

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE
BAIXO IMPACTO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DO PROTÓTIPO
“MINHA CASA MAIS SUSTENTÁVEL”**

Júlia de Freitas Bidim Pereira dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos
requisitos para a conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sandra
Regina Mota Silva

São Carlos
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos àqueles que contribuíram para a minha jornada durante os anos de graduação. Primeiramente, a minha mãe, Sonia, e ao meu pai, Carlos, que sempre me incentivaram a persistir em busca dos meus sonhos e sempre me deram apoio, em todos os sentidos. Às minhas avós Lourdes e Wilde, pela sabedoria e carinho que sempre me acompanharam. E a minha tia Rita pelo cuidado e apoio sempre.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Sandra Regina Mota Silva, por toda sua dedicação, sabedoria e incentivo que foram fundamentais para meu desenvolvimento e formação.

À minha irmã Yasmin por sempre estar presente na minha vida e ser minha referência de mulher, pesquisadora, e agora, mãe. Ao meu irmão Igor, pelo companheirismo, amizade e carinho durante todos esses anos. Ao meu cunhado Ian, pela amizade e apoio. Obrigada por compartilharem comigo tantos momentos especiais.

Ao Arthur, namorado e amigo, pela paciência, compreensão e incentivo em todos os momentos. Às minhas amigas, Andressa, Juliana e Júlia, que estiveram ao meu lado desde o início e pude compartilhar risadas, memórias e desafios durante minha trajetória na UFSCar. E ao meu grupo de amigos de São Carlos – SP, pela amizade, companheirismo e união.

Por fim, expresso meus agradecimentos a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho, pelo apoio, ensinamentos e encorajamento que moldaram minha jornada acadêmica, em especial aos grupos de extensão, PET Civil e Enactus UFSCar.

*“Há casas por toda parte
Uma fauna de aço e pedra
Cal, barro e um tanto de vazio
Todo cheio de movimento”
(Yasmin Bidim)*

RESUMO

Existe uma crescente preocupação com o uso mais racional de matérias primas, recursos naturais e energias renováveis para minimizar os impactos ambientais que são causados pela ação do homem ao longo do tempo. Nesse cenário, o setor da construção civil é responsável por muitos desses impactos durante a construção, uso e manutenção, abrangendo todo seu ciclo de vida. Dessa forma, dentro do contexto da construção civil, a incorporação de soluções construtivas de baixo impacto ambiental nos processos de concepção, execução e uso das edificações é de extrema importância para minimizar os efeitos da superexploração de recursos naturais, e auxiliar para que as gerações futuras permaneçam capazes de suprir suas necessidades e demandas. A proposta principal desse trabalho foi realizar, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre soluções e tecnologias construtivas mais sustentáveis aplicáveis em Habitações de Interesse Social (HIS). Em seguida, analisou-se o relatório do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável, proposta multidisciplinar que teve como objetivo a incorporação de soluções mais sustentáveis em uma HIS de uso multifamiliar. E, por fim, foi realizada uma análise comparativa, em duas vertentes, que correlacionou compilações decorrentes da revisão bibliográfica com as diretrizes norteadoras oriundas da contribuição do conjunto de pesquisadores participantes do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável, e posteriormente, com relação à incorporação de soluções construtivas mais sustentáveis no projeto arquitetônico do Protótipo. A análise realizada observou que, no geral, as soluções construtivas propostas pelo Protótipo estavam em consonância com as referências obtidas na revisão bibliográfica, e foi possível identificar que a maioria das soluções estudadas pelos pesquisadores foram incorporadas ao projeto arquitetônico do projeto. No entanto, ainda assim, foram identificadas, nessa revisão bibliográfica, algumas práticas construtivas sustentáveis que poderiam ter sido consideradas, mas não foram. Por fim, destaca-se a importância da pesquisa de soluções construtivas mais sustentáveis aplicadas à HIS multifamiliar para promover melhores condições habitacionais para a população de baixa renda, ao mesmo tempo em que se busca reduzir os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil.

Palavras-chave: soluções construtivas sustentáveis; sustentabilidade em HIS; conjuntos habitacionais sustentáveis; qualidade construtiva em HIS; conforto e salubridade em HIS.

ABSTRACT

There is a growing concern for more rational use of raw materials, natural resources, and renewable energies to minimize the environmental impacts caused by human activity over time. In this scenario, the construction sector is responsible for many of these impacts during construction, use, and maintenance, encompassing its entire lifecycle. Thus, within the context of the construction industry, the incorporation of low environmental impact construction solutions in the processes of design, execution, and use of buildings is of paramount importance to mitigate the effects of overexploitation of natural resources and to assist future generations in meeting their needs and demands. The main objective of this study was to conduct, firstly, a literature review on more sustainable construction solutions and technologies applicable to Social Interest Housing (SIH). Next, the analysis of the “Minha Casa Mais Sustentável” report was carried out, a multidisciplinary proposal aiming to incorporate more sustainable solutions into a multifamily SIH. Lastly, a comparative analysis was conducted in two aspects, correlating the compilations from the literature review with the guiding directives derived from the contributions of the research team involved in the “Minha Casa Mais Sustentável” Prototype report, and subsequently, in relation to the incorporation of more sustainable construction solutions into the architectural design of the Prototype. The analysis observed that, overall, the construction solutions proposed by the Prototype were in line with the references obtained in the literature review, and it was possible to identify that most of the solutions studied by the researchers were incorporated into the architectural design of the prototype. However, some sustainable construction practices that were identified in this literature review could have been considered but were not. Finally, the importance of researching more sustainable construction solutions applied to multifamily SIH is emphasized, aiming to enhance better housing conditions for low-income populations while simultaneously seeking to reduce the environmental impacts caused by the construction sector.

Keywords: sustainable construction solutions; sustainability in Social Interest Housing (SIH); sustainable housing complexes; construction quality in SIH; comfort and health in SIH.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia.....	17
Figura 2 - Ficha catalográfica do Relatório "Protótipo Minha Casa Mais Sustentável".	26
Figura 3 - Localização do terreno do “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”.....	28
Figura 4 – Exemplos de pontos que necessitarão de contenções para baixas alturas.	32
Figura 5 - Sistema construtivo industrializado misto.	34
Figura 6 - Indicação de pontos para instalação de técnicas compensatórias para manejo de águas pluviais.....	35
Figura 7 - Indicação das áreas correspondentes às diferentes destinações das águas pluviais.	37
Figura 8 – Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias.	39
Figura 9 – Exemplo de canteiro de obras sustentável.....	40
Figura 10 – Proposta de disposição das estacas.	45
Figura 11 – Proposta de reutilização das estacas como contenção formando uma arquibancada.	46
Figura 12 – Ventilação vertical.	52
Figura 13 – Resfriamento evaporativo com áreas gramadas ou arborizadas.	52
Figura 14 – As fases de execução de um empreendimento.	53
Figura 15 – Corte AA.....	59
Figura 16 – Pavimento tipo 01 apartamento.....	60
Figura 17 – Pavimento tipo quitinete.	60
Figura 18 – Localização dos reservatórios para águas pluviais.	62
Figura 19 – Nível +111,64.....	63
Figura 20 – Proposta de inserção do brise na fachada noroeste com sistema de esquadria.....	64
Figura 21 – Unidades habitacionais acessíveis.....	64
Figura 22 – Perspectiva noroeste do empreendimento.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre pontos fracos e fortes das certificações sustentáveis.	23
Quadro 2 – Atividades/Temas de Estudo e Responsáveis.	30
Quadro 3 – Atividades e Colaboradores externos.....	31
Quadro 4 – Critérios de avaliação – Categoria Gestão da água.	50
Quadro 5 – Síntese dos resultados.	71

SUMÁRIO

1	Introdução.....	9
2	Objetivos.....	12
3	Justificativa	13
4	Metodologia	14
5	Revisão Bibliográfica.....	18
5.1.	A Construção Civil no Contexto da Sustentabilidade	18
5.2.	Critérios, Procedimentos e Diretrizes para Incorporação da Sustentabilidade nas Edificações	20
5.2.1.	Avaliação de Desempenho Ambiental de Edifícios e Certificações Ambientais	22
6	Estudo de Caso	25
6.1.	Incorporação de Dispositivos e Procedimentos Mais Sustentáveis em Edificações de HIS: o Caso do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”	25
6.1.1.	Síntese das Diretrizes Presentes no Relatório “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”	28
7	Análise dos Resultados.....	44
7.1.	Análise das Diretrizes Propostas pelos Pesquisadores em Relação à Revisão Bibliográfica	44
7.1.1.	Geotecnia	44
7.1.2.	Sistemas Construtivos e Estruturais	46
7.1.3.	Gestão da Água	48
7.1.4.	Conforto Ambiental	51
7.1.5.	Planejamento de Obra	53
7.1.6.	Eficiência Energética	55
7.2.	Análise do Projeto Arquitetônico em Relação às Diretrizes dos Pesquisadores	59
7.2.1.	Geotecnia	59
7.2.2.	Sistemas Construtivos e Estruturais	60
7.2.3.	Gestão da Água	61
7.2.4.	Conforto Ambiental	63
7.2.5.	Planejamento de Obra	65
7.3.	Análise Geral dos Questionários Realizados com os Pesquisadores Participantes	67
8	Discussão dos Resultados.....	69
9	Considerações Finais	74
	Referências Bibliográficas	76
	Anexo A.....	81

1 Introdução

Segundo o Relatório Brundtland, conhecido como “Nosso Futuro Comum” publicado em 1987, o principal objetivo do desenvolvimento é satisfazer as necessidades e as aspirações humanas. Já o desenvolvimento sustentável é aquele que consegue atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras também suprirem as próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

Dessa forma, o mundo começou a se mobilizar em prol de garantir um desenvolvimento sustentável por meio da criação de metas e objetivos a serem cumpridos. Em 1992 realizou-se a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Rio 92. Dez anos depois, ocorreu o Rio+10, no qual foram propostos os Objetivos do Milênio para acelerar as ações em busca do desenvolvimento sustentável (MACEDO, 2010).

Em 2015, foi estabelecido uma nova agenda com a criação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, a serem cumpridos até 2030. Entre eles, destaca-se o objetivo 11, sobre cidades e comunidades sustentáveis, que tem como meta tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2022).

Sabe-se que o setor da construção civil, dentre outros, também é grande causador de impacto ambiental, uma vez que as edificações são responsáveis pelo amplo consumo de recursos naturais, como energia, matérias primas processadas, água, dentre outros, seja durante sua etapa construtiva, seja na utilização ao longo do seu ciclo de vida. Além disso, é, ainda, responsável pela grande geração de resíduos quando em seu período de construção e de demolição (SOUZA, 2004).

Segundo Silva e Cardoso (2016), um sistema de engenharia sustentável é eficiente, confiável, resiliente e adaptativo. E a eficiência requer a redução no uso de recursos, custos e impactos ambientais. Dessa forma, a “Engenharia Sustentável” se propõe a tratar de forma integrada os problemas e as soluções, buscando assegurar a integridade dos sistemas envolvidos, articulando em diferentes dimensões da sustentabilidade, dentre elas, as questões ambientais, a funcionalidade construtiva e as condições sociais envolvidas em cada contexto.

De acordo com Macedo (2010), o progresso sustentável de edificações no Brasil está atrasado em comparação a outros países mais avançados. Isso se deve ao fato de a maioria das ferramentas de apoio à tomada de decisão de projeto não se adequar à realidade ambiental, sociocultural e econômica do país. Além disso, outras dificuldades, como a falta de dados e indicadores utilizados pelos profissionais da área no desenvolvimento de projetos, também contribuem para este atraso.

Nesse cenário, a busca de soluções construtivas mais sustentáveis tem sido cada vez mais estudadas no campo teórico e no campo das práticas, para que possam ser incorporadas em diferentes usos e atividades, principalmente, em construções de uso habitacional, pela relevância quantitativa e qualitativa que têm no setor da construção civil (CORRÊA, 2009).

Segundo Conto et. al. (2017), a expansão do estudo por técnicas construtivas mais sustentáveis no Brasil vem modificando o sistema de gerenciamento dos empreendimentos habitacionais. Uma das estratégias adotadas foi o desenvolvimento da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575/2013, apesar do seu objetivo principal estar relacionado ao desempenho de uma edificação habitacional com o atendimento das necessidades humanas, ela também traz o enfoque para os impactos ambientais da obra e questões de sustentabilidade da construção (CONTO et al., 2017).

Dessa forma, a partir da discussão sobre a importância da assimilação de padrões mais sustentáveis na produção global da moradia, o presente trabalho busca abordar o estudo da incorporação de soluções construtivas de baixo impacto ambiental, especialmente em empreendimentos habitacionais.

Além disso, é válido ressaltar que a pesquisa trouxe um enfoque para uma análise integrada de soluções construtivas mais sustentáveis de diversas áreas que foram abordadas no empreendimento do estudo de caso, como a etapa de fundação a partir do estudo geotécnico, a etapa da escolha dos sistemas construtivos e estruturais, além da gestão da água e conforto ambiental na edificação, e ainda a questão da sustentabilidade no plano de obra.

A investigação será composta por uma parte teórica que consiste na revisão bibliográfica voltada para compilação e estudo de soluções construtivas mais

comprometidas com a perspectiva da sustentabilidade. De forma complementar, também será realizado o estudo de caso de um Empreendimento Habitacional de Interesse Social (EHIS) multifamiliar, baseado em um Relatório desenvolvido no âmbito do DECiv – Departamento de Engenharia Civil da UFSCar – Universidade Federal de São Carlos dentro do Projeto de Extensão nº 23112.003481/2015-38, vinculado à uma parceria com a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, por meio do Termo de Execução Descentralizada nº 03/2015.

Esse projeto envolveu um conjunto de pesquisadores integrantes do corpo docente do DECiv, atuantes nas áreas de geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental e plano de obra.

Um dos produtos a serem realizados dentro desse projeto, seria um livro contendo os resultados do projeto de extensão, considerando as diretrizes definidas pelo conjunto de pesquisadores e o projeto arquitetônico, desenvolvido a partir desses referenciais. Contudo, tendo em vista o contexto político do período de 2016, o livro não chegou a ser publicado, embora já estivesse concluído e com uma ficha catalográfica definida, conforme Figura 2.

No âmbito desse TCC esse Projeto de Extensão será denominado Relatório do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”. Nas Referências optou-se por mencionar esse Relatório, na forma de citação bibliográfica, de acordo com as normas pertinentes, informando que a mencionada obra não foi publicada.

2 Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Estudar e analisar soluções projetuais e construtivas mais sustentáveis e aplicáveis em EHIS de uso multifamiliar, a partir das soluções construtivas de um estudo de caso, o projeto denominado “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”.

2.2. Objetivo Específico

Compilar, sistematizar e analisar soluções projetuais e construtivas mais sustentáveis considerando aspectos aplicados à geotecnia, aos sistemas construtivos e estruturais, à gestão da água, ao conforto ambiental, ao planejamento de obra e à eficiência energética.

3 Justificativa

A partir do crescimento populacional urbano intensificou-se também o consumo de recursos e a produção de materiais para suprir a demanda da sociedade atual. Com isso, as ações humanas têm sido responsáveis por grandes impactos ambientais. Nesse contexto, surge cada vez mais a preocupação em proporcionar o uso mais racional, consciente e sustentável de matérias primas, recursos naturais e energias renováveis, buscando evitar o esgotamento e a degradação de recursos ambientais. Diante desse cenário, a indústria da construção civil é um dos principais agentes degradantes do meio ambiente, uma vez que é responsável pelo elevado consumo de recursos naturais e geração de resíduos, em todo seu ciclo de vida, desde suas etapas de concepção e execução, passando pela fase de uso e manutenção, até seu estágio de desconstrução (LEITE; NETO, 2014).

Dessa forma, dificilmente a indústria da construção civil irá ocorrer sem causar efeitos negativos, devido sua atuação de forma direta no meio em que está inserida, mas é possível tentar reduzir a intensidade de impactos, na perspectiva de adquirir maior sustentabilidade nas intervenções inerentes às suas atividades. Nesse sentido, os princípios e diretrizes para obtenção de maior sustentabilidade têm sido cada vez mais pesquisados e debatidos, tanto no campo teórico, quanto nas técnicas e práticas construtivas, na expectativa de se incorporar soluções mais comprometidas com a redução dos impactos socioambientais presentes nesse importante setor da economia (CORRÊA, 2009).

Nesse contexto, o presente trabalho se enquadra na busca por contribuir com o estudo e análise de soluções e tecnologias construtivas mais sustentáveis aplicadas em EHIS, a partir de dois eixos de análise. O primeiro deles, decorrente de uma compilação, sistematização e análise de contribuições provenientes de uma revisão bibliográfica. O segundo, a partir da análise de um estudo de caso, baseado em um projeto pautado em diretrizes de sustentabilidade.

Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir na construção de soluções construtivas aplicáveis às concepções de outros projetos que se pautem pela incorporação de perspectivas mais sustentáveis aplicáveis aos EHIS multifamiliares.

4 Metodologia

O desenvolvimento desse estudo se baseia em uma pesquisa objetiva que busca levantar informações sobre determinado objeto de estudo, no caso, buscando proporcionar mais familiaridade com o tema, são apresentados uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso, a fim de atender aos objetivos desse trabalho.

No âmbito da revisão bibliográfica foram considerados aspectos gerais da sustentabilidade na construção civil. Contudo, em relação ao estudo de caso foi dado mais ênfase aos aspectos que foram considerados na constituição das diretrizes do projeto, que são: geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental e plano de obra, áreas que abordaram diferentes técnicas e medidas construtivas mais sustentáveis e aplicáveis em EHIS de uso multifamiliar.

Em seguida, foi feita a análise do estudo de caso, a partir do relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”. Esse material é o relatório síntese do Projeto de Extensão nº 23112.003481/2015-38 realizado entre a UFSCar e a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, por meio do Termo de Execução Descentralizada nº 03/2015.

Trata-se do projeto de uma edificação habitacional e multifamiliar de interesse social desenvolvido com base, primeiramente, em um estudo realizado por um conjunto de pesquisadores, vinculados ao DECiv – Departamento de Engenharia Civil, que delinearão diretrizes mais sustentáveis para um projeto de edificação, e, posteriormente, um projeto arquitetônico desenvolvido por uma equipe de profissionais que procurou assimilar as propostas construtivas e as diretrizes propostas anteriormente.

A edificação seria construída em um terreno da Prefeitura Municipal de São Paulo, localizado na Subprefeitura do Jabaquara, no distrito do Jabaquara, mas devido a alterações políticas nos órgãos governamentais envolvidos no processo, o projeto não teve continuidade e nunca foi implantado.

Com isso, o objeto de estudo dessa pesquisa foi o relatório final do Projeto de Extensão, apresentado em formato de livro desenvolvido em 2016, que conta com a participação e análise integrada de diversas áreas do empreendimento, como arquitetura, urbanismo, geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental, eficiência energética e plano de obras, guiadas por

diretrizes sustentáveis através do estudo realizado em parceria com pesquisadores de instituições de ensino, no caso, docentes vinculados ao Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. A cópia digital desse relatório foi disponibilizada junto ao coordenador do Projeto de Extensão e do TED citados. Além disso, é válido ressaltar, que o livro em questão conta também com todos os projetos preliminares e práticas construtivas que seriam adotadas quando o projeto fosse, de fato, implementado.

A técnica para coleta dos dados envolveu, principalmente, a análise do relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”, a partir do estudo dos projetos e das pesquisas das diversas áreas do empreendimento realizadas pelos autores, já que se trata de um projeto que não foi implementado na prática.

Em seguida, como outra fonte de dados, pode-se citar a realização de questionários com os pesquisadores vinculados ao Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, que participaram da pesquisa de práticas e técnicas construtivas mais sustentáveis das diferentes áreas que participaram desse protótipo de EHS multifamiliar. As entrevistas foram realizadas por meio de questionários virtuais, que foram desenvolvidos a partir dos pontos considerados relevantes para comparação, entre a revisão bibliográfica e a pesquisa do livro.

Nesse sentido, considerando a possibilidade de uma eventual transformação nas técnicas ou na perspectiva de sustentabilidade adotada em 2016, seria esclarecedor, também abordar, na entrevista uma análise crítica, de como essa visão permanece atualmente, no ano de 2023, e explorar se existem outras técnicas sustentáveis mais eficientes e que poderiam ser abordadas no projeto. Além disso, é válido ressaltar que o conteúdo abordado pelas entrevistas foi objeto de discussão e análise em uma seção exclusiva do desenvolvimento do trabalho. O conjunto completo de entrevistas contendo as perguntas e respectivas respostas de todos os envolvidos no Projeto, pode ser consultado no Anexo A.

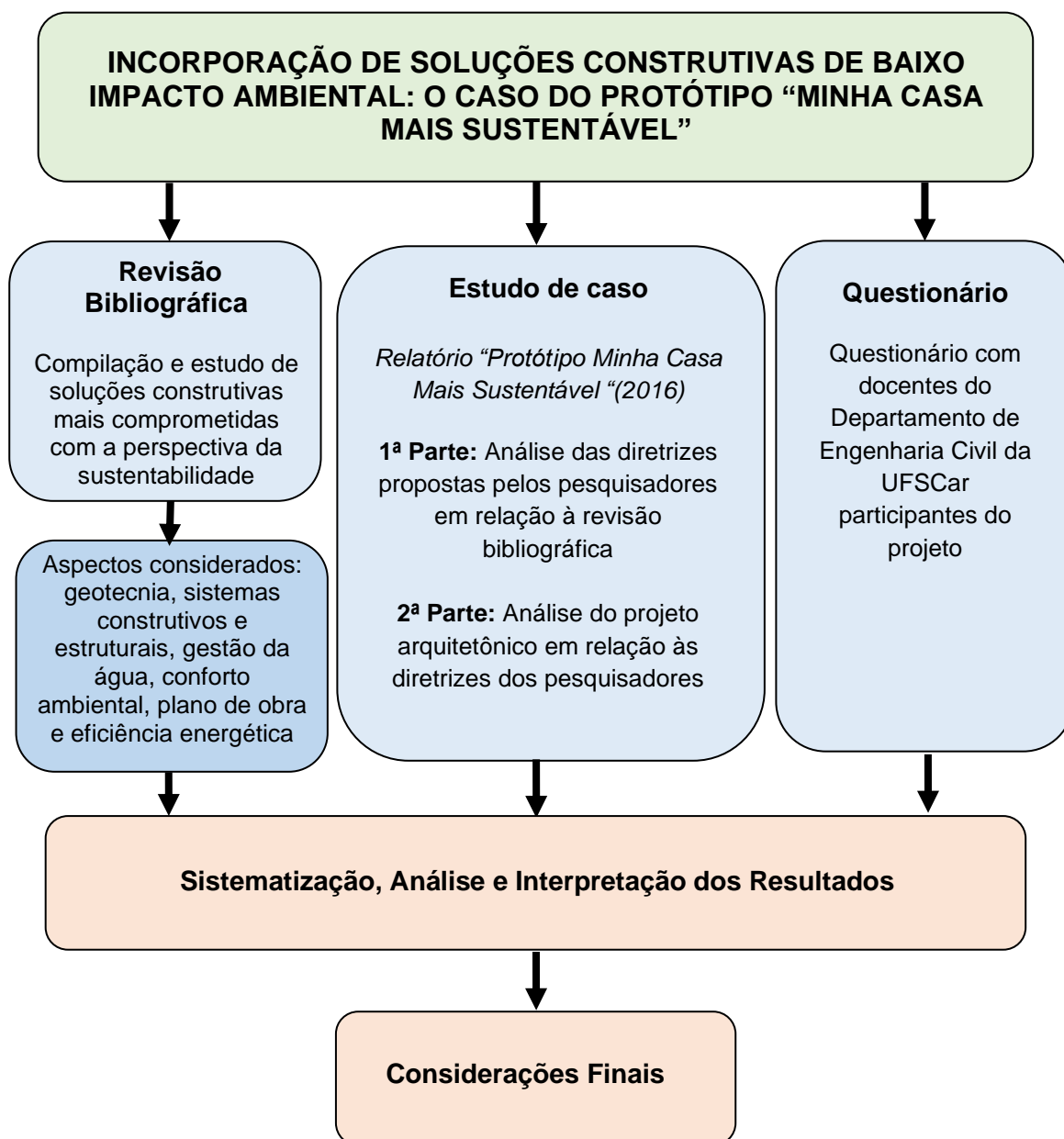
Dessa forma, as variáveis de análise foram definidas a partir de três vertentes investigativas, sendo a primeira, referente a revisão bibliográfica nos aspectos gerais da construção civil. A segunda refere-se à extração de dados do estudo de caso, decorrentes da análise do relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”, mais especificamente os estudos e diretrizes de projeto mais sustentáveis elaborados por um conjunto de pesquisadores, com foco nas áreas de geotecnia, sistemas

construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental, plano de obra do empreendimento, eficiência energética, e posteriormente do projeto arquitetônico que foi desenvolvido por uma equipe de profissionais da área de projetos de edificações. E por fim, a terceira que se trata da análise realizada a partir das informações coletadas pelas entrevistas com os docentes do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, que são os pesquisadores responsáveis pelo estudo feito no livro.

Com isso, a partir da compilação de técnicas, procedimentos e métodos construtivos mais sustentáveis, encontrados na revisão bibliográfica, foi possível realizar uma análise comparativa em dois níveis. O primeiro, em relação às diretrizes norteadoras decorrentes da contribuição de um conjunto de pesquisadores. O segundo, em relação à incorporação de soluções construtivas mais sustentáveis no projeto arquitetônico do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável.

A Figura 1 mostra o esquema da metodologia da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5 Revisão Bibliográfica

5.1. A Construção Civil no Contexto da Sustentabilidade

Os primeiros questionamentos e debates que abordaram a ideia de sustentabilidade surgiram, em meios a acontecimentos históricos que estimularam a reflexão crítica sobre as ações humanas no meio ambiente. Nesse processo de conscientização, em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (WCED) para investigar as consequências dos impactos decorrentes das modalidades de desenvolvimento que vinham sendo praticados e as alternativas a esses modelos. Em 1987, o resultado do trabalho dessa Comissão, foi a publicação denominada “Nosso Futuro Comum”. Com esse importante relatório, teve início a difusão do conceito mais reconhecido para o desenvolvimento sustentável: aquele que atende as necessidades da sociedade atual, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as próprias necessidades (MOTTA; AGUILAR, 2009).

A construção civil tem um grande impacto na qualidade de vida das pessoas e por isso deve ser compreendido como um setor que deveria buscar proporcionar o desenvolvimento econômico e social. De acordo com o Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Construção (CIB), a construção sustentável deve partir de um processo que restabeleça e mantenha a harmonia entre os ambientes naturais e construídos, e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica (CIB/UNEP-IETC, 2002).

As atividades da construção civil implicam na transformação e alteração do meio em que se está fazendo uma intervenção, e com isso, sua própria atuação é geradora de impactos degradantes para o meio ambiente durante todas as etapas da sua vida útil. Assim, as atividades atreladas ao segmento da construção civil, em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, produzirão efeitos negativos no meio. Contudo, há possibilidades para redução desses impactos pela adoção de soluções mais comprometidas com a sustentabilidade.

Dessa forma, os princípios e diretrizes para obtenção de maior sustentabilidade têm sido cada vez mais pesquisados e debatidos, tanto no campo teórico, quanto nas práticas construtivas, na expectativa de se incorporar soluções

mais comprometidas com a redução dos impactos socioambientais presentes nesse importante setor da economia (REICHERT, 2017).

De acordo com Souza (2004), o chamado *construbusiness*, o macrocomplexo da construção civil, é responsável pelo elevado consumo de recursos naturais e materiais durante seu processo de construção e utilização durante todo seu ciclo de vida. Além disso, ele aponta que o consumo da construção civil, medido em massa de materiais demandados, é cerca de 100 a 200 vezes maior que o consumo da indústria automobilística.

Além disso, devido a grandiosidade da atuação da construção civil e de suas dificuldades quanto à ineficiência de alguns métodos e processos de produção, ela também é uma das principais geradoras de resíduos (SOUZA, 2004).

Segundo Mateus (2009), as atividades da construção civil interferem principalmente no meio em que estão sendo desenvolvidas, ou seja, causando alterações no próprio local de sua atuação, impactando como por exemplo o solo, ar, água, relevo, e meio ambiente presentes ali.

O processo de desenvolvimento de um empreendimento tem início com a fase de concepção e termina na sua desconstrução ou demolição. Sendo assim, durante todo seu período de utilização, que é a fase de maior duração, podendo passar dos 50 anos, a edificação está consumindo recursos e causando interferências no meio (MATEUS, 2009).

Os autores Motta e Aguilar (2009), discutiram sobre as principais práticas sustentáveis que podem ser adotadas durante todas as fases do ciclo de vida de uma edificação, entre elas, pode-se citar a importância do planejamento adequado, considerando questões como o local de implantação, impactos culturais e sociais, técnicas construtivas, que possibilitem maior qualidade e eficiência construtiva.

Além de adotar atitudes que promovam o conforto ambiental e eficiência energética, eficiência do uso da água, eficiência construtiva com técnicas e materiais, e ainda eficiência em relação ao final da vida útil da construção, ou seja, adotando práticas de reciclagem e reaproveitamento dos resíduos (MOTTA; AGUILAR, 2009).

A partir da abordagem feita em relação à relevância da sustentabilidade da indústria da construção civil, a presente revisão bibliográfica será estruturada de modo a pesquisar, compilar, sistematizar e analisar soluções construtivas mais

sustentáveis para, posteriormente, utilizá-las como base de uma análise, aplicada a um estudo de caso. O relatório do projeto desenvolvido para uma edificação de uso habitacional multifamiliar de interesse social, denominado “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” foi o estudo de caso desse trabalho de TCC.

Sendo assim, o estudo será dividido primeiramente na análise de incorporação de procedimentos mais sustentáveis em projetos de HIS, sobre estudos que abordam critérios, procedimentos e diretrizes para incorporação da sustentabilidade nas edificações, em contraponto às diretrizes que serviram de base para o desenvolvimento do projeto que resultou no Protótipo Minha Casa Mais Sustentável. E posteriormente, na análise comparativa em relação as diretrizes investigadas pelos pesquisadores do projeto e as estratégias adotadas pela equipe de projetistas.

5.2. Critérios, Procedimentos e Diretrizes para Incorporação da Sustentabilidade nas Edificações

A interpretação da sustentabilidade na construção civil mudou ao longo dos anos. Inicialmente, o foco era em como usar recursos limitados e reduzir o impacto ambiental. Nos últimos anos, o enfoque mudou para requisitos técnicos de construção, como materiais, componentes de edifícios, tecnologias de construção e conceitos de projeto de energia. Recentemente, a compreensão de aspectos não técnicos cresceu e questões sociais e econômicas passaram a ser consideradas cruciais para a sustentabilidade nas construções (LAMBERTS et. al., 2008).

Segundo Zambrano et. al. (2008), a sustentabilidade de uma edificação é um conjunto de considerações, ou seja, não se resume somente a práticas e dispositivos técnicos agregados ao projeto. Mas dependem também de uma abordagem ampla de problemas ambientais, econômicos e sociais pertinentes, e ainda dependem de um compromisso ético ambiental e social de todos os atores envolvidos durante o desenvolvimento de um empreendimento.

Diversos procedimentos técnicos podem ser utilizados com o objetivo de incorporação da sustentabilidade nas edificações. Reichert (2017) cita entre eles a substituição das paredes de alvenaria estrutural, composta por concreto, aço e tijolos, por paredes pré-moldadas ou pré-fabricadas, que dispensa o uso de fôrmas, a utilização de estruturas metálicas, já que o aço é reciclável, e ainda, propicia a

economiza de energia, por meio de estratégias de conforto térmico e a adoção de fontes renováveis, como fotovoltaica, por fim, tem-se a reutilização de água, através da coleta de água da chuva, utilização de dispositivos economizadores e materiais eco eficientes.

De acordo com John e Prado (2010), o desenvolvimento sustentável na construção civil requer ações como a desmaterialização da economia e da construção, ou seja, construir utilizando menos recursos e materiais, e praticar a substituição das matérias-primas naturais por resíduos produzidos pela própria indústria, diminuindo o volume de material produzido e os impactos ambientais.

Entretanto, Lamberts et. al. (2008) cita, que a principal estratégia para implementação de recursos e técnicas mais sustentáveis em edificações deve ser focada na etapa de projetos, pois trata-se da fase em que se analisa o problema e propõe as melhores soluções a serem incorporadas. Entretanto, as fases de construção e operação do edifício também são importantes e não devem ser ignoradas.

Nesse contexto, pesquisas buscam desenvolver métodos e ferramentas para integrar a sustentabilidade aos projetos de arquitetura. Muitos desses métodos focam principalmente na dimensão ambiental da sustentabilidade e são baseados em listas ou matrizes de critérios a serem avaliados e ponderados para determinar o desempenho do edifício. Eles também ajudam o projetista a estabelecer prioridades entre os critérios ambientais e orientar as decisões projetuais para resolver problemas críticos no início do projeto (FONTENELLE; BASTOS, 2011).

Ainda segundo o autor, no plano internacional, há alguns sistemas de certificações mais difundidos, como a LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que é norte-americana, a BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), que é inglesa e a francesa HQE (Haute Qualité Environnementale).

Os métodos citados tratam as questões ambientais e arquitetônicas por meio de uma hierarquia de prioridades. No entanto, apesar desses instrumentos auxiliarem o arquiteto a classificar os critérios e atendê-los individualmente, eles não orientam como conciliá-los a neutralizarem os conflitos entre eles (ZAMBRANO et. al., 2008).

Dessa forma, Zambrano et. al. (2008), entende que incorporar os princípios da sustentabilidade nos projetos é processo complexo, pois além de envolver considerar todos os objetivos ambientais e, necessário também, reconhecer as interdependências entre eles. Isto porque, muitas vezes, a decisão sobre alguns aspectos do projeto pode afetar outros e prejudicar o desempenho de outras variáveis. Por isso, é importante o arquiteto saber priorizar alguns objetivos ambientais e equilibrar as decisões, para obter o nível de desempenho ideal entre todos os elementos envolvidos.

5.2.1. Avaliação de Desempenho Ambiental de Edifícios e Certificações Ambientais

O BREEAM foi o primeiro sistema de certificação ambiental lançado em 1990 na Inglaterra. Posteriormente, em 1999, a USBCG (United States Green Building Council) lança o selo de certificação LEED, que traz incentivos financeiros e econômicos para o mercado de construções verdes dos EUA. E ainda, em 2002, a França cria seu programa de certificação de construções ambientais, o HQE (MOTTA; AGUILAR, 2009).

No Brasil, segundo Motta e Aguilar (2009), em 2007 foi criado o GBCBrasil (Green Building Council Brasil), organização que busca ser referência na avaliação e certificação de construções sustentáveis no país. E ainda em 2008, é lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado no selo francês HQE.

O LEED é uma ferramenta de certificação que buscar promover a adoção de práticas de construção sustentável. Ela avalia o edifício como um todo, desde o projeto até a construção e manutenção, levando em consideração fatores como uso racional de água, eficiência energética, seleção de materiais, qualidade ambiental interna, estratégias inovadoras e questões regionais relevantes. Além disso, o LEED é aplicável a todos os tipos de edifícios em qualquer fase de seu ciclo de vida (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2022).

Já a certificação AQUA-HQE é uma certificação internacional da construção de alta qualidade ambiental aplicada no Brasil exclusivamente pela Fundação Vanzolini. O diferencial dessa certificação é que, mesmo tendo se originado de referenciais técnicos estrangeiros, suas documentações foram adaptadas,

considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e as regulamentações brasileiras, visando sempre uma melhoria contínua de seus desempenhos (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2022).

Além disso, também é utilizado no Brasil, o "Selo Casa Azul - Boas práticas para habitação mais sustentável", de iniciativa da Caixa Econômica Federal (CEF), o qual, de acordo com a ex-presidenta da Caixa Econômica Federal, Maria Fernanda Ramos Coelho, o selo busca reconhecer os projetos de empreendimentos habitacionais que apresentam contribuições para a redução dos impactos ambientais, os quais são avaliados a partir de critérios relacionados a temas como, qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (JOHN; PRADO, 2010).

Ainda de acordo com John e Prado (2010), tal iniciativa visa incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de empreendimentos habitacionais, além da redução do custo de manutenção dos edifícios e promover a conscientização de empreendedores e moradores sobre os benefícios e vantagens das construções sustentáveis.

Apesar de haver variadas ferramentas de certificação ambiental, cada uma apresenta suas determinadas particularidades. Em seguida, Severo e Sousa (2016) desenvolveram um comparativo dos pontos fracos e fortes dos principais sistemas de certificação. No entanto, o quadro comparativo foi adaptado para o estudo em questão, permanecendo as certificações LEED e AQUA-HQE, e adicionando a certificação Selo Casa Azul, o qual pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Comparativo entre pontos fracos e fortes das certificações sustentáveis.

Sistema de Certificação	Pontos Fracos	Pontos Fortes
LEED	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptado de sistemas americanos; • É exigido uma intensa documentação; • Nenhuma auditoria independente; • Difícil de avaliar a função e a forma separadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte Marketing; • Muita informação disponível; • Não há a necessidade de treinar assessores.

AQUA-HQE	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de divulgação do sistema; • Dificuldades na obtenção das informações; • Altos custos do processo; • Ainda com pouca representatividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptada para o contexto brasileiro; • Avaliação de maneira evolutiva (categorias, subcategorias e preocupações); • Equipe consultora que aplica questionário.
Selo Casa Azul	<ul style="list-style-type: none"> • É exigido uma intensa documentação; • Ainda com pouca representatividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptada para o contexto brasileiro; • Muita informação disponível.

Fonte: Adaptado de Severo e Sousa (2016).

Segundo Motta e Aguilár (2009), a sustentabilidade na construção civil, muitas vezes está sendo inserida como exigência de uma ferramenta de certificação ambiental ou verde, como o LEED ou o AQUA-HQE. No entanto, as certificações verdes têm papel relevante na mudança das práticas da construção civil e estão relacionadas com aspectos de gestão do empreendimento. Mas, planejar o cumprimento dos requisitos de uma ferramenta de certificação não garante necessariamente a sustentabilidade do edifício.

Esta situação apresenta baixa possibilidade de soluções inventivas e criativas e mostra tendência de visão do processo de incorporação da sustentabilidade como sistema fechado. Ferramentas de gestão, como sistemas formais de informação, projeto enxuto, ambientes colaborativos e sistema BIM, podem ajudar a integrar os requisitos de certificação com os demais requisitos e, assim, promover melhores resultados. A certificação possui maior influência na mudança cultural das pessoas envolvidas no processo de atendimentos de seus requisitos (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Entretanto, segundo Montes (2005), os sistemas de avaliação de edifícios demonstram um grande avanço na busca por um desenvolvimento sustentável dos empreendimentos e das cidades, uma vez que eles incentivam o estudo de sustentabilidade na construção civil, e é importante ser considerado também fatores como o contexto cultural, regional social, econômico, estética e componente funcional, além do componente ambiental.

Dessa forma, a sustentabilidade deve ser considerada desde o início do projeto de uma edificação e, para isso, Motta e Aguilár (2009) sugerem a criação de centros de pesquisa e tecnologia que promovam soluções criativas e inovadoras baseadas em assuntos multidisciplinares de diversos setores, levando em conta aspectos ambientais, sociais e econômicos. Esses centros de pesquisa organizariam os resultados obtidos, identificando as melhores práticas, trabalhando em parceria com os empreendimentos e fornecendo suporte em todas as fases. Isso estaria de acordo com a sustentabilidade como um sistema integrado e busca de inovação.

6 Estudo de Caso

6.1. Incorporação de Dispositivos e Procedimentos Mais Sustentáveis em Edificações de HIS: o Caso do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”

A busca por melhores condições e qualidade de vida implica em importantes transformações socioculturais, entre elas, tem-se a necessidade de mudar a maneira como se explora, se consome e se descarta os recursos naturais. Mudança que deve ser feita em conjunto com soluções socialmente justas e que se preocupam com a forma de exploração e apropriação de recursos naturais, contemplando a adoção de soluções de baixo impacto ambiental (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Segundo Silva e Cardoso (2016), organizadores do relatório base do protótipo que configura o estudo de caso desse trabalho, a política habitacional às HIS tem como finalidade promover condições de qualidade de vida e bem-estar para os indivíduos, para garantia de seus direitos sociais através do acesso a moradia digna, que associa padrões de habitabilidade, sustentabilidade ambiental e socioeconômica em sintonia com o cenário urbano em que se está inserido.

O déficit habitacional é um problema da atualidade brasileira e os entes públicos já vêm empreendendo esforços para lidar com isso na última década. No entanto, segundo levantamentos realizados pela Fundação João Pinheiro, com base em pesquisas censitárias de condições de vida nas cidades brasileiras, o déficit habitacional, em 2012, era de 5,43 milhões de unidades habitacionais (SILVA; CARDOSO, 2016). Além disso, a partir de pesquisas recentes, o déficit habitacional absoluto do Brasil passou de 5,66 milhões em 2016 para 5,88 milhões em 2019 (PRADO, 2021)

Diante de tal cenário, o governo implementou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), em 2009, considerado um marco na política habitacional brasileira, e tinha como objetivo, combater o déficit habitacional, por meio da ampliação do acesso a moradia às famílias de baixa renda, atendendo a população com renda familiar de até 3 salários-mínimos da época, e ainda estimular a criação de empregos e renda, e o crescimento do setor da construção civil (SILVA; CARDOSO, 2016).

Cabe informar que o livro base do Projeto denominado "Protótipo Minha Casa + Sustentável", não chegou a ser publicado, devido à mudança de gestão nos órgãos federais e municipais responsáveis pela manutenção do processo de execução do projeto e publicação do documento. Contudo, já estava pronto e com ficha catalográfica preparada, conforme Figura 2.

Figura 2 - Ficha catalográfica do Relatório "Protótipo Minha Casa Mais Sustentável".

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar

P967m	Protótipo Minha Casa + Sustentável : São Paulo / organizadores: Ricardo Siloto da Silva, Juliana Mitsuyama Cardoso. — São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2016. 202 p. ISBN - 978-85-5510-014-7 1. Habitação de interesse social. 2. Minha Casa Minha Vida. 3. Edificação Sustentável. 4. Protótipos Minha Casa + Sustentável. 5. Eficiência Energética em HIS. I. Título. CDD: 690 (20 ^a) CDU: 69
-------	--

Fonte: Relatório "Protótipo Minha Casa Mais Sustentável" (2016).

Segundo seus autores (SILVA; CARDOSO, 2016), as construtoras atuantes no PMCMV buscavam atender os padrões mínimos de qualidade dos Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (EHIS), financiados pela Caixa Econômica Federal (CEF), ou seja, sem considerar a apropriação de elementos e práticas projetuais construtivas fundamentadas em recomendações de

sustentabilidade social, econômica e ambiental. Dessa forma, a partir das mudanças ocorridas nas diretrizes e critérios das diversas versões do Programa Minha Casa Minha Vida gerou-se a intenção de aprimoramento, e buscando dar suporte técnico a essa busca, foi criada a Agenda Minha Casa Mais Sustentável.

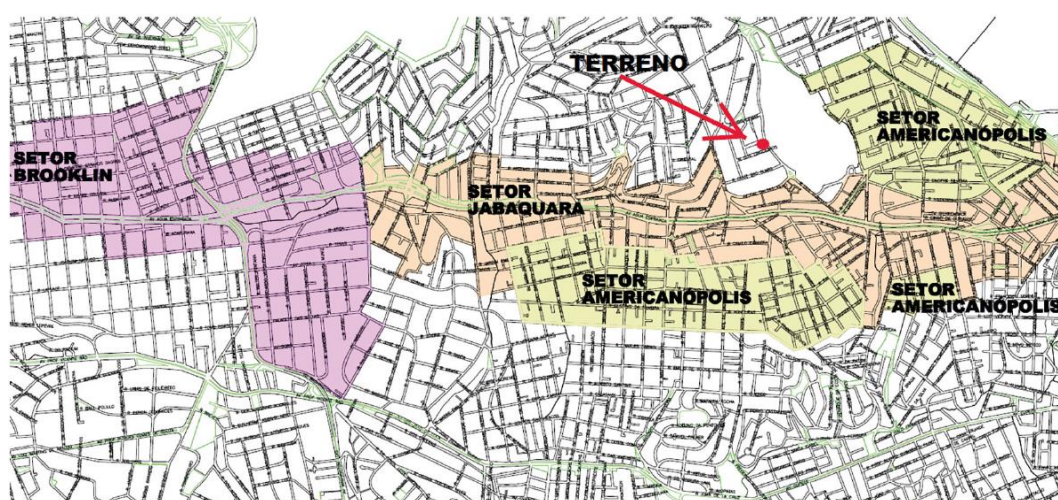
Ainda conforme Silva e Cardoso (2016), a iniciativa dos Protótipos Minha Casa + Sustentável teve como princípio a realização de um projeto real, que promovesse a busca por reflexões, estudos e soluções técnicas para revisar as normas e especificações do Programa Minha Casa Minha Vida. Esperava-se agregar maior qualidade na habitação e em sua relação com o meio urbano, garantindo parâmetros de qualidade em relação a inserção social e urbana, aos projetos, às especificações construtivas e ao processo de execução.

O estudo de caso do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável São Paulo, foi o terceiro projeto realizado, subsequente aos desenvolvidos nos municípios do Rio de Janeiro (RJ) e Lauro de Freitas (BA) (SILVA; CARDOSO, 2016). O projeto foi desenvolvido a partir da parceria entre poderes públicos, federal e municipal, em conjunto com as universidades e os institutos de pesquisa, ou seja, entre a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades (SNH/MCidades) e instituições de pesquisa, como a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no caso do protótipo da cidade de São Paulo (SP).

6.1.1. Síntese das Diretrizes Presentes no Relatório “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”

Segundo o Relatório “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”, desenvolvido em 2016, o projeto seria construído em um terreno da Prefeitura Municipal de São Paulo, localizado na Subprefeitura do Jabaquara, no distrito do Jabaquara, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Localização do terreno do “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”.



Fonte: Silva; Cardoso (2016).

É válido ressaltar que o projeto foi pensado para se adequar às políticas urbanas e sociais inclusivas, uma vez que há a inserção urbana do empreendimento em área de significativa oferta de oportunidades, usos diversificados e ainda apresenta condições de mobilidade por transporte público (SILVA; CARDOSO, 2016).

Além disso, o protótipo Minha Mais Sustentável, apresenta a preocupação sustentável com sua inserção no meio, a partir do estudo de práticas e técnicas construtivas mais sustentáveis que foram consideradas durante o desenvolvimento do projeto.

De acordo com Reichert (2017), a construção sustentável deve abranger todas as fases de vida do empreendimento, iniciando pela sua concepção, vida útil e sua demolição e desmantelamento, ou seja, abrange também os procedimentos e

diretrizes adotados em suas etapas construtivas durante o desenvolvimento da edificação, como por exemplo, em sua fundação, sistemas estruturais, gestão e uso da água, conforto ambiental e até no planejamento de canteiro em fase de obra.

Uma das maneiras de reduzir os impactos ambientais da construção civil é na fase inicial de concepção do projeto, uma vez que, segundo Gonçalves e Duarte (2006), a sustentabilidade de um projeto arquitetônico começa no estudo e no entendimento do contexto em que o empreendimento se insere e nas tomadas de decisões iniciais do projeto, em relação aos instrumentos e intervenções adotadas.

O processo projetual do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável, contou com a análise integrada de diversas áreas do empreendimento, como arquitetura, urbanismo, geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental, eficiência energética e plano de obras, guiadas por diretrizes sustentáveis através do estudo realizado em parceria com pesquisadores de instituições de ensino (SILVA; CARDOSO, 2016).

Ademais, serão analisadas as diferentes áreas do conhecimento que contribuíram na concepção do projeto do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável São Paulo”. Os integrantes da multidisciplinaridade integrada ao projeto são docentes vinculados ao Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. Nesse processo de embasamento para a concepção do projeto, houve a confluência de saberes de diferentes áreas, buscando contribuir com a adoção de estratégias e soluções construtivas mais sustentáveis, de acordo com diretrizes técnicas e normativas.

É válido ressaltar que, de acordo com Silva e Cardoso (2016), os potenciais de sustentabilidade do projeto estão focados na implantação dos blocos, no trato das águas pluviais, no consumo de água tratada, no conforto e eficiência energética da edificação e na escolha de sistema construtivo, de materiais e de componentes. Além disso, a proposta inclui a análise do plano de obras através da racionalização do canteiro e implementação de uma política de proteção e segurança da mão de obra empregada no processo de construção da obra.

Os professores e suas respectivas áreas de estudo que contribuíram para o projeto estão relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Atividades/Temas de Estudo e Responsáveis.

Área de estudo	Autoria
Coordenação Geral do Projeto na UFSCar	Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
Política Habitacional: avanços e desafios	Prof. ^a Dr. ^a Carolina Pozzi de Castro
Geotecnia	Prof. Dr. Fernando Henrique Martins Portelinha
Sistemas construtivos e estruturais	Prof. Dr. Marcelo de Araújo Ferreira
Gestão da água	Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Prof. Dr. Douglas Barreto
Conforto ambiental	Prof. Dr. Erico Masiero
Plano de obra	Prof. ^a Dr. ^a Sheyla Mara Baptista Serra

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Cabe observar ainda que o projeto também contou com a participação de colaboradores externos para os estudos de eficiência energética, realizado pela empresa Mitsidi Projetos e Serviços, de proteção contra incêndio, realizado pela empresa CZN Engenharia, e outros profissionais responsáveis pelo projeto arquitetônico e pelo estudo socio territorial.

Os colabores externos e suas respectivas áreas de contribuição para o projeto estão relacionados no Quadro 3.

Quadro 3 – Atividades e Colaboradores externos.

Área de estudo	Autoria
Projeto arquitetônico	Mario Luís Attab Braga Ana Carolina Godoy Artuzo Laís Candiotto Medeiros Priscila Fernandes da Silva
Proteção contra incêndio	CZN Engenharia Ltda
Socio territorial	Israel Pacheco Júnior Sandro Barbosa de Oliveira
Eficiência energética	Mitsidi Projetos e Serviços Ltda

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Contudo, o trabalho será focado na contribuição dos pesquisadores referentes aos estudos das áreas de geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental e plano de obra, os quais serão abordados, sinteticamente, a seguir.

6.1.1.1. Geotecnia

O estudo preliminar referente a área de geotecnia do “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”, foi realizado pelo pesquisador Prof. Dr. Fernando Henrique Martins Portelinha, e que pode ser encontrado no Relatório “Protótipo Minha Casa + Sustentável São Paulo”. Primeiramente, ocorreu uma avaliação ambiental do terreno de implantação, com o objetivo de se obter os melhores procedimentos sustentáveis a serem adotados.

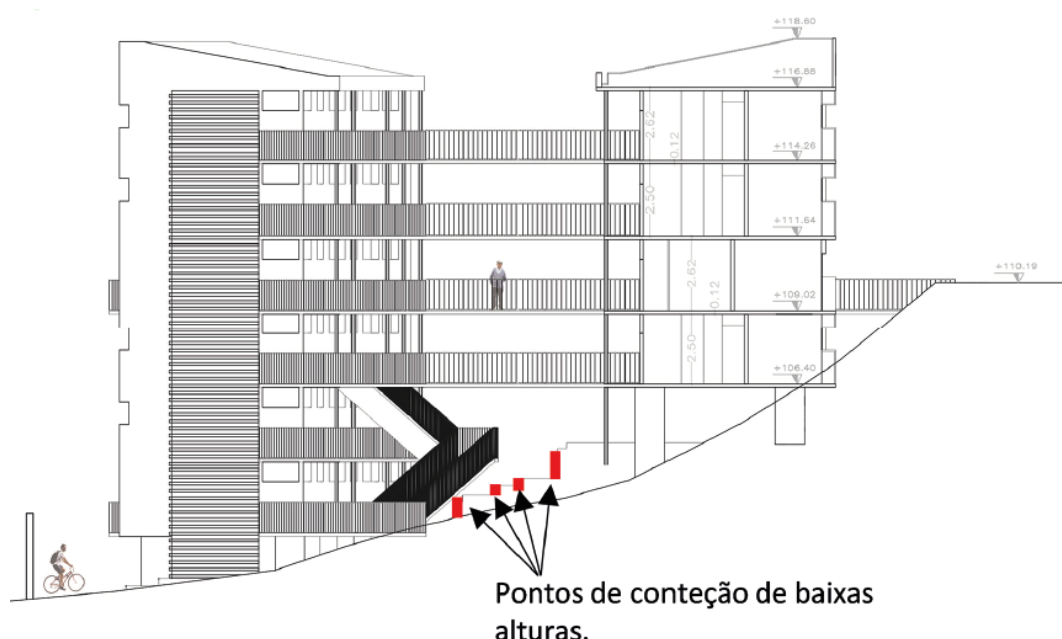
Segundo Jefferis (2005), as obras geotécnicas podem ser responsáveis por grande movimentação de terra, o que demanda elevado consumo de energia e uso considerável de material natural e materiais sintéticos.

Dessa forma, frente a esse cenário, Portelinha (2016), optou por adotar uma solução que exigisse o mínimo de movimentação de terra e retirada de vegetação local. Sendo assim, a partir do estudo preliminar do empreendimento foi sugerida a

utilização de uma superestrutura sobre pilotis, uma vez que, com isso seria preservada grande parte da topografia original do terreno.

Além disso, observou-se a necessidade de contenção em algumas partes do talude (Figura 4), e considerando aspectos de desempenho, custo e sustentabilidade, foi recomendado o uso de soluções que promovam o reuso de resíduos ou reaproveitamento estrutural, ou seja, evitando soluções com desperdício de concreto e aço (SILVA; CARDOSO, 2016).

Figura 4 – Exemplos de pontos que necessitarão de contenções para baixas alturas.



Fonte: Silva; Cardoso (2016).

Sendo assim, de acordo com Portelinha (2016), a utilização de uma estrutura pré-moldada seria a opção mais sustentável para elementos de contenção. Foi sugerido o uso da técnica pré-moldada “*lock and load*”, com contrafortes e placas de faceamento pré-fabricados, a qual proporciona facilidade na execução e a possibilidade de utilização de resíduos da construção reciclados granulares, como material de reaterro em regiões mais próximas dos elementos pré-moldados, eliminando a necessidade de fôrmas e reduzindo o uso de aço e concreto.

6.1.1.2. Sistemas Construtivos e Estruturais

O Relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” apresenta o estudo preliminar dos sistemas construtivos e estruturais realizado pelo pesquisador Prof. Dr. Marcelo Ferreira, o qual busca analisar os aspectos técnicos do sistema estrutural mais adequado para o empreendimento, de modo a atender os requisitos e critérios de desempenho definidos pelo conjunto de normas de desempenho para edificações habitacionais (NBR 15575/2013).

Segundo Spadeto (2011), a construção pré-fabricada proporciona processos de produção mais eficientes e racionais, devido a implementação de sistemas automatizados, que apresentam um controle de produção mais rigoroso no processo de montagem no canteiro. Esse sistema construtivo apresenta índices de desperdícios próximos de zero, uma vez que dispensam o uso de cimbramentos e as formas utilizadas são geralmente feitas em aço, podendo ser reutilizadas várias vezes, diminuindo a produção de resíduos.

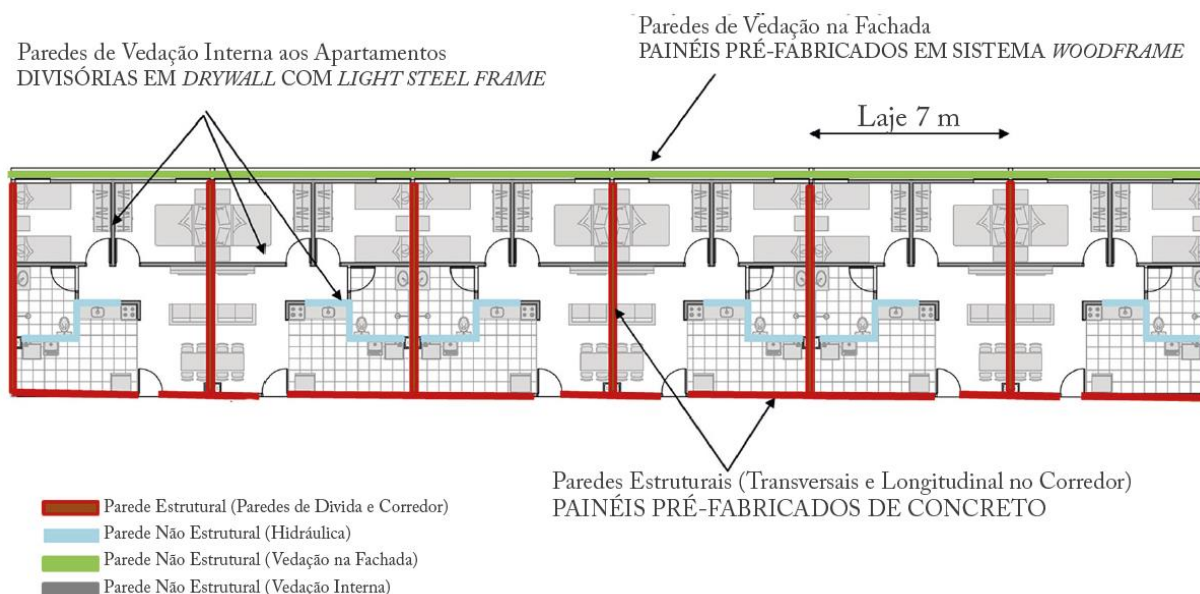
Além disso, a produção de concreto pré-fabricado pode resultar em uma economia de até 45% de materiais em comparação com o concreto convencional, além de uma redução de até 30% no consumo de energia e de até 40% nos resíduos gerados por demolição. Em alguns casos, o lixo gerado pela produção de concreto pode ser reciclado pelas fábricas, tanto o concreto endurecido quanto o fresco, visando a criação de um sistema de produção fechado, onde todos os materiais são reutilizados (SPADETO, 2011).

No caso do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”, o autor propõe o emprego de processos híbridos de produção, combinando processos pré-fabricados com processos racionalizados dentro do canteiro, como o uso paredes de vedação externa na fachada integradas por painéis pré-fabricados leves com sistemas *wood frame* e paredes divisórias internas dos apartamentos sem função estrutural com sistema *drywall* com placas compostas de *OSB (Oriented Strand Board)* e gesso acartonado estruturados com perfis em *light steel frame*, como pode-se observar na Figura 5, que apresenta o sistema construtivo industrializado misto (SILVA; CARDOSO, 2016).

Em termos de sustentabilidade no setor da construção, os sistemas de vedação com painéis pré-fabricados que utilizam placas compostas e estruturas em *light wood frame* são produzidos a partir de madeira proveniente de florestas plantadas, que é secada e tratada com preservantes químicos para garantir sua

durabilidade por mais de 50 anos. Isso permite uma maior qualidade e precisão na utilização de materiais, resultando em uma redução de até 85% na geração de resíduos e de 90% no uso de recursos hídricos (SILVA; CARDOSO, 2016).

Figura 5 - Sistema construtivo industrializado misto.



Fonte: Silva; Cardoso (2016).

Segundo Ferreira (2016), para maximizar a eficiência das paredes estruturais, foi estabelecido como critério de projeto que as paredes internas com função estrutural seriam utilizadas apenas nas divisões entre os apartamentos, nas caixas de escadas e nas divisas entre os apartamentos com as áreas comuns.

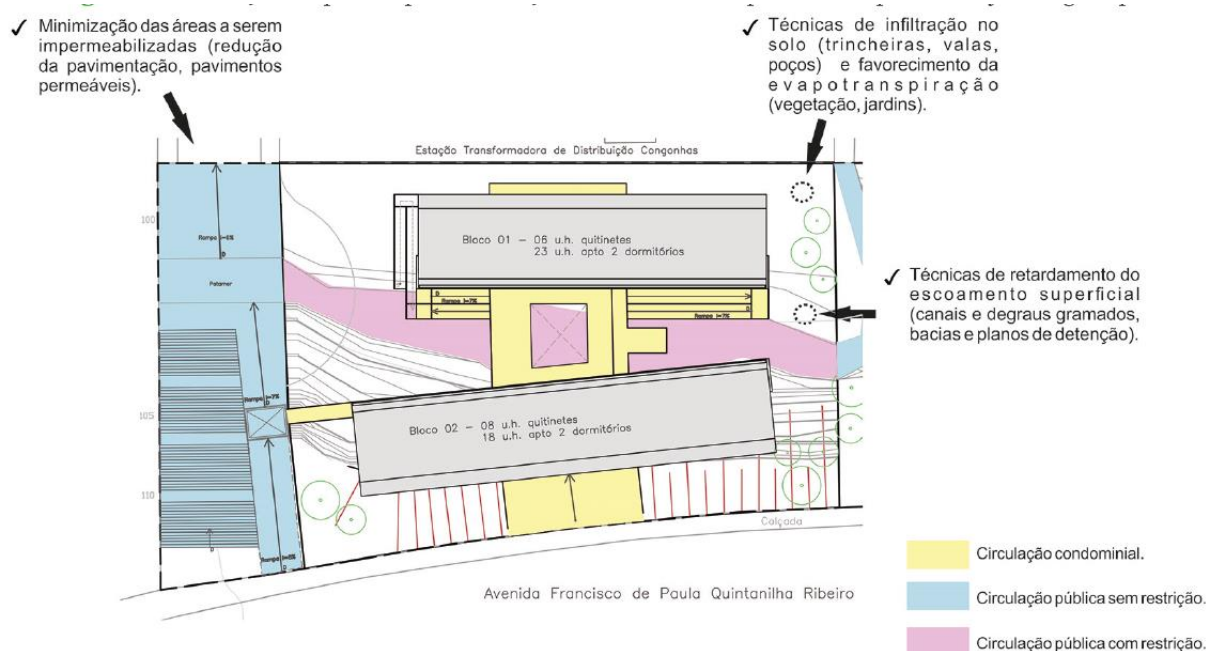
6.1.1.3. Gestão da Água

O estudo referente a gestão da água do “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” foi desenvolvido pelos pesquisadores Prof. Dr. Douglas Barreto e Prof. Dr. Bernardo Teixeira, e contemplam soluções e estratégias mais sustentáveis adotadas na gestão e abastecimento de água do empreendimento.

Segundo os autores, a sustentabilidade hídrica na construção civil se relaciona com a adoção de processos que reduzam a relação da demanda com a disponibilidade da água, mas sem deixar de atender a qualidade de vida da população usuária.

É ressaltado também, que a sustentabilidade hídrica nos espaços construídos destinados a moradias pode ser garantida por diversas ações, como a adoção de soluções não-hídricas ou secas, a redução do consumo da água, implantação de sistemas de reaproveitamento de água, captação de água de fontes alternativas, redução dos picos de vazão e volumes de escoamento superficial e entre outras técnicas compensatórias para manejo de águas pluviais que podem ser observadas na Figura 6. No entanto, a busca pela sustentabilidade se encontra também nas ações de orientação e conscientização dos usuários da edificação, garantindo o uso adequado das soluções tecnológicas adotadas (SILVA; CARDOSO, 2016).

Figura 6 - Indicação de pontos para instalação de técnicas compensatórias para manejo de águas pluviais.



Fonte: Silva; Cardoso (2016).

Entre as práticas sustentáveis adotadas no desenvolvimento projetual do Protótipo, pode-se citar a utilização de aparelhos e dispositivos economizadores, como por exemplo, uma bacia sanitária com dispositivo de descarga *dual flush* com descargas de 3,0 e 6,0 litros, em comparação com a descarga convencional que possui um consumo médio de 6,8 litros por acionamento, sem distinção entre dejetos líquidos e sólidos. A partir do uso desses aparelhos, estima-se uma redução de 15% no consumo per capita da edificação (SILVA; CARDOSO, 2016).

Segundo Lombardi (2012), outros dispositivos economizadores de água podem ser utilizados em aparelhos, como nas torneiras, que são utilizadas em diversos locais da edificação. Pode-se diminuir o consumo de água das torneiras por meio de arejadores, que são instalados na saída da bica diminuindo a área de saída de água e reduzindo o consumo em até 50%, e por pulverizadores, que dividem a saída de água em diversos jatos, diminuindo a vazão e reduzindo o consumo em até 70%.

Além disso, outras medidas citadas no Relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável São Paulo”, estão a adoção da medição individualizada das unidades habitacionais, que garante o pagamento somente daquilo que foi consumido, e ainda o uso de chuveiros elétricos, uma vez que apresentam vazão entre 3,0 e 5,2 litros/min (INMETRO, 2016), sendo inferior em comparação com a utilização de duchas que apresentam vazão a partir de 6 litros/min. No entanto, pode-se optar também pelo uso de duchas utilizadas em conjunto com restritores e reguladores de vazão (SILVA; CARDOSO, 2016).

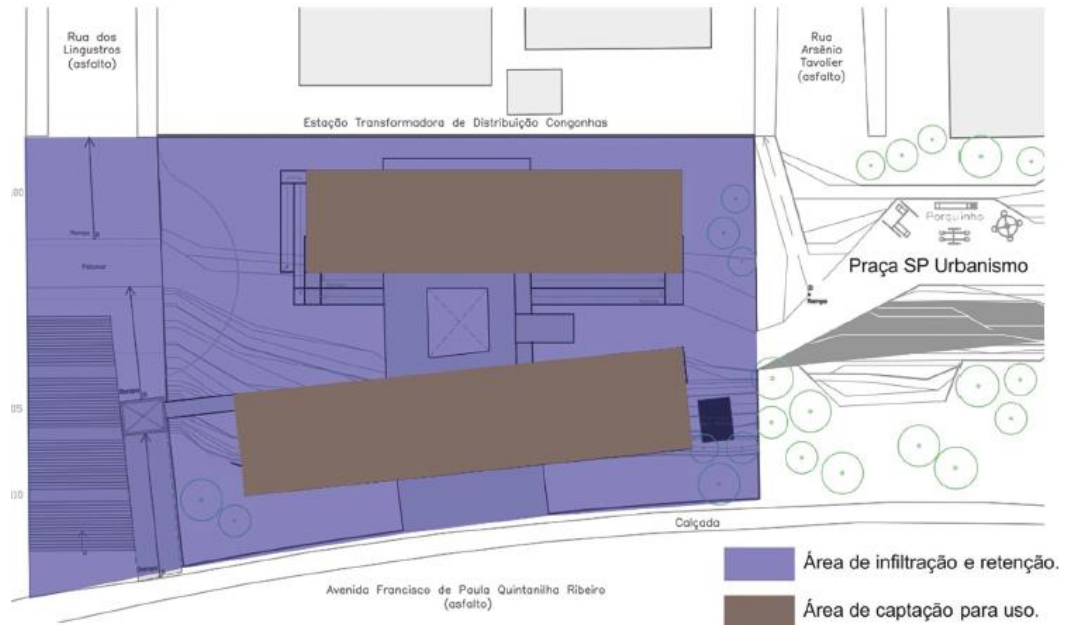
Em relação aos sistemas de esgotamento sanitário domiciliares, Teixeira (2016) associa o favorecimento da sustentabilidade ao conjunto de quatro ações principais, sendo elas a redução nas quantidades de esgoto geradas, o encaminhamento dos esgotos para destinações locais, o aproveitamento da água já utilizada para novos usos, ou seja, o reuso do esgoto, e a economia de energia e de outros recursos naturais, a partir da adoção de materiais menos impactantes.

De acordo com Gonçalves (2006), o setor residencial é responsável por mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas, e que em uma residência, em média, 40% da água consumida é destinada a usos não potáveis. Sendo assim, o aproveitamento de águas pluviais e a reutilização de águas cinzas para usos não potáveis são medidas importantes para a sustentabilidade hídrica de uma edificação.

Dessa forma, em relação ao manejo de águas pluviais, procurou-se minimizar a implantação de áreas impermeabilizadas e garantir o escoamento da água para superfícies vegetadas, a fim de reduzir os volumes de escoamento superficial e os picos de vazão, e assim aumentar a infiltração da água no solo, como pode-se observar na Figura 7. Além de que o desenho das coberturas das edificações proporciona o recolhimento das águas pluviais por meio de calhas e condutores

verticais, que são encaminhadas a reservatórios e reutilizadas para em diferentes atividades do empreendimento.

Figura 7 - Indicação das áreas correspondentes às diferentes destinações das águas pluviais.



Fonte: Silva; Cardoso (2016).

6.1.1.4. Conforto Ambiental

O pesquisador Prof. Dr. Erico Masiero foi o responsável por realizar o estudo das premissas referentes ao conforto ambiental da edificação a serem adotadas no processo de concepção projetual do projeto em análise. Segundo o autor, o estudo foi baseado em alternativas construtivas que buscavam oferecer o desempenho compatível com os requisitos termoacústicos das normas, com a redução do trabalho no canteiro de obras, e com a possível redução de desperdícios.

Segundo Schmid (2005), a sensação de conforto e desconforto está relacionada com as sensações táteis, sonoras, olfativas ou térmicas que um ambiente promove em alguém, desencadeando prazer ou repulsa. Dessa forma, o conforto ambiental de uma edificação busca analisar um conjunto de variáveis responsáveis por promover o bem-estar dos indivíduos ali presentes.

No entanto, de acordo com Silva e Cardoso (2016), a concepção de projetos de empreendimentos habitacionais de interesse social raramente leva em conta fatores climáticos e princípios físicos relacionados às condições de conforto ambiental. Apesar de haver uma ligação evidente entre a qualidade do ambiente

interno e externo, uma vez que os espaços externos desempenham um papel fundamental tanto no incentivo ao convívio entre os moradores quanto na diminuição dos custos de energia elétrica do ambiente interno.

Paes (2016) argumenta que a qualidade ambiental é um elemento fundamental da sustentabilidade das edificações e está relacionada com todas as suas dimensões. As escolhas de projeto, sejam elas objetivas ou subjetivas no contexto da construção, têm consequências que afetam diretamente o desempenho da edificação em termos de energia, meio ambiente, aspectos socioculturais e econômicos da sustentabilidade. A edificação deve incluir requisitos, valores e diretrizes de sustentabilidade em todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até a demolição.

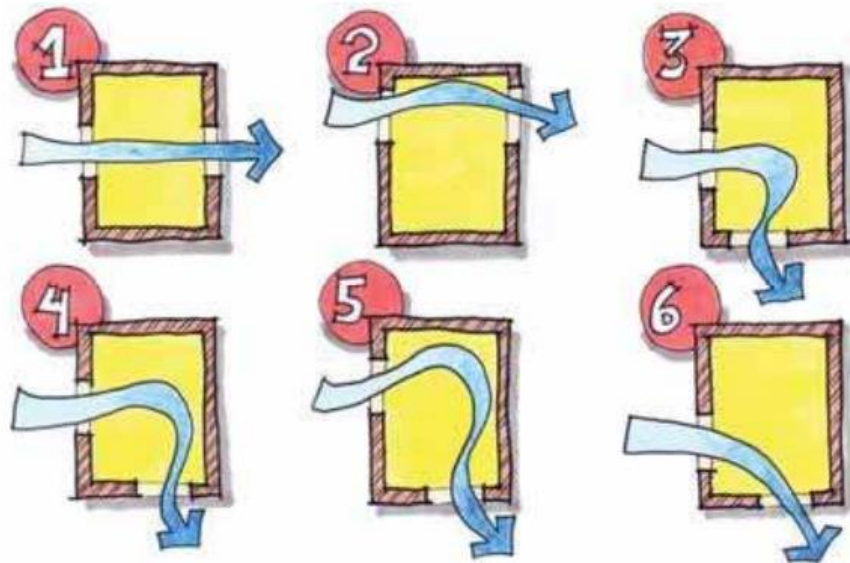
A partir do estudo da carta bioclimática da cidade de São Paulo, a Norma NBR 15220/2005 recomenda a aplicação de estratégias de projetos que aumentam a ventilação cruzada, desumidificação dos ambientes internos, o aumento de massa térmica nas paredes e o uso de cores claras nas fachadas para o verão, e já para o inverno na região com temperaturas amenas, sugere-se estratégias como o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas nas paredes.

Apesar de o conceito de conforto ambiental ser bastante amplo e abranger diferentes aspectos, Lamberts et. al. (2014) delimita a discussão em dois termos: o conforto térmico e o conforto visual, que serão o foco do trabalho.

É possível afirmar que um ser humano está em conforto térmico, quando o balanço de suas trocas de calor for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites. Para realizar uma avaliação de conforto térmico é necessário ter conhecimento de algumas variáveis, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, além de tipo de atividade física exercida no ambiente e vestimenta dos usuários (LAMBERTS, 2014).

Lamberts (2014) estuda algumas estratégias de conforto ambiental que podem ser aplicadas em uma edificação habitacional, como por exemplo a ventilação cruzada que é considerada uma das técnicas mais eficientes de ventilação de um ambiente, exigindo apenas duas aberturas em paredes distintas e o conhecimento sobre a direção dos ventos na região. Com isso é possível criar várias configurações da disposição das esquadrias, promovendo maior ou menor eficiência da ventilação no ambiente, conforme observado na Figura 8.

Figura 8 – Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias.



Fonte: Lamberts et. al. (2014).

Em relação ao conforto visual, Lamberts (2014) o define como um conjunto de condições de um ambiente, em que os usuários possam desenvolver suas atividades visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, e para avaliação visual do ambiente são considerados nível de iluminação, contraste, ofuscamento, escala e vetor iluminação.

Dessa forma, a elaboração de diretrizes de projeto para promover o conforto ambiental devem considerar as condições de conforto para o ambiente interno e externo, ou seja, é preciso analisar as condicionantes climáticas, a geometria da edificação, a orientação das fachadas, os recuos, a vegetação, o sombreamento, a iluminação e a ventilação (SILVA; CARDOSO, 2016). Desse modo busca-se adotar estratégias construtivas mais adequadas, pensando em aspectos de qualidade, economia e sustentabilidade.

6.1.1.5. Planejamento de Obra

O Relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” também apresenta o estudo de planejamento da fase de obras realizado pela pesquisadora Prof.^a Dr.^a Sheyla Mara Baptista Serra.

Para que seja possível executar todas as práticas sustentáveis discutidas na fase projetual do empreendimento é necessário que sua execução também esteja alinhada com objetivos sustentáveis. Segundo Viggiano (2010), a adoção de medidas adequadas na fase de obras pode reduzir impactos e, nesse sentido, o autor relaciona um conjunto de ações mais sustentáveis a serem aplicadas nos canteiros de obras, que são esquematizadas na Figura 9, tais como:

- Redução das perdas de materiais por manuseio inadequado;
- Redução do impacto direto na paisagem original;
- Minimização do uso de água e energia;
- Melhoria da relação da obra com a vizinhança e a comunidade;
- Tratamento adequado dos resíduos;
- Redução das emissões de CO₂ com transporte de insumos e produtos, e com o consumo de energia.



Fonte: Viggiano (2010).

É válido ressaltar que no caso do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável” as condições locais se encontravam topograficamente menos favoráveis, considerando o desnível do terreno em que o empreendimento seria implantado, em relação ao exemplo mostrado pelo Figura 9, ou seja, poderia haver maior dificuldades na implantação das práticas mais sustentáveis propostas.

Além disso, destaca-se o tópico da geração de resíduos na construção civil, uma vez que a indústria da construção civil é uma das principais geradoras de resíduos durante sua etapa construtiva e de demolição (SOUZA, 2004).

Nesse contexto, para Zanutto et al. (2010), a implantação de uma gestão eficiente dos materiais físicos no canteiro de obras é crucial para o uso racional dos recursos e redução da produção de resíduos. Medidas como a coleta seletiva de resíduos gerados (entulhos, madeira, latas etc.), o armazenamento adequado visando sua reciclagem ou reutilização e a disposição final adequada são fundamentais para alcançar uma construção sustentável.

Atualmente, os Selos de Certificação Ambiental têm sido utilizados com a finalidade de estabelecer diretrizes para aumentar a sustentabilidade desde o início da etapa de construção. Como por exemplo, o selo LEED que conta com diversas avaliações relacionadas ao canteiro de obras, tais como “Energia e atmosfera” e “Qualidade ambiental interna”, também pode-se citar a certificação AQUA, a qual possui um item específico para avaliação do canteiro de obras (SILVA; CARDOSO, 2016).

O projeto “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” não avançou da sua fase de Estudo Preliminar do desenvolvimento projetual arquitetônico, ou seja, não teve a fase de projetos concluída, portanto, não foi executada. No entanto, o estudo de incorporação de técnicas e medidas mais sustentáveis, no canteiro de obras, terá que ser considerado a partir dos elementos obtidos na fase de discussão das diretrizes norteadoras do projeto, bem como da fase de concepção e desenvolvimento projetual.

6.1.1.6. Eficiência Energética

O estudo da eficiência energética do projeto “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” não foi designado para nenhum pesquisador docente do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, como nas demais áreas discutidas. A análise e o projeto foram desenvolvidos pela empresa Mitsidi Projetos, mais especificamente pelos profissionais responsáveis Arthur Henrique Cursino dos Santos, Bráullio Nunes de Souza e Henrique Moreno Dumont Goulart, ex-aluno do curso de engenharia civil da UFSCar, que trabalhava como estagiário na Mitsidi e participou do desenvolvimento do projeto.

No âmbito da sustentabilidade, os autores a relacionam diretamente com a redução do consumo energético na edificação, uma vez que o declínio do uso de energia elétrica favorece para a diminuição dos gases de efeito estufa.

De acordo com Lamberts et. al. (2014) a eficiência energética na construção civil está relacionada com a capacidade da edificação em proporcionar conforto térmico, visual e acústico aos seus usuários, com o menor consumo de energia. E isso pode ser atingido através do uso de estratégias e práticas construtivas mais sustentáveis e pelo uso adequado do ambiente.

No livro “Eficiência Energética na Arquitetura”, os autores relacionam a diminuição do consumo de energia com algumas técnicas de aquecimento, refrigeração e iluminação, são elas (LAMBERTS et. al., 2014):

i. O uso da cor:

De acordo com princípios físicos o uso de cores escuras pode acarretar ganhos de calor, uma vez que absorvem maior quantidade de radiação. Já as cores claras possuem a capacidade de refletir a radiação solar, reduzindo a absorção de calor.

ii. O sistema de abertura:

O sistema de aberturas é muito utilizado na arquitetura de maneira cruzada para proporcionar conforto aos usuários, já que influencia na circulação de ar, na iluminação natural e no contato visual com o exterior.

iii. O uso da vegetação como sombreamento:

O uso de brises para sombreamento das aberturas pode não ser totalmente efetivo em alguns momentos do dia em que não é possível fornecer uma proteção solar sem interferir na iluminação natural. Com isso, é sugerido o uso da vegetação próxima as aberturas para diminuir a incidência solar sem bloquear a luz natural.

iv. Uso racional da iluminação:

O uso de sistemas de iluminação zenital pode proporcionar uma grande economia de energia na edificação, uma vez que pode iluminar locais sem paredes externas e que exigiriam iluminação artificial, a qual é responsável por uma boa parte dos gastos em energia de uma construção.

v. Aquecimento de água:

Já que uma grande parcela de energia elétrica é utilizada para o aquecimento da água de uso residencial, é interesse prever em projeto instalações de sistemas de

aquecimento a gás ou solar, por serem mais econômicos, diminuirão o consumo de energia total e proporcionarem conforto aos usuários.

7 Análise dos Resultados

Na revisão bibliográfica, foi feita a compilação de técnicas, procedimentos e métodos construtivos mais comprometidos com a perspectiva da sustentabilidade, em relação às áreas de geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental, planejamento de obra e eficiência energética aplicadas a HIS.

A partir da compilação de critérios, procedimentos e diretrizes obtidas nessa revisão, foi possível compor uma análise comparativa em dois níveis. O primeiro, em relação a revisão bibliográfica e as diretrizes norteadoras decorrentes da contribuição de um conjunto de pesquisadores participantes do Projeto Protótipo Minha Casa Mais Sustentável. O segundo, em relação às propostas dos pesquisadores e a incorporação dessas soluções construtivas mais sustentáveis no projeto arquitetônico do Protótipo MCMS.

7.1. Análise das Diretrizes Propostas pelos Pesquisadores em Relação à Revisão Bibliográfica

7.1.1. Geotecnia

Em relação a aplicação de técnicas e soluções construtivas mais sustentáveis no âmbito das fundações, verificou-se a proposta de adotar um sistema de fundação que proporcionasse a mínima movimentação de terra e alteração do terreno original, uma vez que esse processo demanda um elevado consumo de energia e materiais.

Nesse sentido, foi proposto a utilização de uma superestrutura sobre pilotis, minimizando o movimento de terra e contenções. A partir da não intervenção na topografia original do terreno, sugere-se que os blocos de fundação sejam apoiados na própria face do talude, em alguns pontos.

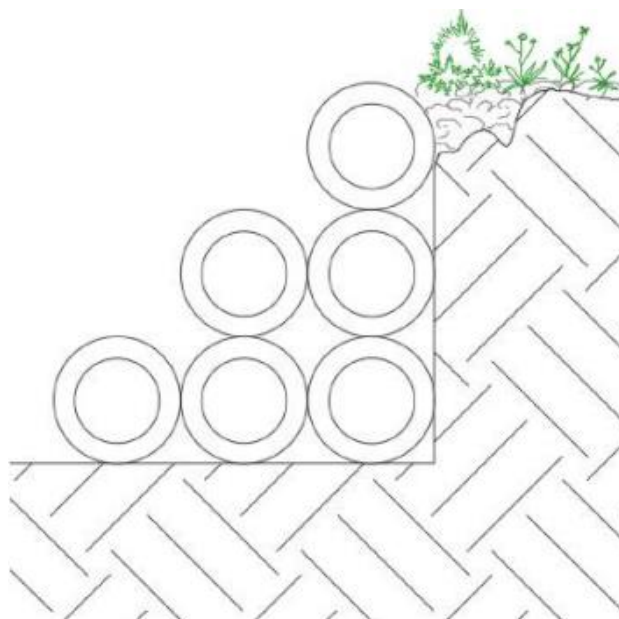
Além disso, outra proposta é a utilização de estrutura pré-moldadas e adoção de soluções que promovam o reuso de resíduos como material de reaterro em regiões mais próximas dos elementos pré-moldados, eliminando a necessidade de fôrmas e reduzindo o uso de aço e concreto.

Dentro das técnicas construtivas presentes na época, Portelinha (2016) sugeriu a adoção da solução pré-moldada “*lock and load*”, com contrafortes e placas de faceamento em pré-fabricados. Essa técnica apresenta fácil execução e ainda permite o uso de resíduos de construção reciclados granulares como material de reaterro, resultando em patamares permeáveis que poderão ser aproveitados como áreas coletivas condominiais (SILVA; CARDOSO, 2016).

Apesar da proposta estar alinhada com a perspectiva da sustentabilidade, Cardoso (2022) apresenta outra alternativa sustentável: o reaproveitamento de resíduos da construção para estruturas de contenção a partir do reuso de estacas pré-moldadas, que após a devida análise de viabilidade e estudo, poderia ser mais uma técnica sustentável aplicada ao estudo de caso.

De acordo com Cardoso (2022), a técnica consiste na utilização de sobras de estacas pré-moldadas como contenção, que são previamente selecionadas e devem passar por um tratamento para garantir funções estéticas e de segurança, uma vez que foram cortadas sem cautela e podem apresentar imperfeições como desníveis e armadura exposta. Após a manutenção, a contenção seria formada pela sobreposição dos elementos que se manteriam estáticos por ação da gravidade, apresentando a configuração exposta na Figura 10.

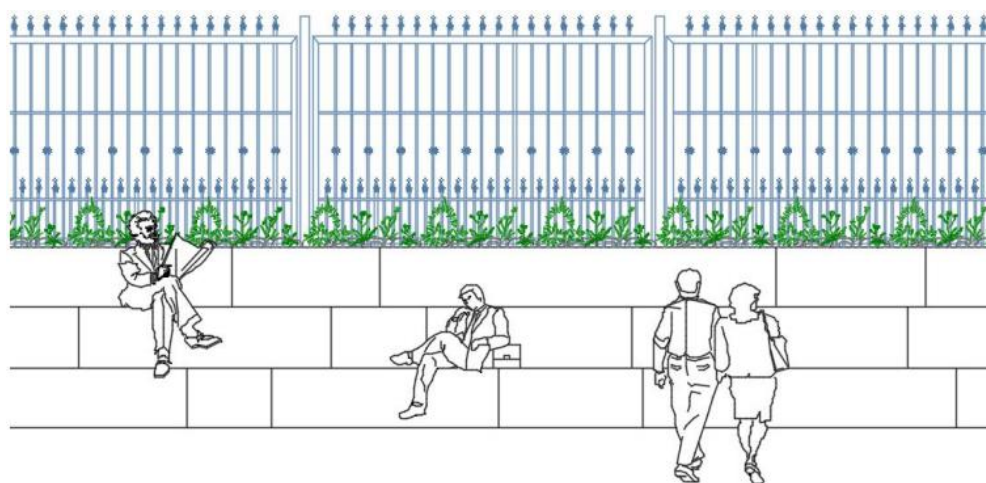
Figura 10 – Proposta de disposição das estacas.



Fonte: Cardoso (2022).

Nesse contexto, é válido ressaltar que a proposta inicial de Cardoso (2022) é de usar a contenção como arquibancada, promovendo um espaço de lazer e descanso para os usuários da edificação (Figura 11), o que também poderia ser aplicado no Protótipo Minha Casa Mais Sustentável, uma vez que é proposto pelo Protótipo a existência de áreas externas coletivas que promovam o incentivo ao convívio e interação entre os moradores.

Figura 11 – Proposta de reutilização das estacas como contenção formando uma arquibancada.



Fonte: Cardoso (2022).

Dessa forma, nota-se que há estratégias geotécnicas mais sustentáveis nas diretrizes propostas pelos pesquisadores do Protótipo Minha Casa Mais Sustentável, que estão alinhadas com conceitos de diminuição do consumo de energia e material, redução da produção de resíduos e reuso de materiais. No entanto, na revisão bibliográfica foram identificadas técnicas geotécnicas sustentáveis recentes que também poderiam ser aplicadas ao estudo de caso em conjunto com as técnicas propostas.

7.1.2. Sistemas Construtivos e Estruturais

No âmbito das práticas construtivas mais sustentáveis para os sistemas construtivos e estruturais, Ferreira (2016) busca soluções para otimizar o desempenho potencial das técnicas construtivas aplicadas a HIS e propõe o emprego de sistemas construtivos mistos, através da combinação de diferentes

técnicas e materiais, como processos pré-fabricados e processos racionalizados dentro do canteiro.

Nesse contexto, foi proposto o uso de paredes de vedação externa na fachada integradas por painéis pré-fabricados leves com sistemas wood frame e paredes divisórias internas dos apartamentos sem função estrutural com sistema drywall com placas compostas de OSB (Oriented Strand Board) e gesso acartonado estruturados com perfis em light steel frame. Além da adoção de um sistema de lajes capaz de vencer o vão entre as paredes de divisas do apartamento e de suportar paredes internas de divisórias leves, por meio de pré-lajes pré-moldadas de concreto ou de lajes alveolares protendidas com capa estrutural.

De acordo com Spadeto (2011), a construção pré-fabricada proporciona processos de produção mais eficientes e racionais, devido a implementação de sistemas automatizados, que apresentam um controle de produção mais rigoroso no processo de montagem no canteiro e índices de desperdícios mais próximos de zero.

No contexto da industrialização da construção civil destaca-se o sistema construtivo Light Steel Frame, o qual consiste na utilização de aço galvanizado como principal elemento estrutural, como perfis de aço formados a frio, para criar elementos de baixo peso, e ainda se destaca o uso de materiais “secos” como as placas de vedação e as lãs de rocha ou de vidro para isolamento térmico (GOMES et. al., 2013).

Segundo Gomes et. al. (2013), o uso do sistema de Light Steel Frame traz algumas vantagens como a redução dos prazos de construção e dos custos em relação ao método convencional, alívio das cargas nas fundações, devido ao baixo peso das estruturas e facilidade de manutenção das instalações prediais, como hidráulica, elétrica, ar-condicionado e gás. Além disso, o aço é considerado o material mais reciclado do mundo e pode ser reaproveitado inúmeras vezes, contribuindo para a sustentabilidade da edificação.

No entanto, de acordo com Gomes et. al. (2013), a fabricação de aço no Brasil consome cerca de vinte e cinco milhões de toneladas de ferro gusa, o que gera cerca de oito milhões de toneladas de escória, que em grande parte são reaproveitadas na fabricação de cimento Portland, mas o excesso é descartado em aterro, poluindo o meio ambiente.

Buscando reduzir o acúmulo desse material em aterros, são desenvolvidos novos produtos à base de escória de alto forno, tais como elementos construtivos em fibrocimento alternativo, sem amianto, para produção de placas e telhas onduladas, que podem ser utilizadas em moradias populares no Brasil, podendo se tornar uma técnica econômica viável de ser implementada no Brasil (GOMES et. al., 2013).

Dessa forma, as estratégias adotadas pelo projeto para os sistemas construtivos e estruturais, dentre elas o uso de sistemas construtivos mistos e processos pré-fabricados, estão alinhadas com a perspectiva da sustentabilidade, por proporcionarem maior controle de produção e baixos índices de desperdícios em canteiro. No entanto, destaca-se atenção para o sistema construtivo Light Steel Frame, devido ao elevado consumo de ferro gusa, que apresenta potencial poluente quando não descartado de maneira correta.

7.1.3. Gestão da Água

Segundo John e Prado (2010), coordenadores do Guia “Selo Casa Azul - Boas práticas para habitação mais sustentável”, para tornar o uso da água em edifícios habitacionais mais sustentável é necessário realizar a gestão desse recurso, considerando essencialmente, três grandes áreas, são elas: a questão do consumo e abastecimento de água, a gestão das águas pluviais e o manejo do esgotamento sanitário.

Dentre as práticas sustentáveis aplicadas no processo de desenvolvimento da pesquisa, relacionadas com a gestão da água na edificação habitacional, pode-se destacar o uso de dispositivos economizadores, como a bacia sanitária com descarga *dual flush* que possui descargas de 3,0 e 6,0 litros, em comparação com a descarga convencional que consome em média 6,8 litros por acionamento, sem diferenciação entre dejetos líquidos e sólidos.

Nas construções habitacionais, as bacias sanitárias e chuveiros costumam ser responsáveis pela maior parte do uso de água. Portanto, a adoção de práticas para diminuir o volume de água utilizada nesses aparelhos terá um grande impacto no consumo total da edificação, e conseqüentemente também contribui para a redução do volume de esgoto gerado (JOHN; PRADO, 2010).

Outras ações mencionadas no Relatório “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável São Paulo” incluem a medição individualizada das unidades habitacionais, que garante que apenas o que foi consumido seja pago. E, tem-se a proposta do uso de chuveiros elétricos com uma vazão entre 3,0 e 5,2 litros/min (INMETRO, 2016), que é menor do que o das duchas que apresentam uma vazão a partir de 6 litros/min. Outra prática sustentável proposta é optar pelo uso de duchas com restritores e reguladores de vazão.

A implantação do sistema de medição individualizada possibilita o controle do consumo de água na unidade habitacional, contribuindo para a redução do consumo, facilidade em identificar perdas de água por vazamentos ou por usos excessivos, e ainda permite um valor justo da conta de água, uma vez que os usuários pagam pelo que consomem (JOHN; PRADO, 2010).

Com relação à gestão das águas pluviais, foi proposto reduzir a presença de áreas impermeabilizadas e garantir que a água seja direcionada para superfícies vegetadas, a fim de diminuir os volumes de escoamento superficial e picos de vazão, aumentando a infiltração da água no solo. E as águas coletadas por meio de calhas e condutores verticais podem ser encaminhadas a reservatórios e reutilizadas para diferentes atividades do empreendimento.

Segundo John e Prado (2010), a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais traz benefícios como a redução do consumo de água potável e da vazão de descarga para o sistema de drenagem urbana, uma vez que o usuário pode reaproveitar a água da chuva armazenada para atividades que não exijam o uso de água potável, como irrigação de áreas verdes e lavagem de pisos.

Já a redução de áreas impermeáveis no empreendimento promove a manutenção do equilíbrio natural do balanço hídrico, a partir da infiltração da água no solo, contribuindo para a reposição dos níveis do lençol freático e diminuindo o volume e a vazão de escoamento, o que auxilia a prevenir o risco de inundações em áreas urbanas (JOHN; PRADO, 2010).

Em relação aos sistemas de esgotamento sanitário domiciliar o Protótipo estabelece uma relação entre a sustentabilidade e quatro ações fundamentais. Essas ações incluem a diminuição da quantidade de esgoto gerada, a condução do esgoto para disposição local, a reutilização da água já utilizada para outros fins e a

conservação de energia e recursos naturais, através do uso de materiais menos prejudiciais.

Nesse sentido, os autores especificam que para viabilizar as soluções locais de disposição do esgoto é recomendado a separação em diferentes tipologias, uma vez que possuem encaminhamentos distintos, sendo a mais comum a segregação entre esgoto fecal (contendo resíduos fisiológicos) e esgoto não fecal (provenientes de lavatórios, pias, tanques e máquinas). O primeiro recebe um pré-tratamento para as partículas sólidas e o segundo pode seguir diretamente para a unidade de infiltração (SILVA; CARDOSO, 2016).

Além disso, segundo Silva e Cardoso (2016) outra prática sustentável, ainda pouco utilizada em edificações residenciais, que pode ser adotada é o reuso direto das águas pluviais. Sendo essa uma boa solução para situações de escassez de água, uma vez que aumenta a disponibilidade hídrica, reduz os custos e diminui as quantidades de esgoto a serem tratadas e introduzidas no ambiente. Sendo assim, pode-se realizar o aproveitamento direto das águas pluviais para irrigação vegetal ou lavagem de áreas externas.

Com isso, é válido destacar que as estratégias propostas atendem aos requisitos propostos pelo Selo Casa Azul, uma vez que em relação à categoria de gestão da água, são itens obrigatórios de avaliação a presença de: medição individualizada, dispositivos economizadores e áreas permeáveis (Quadro 4).

Quadro 4 – Critérios de avaliação – Categoria Gestão da água.

5. Gestão da água		
5.1	Medição individualizada – água	Obrigatório
5.2	Dispositivos economizadores – bacia sanitária	Obrigatório
5.3	Dispositivos economizadores – arejadores	
5.4	Dispositivos economizadores – registros reguladores de vazão	
5.5	Aproveitamento de águas pluviais	
5.6	Retenção de águas pluviais	
5.7	Infiltração de águas pluviais	
5.8	Áreas permeáveis	Obrigatório

Fonte: Adaptado de John e Prado (2010).

Dessa forma, as práticas propostas pelos pesquisadores para serem incorporadas no projeto do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável” estão alinhadas às propostas do Selo Casa Azul na busca de promoção da sustentabilidade na edificação.

7.1.4. Conforto Ambiental

No âmbito das práticas construtivas mais sustentáveis para o conforto ambiental do edifício, as diretrizes do estudo de caso se baseiam nas propostas da NBR 15220/2005 a partir do estudo da carta bioclimática da cidade de São Paulo. São sugeridas a utilização de cores claras nas fachadas e a implementação de estratégias de projeto que promovam a ventilação cruzada, reduzam a umidade nos ambientes internos e aumentem a massa térmica para o inverno em regiões com temperaturas amenas. Para atingir esses objetivos, algumas estratégias sugeridas no relatório incluem o aquecimento solar da edificação e a instalação de vedações internas pesadas nas paredes.

Além disso, buscando reduzir a insolação nos dormitórios no verão e permitir o aquecimento solar no inverno, sugere-se a inserção de brises na fachada noroeste. Ainda em relação as fachadas, pode-se citar também a proposta de vedação da fachada dos dormitórios, com o objetivo de garantir o conforto acústico adequado para o ambiente, reduzindo a incidência sonora.

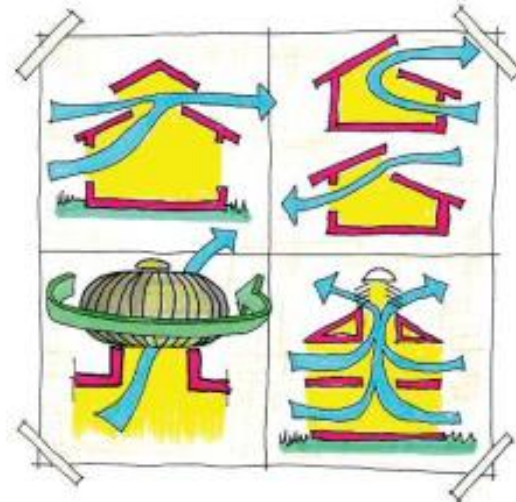
Segundo Lamberts et. al. (2014) as estratégias bioclimáticas podem ser contraditórias muitas vezes, como por exemplo a ventilação natural que é usada como uma solução para os dias de verão, mas no inverno pode causar desconforto. Sendo assim, o autor ressalta a necessidade de apresentar uma solução arquitetônica integrada e que responda, simultaneamente, a todas as necessidades dos ambientes ao longo do ano.

Em seguida, pode-se ressaltar alguns elementos e estratégias bioclimáticas citada por Lamberts et. al. (2014) que podem ser incorporados em um empreendimento, pensando em promover o conforto ambiental dos usuários em todas as épocas do ano.

O primeiro trata-se da ventilação, que pode ser integrada com a geometria da edificação de modo a otimizar ao máximo o elemento natural. Além de estruturar também a arquitetura interna para que o ar possa fluir internamente entre os

ambientes, podendo fazer uso de dispositivos como aberturas no telhado e aberturas zenitais para promover a ventilação vertical e a iluminação natural no ambiente (Figura 12).

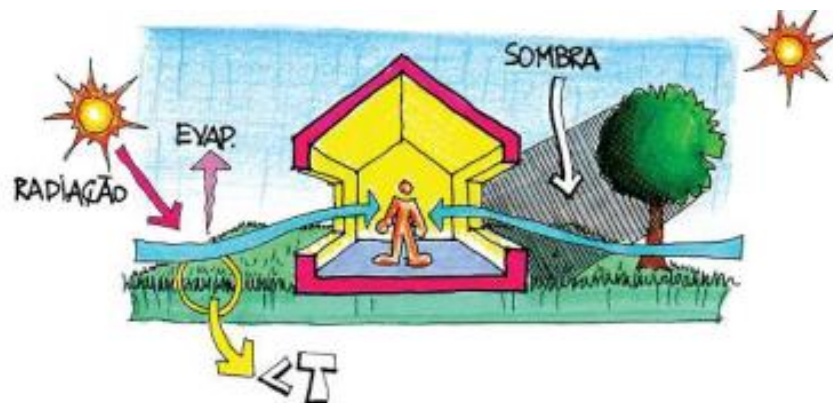
Figura 12 – Ventilação vertical.



Fonte: Lamberts (2014).

Outro ponto citado por Lamberts (2014), é o resfriamento evaporativo e umidificação do ambiente, que consiste na retirada de calor do ar pela evaporação de água ou pela evapotranspiração das plantas, utilizando técnicas como construção de áreas gramadas ou arborizadas para criação de um microclima mais ameno que refresca os espaços internos da edificação, como esquematizado na Figura 13.

Figura 13 – Resfriamento evaporativo com áreas gramadas ou arborizadas.



Fonte: Lamberts (2014).

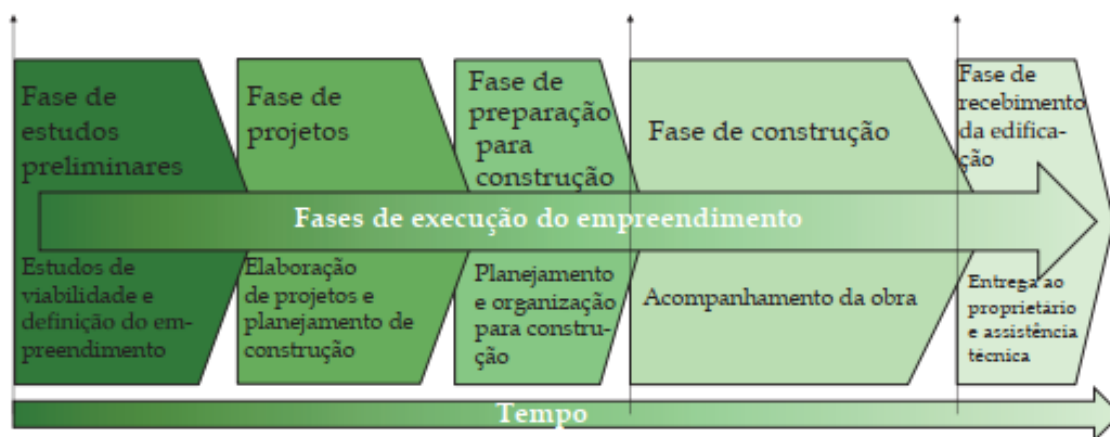
Dessa forma, identifica-se que, para a elaboração do Projeto do Protótipo MCMS foi proposta a incorporação de práticas mais sustentáveis de acordo com as características bioclimáticas em que a edificação está inserida, buscando atender a todas as necessidades dos usuários e dos ambientes presentes no empreendimento.

7.1.5. Planejamento de Obra

Silva e Cardoso (2016) ressaltam que, segundo a NBR 12722/1992, a execução de um empreendimento pode ser classificada em quatro fases, sendo elas: fase de estudos preliminares, que trata de estudos de viabilidade e consultorias, em seguida fase de projetos, aquela em que se elaboram os projetos, fase de construção, a qual se realiza a obra e por fim, a fase de recebimento da edificação, que se verifica o adequado funcionamento da edificação e sua entrega aos usuários da edificação.

No entanto, Melhado et al. (2006) sugerem a criação de uma nova etapa denominada de Preparação da Execução da Obra (PEO) e deve ser incluída como uma fase intermediária entre o desenvolvimento do projeto e a execução da obra (Figura 14). O objetivo dessa etapa é aprimorar o projeto, planejar a execução da obra, revisar os projetos já entregues, envolver as equipes de projeto e execução e fazer os ajustes necessários do projeto no local da obra por meio de reuniões organizadas.

Figura 14 – As fases de execução de um empreendimento.



Fonte: Adaptado de Melhado et al. (2006).

É válido ressaltar que o projeto do Protótipo MCMS atingiu apenas as fases de estudo preliminares e projetos, que não foi totalmente concluída, ou seja o estudo de incorporação de técnicas e medidas mais sustentáveis, no canteiro de obras, foi considerado a partir da análise dos elementos obtidos na fase de discussão das diretrizes norteadoras do projeto, bem como da fase de concepção e desenvolvimento projetual.

De acordo com Silva e Cardoso (2016), a NBR ISO 10005 propõe o chamado Plano de Qualidade de Obra, o qual apresenta as principais decisões que servirão de base para o processo de tomada de decisão da fase de execução do empreendimento. Durante a elaboração do Plano de Obra são consideradas diferentes análises, tais como:

- Estrutura organizacional;
- Relação de materiais e serviços;
- Projeto de canteiro;
- Especificidades da obra;
- Processos críticos;
- Manutenção de equipamentos;
- Programa de treinamento;
- Objetivos de qualidade;
- Destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos.

No âmbito da sustentabilidade, é dado destaque ao tópico da geração de resíduos, já que a implantação de uma gestão eficiente dos materiais físicos no canteiro de obras é crucial para o uso racional dos recursos e redução da produção de resíduos. Esse impacto pode ser minimizado a partir de ações de redução de geração de resíduos no canteiro e medidas de reuso e reciclagem.

Dessa forma, observa-se que Serra (2016) busca desenvolver a fase adicional de Preparação para Construção, uma vez que é realizada uma discussão sobre o desenvolvimento de um Plano de Obra sustentável e eficiente para ser implementado, de modo que com o planejamento da fase de construção é possível garantir o atendimento em obra das diretrizes de sustentabilidade estabelecidas durante a fase de estudo preliminar e de projetos (SILVA; CARDOSO, 2016).

7.1.6. Eficiência Energética

O estudo e o projeto de eficiência energética do empreendimento foi realizado pelos profissionais da empresa Mitsidi Projetos. Dessa forma, a análise comparativa a seguir será realizada comparando as propostas dos projetistas com as práticas mais sustentáveis para a eficiência energética identificadas na revisão bibliográfica. É destacado que por se tratar de um tópico multidisciplinar, algumas estratégias foram abordadas em outras áreas.

Os projetistas da Mitsidi Projetos relacionam a sustentabilidade com a redução do custo energético de uma construção, uma vez que a diminuição do uso de energia elétrica está diretamente relacionada com a redução de emissão dos gases do efeito estufa, apresentando uma vantagem econômica e ambiental (SILVA; CARDOSO, 2016).

Com isso, para atender ao cenário de melhores níveis de conforto e sustentabilidade, os projetistas focam na avaliação de custo-benefício de cinco estratégias mais sustentáveis, que serão discutidas a seguir.

i. Geração fotovoltaica.

Na análise realizada, foi considerada a implantação do sistema de geração fotovoltaica devido a viabilidade de instalação na área de cobertura dos dois blocos do conjunto. E identificou-se, por meio de avaliação de custo-benefício que a geração de energia corresponde a cerca de 77% do consumo estimado para as unidades habitacionais (SILVA; CARDOSO, 2016).

Com isso, conclui-se que a implantação do sistema de geração fotovoltaica gera uma economia expressiva nos gastos com energia, apesar do custo para instalação ser elevado. Além disso, Silva e Cardoso (2016) apontam que o sistema apresenta um elevado tempo de retorno, cerca de 17 anos, e a durabilidade estimada dos painéis é de 25 anos.

ii. Aquecimento solar de água;

De acordo com Silva e Cardoso (2016), a inclusão do Sistema de Aquecimento Solar (SAS) é opcional para os edifícios multifamiliares do Programa Minha Casa Minha Vida. No entanto, os projetistas avaliaram a implantação do sistema a partir da análise de três cenários, são eles:

- Linha de base – sem SAS;
- Cenário 1 – um sistema por Unidade Habitacional;

- Cenário 2 – um sistema coletivo de aquecimento de água.

É válido ressaltar como observação que em todos os cenários foi considerado a complementação do sistema por chuveiro elétrico e os custos de instalação são menores que os do sistema de geração fotovoltaica.

Para o Cenário 1, que consiste na instalação de um SAS individual para cada UH, foi determinado que o uso do SAS gera uma economia relevante para as unidades de dois quartos e para as quitinetes. No entanto, o tempo de retorno do investimento é alto, cerca de 14 anos, e a durabilidade do SAS é de 14 anos para os apartamentos de dois dormitórios e 28 anos para os de apenas um.

Além disso, existe a necessidade de realização de um reforço na estrutura da edificação, o desenvolvimento de um projeto adicional para tubulações de água quente e adoção de caixas de água individuais para cada UH.

Já para o Cenário 2, da instalação de um SAS coletivo, o sistema de distribuição pode ser adaptado, uma vez que é necessário apenas uma tubulação de água quente para o conjunto. Mas a logística de operação do sistema seria complexa, pois exige um esquema de faturamento no condomínio para arcar com os custos, e ainda seria necessária a adição de uma bomba para pressurizar a rede.

Sendo assim, devido as dificuldades de operação e a complexidade do sistema para implantação em uma HIS, o Cenário 2 foi considerado como inviável pelos projetistas. Dessa forma, a partir de estimativas e simulações foi recomendado a instalação do sistema individual, apesar de barreiras técnicas e exigir alterações projetuais.

- iii. Distribuição de água fria;

A avaliação da distribuição de água fria no empreendimento foi realizada de acordo com a NBR 12218/1994, que exige uma pressão mínima de 100kPa ou 10,2 metros de coluna de água (m.c.a) na rede de distribuição. Com isso, foi identificado que o projeto está no limite técnico de operação, uma vez que a diferença de altura entre a tubulação do asfalto e a altura do topo do reservatório na cobertura é de 9,20 metros.

Nesse contexto, foram discutidos três cenários para o sistema de distribuição de água fria, são eles:

- Linha de base – caixas de água da cobertura e alimentação pela pressão da água da Sabesp;

- Cenário 1 - reservatório intermediário no subsolo e enchimento das caixas de água da cobertura com bomba elétrica;
- Cenário 2 - reservatório intermediário no térreo atendendo aos níveis de subsolo por gravidade e enchimento das caixas de água dos níveis superiores com bomba elétrica.

No cenário de linha de base existe o risco de o empreendimento apresentar problemas de abastecimento das caixas da água, devido ao sistema de racionamento que acontece na região da cidade de São Paulo.

Já o Cenário 2, em comparação com o Cenário 1, permite uma economia anual para os apartamentos abaixo e acima do reservatório, mas cria um ambiente propício para gerar conflitos internos entre os moradores, uma vez que a presença de um reservatório intermediário pode gerar problemas de abastecimento para metade do condomínio nos períodos de manutenção da bomba, e para a outra metade nos períodos de baixa vazão da rede.

iv. Captação de água de chuva para áreas comuns;

Os projetistas da Mitsidi consideraram a possibilidade de colocar dois tanques com capacidade para 2000 litros cada um, a fim de aproveitar a água da chuva nas áreas comuns do condomínio. Esse sistema possui capacidade de coleta e armazenamento significativa, correspondendo a 6% do consumo anual do conjunto. E quando aliado a outras estratégias como arejadores e válvulas *dual flush*, esse sistema ajuda a conscientizar os moradores, e reduzir ainda mais o consumo de água.

v. Iluminação interna e externa.

Assim como nas demais estratégias, foram examinados diversos cenários para iluminar as áreas comuns e privativas, levando em conta a substituição da tecnologia de iluminação fluorescente por LED, a colocação de sensores de presença e o posicionamento dos circuitos elétricos.

Com isso, foi observado que a instalação de lâmpadas LED nas Unidades Habitacionais, de um e dois dormitórios, geram uma economia anual relevante para os moradores. Assim como para as áreas comuns, com a substituição das lâmpadas da frente das unidades habitacionais por lâmpadas LED, que gera a redução do custo do condomínio.

Dessa forma, pode-se observar que o projeto de racionalização energética desenvolvida pelos profissionais da Mitsidi Projetos aborda técnicas construtivas para redução do consumo de energia em uma edificação discutidas por Lamberts et. al. (2014), como por exemplo o uso de geração fotovoltaica, energia solar para aquecimento da água e o sistema de aberturas para promover a ventilação cruzada.

No entanto, é válido ressaltar algumas estratégias citadas por Lamberts et. al. (2014) que poderiam ser incorporadas ao projeto da Mitsidi, como o uso das cores claras nas fachadas e paredes externas do empreendimento, o uso de aberturas zenitais em áreas comuns térreas, que não apresentam pavimentos acima, e o uso da vegetação como forma de sombreamento das aberturas, buscando atender a sustentabilidade e ao conforto ambiental da edificação.

7.2. Análise do Projeto Arquitetônico em Relação às Diretrizes dos Pesquisadores

7.2.1. Geotecnia

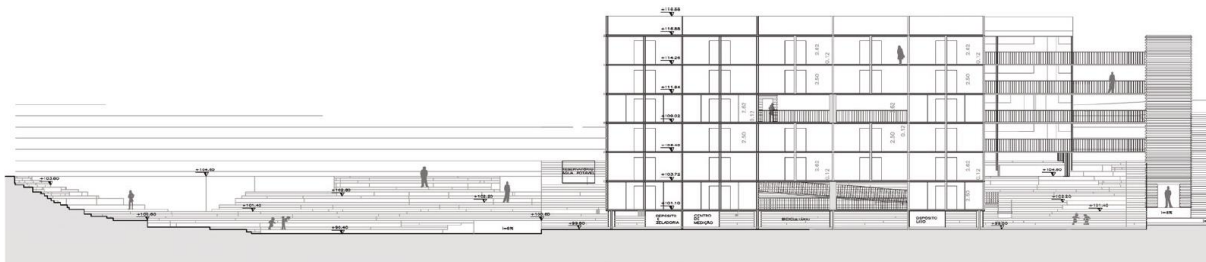
Em relação a aplicação de técnicas e soluções construtivas mais sustentáveis no âmbito da geotecnia, Silva e Cardoso (2016) consideraram parâmetros indicadores de sustentabilidade, como sendo:

- Baixa emissão de barulho, poeira, luz e poluição;
- Baixo consumo de energia;
- Conservação da fauna e da flora;
- Reconhecimento de que o selamento superficial do solo reduz a infiltração e pode promover e acelerar o escoamento superficial de água;
- Reuso de materiais para aterros.

O estudo preliminar de arquitetura e urbanismo desenvolvido pelos profissionais encarregados considerou a ventilação, insolação e topografia do terreno para a escolha do sistema de fundações do empreendimento, o qual foi definido pela adoção de um edifício em lâminas sobre pilotis com a intenção de minizar os movimentos de terra e gastos de energia.

Além disso, optou-se por pequenas contenções na implantação dos edifícios no terreno, o que resultou em patamares permeáveis que poderão ser utilizados como espaços coletivos condominiais pelos usuários da edificação, promovendo o lazer e o convívio entre os moradores, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Corte AA.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

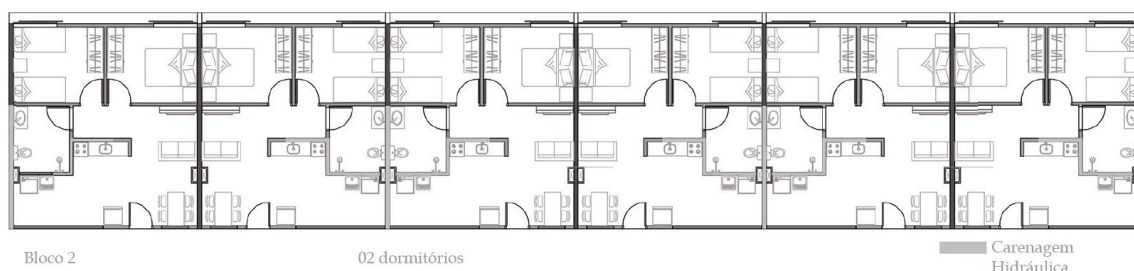
Para a área da cota do terreno e sob os pilotis estão previstos usos condominiais, tais como: disposição do lixo, vagas para estacionamento, acesso para veículos de emergência, bicicletário, reservação de água, central de gás e o centro de medição individualizada (SILVA; CARDOSO, 2016).

Dessa forma, foi identificado que as práticas construtivas mais sustentáveis adotadas no projeto de arquitetura do Protótipo MCMS estão alinhadas com o que foi proposto pelas diretrizes dos pesquisadores, uma vez que é proposto o uso da estrutura em pilotis e as pequenas contenções como uso de espaços coletivos. No entanto, observa-se não ficou claro o uso de elementos pré-fabricados, como a solução pré-moldada “lock and load”, com contrafortes e placas de faceamento em pré-fabricados, proposta por Silva e Cardoso (2016).

7.2.2. Sistemas Construtivos e Estruturais

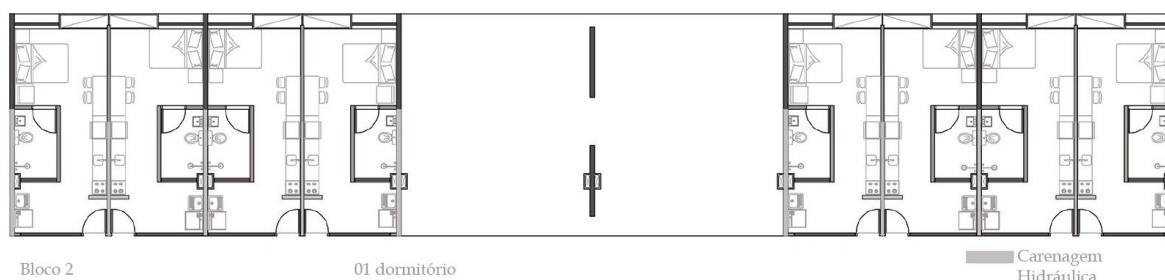
De acordo com o projeto de arquitetura, os dois edifícios abrangem 55 unidades habitacionais com duas tipologias (Figuras 16 e 17), uma com dois dormitórios e a outra com um dormitório, seguindo uma estrutura modular, o que possibilita a racionalização da estrutura e do processo construtivo.

Figura 16 – Pavimento tipo 01 apartamento.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

Figura 17 – Pavimento tipo quitinete.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

Em relação ao sistema construtivo, foi definido pela racionalização e industrialização, de modo a reduzir a quantidade de procedimentos de obra, em comparação com os sistemas construtivos convencionais. Com isso, adotou-se o uso de paredes de vedação externa na fachada integradas por painéis pré-fabricados leves com sistemas wood frame e paredes divisórias internas dos apartamentos sem função estrutural com sistema drywall com placas compostas de OSB (Oriented Strand Board) e gesso acartonado estruturados com perfis em light steel frame, como proposto nas diretrizes dos pesquisadores.

7.2.3. Gestão da Água

No âmbito da gestão da água, que contempla abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais, o foco do projeto foi adotar práticas mais sustentáveis em relação ao abastecimento de água da edificação. Desse modo, o foco principal dos projetistas se deu em relação ao volume e recalque de água, a implantação da medição individualizada e no uso de aparelhos sanitários e dispositivos economizadores.

Já em relação ao sistema de esgotamento sanitário, foi identificado dificuldades na implementação de medidas mais sustentáveis, devido a localização do empreendimento em área urbana consolidada de alta densidade e com sistema público de esgotamento sanitário já implantado. Por isso, no projeto em questão, não foram sugeridas técnicas específicas de sustentabilidade para as instalações de esgotamento sanitário.

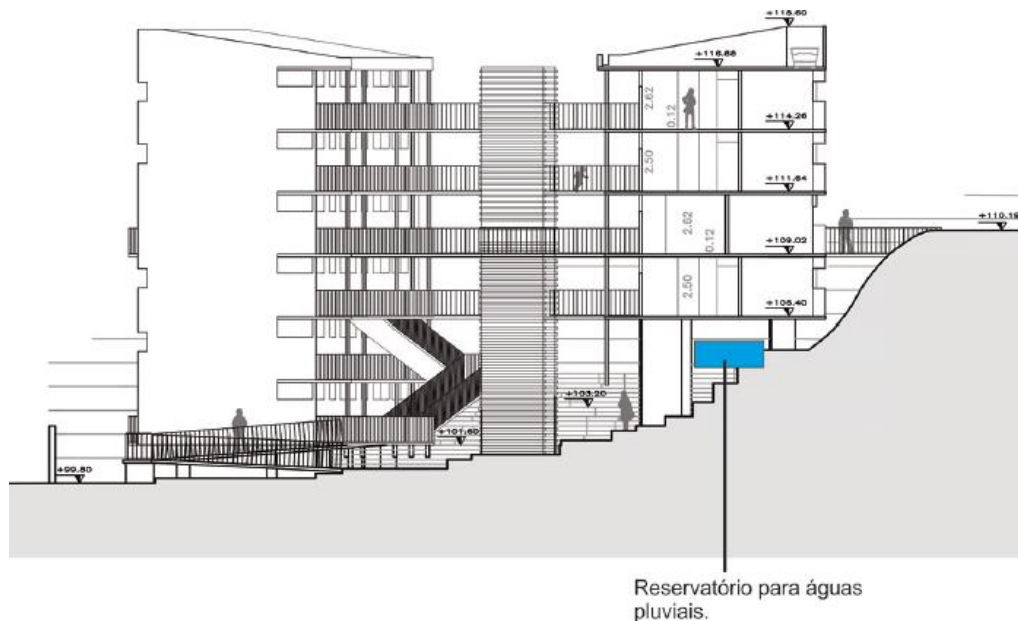
Além disso, também não foi considerada a separação das redes de coleta, já que todo o esgoto é encaminhado para a rede pública já existente no local. Com isso, a redução das quantidades de esgotos gerados foi considerado como uma consequência da adoção das medidas que diminuem o consumo de água de abastecimento.

Com relação a gestão de águas pluviais, o projeto da cobertura inclui um sistema para coletar e redirecionar a água da chuva para reservatórios instalados nos pilotis do bloco mais alto, conforme Figura 18, a fim de utilizá-la para as necessidades do condomínio, como manutenção da limpeza de áreas condominiais e irrigação. Essa posição estratégica dos reservatórios permite utilizar a água

armazenada nos níveis inferiores, sem a necessidade de bombas adicionais, eliminando a instalação de unidades de bombeamento.

A partir de um estudo de viabilidade realizado pela Mitsidi, foi avaliada a instalação de dois reservatórios de 2.000 litros no subsolo, para aproveitamento de águas pluviais, o que permitiria uma significativa capacidade de armazenamento, representando 6% do consumo anual do empreendimento.

Figura 18 – Localização dos reservatórios para águas pluviais.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

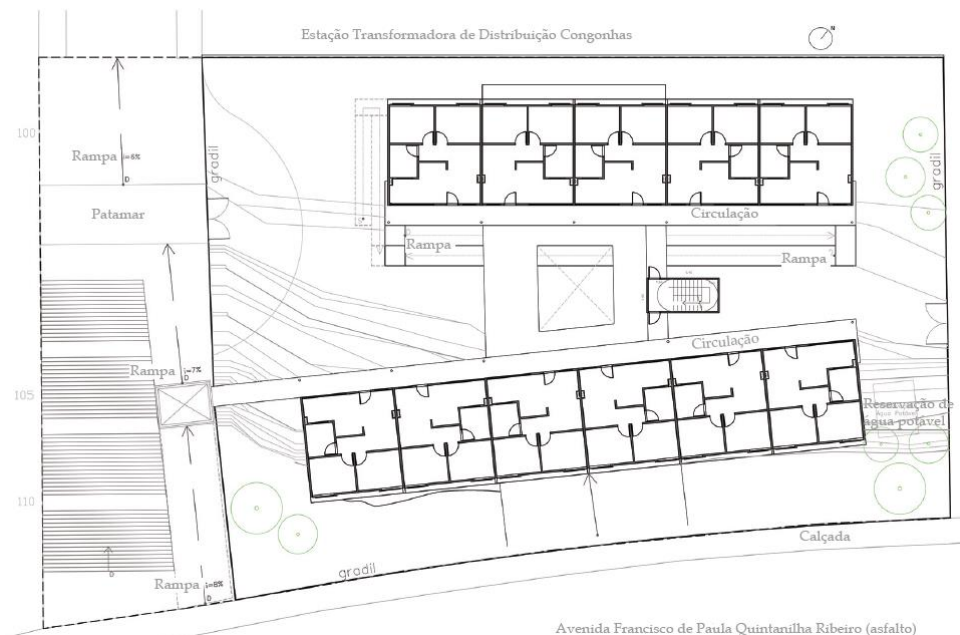
Dessa forma, foi observado a incorporação das técnicas e práticas construtivas mais sustentáveis em relação a gestão da água propostas pelos pesquisadores no desenvolvimento do projeto do empreendimento. No entanto, é válido ressaltar que, apesar das dificuldades, a implantação de práticas referentes ao sistema de esgotamento sanitário poderia ter sido mais explorada pelos projetistas, como por exemplo em relação a questão da segregação e destinação do esgoto para o devido tratamento e reuso das águas cinzas, que foram propostas pelos pesquisadores com as devidas considerações de tratamento e gerência do uso dessa água.

7.2.4. Conforto Ambiental

Em relação ao conforto ambiental, os projetistas buscaram estabelecer um equilíbrio entre a mínima aplicação dos recursos e o máximo desempenho do empreendimento. Para isso, são considerados conceitos como o desempenho térmico, a acústica urbana e arquitetônica, a iluminação e a ventilação natural. Sendo assim, buscou-se adotar estratégias sustentáveis que minimizem o consumo de energia e os impactos ambientais durante o processo de construção e operação da edificação.

O sistema construtivo e estrutural do edifício em lâmina sobre pilotis e a configuração em dois blocos dispostos linearmente com espaço entre eles, conforme Figura 19, possibilita a ventilação cruzada no interior das unidades habitacionais, e ainda o amplo acesso aos apartamentos por meio de passarelas que dispensam o uso de iluminação artificial. Além disso, a configuração interna dos apartamentos foi pensada de modo a proporcionar o conforto térmico, além da iluminação e ventilação adequadas nos dormitórios devido a abertura total dos vãos.

Figura 19 – Nível +111,64.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

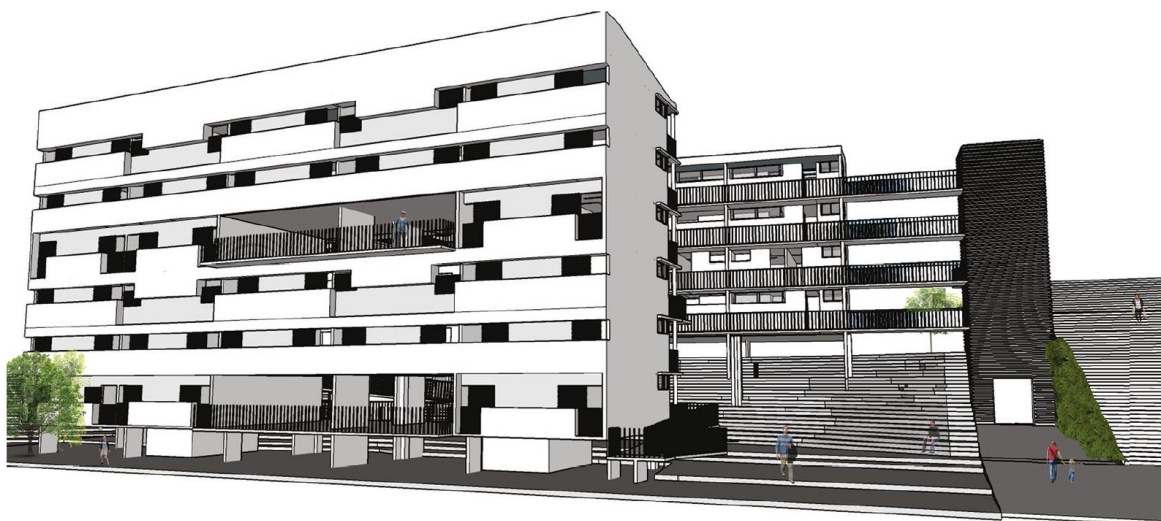
O desempenho térmico da edificação é melhorado pela composição da volumetria do sistema de vedação externa nas fachadas insoladas (Figura 20), e assim como os brises, auxiliam no sombreamento e possuem o objetivo de proteger

Dessa forma, identifica-se a incorporação de estratégias mais sustentáveis propostas pelos pesquisadores no desenvolvimento do projeto, tais como a ventilação cruzada nos ambientes internos, propiciada pela configuração em dois blocos dispostos linearmente com espaço entre eles e a forma do edifício em lâmina, o uso de aberturas para promover a ventilação e a iluminação adequadas, o sombreamento das aberturas nas fachadas com maior insolação, e ainda a incorporação da acessibilidade universal nas unidades habitacionais.

7.2.5. Planejamento de Obra

A análise comparativa entre as diretrizes mais sustentáveis propostas pelos pesquisadores e as estratégias incorporadas no desenvolvimento do projeto em relação ao planejamento de obra é um pouco limitada, uma vez que o projeto Protótipo MCMS teve a fase projetual parcialmente concluída, com a elaboração de projetos arquitetônicos e plantas da edificação (Figura 22), e conseqüentemente não avançou para a fase de obras.

Figura 22 – Perspectiva noroeste do empreendimento.



Fonte: Silva e Cardoso (2016).

No entanto, segundo os projetistas, a sustentabilidade foi uma preocupação constante no desenvolvimento do projeto, desde a incorporação de práticas e técnicas construtivas mais sustentáveis, no planejamento da obra, a partir dos conceitos de Plano de Obra abordado pelos pesquisadores, até a atenção com a

segurança da mão de obra empregada e com a gestão e uso pós ocupação da edificação pelos usuários.

7.3. Análise Geral dos Questionários Realizados com os Pesquisadores Participantes

Com o objetivo de complementar a análise e discussão sobre a importância e as dificuldades de incorporação de técnicas construtivas mais comprometidas com a perspectiva da sustentabilidade aplicada às habitações de interesse social, foram realizadas entrevistas com todos os pesquisadores participantes do estudo feito para o Protótipo do Projeto MCMS, referente as áreas de geotecnia, sistemas estruturais e construtivos, gestão da água, conforto ambiental e plano de obra.

De acordo com a metodologia apresentada optou-se pela realização de questionários virtuais, enviado e respondido em formato de formulários. Nesse sentido, as perguntas e as respectivas respostas de cada um dos pesquisadores participantes estão dispostas no Anexo A deste trabalho. A seguir, serão discutidas e analisadas as perguntas norteadoras e as respostas obtidas, em relação as análises feitas nos capítulos anteriores.

As perguntas aos pesquisadores participantes do Projeto “Protótipo MCMS” foram concebidas de modo a esclarecer a relação das diretrizes propostas com a sustentabilidade do projeto, quais as dificuldades encontradas ou não por se tratar de uma HIS e quais mudanças foram observadas nas soluções construtivas durante os 7 anos do desenvolvimento do projeto até a atualidade.

Em relação a pergunta sobre o grau de relevância na incorporação de técnicas e procedimento mais sustentáveis nas edificações, todos os pesquisadores ressaltaram o alto grau de relevância da sustentabilidade no atual cenário de consumo e degradação do meio ambiente. Com destaque para a resposta da pesquisadora Prof.^a Dr.^a Sheyla Mara Baptista Serra que ressaltou o papel da construção civil como um dos grandes consumidores de recursos naturais e geradores de resíduos.

A pergunta seguinte questiona os pesquisadores sobre a efetividades das diretrizes propostas na redução dos impactos ambientais dentro da área de atuação de cada pesquisador. O Prof. Dr. Érico Masiero destaca a importância de todas as diretrizes construtivas que foram propostas, uma vez que a sustentabilidade é atendida pelo conjunto das áreas que compõe o projeto de um empreendimento.

Além disso, é válido ressaltar também a importância em considerar aspectos sociais, culturais e econômicos da população que fará o uso e a apropriação do espaço, principalmente por se tratar de uma HIS.

Em seguida, a terceira pergunta trata-se das mudanças que seriam feitas no projeto caso ele estivesse em desenvolvimento atualmente. Foi comentado o avanço de novas técnicas de maneira geral, mas o Prof. Dr. ^o Erico Masiero sugere que as áreas externas destinadas ao lazer poderiam apresentar outros usos, como por exemplo cooperativas de coletores de resíduos, área de acolhimento para pessoas em situação de rua, locais para animais de estimação, locais para manutenção de veículos de trabalhadores de aplicativos e áreas para práticas esportivas da comunidade.

No questionamento acerca de novas técnicas projetuais sustentáveis que surgiram nos últimos anos e que poderiam ser incorporadas ao projeto atualmente, foi destacado o aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos e outras técnicas que já existiam na época, mas se tornaram mais acessíveis.

Por fim, a última pergunta questiona sobre quais os principais fatores que dificultam a implantação de soluções com menor impacto ambiental nos empreendimentos habitacionais de interesses social. Foi levantado pontos como o custo da implantação das tecnologias mais sustentáveis e a necessidade de ampliação do subsídio para a incorporação dessas técnicas em HIS, e o desconhecimento dos projetistas em adotar essas soluções e sair dos modelos tradicionais da construção civil no Brasil.

8 Discussão dos Resultados

A partir da análise comparativa realizada em dois níveis, primeiramente, foi possível identificar pontos de convergência entre as técnicas sustentáveis das áreas que foram abordadas na revisão bibliográfica em relação às diretrizes norteadoras fornecidas pelos pesquisadores, e em segundo nível, entre as diretrizes propostas pelos pesquisados e as práticas construtivas adotadas em projeto.

Em relação à geotecnia, observou-se que a análise comparativa entre as diretrizes propostas pelos pesquisadores do “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável” e as técnicas sustentáveis identificadas na revisão bibliográfica revelou um alinhamento positivo. E as práticas construtivas adotadas no projeto, como o uso da estrutura em pilotis e das pequenas contenções como espaços coletivos, refletem a preocupação com a sustentabilidade.

No entanto, embora as práticas construtivas adotadas em projeto estejam coerentes com as diretrizes e a revisão bibliográfica, recomenda-se explorar outras técnicas sustentáveis, como a solução pré-moldada “lock and load” mencionada e o reaproveitamento de materiais em aterros, para enriquecer ainda mais a abordagem sustentável do projeto.

Em relação ao sistema construtivo, observa-se que as estratégias adotadas estão, em sua maioria, alinhadas com a perspectiva da sustentabilidade, uma vez que se trata de um sistema construtivo que corrobora, também, com exigências de conforto, pela inclusão de camadas de proteção termoacústica no sistema de vedação vertical.

As estratégias de redução de procedimentos de obra e a utilização de processos pré-fabricados propostos contribuem para a otimização dos recursos e a minimização de desperdícios. No entanto, é importante abordar de maneira cuidadosa e consciente as questões relacionadas ao consumo de ferro gusa no sistema construtivo Light Steel Frame, visando mitigar potenciais impactos ambientais.

Em termos de gestão da água, mais especificamente em relação ao abastecimento de água da edificação, as estratégias propostas pelos pesquisadores e incorporadas ao projeto, tais como redução do volume de água, implantação da medição individualizada e uso de aparelhos e dispositivos economizadores, estão alinhadas com a perspectiva da sustentabilidade. Além disso, o projeto do Protótipo

"Minha Casa Mais Sustentável" demonstrou um alinhamento com as estratégias de gestão da água do Selo Casa Azul, incorporando práticas como o reuso direto das águas pluviais.

No entanto, é importante ressaltar que, apesar da incorporação das técnicas sustentáveis de gestão da água propostas pelos pesquisadores, a implantação de práticas relacionadas ao sistema de esgotamento sanitário poderia ter sido mais explorada no projeto a fim de promover uma gestão integralmente sustentável dos recursos hídricos no empreendimento.

Devido a fatores limitantes como número de moradias não muito elevado e localização do empreendimento, foi tomada a decisão de não propor técnicas específicas de sustentabilidade para as instalações de esgotamento sanitário, não considerando nem mesmo a separação das redes de coleta segundo as tipologias do esgoto, já que todo o esgoto seria direcionado para a rede de coleta pública já existente no local.

No âmbito do conforto ambiental, foi observado que as estratégias e diretrizes propostas pelos pesquisadores para o projeto do edifício estão alinhadas com as práticas construtivas mais sustentáveis. A implementação de estratégias a ventilação cruzada, o uso de aberturas para ventilação e iluminação adequadas, uso de brises nas faces noroeste, o sombreamento das fachadas expostas ao sol e a incorporação da acessibilidade universal nas unidades habitacionais, foram adotadas para minimizar o consumo de energia e reduzir os impactos ambientais durante a construção e operação da edificação.

Sendo assim, embora a análise comparativa entre as diretrizes propostas pelos pesquisadores e as estratégias incorporadas ao planejamento de obra seja limitada, devido à não conclusão da fase de obras do projeto, foi evidenciado o compromisso com a sustentabilidade desde a concepção do projeto. A incorporação de práticas e técnicas construtivas mais sustentáveis, com base nos conceitos do Plano de Obra abordado pelos pesquisadores, foi uma preocupação constante. Além disso, foram consideradas a segurança da mão de obra durante a execução e a gestão e uso pós-ocupação da edificação pelos usuários.

Dessa forma, mesmo que o projeto não tenha avançado para a fase de obras, houve um esforço significativo para contemplar práticas sustentáveis e medidas de redução de resíduos durante o desenvolvimento do projeto. A atenção à gestão

eficiente de materiais físicos no canteiro de obras e o compromisso com a sustentabilidade no planejamento, execução e uso da edificação evidenciam a busca por um empreendimento mais sustentável.

Na análise do projeto desenvolvido pela Mitsidi, com foco na racionalização energética, foi possível observar a abordagem de técnicas construtivas para a redução do consumo de energia, tais como o uso de geração fotovoltaica, energia solar para aquecimento da água e o sistema de aberturas para promover a ventilação cruzada.

No entanto, é importante ressaltar a relevância de incorporar outras estratégias sugeridas por Lamberts et al. (2014), tais como o uso de cores claras nas fachadas e paredes externas, e o emprego de vegetação como forma de sombreamento das aberturas. Essas práticas podem ser importantes para maximizar a eficiência energética e promover maior conforto ambiental da edificação para os usuários.

A seguir pode-se observar o quadro resumo dos resultados da pesquisa, que fornecem uma visão geral a cerca das práticas construtivas mais sustentáveis encontradas na revisão bibliográfica que foram identificadas nas diretrizes propostas pelos pesquisadores em comparação com as práticas mais sustentáveis que foram incorporadas no projeto do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”.

Quadro 5 – Síntese dos resultados.

	Revisão Bibliográfica	Propostas Pesquisadores	Projeto PMCMS
Geotecnia	Mínima movimentação de terra	Superestrutura sobre pilotis	Edifício em lâminas sobre pilotis
	Mínima alteração do terreno original	Blocos de fundação apoiados na face do talude	Pequenas contenções com patamares permeáveis
	Uso de estruturas pré-moldadas	Técnica pré-moldada "lock and load"	-
	Reuso de resíduos	Resíduos de construção reciclados como material de reaterro	-

Sistemas Construtivos e Estruturais	Sistemas construtivos mistos e racionalização do canteiro	Paredes de vedação externa integrada por painéis pré-fabricados leves com sistema Wood Frame	Paredes de vedação externa integrada por painéis pré-fabricados leves com sistema wood frame
	Processos pré-fabricados	Pré-lajes pré-moldadas de concreto ou lajes alveolares protendidas com capa estrutural	Unidades habitacionais com estrutura modular
	Sistema construtivo Light Steel Frame	Paredes internas com sistema drywall com placas compostas de OSB (Oriented Strand Board) e gesso acartonado estruturados com perfis em light steel frame	Paredes internas com sistema drywall com placas compostas de OSB (Oriented Strand Board) e gesso acartonado estruturados com perfis em light steel frame
	Reuso de materiais de ferro gusa	-	-
Gestão da Água	Práticas para diminuir o volume de água utilizada nos aparelhos e de esgoto gerado	Dispositivos economizadores como as bacias sanitárias e duchas	Aparelhos sanitários e dispositivos economizadores (duchas)
	Sistema de medição individualizada	Medição individualizada das unidades	Medição individualizada
	Reaproveitamento das águas pluviais	Reuso das águas pluviais	Sistema para coletar e redirecionar a água da chuva para reservatórios para o reuso em atividades como limpeza e irrigação
	Redução de áreas impermeáveis	Redução de áreas impermeáveis e direcionamento para superfícies vegetadas	Áreas permeáveis
	Separação do esgoto em diferentes tipologias	Separação do esgoto em diferentes tipologias	-
Conforto Ambiental	Utilização de cores claras nas fachadas	-	-
	Ventilação cruzada	Ventilação cruzada	Edifício em lâmina sobre pilotis e a configuração em dois blocos dispostos linearmente
	Aquecimento solar da edificação	-	Aquecimento solar para as unidades habitacionais
	Vedações internas pesadas nas paredes	Vedação da fachada dos dormitórios para promover conforto acústico	Vedação da fachada dos dormitórios para promover conforto acústico
	Iluminação e ventilação adequada	Utilização de brises nas fachadas	Abertura total dos vãos e brises nas fachadas para auxiliar no sombreamento

	Resfriamento evaporativo e umidificação do ambiente com construção de áreas gramadas ou arborizadas	-	Presença de áreas verdes no entorno da edificação
Plano de Obra	Redução do impacto direto na paisagem original	Projeto de canteiro;	-
	Redução das emissões de CO2 com transporte de insumos e produtos, e com o consumo de energia	Processos críticos;	
	Minimização do uso de água e energia	Relação de materiais e serviços;	
	Redução das perdas de materiais por manuseio inadequado	Manutenção de equipamentos;	
		Programa de treinamento	
	Melhoria da relação da obra com a vizinhança e a comunidade	Objetivos de qualidade	
Tratamento adequado dos resíduos	Destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, considerando os questionários realizados com os pesquisadores participantes do estudo para o Relatório do Protótipo MCMS, diversos pontos relevantes foram identificados. Em síntese, os questionamentos permitiram a compreensão da importância da sustentabilidade, da abordagem integrada das áreas que compõem o projeto e da necessidade de considerar aspectos sociais, culturais e econômicos nas habitações de interesse social.

Além disso, foram identificadas possibilidades de melhorias no projeto, a incorporação de novas técnicas sustentáveis e os principais fatores que dificultam a implantação de soluções com menor impacto ambiental em empreendimentos habitacionais de interesse social, tais como o custo de implantação das tecnologias sustentáveis, a necessidade de ampliação de subsídios para sua incorporação e o desconhecimento dos projetistas em adotar essas soluções.

9 Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo estudar soluções construtivas mais sustentáveis aplicáveis em Habitações de Interesse Social (HIS) de uso multifamiliar, com foco em um estudo de caso do Relatório "Protótipo Minha Casa Mais Sustentável". A metodologia empregada envolveu uma revisão bibliográfica sobre as práticas sustentáveis das áreas de geotecnia, sistemas construtivos e estruturais, gestão da água, conforto ambiental, plano de obra do empreendimento e eficiência energética, e a análise do projeto arquitetônico do Protótipo, seguida de uma análise comparativa entre as propostas dos pesquisadores do projeto e as soluções encontradas na literatura.

Como decorrência da fase analítica da pesquisa, vale mencionar as constatações de que as soluções construtivas adotadas no Protótipo estão em concordância com as propostas encontradas na revisão bibliográfica, e o projeto arquitetônico incorporou os principais aspectos do referencial fornecido pelos pesquisadores. No entanto, também foram identificadas algumas técnicas sustentáveis na revisão bibliográfica que poderiam ser incorporadas ao projeto atualmente, uma vez que se fizeram mais acessíveis.

Além disso, é válido destacar as limitações da pesquisa, como a escassez de estudos específicos sobre soluções construtivas sustentáveis aplicadas a habitações de interesse social multifamiliares.

No contexto mais amplo, os resultados da análise comparativa contribuem para o estudo de soluções construtivas aplicáveis às concepções de outros projetos que busquem incorporar perspectivas mais sustentáveis nessa modalidade de HIS.

Para estudos futuros, sugere-se realizar pesquisas específicas para cada área, a fim de aprofundar o tema e explorar técnicas específicas para o estudo de caso e outros projetos. Isso permitiria uma compreensão mais abrangente e detalhada das soluções construtivas mais sustentáveis para EHIS multifamiliares.

Dessa forma, acredita-se que o cenário atual da construção sustentável em HIS no Brasil pode ser melhorado a partir do incentivo à pesquisa sobre técnicas e soluções aplicáveis a essa modalidade e, ainda, a partir da interação entre o meio acadêmico e os agentes promotores e financiadores desses empreendimentos. Essa articulação intersetorial proporcionaria um maior desenvolvimento e implementação

de práticas sustentáveis na construção civil, visando não apenas a melhoria das condições habitacionais para a população de baixa renda, mas também a redução dos impactos ambientais causados pelo setor.

No encerramento desse trabalho de conclusão de curso espera-se ter produzido uma dupla contribuição. Primeiramente, pelo resgate desse projeto coletivo e multidisciplinar, que ficou inacabado, por não ter sido publicado e nem construído, mas que precisa ser conhecido e, quem sabe, retomado. Em segundo lugar, espera-se que o trabalho contribua para o conhecimento e as práticas mais sustentáveis aplicadas às habitações de interesse social multifamiliares.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. United Nations Commission, Oslo, p. 1-59, 1987.

Disponível em: <http://www.un-documents.net/wcedocf.htm>. Acesso em: 28 ago. 2023

CARDOSO, L. M. **Soluções sustentáveis associadas à engenharia de fundações e geotecnia: estudo de caso, reaproveitamento de estacas para contenção**. 2022. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Politécnico, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2022.

CIB/UNEP-IETC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document** Boutek Report No Bou/E0204, Pretória, CIB/UNEP-IETC. 2002.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. **Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez/2017, p. 100-127. DOI: 10.15675

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

DINAMARCO, C. P. G. **Selo Casa Azul Certificação Ambiental: estudo de caso**. 2016. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FONTENELLE, M. R. BASTOS, L. E. G. **Desafios da integração dos princípios de sustentabilidade no projeto de arquitetura: a importância da adoção de métodos de auxílio à tomada de decisão.** Proceeding of the 2nd Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, Rio de Janeiro. 2011.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **AQUA-HQE.** Disponível em: <
<https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/>> Acesso em: 28 dez. 2022.

GOMES, C. E. M.; VIVAN, A. L.; SICHIERI, E. P.; PALIARI, J. C. **Light Steel Frame: Construção industrializada a seco para habitação popular–Práticas Sustentáveis.** 2013. Encontro Latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis. Curitiba.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51–81, 2006.

GONÇALVES, R. F (coord.). **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352p. ISBN 978-85-7022-154-4.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Conheça a certificação LEED.** Disponível em: <
<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Programa Brasileiro de Etiquetagem - Tabela de Consumo de Energia Elétrica.** Disponível em: < <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica> >. Acesso em: 08 jan. 2023.

JEFFERIS, S. A. **Geotechnology in harmony with the global environment: dream or deliverable?** INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING, 16, Sept., Osaka, Japan. Paper No UK15. 2005.

JOHN, V. M. (coord.); PRADO, R. T. A. (coord.); CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável.** São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. 204 p. ISBN 978-85-86508-78-3.

LAMBERTS, R., TRIANA, M. A., FOSSATI, M., & BATISTA, J. O. **Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área.**

Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3.

ed. [S. l.]: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. 382 p. Disponível em:

<https://labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>. Acesso em: 29 jan. 2023.

LEITE, J. C. P. S.; NETO, M. T. R. **Meio ambiente e os embates da construção civil.**

CONSTRUINDO, 2014.

LOMBARDI, L. R. **Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no Instituto de Pesquisas**

Hidráulicas. 2012. 75p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil)

– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MACEDO, L. S. V. (coord.). **Teoria e Práticas em Construções Sustentáveis no Brasil.**

Governo do Estado do Rio de Janeiro: ICLEI - Brasil, 2010. 473 p.

MATEUS, R. F. M. S. **Avaliação da construção sustentável: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis.** 2009. 427p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Processos de Construção) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2009.

MONTES, M. A. T. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em**

Florianópolis. 2005. 188 p. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2005.

MOTTA, S. AGUILAR, M. T. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações.**

Gestão e Tecnologia de Projetos. v. 4, n 1, maio 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Os objetivos de Desenvolvimento Sustentável.**

Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 26 dez. 2022

PAES, R. F. S. **Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro: uma contribuição à qualidade arquitetônica a partir da**

seleção do terreno e da implantação. 2016. Tese (Doutorado em Ciências em Arquitetura). Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e

Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

PRADO, C. Fundação 1º de maio. **Déficit habitacional reflete a desigualdade do país.** 2021. Disponível em: <https://www.fundacao1demaio.org.br/artigo/deficit-habitacional-reflete-a-desigualdade-do-pais/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

REICHERT, L. S.; BARTH, A. A.; KIST, K. J.; LIMANA, Leonardo. **Construção civil e sustentabilidade: Metodologias construtivas.** In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA EM ENGENHARIA, XXVIII., 2017, Ijuí - RS: Universidade Regional Unijuí, 2017. 4 p.

SCHMID, A. L. **A ideia de conforto: Reflexões sobre o ambiente construído.** Pacto Ambiental. Curitiba, 2005. 340p. ISBN: 859940301X.

SEVERO, E. M. F.; SOUSA, H. J. C. **Avaliando a Sustentabilidade das Edificações através de Ferramentas Qualitativas e Quantitativas.** Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, DOI: 10.17013. p. 1-14, 25 set. 2016.

SILVA, R. S. (org.); CARDOSO, J. M. (org.). **Relatório do Protótipo Minha Casa + Sustentável: São Paulo.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2016. 202 p. Não publicado.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7–18, 2003. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/277091847_Avaliacao_de_edificios_no_Brasil_da_avaliacao_ambiental_para_avaliacao_de_sustentabilidade_Building_assessment_in_Brazil_from_environmental_to_sustainability_assessment. Acesso em: 27 jul. 2022.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33–46, 2004.

SPADETO, T. F. **Industrialização na construção civil – uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto.** 2011. 212 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, [S. l.], 2011. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3947/1/tese_5091_Tatiana%20F.%20Spadeto.pdf. Acesso em: 4 jul. 2022.

VALVASSORI, L. H. **Utilização de técnicas projetuais e construtivas de baixo impacto ambiental: Estudo de caso em edificação unifamiliar.** Orientador: Prof.^a Dr.^a Sandra Regina Mota. 2021. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

VIGGIANO, M. H. S. **Edifícios públicos sustentáveis.** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010. 85 p.: il. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/institucional/programas/senado-verde/pdf/Cartilhaedificios_publicos_sustentaveis_Visualizar.pdf>. Acesso em jul. 2022.

ZAMBRANO, L. M. A.; BASTOS, L. E. G.; FERNANDEZ, P. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura.** 2008, p. 1-11.

ZANUTTO, T. D.; SERRA, S. M. B.; PALIARI, J. C. **Diagnóstico quanto à implantação da resolução Conama no 307 na cidade de São Carlos.** 2010. 10p. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (XIII ENTAC). 13. Anais. Canela, RS, 2010.

Anexo A

Questionário aos Docentes do Curso de Engenharia Civil da UFSCar Participantes do Projeto “Protótipo Minha Casa Mais Sustentável”

Questionário para o Trabalho de Conclusão de Curso “Incorporação de Soluções Construtivas de Baixo Impacto Ambiental: O caso do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável””, desenvolvido pela discente Júlia de Freitas Bidim Pereira dos Santos e orientado pela Prof.^a Dr.^a Sandra Regina Mota Silva.

Entrevistados: Prof. Ricardo Siloto da Silva, Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha, Prof. Marcelo de Araújo Ferreira, Prof. Bernardo Arantes do Nascimento, Prof. Douglas Barreto, Prof. Erico Masiero e Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra.

Perguntas:

- 1. Em sua opinião qual o grau de relevância na incorporação de técnicas e procedimentos mais sustentáveis nas edificações?**

Prof. Douglas Barreto: Alto grau de relevância, visto que a crescente urbanização provoca a extração de recursos naturais em alta escala para abastecer as edificações sendo, portanto, importante que técnicas de construção e uso de edificações, bem como procedimentos de uso racional por parte dos usuários são relevantes na manutenção do equilíbrio sustentável do meio ambiente.

Prof. Erico Masiero: É muito importante que soluções mais sustentáveis sejam incorporadas nos projetos de edificações e se tornem parte de nossa cultura construtiva.

Prof. Bernardo Arantes do Nascimento: Muito relevante, pois atualmente não se pode mais desprezar os aspectos relacionados à sustentabilidade na implantação de edificações.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: É fundamental, pois a construção civil trabalha com uma quantidade grande de recursos naturais que precisa buscar alternativas de consumo. Além disso, é grande geradora de resíduos, impactando o meio ambiente. Ações que visem a sustentabilidade também nos aspectos sociais e econômicos são importantes.

Prof. Ricardo Siloto da Silva: A construção civil tradicional é uma das principais atividades geradoras de impactos socioambientais no meio ambiente. A utilização de

técnicas de baixo impacto ambiental que sejam economicamente viáveis certamente contribui para a minimização desse quadro.

Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha: Altíssimo. Tudo discutido em busca do mais sustentável.

2. Quais as soluções adotadas nas diretrizes de projeto do Protótipo “Minha Casa Mais Sustentável”, em sua área de atuação como pesquisador, que considera ter maior efetividade na redução dos impactos ambientais?

Prof. Douglas Barreto: Na minha área de atuação os recursos hídricos, uso e consumo de água nas edificações, são muito efetivas, visto que a escassez de água pode provocar muitos impactos em vários aspectos, como segurança sanitária e mesmo a vida cotidiana nas cidades.

Prof. Erico Masiero: Não consigo classificar uma ou outra diretriz construtiva como a mais importante. Acredito que a busca pela sustentabilidade se dá de forma conjunta entre as diferentes áreas que envolvem um projeto. No caso do MC+S, há soluções construtivas diferenciadas, mas é importante também considerar que a arquitetura do edifício buscou se adequar as características de uso e apropriação dos espaços comuns pela população. Logo, ficou claro que não basta atuar somente para a redução do consumo de água ou economia de energia elétrica, é fundamental que os projetos para habitação de interesse social considerem as questões sociais, culturais e econômicas do contexto em que serão implantados.

Prof. Bernardo Arantes do Nascimento: Minha atuação referiu-se à gestão das águas e, neste sentido, considero que as soluções de conservação da água (economia de consumo) seriam as mais efetivas. Para o caso em questão, considero que soluções relacionadas ao esgotamento sanitário e ao manejo das águas pluviais teriam impacto menor.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: Propomos dois capítulos - um sobre a importância da gestão organizada e outro sobre o projeto do canteiro. Ambos são complementares.

Prof. Ricardo Siloto da Silva: Todas as soluções apresentadas buscaram esse objetivo. No entanto, podemos destacar aquelas vinculadas à eficiência energética.

Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha: Buscou-se sempre utilizar técnicas que gerassem o mínimo de consumo de água, emissão de CO2 e extração de recursos minerais.

3. Se o projeto estivesse em desenvolvimento hoje, teria algo que alterar ou acrescentar?

Prof. Douglas Barreto: Do meu ponto de vista o Projeto elaborado foi um marco na área de Sustentabilidade em HIS, e nada a alterar.

Prof. Erico Masiero: Sim, creio que as áreas externas poderiam ser mais bem preparadas para considerar usos além do lazer, como, por exemplo cooperativas de coletores de resíduos, centro comunitário, área para acolhimento de moradores de rua, locais para pets, locais para manutenção de veículos de trabalhadores de aplicativos, e áreas mais generosas para práticas esportivas. Algumas unidades habitacionais também poderiam ser mais flexíveis do ponto de vista da organização espacial, de modo a possibilitar a ocupação por famílias com formações mais diversas.

Prof. Bernardo Arantes do Nascimento: Não me ocorre nenhuma alteração ou acréscimo.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: Talvez citar documentos europeus que falam da economia circular, como:

<https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/sector/construction-buildings-and-infrastructure>

Prof. Ricardo Siloto da Silva: Conceitualmente não. Porém haveríamos de atualizar algumas das aplicações propostas.

Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha: Sim. O avanço de novas técnicas ajudaria a melhorar.

4. Houve o surgimento de novas técnicas projetuais sustentáveis, nos últimos 6 anos, que poderiam ser implementadas nas diretrizes de projeto?

Prof. Douglas Barreto: A principal técnica refere-se ao aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica nas habitações por meio de painéis fotovoltaicos, e que deveria ter um novo capítulo incluído só sobre este assunto.

Prof. Erico Masiero: Não acredito que houve muitos avanços em termos tecnológicos. O que ocorreu é que algumas tecnologias se tornaram mais

acessíveis, ou estão mais difundidas, como os painéis fotovoltaicos, os painéis de steel ou wood frame, as lâmpadas leds, os pré-fabricados de concreto, as esquadrias metálicas com isolamento ou as telhas termoacústicas. Estas tecnologias já existiam, mas em algumas situações, não foi possível aplicá-las totalmente devido aos elevados custos da época.

Prof. Bernardo Arantes do Nascimento: Pode ter havido, mas não tenho conhecimento.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: Que eu me lembre, não.

Prof. Ricardo Siloto da Silva: Certamente. Principalmente houve aprimoramento de diversas das técnicas propostas decorrente das avaliações feitas em aplicações das mesmas nesse período.

Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha: Sim.

5. Em sua opinião, quais seriam os principais fatores que dificultam a implantação de soluções com menor impacto ambiental nos empreendimentos habitacionais de interesse social?

Prof. Douglas Barreto: Como sempre há a necessidade de ampliação de subsídios para incorporação de técnicas sustentáveis em HIS, visto que sempre se procura o menor "preço" global da unidade no "curto prazo". Pouco se computa o "custo ambiental" da não inclusão de técnicas sustentáveis nos empreendimentos e sua contribuição para a minimização dos impactos ambientais em "longo prazo".

Prof. Erico Masiero: O custo para implantação de tecnologias mais sustentáveis é certamente um fator muito importante, mas a questão cultural ainda é predominante para a tomada de decisão por parte de projetistas, empreendedores e órgãos governamentais.

Prof. Bernardo Arantes do Nascimento: Desconhecimento pelos projetistas, soluções não padronizadas ou contempladas em documentos oficiais, histórico limitado do emprego das técnicas nas condições brasileiras.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: Convencer os gestores da importância da concepção dos EHIS considerando já os princípios de sustentabilidade.

Prof. Ricardo Siloto da Silva: A ausência de diretrizes institucionais claras nesse sentido bem como a falta de políticas públicas que incentivem o uso dessas técnicas.

Prof. Fernando Henrique Martins Portelinha: Vícios de projeto e execução. Relutância por parte do meio técnico em relação ao uso de novas técnicas.

6. Espaço para comentários e observações que considerem pertinentes.

Prof. Douglas Barreto: Uma sugestão seria uma revisita ao material, pelos autores, e fazer uma publicação pela Editora da UFSCar.

Prof. Erico Masiero: A ideia deste trabalho é muito interessante e nos faz refletir como as tecnologias sustentáveis vem sendo aplicadas. Ressalto que a aplicação de tecnologias construtivas não deve ser olhada de forma isolada do contexto.

Prof.^a Sheyla Mara Baptista Serra: Sucesso no TCC!

Prof. Ricardo Siloto da Silva: Todo conhecimento é resultado de um processo, contínuo ou não, que envolve a concepção, aplicação, avaliação e a revisão da concepção. O Projeto Minha Casa + Sustentável foi uma proposta governamental que visava agregar a efetiva sustentabilidade socioambiental nos programas de habitação de interesse social. Infelizmente foi interrompida na sua fase inicial com o golpe parlamentar que resultou na mudança radical das diretrizes então adotadas na política habitacional no Brasil. Torcemos para que políticas similares possam ser implementadas com o novo governo federal que se inicia em 2023.