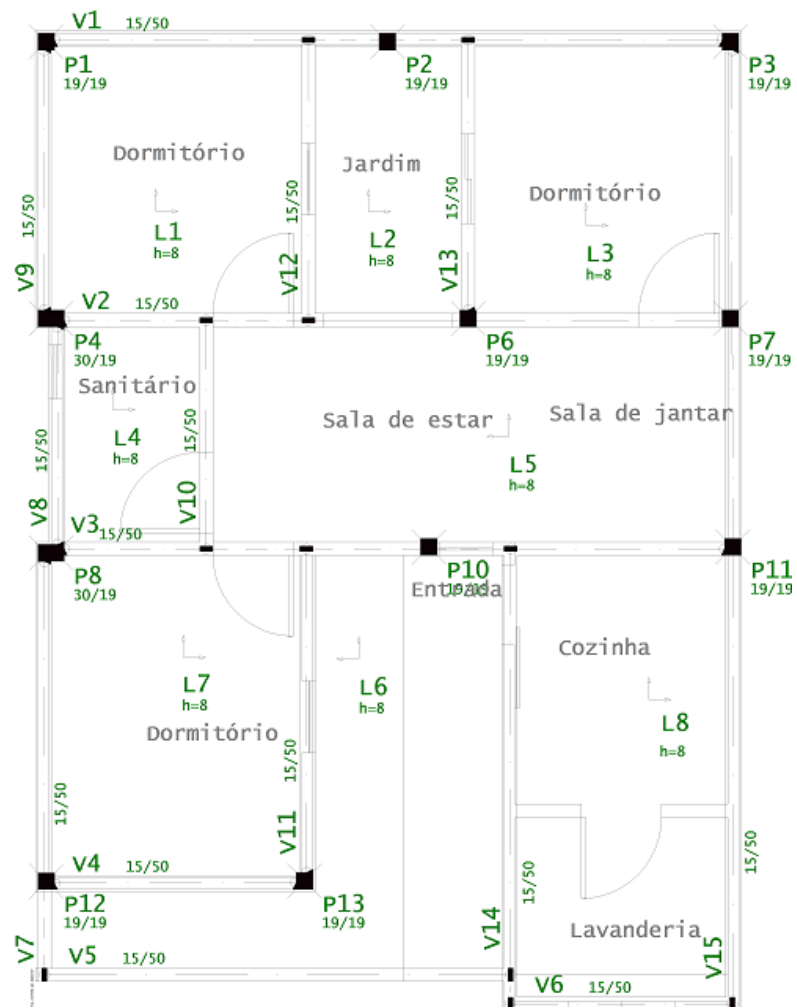
Fonte: Autor (2019).

Figura 5 - Planta de fôrma da laje da caixa d'água.



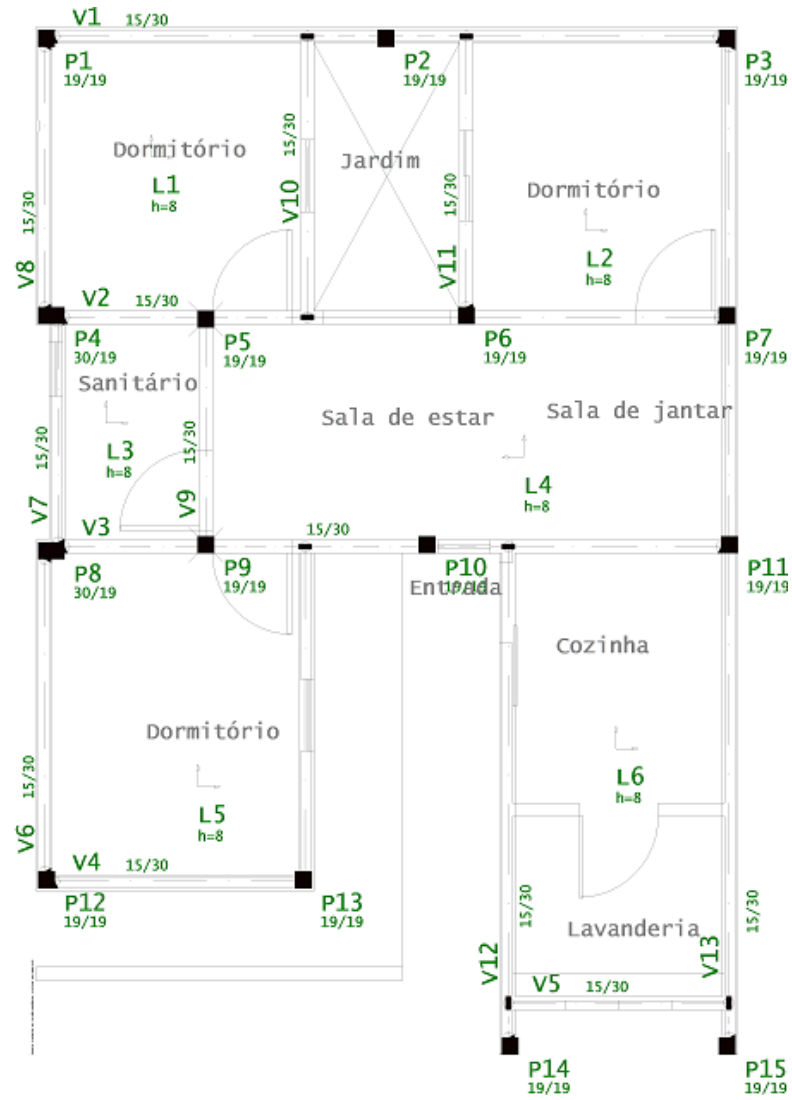
Fonte: Autor (2019).

Figura 6-Planta de fôrma do t erreo.



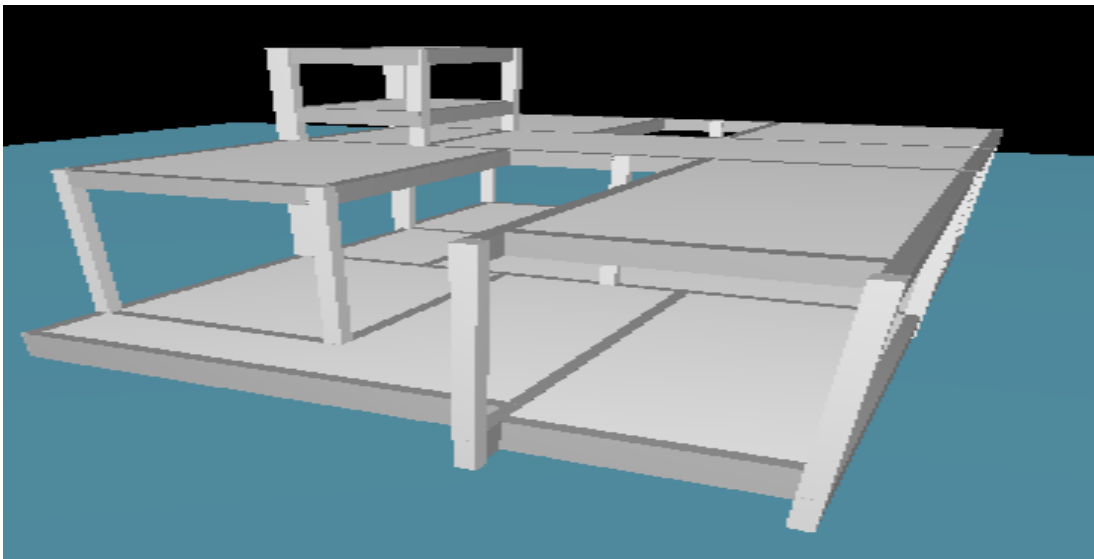
Fonte: Autor (2019).

Figura 7-Planta de fôrma da cobertura.



Fonte: Autor (2019).

Figura 8 - Projeto em concreto armado em 3D.



Fonte: CAD/TQS (2019).

### 5.2.5 Análise no Estado Limite Último e de Serviço

Toda a edificação foi avaliada e verificada no Estado Limite Último e as armaduras dos elementos estruturais foram calculadas para resistir as combinações de esforços solicitantes, priorizando o critério de resistência da estrutura com base na ABNT NBR 6118:2014.

A análise no Estado Limite de Serviço contempla a verificação de abertura de fissuras e de flechas nas vigas e lajes utilizando o parâmetro não linear. Tal averiguação visa que esses elementos apresentem aspecto visual adequados em serviço. O programa CAD/TQS já utiliza a combinação adequada tanto para abertura de fissuras, quanto para flechas nos elementos. Assim, o programa calcula a flecha e a compara com a limite baseado na ABNT NBR 6118:2014.

Como os elementos estruturais são dimensionados em serviço já fissurados, a análise de abertura de fissuras não é tão relevante quanto a análise de flechas, assim, será demonstrada apenas esta última. Os deslocamentos em lajes são mais bem visíveis que em vigas, pois estas geralmente estão embutidas nas paredes e porque aquelas possuem dimensões muito superiores. Dessa forma, será ilustrado apenas as flechas das lajes. As Tabelas 2, 3 e 4 ilustram os resultados da análise de deslocamento para as lajes do térreo, cobertura e ático, respectivamente.

Tabela 2-Flechas das lajes do térreo.

| Lajes Térreo |                |                       |                    |          |
|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|
| Laje         | Menor vão (cm) | Flecha calculada (cm) | Flecha limite (cm) | Situação |
| 1            | 282,5          | -0,39                 | 1,13               | Passou   |
| 2            | 165,0          | -0,2                  | 0,66               | Passou   |
| 3            | 282,5          | -0,25                 | 1,13               | Passou   |
| 4            | 152,5          | -0,11                 | 0,51               | Passou   |
| 5            | 240,0          | -0,25                 | 0,96               | Passou   |
| 6            | 215,1          | -0,57                 | 0,86               | Passou   |
| 7            | 280,0          | -0,29                 | 1,12               | Passou   |
| 8            | 234,9          | -0,88                 | 0,94               | Passou   |

Fonte: Autor (2019).

Tabela 3-Flechas das lajes da cobertura.

| Lajes Cobertura |                |                       |                    |          |
|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|
| Laje            | Menor vão (cm) | Flecha calculada (cm) | Flecha limite (cm) | Situação |
| 1               | 282,5          | -0,56                 | 1,13               | Passou   |
| 2               | 282,5          | -0,27                 | 1,13               | Passou   |
| 3               | 152,5          | -0,47                 | 0,61               | Passou   |
| 4               | 240,0          | -0,6                  | 0,96               | Passou   |
| 5               | 280,0          | -0,57                 | 1,12               | Passou   |
| 6               | 234,9          | -0,75                 | 0,94               | Passou   |

Fonte: Autor (2019).

Tabela 4-Flechas das lajes do ático.

| Lajes Ático |                |                       |                    |          |
|-------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|
| Laje        | Menor vão (cm) | Flecha calculada (cm) | Flecha limite (cm) | Situação |
| 1           | 152,7          | -0,19                 | 0,61               | Passou   |
| 2           | 152,7          | -0,19                 | 0,61               | Passou   |

Fonte: Autor (2019).

Assim, com base nas Tabelas 2,3 e 4, conclui-se que todas as lajes passaram nesta análise em serviço. Vale ressaltar que, apesar de não se colocar os valores das flechas nas vigas neste trabalho, elas também obtiveram o mesmo resultado, ou seja, apresentam flechas inferiores às de norma 6118:2014.

### 5.3 ANÁLISE COMPARATIVA

A fim de avaliar a viabilidade econômica aproximada foram feitas análises de custo para os dois sistemas construtivos.

#### 5.3.1 Projeto arquitetônico

Como o website Casa Abril (2019), computou apenas o projeto arquitetônico, dentre os vários projetos para se executar uma obra, o mesmo será feito para a análise em concreto armado. De acordo com o site, para um cliente, o projeto sustentável custaria R\$ 4.800,00. No caso da edificação convencional o cálculo foi adotado por Crono Share (2019). De acordo com a referência, o indicativo que mostra o preço médio de construções, por metro quadrado é o Custo Unitário Básico da Construção (CUB), e este parâmetro é influenciado pelo padrão da construção. Com base na referência, para a região Sudeste, a média de preço do metro quadrado de uma construção de padrão simples, é R\$ 1.457,24. Neste caso, o preço total do projeto da casa convencional é de R\$ 89.838,85 ( $61,65 \text{ m}^2 \times 1.457,24 \text{ R\$/m}^2$ ). Supondo que os honorários do arquiteto é cerca de 5% deste valor, portanto obtém-se a quantia de R\$ 4.491,94 para a realização do projeto arquitetônico.

#### 5.3.2 Mão de Obra

Utilizando do mesmo dado do site, a mão de obra total foi R\$ 29.478,00 (incluindo um pedreiro, dois serventes, um encanador, um pintor, um azulejista e um eletricista). Tal valor foi usado para ambos projetos.

#### 5.3.4 Materiais

Segundo a Casa Abril (2019), o valor dos materiais, no total, foi de R\$ 28.322,00 para o projeto sustentável. O custo dos materiais utilizados na construção em concreto armado, foi obtido considerando materiais mais baratos já que o projeto visa atender pessoas de baixa renda.

Por meio do relatório que o programa CAD/TQS disponibiliza utilizando a tabela do Sistema Nacional de Preços e Índices de 2019 (SINAPI), há um total de materiais que considera apenas a parte estrutural. O concreto armado utilizado foi o CA-25. As Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7, apresentam de forma resumida, o consumo, o preço unitário de cada elemento e o preço final dos materiais, aço, concreto e fôrmas de madeira, respectivamente.



Tabela 5 - Custo aço.

| Custo-Aço    |                 |                |                   |
|--------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Bitola (mm)  | Quantidade (kg) | Preço (R\$)/kg | Preço total (R\$) |
| 5            | 392,4           | 5,03           | 1.973,77          |
| 6,3          | 570,6           | 5,03           | 2.870,12          |
| 8            | 87              | 5,02           | 436,74            |
| 10           | 385,3           | 4,7            | 1.810,91          |
| 12,5         | 91,3            | 4,73           | 431,85            |
| 16           | 62,9            | 4,73           | 297,52            |
| <b>TOTAL</b> |                 |                | <b>7.820,91</b>   |

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 - Custo concreto.

| Custo-Concreto |                                 |                             |                   |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Pavimento      | Consumo total (m <sup>3</sup> ) | Preço (R\$) /m <sup>3</sup> | Preço total (R\$) |
| Ático          | 1,7                             | 215                         | 365,50            |
| Cobertura      | 8,8                             | 215                         | 1.892,00          |
| Térreo         | 11,1                            | 215                         | 2.386,50          |
| <b>TOTAL</b>   |                                 |                             | <b>4.644,00</b>   |

Fonte: Autor (2019).

Tabela 7 - Custo fôrmas de madeira

| Custo-Fôrmas de madeira |                                 |                             |                   |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Pavimento               | Consumo total (m <sup>2</sup> ) | Preço (R\$) /m <sup>2</sup> | Preço total (R\$) |
| Ático                   | 23,4                            | 35,86                       | 840,00            |
| Cobertura               | 124,0                           | 35,86                       | 4.445,00          |
| Térreo                  | 141,5                           | 35,86                       | 5.075,00          |
| <b>TOTAL</b>            |                                 |                             | <b>10.360,00</b>  |

Fonte: Autor (2019).

Para o cálculo dos outros materiais, foram utilizados conhecimentos intuitivos e específicos para computar a quantidade e que tipo de material que seria utilizado para construir a casa convencional em concreto armado, visto que não há a disponibilidade via eletrônica de outros projetos e tabelas de esquadrias. As Tabelas 8, 9, 10 e 11 apresentam esse cálculo para cada material e utilizam como parâmetro os insumos e composições da tabela SINAPI do primeiro semestre de 2019.

A Tabela 8 mostra o custo da vedação da casa em concreto armado. Deve-se ressaltar que o peso próprio da vedação em alvenaria de tijolo furado já foi considerado no cálculo de solicitações no programa CAD/TQS para a estrutura em questão.

Tabela 8 - Custo vedação.

| <b>Custo-Vedação</b>                                              |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Área total de vedação (m <sup>2</sup> )                           | 155,06          |
| Quantidade de blocos inteiros (un)+10% de meio bloco              | 2.133,09        |
| Preço (\$) bloco com furos vertical (un), de 14x19x39 cm (SINAPI) | 1,37            |
| <b>Preço total blocos de vedação (R\$)</b>                        | <b>2.922,33</b> |
| Canaletas para amarração de paredes+10%                           | 166,39          |
| Preço (\$) canaleta de concreto 14x19x39cm (SINAPI)               | 2,81            |
| <b>Preço total canaletas para amarração de paredes (R\$)</b>      | <b>467,56</b>   |
| Canaletas para vergas e contravergas-portas e janelas             |                 |
| Quantidade de canaletas (un)                                      | 48,95           |
| <b>Preço total de canaletas (R\$)</b>                             | <b>605,11</b>   |
| Cálculo argamassa                                                 |                 |
| Consumo (l) de argamassa por m <sup>2</sup>                       | 12,00           |
| Quantidade de argamassa (l)                                       | 2.049,95        |
| <b>Preço total argamassa (R\$) - SINAPI</b>                       | <b>637,03</b>   |
| <b>Custo total de vedação (R\$)</b>                               | <b>4.632,03</b> |

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 9 apresenta o custo das esquadrias para a confecção da casa no modo tradicional.

Tabela 9 - Custo esquadrias

| <b>Produto</b>                                           | <b>Preço/m<sup>2</sup> (R\$)</b> | <b>Preço/unidade (R\$)</b> | <b>Preço total (R\$)</b> |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Janela 80x80 cm (m <sup>2</sup> ) aço -2 unidades        | 14,94                            | -                          | 9,56                     |
| Janela 60x60cm (m <sup>2</sup> ) aço-2 unidades          | 14,94                            | -                          | 5,38                     |
| Porta 90x210 cm (m <sup>2</sup> ) folha leve- 5 unidades | -                                | 94,87                      | 474,35                   |
| Porta de correr 100x210cm (m <sup>2</sup> ) -1unidade    | 309,31                           | -                          | 649,55                   |
| Porta de correr 90x210cm (m <sup>2</sup> ) -1unidade     | 309,31                           | -                          | 584,60                   |
| <b>TOTAL</b>                                             |                                  |                            | <b>1.723,44</b>          |

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 10 mostra o custo da confecção do telhado de fibrocimento com espessura de 6mm e o piso em cerâmica, para a estrutura em concreto armado. Sabe-se também que o peso próprio e a ação accidental do telhado e do piso foram consideradas no cálculo de solicitações no programa CAD/TQS para a estrutura em questão e, conseqüentemente nas análises para que a estrutura tenha resistência e segurança quanto ao seu uso.

Tabela 10 - Custo telhado e cerâmica.

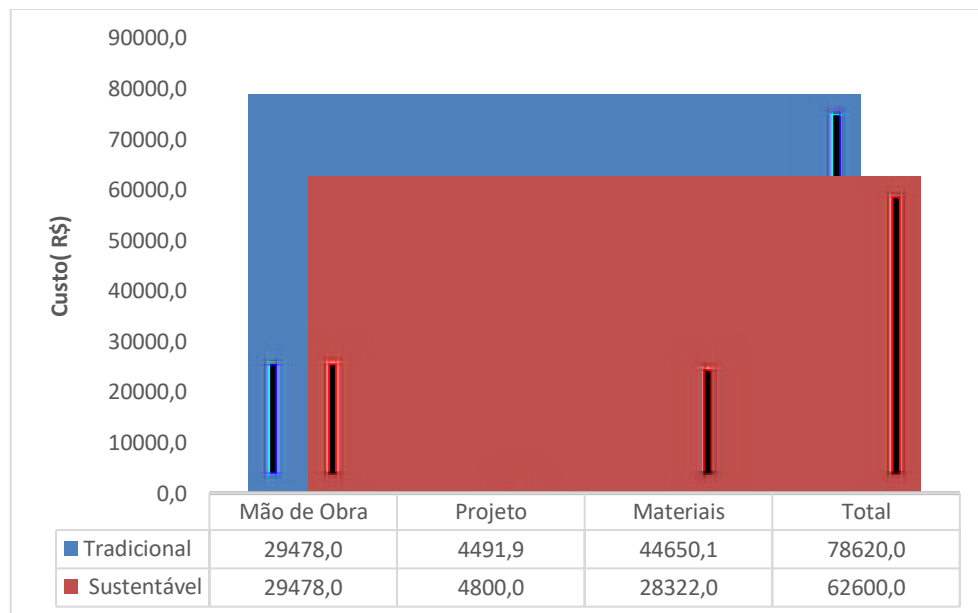
| <b>Telha de fibrocimento e piso cerâmico</b> | <b>Preço (R\$/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Área (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Preço total (R\$)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Telha de fibrocimento ondulada e = 6 mm      | 21,9                             | 80,0                        | 1.752,0                  |
| Piso em cerâmica esmaltado                   | 26,89                            | 114,38                      | 3.075,7                  |
| <b>TOTAL</b>                                 |                                  |                             | <b>4.827,68</b>          |

Fonte: Autor (2019).

De acordo com Habitissimo (2019), o custo final da instalação hidráulica é cerca de 9 a 12% do valor total da obra e as instalações elétricas em torno de 8%. Como não há dados de tais projetos, foi utilizado o valor final (R\$ 62.600,00) da casa sustentável para mensurar esses custos. Desta forma, o custo para instalações elétricas do projeto foi de R\$ 5.634,00 e para as instalações hidráulicas, de R\$ 5.008,00.

A Figura 13 resume os cálculos dos custos dos dois modos construtivos. Pelos resultados verifica-se que a edificação convencional é mais cara se comparada a estrutura sustentável.

Figura 9 - Comparação entre os custos.



Fonte: Autor (2019).

## 6 CONCLUSÃO

Esse trabalho trata de um estudo de uma casa sustentável bem como uma análise comparativa de custo de uma edificação convencional. Para tanto, foi usado o programa CAD/TQS, para efetuar o dimensionamento da estrutura de concreto armado.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que embora algumas características tenham sido adotadas por falta de informações, o projeto sustentável ficou cerca de 26% mais barato que o em projeto tradicional. Além disso, verifica-se que o custo do material no caso convencional ficou 58% mais cara que a sustentável, além de gerar grande quantidade de resíduos sólidos. A casa sustentável tem uma estimativa de construção de um mês o que é normalmente inferior ao tempo de construção de uma estrutura tradicional.

Os projetos sustentáveis, trazem benefícios ao meio ambiente e aos ocupantes dos locais que utilizam tais práticas. Visto a iniciativa de se implantar o projeto ecológico destinado as pessoas de baixa renda e analisando os custos dos dois projetos, o modo construtivo sustentável demonstra-se mais viável economicamente. Entretanto, deve se fazer uma análise mais profunda, e por isso a necessidade de se ter todos os projetos, e comparar também o aspecto da manutenção das casas ecológicas em contrapartida as tradicionais. Além disso, deve-se atentar durante a concepção do projeto, na posição e implantação do terreno, na iluminação natural, na

ventilação, na vegetação natural, na escolha dos materiais dentre outros itens, a fim de se garantir que a edificação é de fato sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

\_\_\_\_\_. NBR 15575: Edificações Habitacionais-Desempenho – procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

CASA ABRIL. Disponível em: < <https://casa.abril.com.br/casas-apartamentos/projeto-de-53-m%C2%B2-sustentavel-e-economico-vence-concurso-da-chdu/> >. Acesso em: 02 dez. 2019.

CICLO VIVO. Disponível em:<<https://ciclovivo.com.br/vida-sustentavel/bem-estar/cartilha-oferece-serie-de-dicas-sobre-moradia-sustentavel/>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CRONO SHARE. Disponível em :< <https://www.cronoshare.com.br/quanto-custa/projeto-arquitetura>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum. 2 ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

DADOS-SELOS VERDES. Disponível em :< <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/Dados-Selos-Verdes.pdf>>. Acesso em: 25.dez.2019.

GBC BRASIL. Disponível em:< <http://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/Guia-Pratico-Casa.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

HABITAÇÃO PARA TODOS. Disponível em: <<https://247arquitetura.com.br/projeto/habitacao-para-todos-cdhu-iab/>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

HABITISSIMO. Disponível em:< <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/construcao-quanto-se-gasta-numa-obra#1>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

INDUSTRIA HOJE. Disponível em: <<https://industria hoje.com.br/como-construir-de-forma-sustentavel-e-reduzindo-o-desperdicio>> Acesso em: 02 dez. 2019.

KIBERT, Charles J. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 2008.

NASCIMENTO, T, M.B. Avaliação da sustentabilidade dos materiais de construção.2014.152f. Tese de Mestrado. (Licenciatura em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal,2014).

PEREIRA, I.P. Construção Sustentável: o desafio.2009.122f. Monografia. (Licenciatura em Engenharia Civil).Faculdade Engenharia Civil, Universidade Fernando Pessoa,Porto,2009.

SUSTENT ARQUI. Disponível em :< <https://sustentarqui.com.br/10-casas-sustentaveis-no-brasil/>>. Acesso em: 02 dez.2019.