



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
DECIV – Departamento de Engenharia Civil
PROPEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



**O USO DA TECNOLOGIA BIM NA INVESTIGAÇÃO DA MODULAÇÃO
ESTRUTURAL PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM ENCOSTAS**

Nathalia Lanna de Melo

Ouro Preto, Junho de 2016

Nathalia Lanna de Melo

**O USO DA TECNOLOGIA BIM NA INVESTIGAÇÃO DA MODULAÇÃO
ESTRUTURAL PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM ENCOSTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construções Metálicas

Orientadores: Prof. Dr. Henor Artur Souza,
Profa. Dra. Arlene Maria Cunha Sarmanho

Ouro Preto, Junho de 2016

M528u Melo, Nathalia.
O uso da tecnologia BIM na investigação da modulação estrutural para habitação de interesse social em encostas [manuscrito] / Nathalia Melo. - 2016.
86f.: il.: color; grafis; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur Souza.
Coorientadora: Profa. Dra. Arlene Maria Sarmanho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

1. Habitação popular. 2. Estruturas metálicas. 3. Construção modular. 4. Conforto termico. I. Souza, Henor Artur. II. Sarmanho, Arlene Maria. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 624.014:72

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estamos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho”

Dalai Lama

Agradecimentos

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao professor Henor, pela orientação, apoio e confiança.

**O USO DA TECNOLOGIA BIM NA INVESTIGAÇÃO DA
MODULAÇÃO ESTRUTURAL PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE
SOCIAL EM ENCOSTAS**

AUTORA: NATHÁLIA LANNA DE MELO

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 18 de março de 2016, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Ariete Maria Cunha Salmann, D.Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Honor Artur de Sá, D.Sc. – UFOP (Coorientador)



Prof. Guilherme Jorge Brigolini Silva, D.Sc. – UFOP



Prof. Alexandre Monteiro de Menezes, D.Sc. – UFMG

RESUMO

Esse trabalho propõe diretrizes para a elaboração de um projeto de habitação para população de baixa renda, situada em encostas e utilizando estrutura metálica. O desenvolvimento do trabalho tem como base o ambiente de *Building Information Modeling* (BIM), gerando algumas estratégias de projetos que visem a diminuição do consumo de energia e a obtenção do conforto ambiental. Avalia-se a metodologia BIM no processo de produção e a tecnologia do sistema modular na concepção de edifícios residenciais, assim como o desempenho térmico e a aplicabilidade desse sistema construtivo, buscando identificar seus aspectos positivos e relevantes desse e as dificuldades de sua implantação no Brasil. Tal avaliação se deu a partir de um projeto habitacional realizado, modelando-o dentro de um software escolhido com a interface BIM: o Revit Autodesk. A partir dessa modelagem foi possível traçar os requisitos básicos para o desenvolvimento de projetos dentro do software, introduzindo essa etapa no processo de desenvolvimento. Se na etapa de concepção arquitetônica os princípios do projeto forem incorporados, será permitido implantar sistemas passivos, de condicionamento térmico, minimizando os efeitos climáticos indesejáveis. Apresenta-se também uma análise térmica do projeto proposto utilizando-se o programa EnergyPlus apontando os impactos das decisões tomadas para uma habitação naturalmente ventilada, seguindo as diretrizes e recomendações da norma nacional de desempenho de edificações e em função do mapeamento bioclimático do país. Constatou-se que as unidades atendem ao nível mínimo de desempenho térmico na análise feita. Assim pode-se concluir que o BIM dentro do processo de projeto simultâneo é vantajoso desde que utilizado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos diferentes projetos, visto ser essa uma das principais causas pela qual os profissionais acabam não utilizando essa metodologia.

Palavras-chave: Habitação Popular, BIM, Estrutura Metálica, Construção Modular, Desempenho Térmico.

ABSTRACT

This research proposes guidelines for the preparation of a housing project for low-income population, located on slopes and using metal frame. The development work is based on Building Information Modeling Environment (BIM), generating new projects strategies aimed at reducing energy consumption and obtaining the environmental comfort. Assesses the BIM methodology in the production process and technology of the modular system in the design of residential buildings, as well as thermal performance and applicability of this construction system in order to identify its positive aspects and relevant this and the difficulties of its implementation in Brazil . Such an assessment is made from a housing project undertaken by modeling it within a chosen software with BIM interface: Autodesk Revit. From this modeling was possible to outline the basic requirements for development projects within the software by entering this step in the development process. If the architectural design stage of the design principles are incorporated, will be allowed to deploy passive systems, thermal conditioning, minimizing the undesirable climatic effects. It presents also a thermal analysis of the proposed project using the EnergyPlus program pointing out the impacts of decisions taken to a naturally ventilated housing, following the guidelines and recommendations of the national standard of building performance and function of bioclimatic mapping of the country. It was found that the units meet the minimum level of thermal performance in the review. Thus it can be concluded that BIM within the concurrent design process is advantageous since used by all professionals involved in the development of different projects, since this is one of the main causes for which the professionals end up not using this methodology.

Keywords: Social Housing, BIM, Steel Structure, Modular Construction, Thermal Performance.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1.Considerações iniciais | 15 |
| 1.2. Objetivo | 16 |
| 1.3. Justificativa | 16 |
| 1.4. Metodologia | 17 |
| 1.5. Estrutura do Trabalho | 17 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 19 |
| 2.1. Habitação Popular | 19 |
| 2.2. Habitação em encostas | 21 |
| 2.3. Construção Estruturada em Aço..... | 23 |
| 2.3.1. Modulação Estrutural..... | 26 |
| 2.4. Building Information Modeling (BIM) | 28 |
| 2.4.1. Definição da Tecnologia BIM..... | 29 |
| 2.4.2. Primeiros Modelos BIM | 30 |
| 2.4.1. O projeto arquitetônico | 31 |
| 2.4.2. Definição dos serviços tradicionais da arquitetura | 32 |
| 2.4.3. Produção de desenhos e documentos..... | 33 |
| 2.4.4. Benefícios do BIM | 33 |
| 2.4.5. Ferramentas BIM para projeto de arquitetura | 34 |
| 2.4.6. Autodesk Revit | 34 |
| 2.4.7. Projeto existente desenvolvido com o Revit | 37 |
| 2.4.8. BIM para profissionais | 39 |
| 2.4.9. BIM para construção civil..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 2.4.10. Integração projeto-construção..... | 42 |
| 2.4.11. Considerações na adoção para a prática de projeto | 43 |
| 2.4.12. Justificativas para o BIM | 43 |
| 2.5. Desempenho Térmico | 43 |
| 2.5.1 BIM e Desempenho Térmico | 44 |
| 2.5.2. A Norma de Desempenho NBR 15.575..... | 44 |
| 2.5.3. A Biblioteca do MDIC | 45 |
| 2.5.4. Diretrizes para a Criação da Biblioteca de Componentes BIM | 46 |
| 2.6. Conforto ambiental | 47 |
| 2.7. Conforto térmico..... | 48 |
| 2.8. Desempenho e conforto térmico..... | 49 |
| 2.8.1. Condições de conforto no verão | 55 |
| 2.8.2. Condições de conforto no inverno | 56 |
| 2.8.3 Isolação térmica da cobertura | 56 |
| 2.8.4. Adequação de paredes externas..... | 57 |
| 2.8.5. Ventilação dos ambientes internos à habitação..... | 57 |
| 2.8.6. Sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas..... | 58 |
| 2.9. Simulação numérica..... | 58 |
| 2.9.1. Etapas da simulação numérica..... | 59 |
| 3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO..... | 60 |
| 3.1. Metodologia adotada | 60 |
| 3.2. Modelo proposto..... | 61 |
| 3.3. O projeto arquitetônico..... | 64 |
| 3.4. Análise térmica do projeto proposto..... | 69 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Parâmetros da simulação numérica | 69 |
| 3.5.1. Caracterização da edificação e seu perfil de ocupação | 69 |
| 3.5.2. Caracterização e configuração dos fechamentos | 70 |
| 3.5.3. Caracterização das condições climáticas | 70 |
| 3.6. Parâmetros gerais da simulação..... | 72 |
| 3.7. Resultados e Análises | 74 |
| 3.8. Avaliação do sombreamento..... | 75 |
| 3.9. Avaliação da absorvância..... | 77 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 79 |
| REFERÊNCIAS | 81 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 2-1: Projeto Habitat – Autor: Moshe Safdie | 22 |
| Figura 2-2: Israel Habitat – Autor: Moshe Safdie..... | 23 |
| Figura 2-3: Projeto: Metron (1969)..... | 23 |
| Figura 2-4: Eixo Pilares – Modulação Estrutural no Revit..... | 27 |
| Figura 2-5: Projeto simultâneo através da plataforma BIM..... | 29 |
| Figura 2-6: Layout do software Autodesk Revit..... | 35 |
| Figura 2-7: Vista aérea do conjunto | 37 |
| Figura 2-8: Projeto do conjunto no software Revit..... | 38 |
| Figura 2-9: Planta do conjunto | 38 |
| Figura 2-10: Simulação da insolação | 39 |
| Figura 2-11: Alguns parâmetros disponíveis no componente modelo parede de alvenaria com isolamento térmico (Revit)..... | 46 |
| Figura 2-12: Planta Apartamento | 49 |
| Figura 2-13: Ventilação natural: (a) cruzada (b) unilateral..... | 51 |
| Figura 2-14: Modelo de iluminação natural | 51 |
| Figura 2-15: Proteção externa e interna..... | 51 |
| Figura 2-16: Zoneamento Bioclimático Brasileiro | 52 |
| Figura 3-1: Pilar Metálico W 150x22,5 (H)..... | 65 |
| Figura 3-2: Alvenarias comuns..... | 65 |
| Figura 3-3: Projeto arquitetônico | 67 |
| Figura 3-4: Planta Apartamento | 70 |

Lista de Tabelas e Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 2-1: Vantagens da construção em aço (continua) | 24 |
| Quadro 3-1: Análise de pós-ocupação - conflitos recorrentes apontados pelos moradores | 60 |
| Quadro 3-2: O Projeto Arquitetônico (continua)..... | 62 |
| Quadro 3-3: O Projeto Arquitetônico (conclusão)..... | 63 |
| Tabela 3-1 Dimensões do pilar | 65 |
| Tabela 3-2: Descrição das portas..... | 66 |
| Tabela 3-3: Descrição das janelas | 66 |
| Tabela 3-4: Descrição dos acabamentos | 66 |
| Tabela 3-5 - Descrição dos acabamentos | 70 |
| Tabela 3-6: Zonas bioclimáticas..... | 72 |
| Tabela 3-7: Dados de dias típicos de verão | 73 |
| Tabela 3-8: Dados de dias típicos de inverno | 73 |
| Tabela 3-9: Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno, fechamento em bloco cimentício, sem sombreamento..... | 74 |
| Tabela 3-10: Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de verão, fechamento em bloco cimentício, sem sombreamento..... | 75 |

Lista de Gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 3-1: São Paulo - Inverno - $\alpha = 0,3$ - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cimentício, zona térmica quarto..... | 76 |
| Gráfico 3-2: São Paulo - Verão - $\alpha = 0,3$ - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cimentício, zona térmica sala | 76 |
| Gráfico 3-3: São Paulo Inverno 1 Renovação Sala - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cerâmico, taxa de renovação 1 ren/h sem sombreamento, zona térmica sala | 77 |
| Gráfico 3-4: São Paulo Verão 1 Renovação Sala - Evolução temporal da temperatura na superfície interna e ambiente externo – Fechamento em bloco cerâmico, taxa de renovação 1 ren/h sem sombreamento, zona térmica sala..... | 78 |
| Gráfico 3-5: Simulação com brises..... | 78 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O uso da estrutura metálica como tecnologia construtiva surgiu em meados do século XVIII, e no Brasil, sua utilização iniciou-se na segunda metade do século XIX, com o ferro fundido, e expandiu-se até os dias atuais, com o uso do aço. Dentre as utilizações realizadas, ocorreram também experiências em habitações de interesse social, algumas desenvolvidas pelas próprias empresas siderúrgicas.

Devido ao grande déficit habitacional do país, o setor de construção habitacional deve buscar soluções tecnológicas que melhorem sua qualidade e diminua seus custos em todas as fases do processo de produção a fim de atender sua demanda.

A construção metálica está atravessando um período de grande expansão no Brasil. Desde os anos oitenta tem-se tido a oportunidade de vivenciar o crescimento do mercado de estruturas em aço. Aquilo que parecia ser um modismo, configura-se hoje uma solução técnica viável, apresentando resultados expressivos de qualidade e baixo custo para investidores e construtores.

Novos investimentos em aços específicos para a engenharia e arquitetura estão sendo produzidos pelas siderúrgicas. Com maiores resistências mecânicas, à corrosão atmosférica e melhor aderência à pintura, vêm ajudando arquitetos e calculistas a solucionar projetos ousados e econômicos.

Esses investimentos têm difundido a tecnologia da estrutura em aço como uma opção competitiva em relação a outros processos construtivos. Percebe-se hoje sua aplicação em edificações de todo tipo e de todo porte nas mais distantes e diversas regiões.

A utilização da estrutura em aço pode ser utilizada como componente de sistemas construtivos (por exemplo: "*Steel Frame*"), ou como elemento estrutural na função de pilar, viga, laje ou estrutura de cobertura.

Quando utilizada como pilar, viga, laje ou estrutura de cobertura, pode-se afirmar que a tecnologia disponível já é de domínio do setor de construção civil e deve ser entendida dentro do conceito de construção convencional, inclusive com possibilidade de expansão e substituição de componentes.

Na tentativa de descobrir as razões de tantos problemas com relação ao espaço interno das unidades, bem como do sistema construtivo em aço, surgiu o interesse em estudar de forma mais organizada e aprofundada os problemas existentes.

Existem inúmeras pesquisas sobre edificações estruturadas em aço, tais como as desenvolvidas por Bandeira e Caiado, suas patologias e o desconhecimento de manutenção pelo usuário, mas poucas relacionadas a habitação de interesse social, sendo imprescindível um aprofundamento de avaliações de desempenho dessas edificações, assim como o uso do BIM, que aprimoram a racionalização do projeto, facilitando a sua execução.

O emprego da tecnologia industrializada propicia ganhos de prazos e de qualidade, e acabou por se tornar uma alternativa a ser considerada para obras de habitações sociais. Dessa forma, esse projeto investiga a utilização da estrutura de aço nesse tipo de edificação associada ao uso da plataforma BIM.

1.2. Objetivo

Avaliar a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) no processo de projeto simultâneo, buscando identificar os aspectos positivos e relevantes desse sistema e as dificuldades de sua implantação na construção civil, tomando como base a proposta de um projeto habitacional de interesse social, situado em uma encosta. Apresenta-se também uma análise térmica do projeto proposto.

1.3. Justificativa

Tendo em vista a necessidade de suprir o déficit habitacional no Brasil, esse trabalho consiste em uma investigação acerca do desempenho de construções metálicas com fins habitacionais destinados à população de baixa renda.

Em busca do desenvolvimento de soluções inovadoras em tecnologia da informação aplicada à construção e arquitetura, o uso da estrutura metálica como uma alternativa para a habitação de interesse social se constitui uma realidade. As principais empresas siderúrgicas brasileiras desenvolvem projetos habitacionais com métodos construtivos industrializados, que, em sua maioria, são vendidos em kits. Alguns desses sistemas estão sendo utilizados em empreendimentos da Companhia Habitacional (COHAB) no país.

A estrutura de aço, portanto, que propicia a industrialização do processo construtivo, visa a melhoria da qualidade e produtividade do segmento da habitação de interesse social, gerando ganhos de prazos e de qualidade, tornando-se uma alternativa a ser considerada para esse segmento de obra.

Acredita-se portanto, que o tema aqui proposto se justifique pela pertinência do estudo das potencialidades do uso da estrutura metálica de perfis leves em edificações de pequeno e médio porte, bem como a avaliação do conforto térmico, e a possibilidade de união de um

processo industrializado com a autoconstrução de edificações destinadas à habitação popular, associado ao uso da plataforma BIM, que visa o projeto simultâneo.

1.4. Metodologia

Aborda-se o tema a partir do desenvolvimento de projetos de habitações populares voltados para a demanda do Programa "Minha Casa Minha Vida" do governo federal.

Essa pesquisa se inicia a partir de uma revisão bibliográfica sucinta sobre o aço, sua aplicação em construções para população de baixa renda, bem como dos fatores que influenciam o consumo do aço no setor habitacional, no intuito de observar a situação brasileira. São apresentados dados técnicos sobre o material e os componentes estruturais, levantando também suas vantagens na construção civil.

Posteriormente é feito um treinamento do software Revit Autodesk para modelagem, bem como a compreensão do programa habitacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV) identificando os requisitos deste para a aplicação da plataforma BIM. Essa etapa consiste em aplicar as soluções do projeto proposto com o uso do modelo BIM, identificando os perfis existentes. Faz-se um projeto específico desenvolvido para atendimento a construção habitacional de baixo custo em encosta, mostrando desde a idealização do projeto até as principais características arquitetônicas e estruturais bem como detalhes técnicos considerados e normas aplicadas.

Após essa etapa avalia-se o desempenho do sistema construtivo proposto como um todo, assim como a análise térmica do projeto, alinhado sempre a eficiência metálica para o projeto específico desenvolvido, que é o objetivo deste estudo.

Ao final reuni-se todos os dados levantados e, faz-se uma análise crítica sobre eles. Faz-se um diagnóstico das informações obtidas, com o intuito de ressaltar a real viabilidade do uso do aço na habitação social em encosta com o uso do software Autodesk Revit.

1.5. Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está organizada em seis partes: introdução, referencial teórico, desenvolvimento, o projeto arquitetônico, análise térmica do projeto e conclusões.

O segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica deste trabalho, expondo conceitos e a situação da habitação destinada a população de baixa renda assim como as tecnologias adotadas, dando enfoque a construção estruturada em aço para o programa habitacional Minha Casa, Minha Vida e o fator custo na habitação. É contextualizado o processo de projeto para habitação popular, as etapas do desenvolvimento, inserindo a compatibilização como uma etapa a mais nesse processo. São abordados os modelos de compatibilização tradicional, bem como dificuldades e sugestões para otimização dessa etapa.

Ainda no segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre Conforto Ambiental, assim como as diretrizes e recomendações da norma nacional de desempenho de edificações e da norma internacional de conforto térmico.

A tecnologia BIM também é referenciada no segundo capítulo e introduzida no processo de projeto simultâneo, apresentando-se um histórico do desenvolvimento dessa tecnologia e seu método de trabalho, avaliando como isso afetou a estrutura atual da produção de projetos.

O terceiro capítulo refere-se ao desenvolvimento deste trabalho detalhando o projeto arquitetônico desenvolvido. Optou-se por 4 tipologias diferentes de modo atender a vários perfis de usuários, permitindo a possibilidade de ampliação da unidade habitacional.

Faz-se ainda as especificações dos materiais adotados no projeto desenvolvido neste trabalho conforme o programa Minha Casa, Minha Vida.

O quarto capítulo refere-se a análise térmica feita no projeto com a utilização do software EnergyPlus. Para isto foi especificado os materiais utilizados para caracterização e configuração dos fechamentos afim de gerar uma simulação numérica. A simulação foi realizada considerando a cidade de São Paulo, pois encontra-se na mesma zona bioclimática que a cidade de Belo Horizonte, onde de fato o conjunto habitacional em estudo foi projetado.

O quinto capítulo é referente às considerações finais alcançadas com o desenvolvimento do estudo, sendo apresentadas as conclusões principais e as perspectivas para o desenvolvimento de projetos no futuro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Habitação Popular

Para atender a crise habitacional na cidade industrial, a moradia popular surge como forma de suprir tal necessidade e também como forma de controle do operariado (KAAP, 2005).

Somente após a crise do capitalismo industrial, o papel do arquiteto se destaca ao se tornarem encarregados da produção habitacional em série, dando assim importância para tal fabricação, uma vez que esta torna-se vantajosa ao estimular o consumo e a otimizar a produção (MARTUCCI, 2005).

Isso ocorreu no movimento moderno em que o desenho e a produção de habitação foram integralmente revistos. No entanto, os arquitetos desse movimento previram uma habitação modelo padrão, que correspondia a “habitação para todos”, mas aos poucos foi sendo desconsiderada pela lógica capitalista dos empresários da construção, que preferiram apropriar-se apenas de construções economicamente rentáveis (KAAP, 2005).

No movimento moderno, alguns autores propuseram habitações populares flexíveis, porém foram soluções predeterminadas, o que implicou em um repertório pouco funcional e previsível (MARTUCCI, 2005).

O fato de uma obra ser modificada ao longo do tempo, não tira sua legitimidade, uma vez que o espaço comum não é tão duradouro quanto os monumentos. Deve-se quebrar esse paradigma de que a moradia, vista pelos usuários como uma obra, não poderá sofrer modificações conforme suas necessidades e desejos. Para muitos arquitetos, a profissão gira em torno de uma obra que não poderá ser alterada, mantendo assim sua qualidade (KAAP, 2005).

Porém, devido à atual diversidade de hábitos e modos de vida da população, a habitação está passando por grandes transformações. Tais diversidades de hábitos é fruto das transformações dos paradigmas culturais e sociais, decorrentes dos modos de vida experimentados pela contemporaneidade (ORCIUOLI, 2002).

Diante de uma instabilidade social e de uma inovação tecnológica, é preciso questionar os processos construtivos convencionais, uma vez que seria essencial pensar na habitação como um sistema mais adaptável a mudanças. Talvez uma arquitetura mais dinâmica, onde o aspecto físico consiga mudar rapidamente, respondendo imediatamente a cada nova necessidade específica por parte de cada usuário.

Se antes, no movimento moderno, a habitação era vista somente para servir como descanso, para o homem, hoje a arquitetura aposta na fusão das funções (comércio, serviço, habitação e lazer), ou seja, uma habitação tornou-se um lugar mais produtivo e interativo. E devido às essas evoluções, o trabalho vem tomando seu lugar dentro do espaço da habitação (ALMEIDA, 2007).

Outro fator que contribui para tal fenômeno é a ascensão da mulher no mercado de trabalho contribuindo assim para novas relações sociais e relações conjugais: casais com relações menos duradouras, mais instáveis e com poucos filhos. Se as relações mudam, não faz sentido o projeto arquitetônico habitacional permanecer rígido, uma vez que não consegue acompanhar as mudanças e necessidades para cada fase da vida. Lembrando que as mudanças são constantes e imprevistas (ORCIUOLI, 2002).

Não basta querer substituir um sistema construtivo por outro, sem que haja outras mudanças. O conhecimento técnico do arquiteto passa a ser fundamental, uma vez que este pode tirar proveito dessa situação para poder desenvolver projetos diferenciados.

A pré-fabricação pode ser uma alternativa de um sistema construtivo, oferecendo maior autonomia para o usuário, onde este poderá modificar o espaço à medida em que suas necessidades forem se alterando. Ainda assim são formados programas muito rígidos e predeterminados, pois quando a flexibilidade se dá pelas possibilidades de expansão do espaço, são projetados baseados em hipóteses e previsões.

É importante levar em conta, na escolha do sistema construtivo escolhido, se este é adaptável a outros, já que não se pode limitar as possibilidades do usuário.

A condição adaptativa do espaço é resultado da aplicação de estratégias projetuais tais como por alteração na configuração espacial, por alteração dos limites, seja ele no sentido vertical ou horizontal, por adaptação do espaço a vários usos e pela variedade tipológica (KAAP, 2005).

Essa flexibilidade do projeto pode ser entendida como a capacidade do espaço físico se adaptar ao processo dinâmico em função do usuário e suas necessidades e desejos mutantes, facilitando uma reestruturação de espaços domésticos em soluções não convencionais (KAAP, 2005).

Cada usuário é único, por isso é inviável um programa de necessidades exclusivo para cada morador onde pudesse atender a todos os gostos, e em cima disso fazer um projeto que consiga atender a maioria. Até mesmo porque nem sempre o programa de necessidades coincide com o resultado final. O projeto ideal seria uma arquitetura comum, onde cada morador configure o próprio espaço, podendo ser adaptado para cada

necessidade específica, ou da maneira que achar mais adequado. A forma da moradia então, seria o resultado das distintas funções em um mesmo dia, concebendo um máximo possível de usos, devido à muitas de nossas atividades serem executadas simultaneamente (ORCIUOLI, 2002).

Tendo em vista que, quando é proposto uma habitação sem layout, há incômodo nas pessoas, levando a crer que soluções propostas muitas vezes como espaços flexíveis não seria somente os tais “andares corridos”, permitindo que o morador faça as suas alterações (KAAP, 2005).

Grandes vãos, com muitos metros quadrados, geram espaços vazios uma grande parte do tempo. A arquitetura pode criar espaços que se constroem constantemente, sem que se necessite de derrubar paredes nem tetos. Seriam projetos em que o morador pudesse interagir com os objetos da casa (KAAP, 2005).

Diante desse novo pensamento construtivo, o conhecimento de arquitetura precisa se tornar útil, lembrando que essa arquitetura livre não ameaça a profissão, mas é necessário uma conscientização de que a maneira de projetar deve ser modificada, contribuindo assim para tais intervenções ditas como constantes.

2.2. Habitação em encostas

Encostas são regiões problemáticas, principalmente em época de chuvas, onde infelizmente acabam acontecendo alguns desastres como os deslizamentos. Porém, segundo Farah (2003), é possível construir em encostas, desde que elas estejam dentro dos padrões técnicos adequados, ou seja, que a habitação do local não cause riscos ou danifique o ambiente.

Por uma questão de preconceito e/ ou falta de conhecimento dos processos construtivos, parece que alguns engenheiros e arquitetos acabam optando por sistemas tradicionais, como a alvenaria convencional, sem ao menos avaliar as condições naturais do terreno e não avaliam as necessidades de adaptação deste terreno para determinados projetos. Muitas vezes quando se tem um terreno acidentado, são feitos movimentos de terra na tentativa de deixá-lo plano. Segundo Farah (2003), o ideal seria a adaptação do projeto às encostas.

Farah (2003) afirma que faltam verba e soluções de projeto adequadas para as encostas. O autor traça também um panorama histórico bem como a situação atual das cidades. É explicado a razão pelo qual é priorizado os terrenos planos e por isso a desvalorização das implantações em encostas.

Desde o século XIX, cidades como Belo Horizonte eram ocupadas por donos de fazendas, e os empregados, sem opção se instalaram nas regiões mais afastadas, onde os terrenos eram mais acidentados. A história mostra que os menos beneficiados já não tinham oportunidades, e que a cidade ideal deveria ser plana. Infelizmente até hoje, se depara com uma legislação urbanística e soluções habitacionais favorecendo somente os terrenos planos, mesmo com a modernização das cidades, uma vez que a população de baixa renda, acaba sendo excluída dessas áreas, os obrigando a ocupar áreas menos favorecidas, como as encostas.

Por meio de análises de um levantamento sistemático, Farah (2003) contribui para uma inovação efetiva, demonstrando a incoerência de leis e hábitos que não garantem boas soluções de implantação, assim como a ocupação irregular, fazendo necessário de intervenções ainda mais dispendiosas. O autor aponta a necessidade de tipologias adequadas a terrenos íngremes, e a partir dessa análise, pensa que tais tipologias deveriam também atender às necessidades de intervenções feitas pelos próprios moradores, assim como a valorização no projeto de vantagens específicas das condições de encostas, tais como a possibilidade de escalonamento e uso das coberturas, como área de lazer e até mesmo a possibilidade de expansão.

Farah (2003) apresenta ainda possibilidades de projeto de vários autores tais como Moshe Safdie (figuras 2.1 e 2.2), Deilmann, Kirschenmann e Pfeifer.

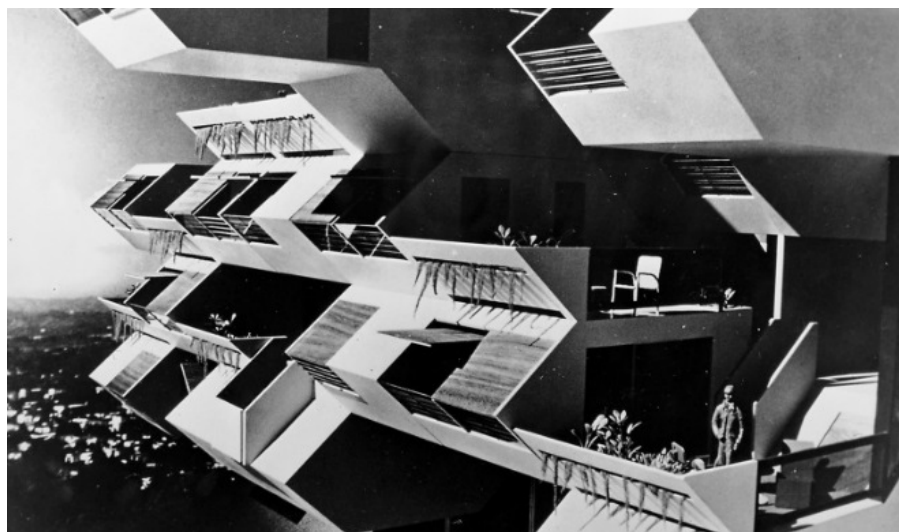


Figura 2-1: Projeto Habitat – Autor: Moshe Safdie
Fonte: GIUDICE, 2014



Figura 2-2: Israel Habitat – Autor: Moshe Safdie
Fonte: CUCCHIARO, 2015

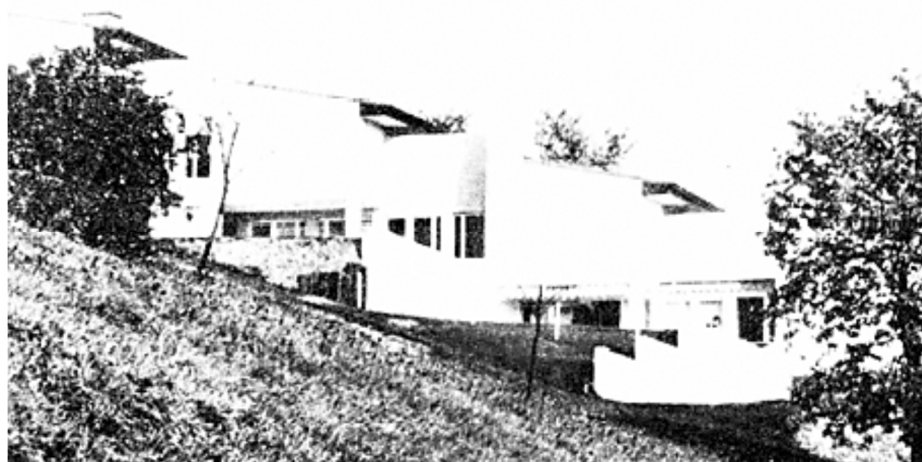


Figura 2-3: Projeto: Metron (1969).
Fonte: DEILLMANN, KIRSCHENMANN, PFEIFFER, 1980

Observa-se na maioria, o uso do escalonamento, pés-direitos variados, níveis diferenciados, mas não fazem o uso do aproveitamento das coberturas. O autor afirma que tais projetos não são considerados perfeitos, mas sim, soluções próximas de um ideal.

2.3. Construção Estruturada em Aço

Diante do cenário do déficit habitacional, frente à competitividade produtiva, torna-se imprescindível o uso de técnicas e processos construtivos racionalizados, buscando uma maior economia, aplicabilidade, rapidez e qualidade, de forma a dinamizar a produção de habitação de interesse social.

Existem inúmeras pesquisas que apontam a viabilidade da estrutura metálica na construção de habitações de interesse social, uma vez que esse sistema apresenta um custo competitivo, ainda com a vantagem de ser o aço um material que oferece diversas vantagens para suprir as crescentes preocupações relacionadas à rapidez de construção, confiabilidade estrutural, a possibilidade de padronização de elementos construtivos, o que proporciona um menor custo do empreendimento e preservação do meio ambiente, dentre outras vantagens. (Quadro 2.1)

O aço pode ser uma boa solução para habitações do ponto de vista social e econômico, por se tratar de um processo tecnológico que se propõe a aperfeiçoar sistemas como a qualidade do produto final a custos reduzidos, mas esse tipo de sistema construtivo necessita ainda de avaliações para que possa trazer soluções e gerar novas possibilidades de edificações.

Quadro 2-1: Vantagens da construção em aço (continua)

| | |
|---|---|
| Menor tempo de execução | A estrutura metálica é projetada para fabricação industrial e seriada, de preferência, levando a um menor tempo de fabricação e montagem. |
| Maior confiabilidade | Devido ao fato do material ser único e homogêneo, com limites de escoamento e ruptura e módulo de elasticidade bem definidos, além de ser uma estrutura fabricada e montada por profissionais qualificados. |
| Maior limpeza de obra | Devido à ausência de entulhos, como escoramento e fôrmas. |
| Maior facilidade de transporte e manuseio | Em função da maior resistência do material, as peças de aço são menores, com menor peso relativo, facilitando assim o carregamento, transporte e manipulação. |
| Maior facilidade de ampliação | É bastante frequente a necessidade de ampliação de estruturas industriais, ocasião em que a expansão deve ser executada sem interferir nas outras atividades: isto só é possível devido à precisão e menores dimensões das peças e à fabricação fora do local da obra. |
| Maior facilidade de montagem | Sendo a estrutura de aço feita em regime de fabricação industrial, a equipe montadora já recebe as peças nos tamanhos definidos, com as extremidades preparadas para soldagem ou parafusamento durante a montagem; esta é rápida e eficiente, feita com mão de obra qualificada e equipamentos leves. |

| Quadro 2-1: Vantagens da construção em aço (conclusão) | |
|---|---|
| Facilidade de desmontagem e reaproveitamento | A estrutura de aço tem a seu crédito o valor residual que não é perdido com a execução da obra, pois ela pode ser desmontada e transferida para outro local sem maiores problemas. |
| Facilidade de vencer grandes vãos | A maior resistência do aço, conduz à melhoria das condições para vencer grandes vãos, com menores dimensões das peças e menores pesos. |
| Precisão das dimensões dos componentes estruturais | Como a fabricação obedece a rigorosas especificações dimensionais, pode-se encomendar todos os acessórios antecipadamente, sejam portas, janelas, basculantes e outros. Menores são também os gastos com alvenarias e argamassas; no caso de prédios, após a montagem da estrutura, ela está totalmente nivelada e aprumada, o que serve de guia para as demais etapas. |
| Maior facilidade de reforço | Quando houver necessidade de aumento de carga, a estrutura pode ser facilmente reforçada, em alguns casos com a colocação apenas de uma chapa numa viga ou coluna. |
| Resistência à corrosão | O aço apresenta excelente resistência à corrosão atmosférica desde que determinados cuidados sejam tomados. Para melhorar ainda mais a resistência do aço à corrosão, protege-se a estrutura com pintura e/ou galvanização; pode-se ainda trabalhar com aços de alta resistência a corrosão atmosférica, que são capazes de durar quatro vezes mais que os aços comuns. |
| Redução da carga nas fundações | A grande consequência da alta resistência do aço aos esforços de tração, compressão e cisalhamento é o enorme alívio de cargas para as fundações. As estruturas em aço são cerca de seis vezes menos pesadas que as estruturas em concreto. |
| Menores dimensões das peças | A elevada resistência das peças executadas em aço leva automaticamente, a menores dimensões. No caso de colunas, obtêm-se maior área útil e menores pesos; no de vigas, menores alturas (metade das do concreto) e menores pesos. |

Fonte: METÁLICA, 2015.

2.3.1. Modulação Estrutural

“A coordenação modular consiste num sistema capaz de ordenar e racionalizar desenvolvimento do projeto até o produto final” (PENTEADO, 1980). Esta ordenação e racionalização se deve, principalmente, pela adoção de uma medida de referência, chamada módulo. A utilização do sistema modular parte do princípio que o projeto de arquitetura é a base que possibilita por meio da racionalização, maior economia e melhor qualidade no produto final.

Em projetos de execução em grande escala, a padronização de medidas torna-se obrigatória. A sua utilização é mais frequente em obras de grande porte e que requerem um método construtivo rápido e racionalizado. É o caso, por exemplo, de obras institucionais, hospitais, conjuntos habitacionais e edifícios industriais.

A teoria da modulação não é algo novo. É muito anterior a revolução industrial a ideia de produção em série. A simples adoção de um sistema de medidas coerente se constitui num passo para a coordenação modular. Porém o módulo aparece em épocas recentes ligado à industrialização. A demonstração mais evidente de aplicação desse conceito data da Europa da época posterior à guerra, período de grande demanda habitacional (ARGENTINA, 1977).

A concepção do projeto arquitetônico em estruturas metálicas está centralizada na modulação da edificação (figura. 2.4), em função das dimensões de produção de perfis, racionalizando os meios de produção. O arquiteto trabalha sobre a modulação fazendo com que as peças da estrutura se encaixem, permitindo maior número de peças repetidas possível. A soma total das peças deve ser um número tal que contenha múltiplos do módulo relacionado à chapa padrão.

A modulação arquitetônica evita interferências e permite maior integração com os demais componentes da construção, porém, a modulação nem sempre é possível em todas as peças que compõem uma edificação.

A solução de projetos integrados como o arquitetônico, civil e complementares, racionaliza o processo do projeto e construção, e simplifica os processos de fabricação-montagem e acabamento, torna os custos compatíveis com soluções propostas e contribui para atingir objetivos propostos para a utilização do aço na construção.

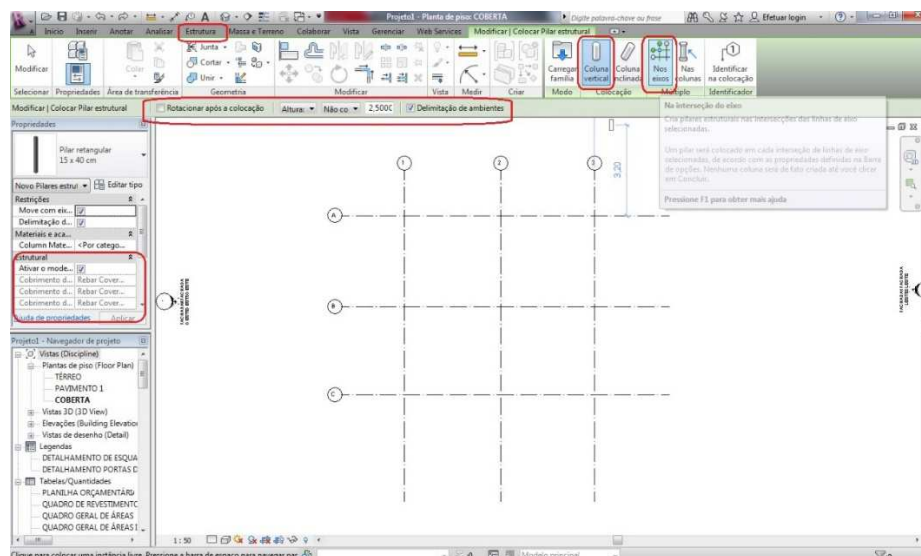


Figura 2-4: Eixo Pilares – Modulação Estrutural no Revit
Fonte: BORGES, 2013

A opção por um sistema modulado em estruturas metálicas visa as vantagens expostas deste tipo específico de construção, como por exemplo racionalização do processo projetual, já que estabelece uma padronização das medidas aplicáveis aos componentes e ao projeto como um todo, além de facilitar e flexibilizar a combinação dessas medidas (ARGENTINA, 1977).

A adequação às características da construção civil aos processos de produção industrial, proporciona maior produtividade da mão de obra, reduz prazos de execução da obra e melhora o entrosamento entre projetistas, fabricantes de materiais e executores da obra pela adoção de parâmetros comuns, facilitando a coordenação do projeto e a manutenção do edifício.

A estrutura metálica mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc. (GONZALEZ, 2003)

Como uma desvantagem, pode-se apontar a necessidade de especialização da mão de obra, o que nem sempre existe em disponibilidade no mercado a um preço competitivo. Porém, o sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais convencionais (tijolos e blocos, lajes moldadas in loco) até componentes pré-fabricados (lajes e painéis de concreto, painéis "dry-wall", etc). (GONZALEZ, 2003)

2.4. Building Information Modeling (BIM)

O déficit habitacional brasileiro é cada vez maior e os sistemas construtivos utilizados para diminuir a carência de moradias, em sua grande maioria, são lentos e constituídos de forma artesanal. Além disso, o difícil gerenciamento dos projetos envolvidos na construção (arquitetônico, estrutural, elétrico, entre outros), elaborados em diferentes softwares, e a complexa gestão das obras, retarda a execução das construções, dificultando a solução do problema habitacional.

Na área de projeto, um dos conceitos que está ganhando destaque é o de Building Information Modeling (BIM). Os sistemas construtivos pré-fabricados e industrializados que utilizam o aço, quando projetados com esta plataforma, permitem um maior planejamento, partindo do projeto até a fase de execução da obra.

Um dos objetivos do BIM é tornar mais eficiente a cooperação entre as partes interessadas no processo de desenvolvimento do produto. Isto é conseguido a partir do armazenamento de relevantes informações em cada etapa do processo de projeto.

O sistema construtivo estruturado em aço facilita a execução do planejamento da obra, mas exige para seu completo êxito, que se inicie as obras com todas as soluções já determinadas, evitando-se os improvisos, correções e os prováveis desperdícios decorrentes desses. Por meio da plataforma BIM, é possível evitar tais improvisações de canteiro a fazer e não existirão mais as justificativas entre o orçado e o realizado. Outro fator que contribui para reduzir substancialmente a dispersão orçamentária é o fato das estruturas em aço serem entregues ao construtor, montadas e já com preço definido.

O arquiteto e o engenheiro civil trabalhando em equipe, utilizando aços específicos para construção de edifícios, minimizam perdas nos cortes, otimizam custos, tornando-os compatíveis com o objetivo proposto: desenvolver o uso do aço.

A plataforma BIM, permite que informações tais como estimativa de custos, simulação de consumo de energia, iluminação natural etc sejam utilizados para integrar as informações de projetos, planejamento e gerenciamento de obras, análises estruturais, automatizando os processos e resultando dessa forma em um produto de maior qualidade e confiabilidade.

O BIM também serve para projetos de habitação popular porque, embora tecnicamente menos complexas, essas obras precisam ter o projeto muito otimizado, para que se possa ter ganhos de escala na execução repetitiva de centenas ou milhares de habitações com o mesmo projeto.

O BIM dentro do processo de projeto simultâneo (figura. 2.5) é vantajoso desde que utilizado por todos os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos diferentes projetos, visto ser essa uma das principais causas pela qual os profissionais acabam não utilizando essa metodologia. Infelizmente com o alto custo de implantação dos softwares e treinamento especializado, a falta de interesse de muitas empresas, como escritórios de arquitetura e construtoras, torna-se um empecilho para investir uma necessidade em novas tecnologias.

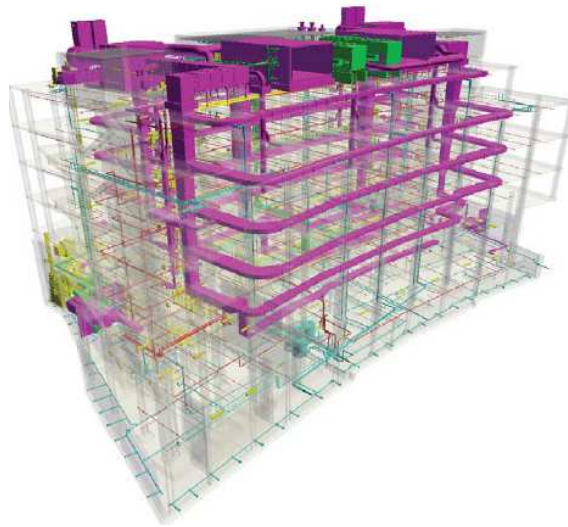


Figura 2-5: Projeto simultâneo através da plataforma BIM
Fonte: WITTE, 2011

O uso do BIM requer da equipe de projeto uma integração muito diferente da que ocorre nos moldes tradicionais. A conformação da equipe influenciará diretamente nos resultados finais obtidos, tornando-se essencial um efetivo gerenciamento dos recursos humanos a fim de se obter um resultado satisfatório com o uso da ferramenta (KYMMEEL, 2008).

2.4.1. Definição da Tecnologia BIM

O conceito BIM envolve TECNOLOGIAS e PROCESSOS cujo objetivo é desenvolver uma prática de projeto integrada, na qual todos os participantes convirjam seus esforços para a construção de um MODELO ÚNICO da edificação.

(EASTMAN et al., 2014)

Segundo Eastman et al. (2014), a definição da tecnologia BIM está sujeita a variações e confusões devido à complexidade. Dessa forma, os autores listam algumas características que não definem tal tecnologia, que são os seguintes tipos de modelos:

- Modelos que só contêm dados 3D, sem atributos de objetos.
- Modelos sem suporte para comportamento.
- Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção.
- Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.

2.4.2. Primeiros Modelos BIM

Segundo Manzione (2014), em 2003 nos Estados Unidos a General Services Administration (GSA) por meio do seu serviço de edifícios públicos criou o programa nacional denominado 3D-4D-BIM Program. Em 2006 a GSA decretou que os novos edifícios públicos projetados deveriam utilizar o BIM na fase de projetos. Segundo o *SmartMarket Report* de 2012 a utilização do BIM nos Estados Unidos saltou de 40% em 2009 para 71% em 2012.

Singapura implementou o Sistema de aprovação de projetos mais rápido do mundo. O sistema foi implementado em 2008 pela *Construction Authority* (BCA) e funciona através de um portal eletrônico para recebimento dos modelos BIM. Com o sistema mais de 200 projetos já tiveram suas aprovações feitas num prazo atual de 26 dias e a meta para 2015 é reduzir esse prazo para 10 dias. O objetivo do BCA é obter 80% dos projetos em BIM até 2015 (MANZIONE, 2014).

Com o objetivo de reduzir em 20% o custo dos projetos de construção do governo e reduzir a intensidade da emissão de carbono, o Reino Unido tem realizado várias iniciativas ao longo de um período de 5 anos, e exigindo BIM Nível 2 (modelagem e interoperabilidade) até 2016. O objetivo é incentivar a indústria a participar desse esforço e posicionar-se para se tornar um líder mundial em BIM, focando inicialmente na poupança de 20% referente à redução de custos (MANZIONE, 2014).

Finlândia, um dos países mais importantes no desenvolvimento da tecnologia BIM no mundo, vem trabalhando com o conceito desde os anos 1980. Em 1999, lançou o software Solibri, o qual oferece soluções em BIM e é considerado um dos melhores softwares para análise e projeto simultâneo utilizando a tecnologia. A estatal finlandesa *Senate Properties*, obriga o uso do BIM em seus projetos desde 2007 (MANZIONE, 2014).

Acredita-se que após tornar obrigatório o BIM em todos os projetos, esta medida contribuiu para o aumento da sua adoção, assim como outras organizações do setor público seguiram seu exemplo, tais como *Skanska*.

Na Noruega a empresa estatal *Statsbygg* decidiu a utilização do BIM para todo o ciclo de vida dos seus edifícios. Atualmente todos os projetos da *Statsbygg* utilizam o formato IFC /IFD no desenvolvimento de seus projetos. Já na Dinamarca, a empresa estatal *The Palaces & Properties Agency*, e o *Defense Construction Service* exigem o BIM em todos os seus Projetos (MANZIONE, 2014).

No dia 13 de março de 2014, foi realizado um seminário BIM em Florianópolis e o Estado de Santa Catarina decretou que até 2018 todas as obras públicas deverão utilizar a tecnologia BIM (MANZIONE, 2014).

Observa-se na Europa e Estados Unidos o crescimento da aplicação do conceito BIM em projetos de arquitetura e engenharia, tratando de forma integrada todas as disciplinas de projeto, e gerenciamento de obra a partir da formulação de modelos digitais (FIESP, 2008a). As experiências internacionais vêm confirmando a forte tendência de adoção da tecnologia, que tem demonstrado um grande potencial para ser aplicada no desenvolvimento de projetos da construção civil, melhorando a produtividade e proporcionando aumento da qualidade.

2.4.1. O projeto arquitetônico

Em 1452, o arquiteto renascentista Leon Battista Alberti fez a distinção entre projeto arquitetônico e construção ao propor que a essência do projeto recai no processo do pensamento associado ao traçado de linhas no papel. Seu objetivo era diferenciar a tarefa intelectual do projeto da fabricação artesanal da construção. Antes de Alberti, no primeiro século antes de Cristo, Vitruvius discutiu o valor inerente ao uso de plantas, elevações e perspectivas para transmitir a intenção do projeto, no que é considerado o primeiro tratado sobre arquitetura. Ao longo da história da arquitetura, os desenhos dominaram a forma de representação. Mesmo agora, autores contemporâneos fazem uma análise crítica de como diferentes arquitetos usam desenhos e croquis para melhorar seu modo de pensar e seus processos criativos (ROBBINS, 1994). A dimensão dessa longa tradição é ainda mais evidente na adoção dos computadores como um auxílio para a automação de certos aspectos do processo projeto-construção, expresso no significado original do termo CAD — projeto e desenho assistidos por computador (EASTMAN et al. 2014).

Em função dessa história, o que está sendo chamado de Modelagem da Informação da Construção (BIM) pode ser considerado revolucionário, porque transforma a maneira de

pensar do arquiteto, substituindo desenhos por uma nova fundação para representação de projetos e por auxiliar na comunicação, na construção e no arquivamento baseados em modelos digitais 3D (EASTMAN et al. 2014).

O BIM influencia toda a gama de atividades de projeto, desde os estágios iniciais de desenvolvimento de um empreendimento, lidando com a viabilidade e o projeto conceitual, até o desenvolvimento do projeto e detalhamento construtivo.

2.4.2. Definição dos serviços tradicionais da arquitetura

Eastman et al. (2014) definiram em seu livro as etapas dos serviços de arquitetura conforme apresentados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2- Etapas BIM (continua)

| |
|--|
| <p><i>Estudo preliminar</i></p> <p>Quantitativos não espaciais e especificação textual do empreendimento, lidando principalmente com fluxos de caixa, função ou geração de renda; associa áreas e equipamentos necessários; inclui estimativa inicial de custos; pode sobrepor ou interagir com a fase de anteprojeto, de produção ou planejamento financeiro.</p> |
| <p><i>Anteprojeto</i></p> <p>Fixa requisitos de espaço e funcionalidade, fases e possíveis necessidades de expansão; questões relativas ao terreno e contexto; restrições do código de obras e zoneamento; também pode incluir atualização da estimativa de custos baseada nas informações adicionadas.</p> |
| <p><i>Projeto Básico</i></p> <p>Projeto preliminar do empreendimento com plantas da edificação, mostrando como o programa do anteprojeto é materializado; volumetria do edifício e renderizações iniciais do conceito; determina alternativas de materiais e acabamentos.</p> |
| <p><i>Projeto Executivo</i></p> <p>Plantas baixas detalhadas incluindo todos os principais sistemas de construção (paredes, fachadas, pavimentos e todos os sistemas: estrutural, fundação, iluminação, mecânico, elétrico, comunicação, segurança, acústica, etc.) com detalhes gerais; materiais e seus acabamentos; drenagem do terreno, sistemas relativos ao terreno e paisagismo.</p> |
| <p><i>Projeto para Produção</i></p> <p>Planos detalhados para demolição, preparação do canteiro de obras, terraplenagem, especificação de sistemas e materiais; dimensionamento de membros e componentes e especificações para conexões de vários sistemas; testes e critérios de aceite para os sistemas principais; todos os componentes e conexões requeridas para integração entre sistemas.</p> |
| <p><i>Revisão da construção</i></p> <p>Coordenação de detalhes, revisão de <i>layouts</i>, seleção e revisão de materiais; alterações requeridas quando as condições na construção não são como esperadas ou devido a erros de execução.</p> |

Fonte: EASTMAN et al., 2014

2.4.3. Produção de desenhos e documentos

A geração de desenhos é uma importante capacidade de produção do BIM, e permanecerá assim por algum tempo. Em algum ponto, desenhos deixarão de representar informações de projeto e, no lugar, o modelo se tornará a fonte de informação principalmente legal e contratual do edifício. Entretanto, hoje todas as firmas de projeto ainda precisam produzir projetos básicos, projetos executivos e desenhos para produção, a fim de satisfazerem exigências de contrato e de códigos de obras, para estimativas de construtoras/fabricantes, e para servir como documentações de contrato entre projetista e construtora. Esses documentos possuem usos importantes, além dos de contrato. Desenhos são usados durante a construção para guiar *layout* e trabalho.

A representação de um único modelo garante consistência e automatiza a maioria dos aspectos da produção de desenhos. Ela é realizada pelo modelo único que está sendo usado para gerar todas as plantas, seções transversais, elevações, desenhos de estruturas, mecânica, elétrica e outros sistemas. Apoiado por bibliotecas apropriadas, o tempo de produção da documentação da construção pode ser significativamente reduzido.

2.4.4. Benefícios do BIM

Inicialmente encontram-se ganhos significativos que já foram alcançados com o uso do BIM, (comparados às práticas tradicionais em CAD 2D ou baseadas em papel). Eastman et al. (2014) listam vantagens a fim de mostrar o escopo completo de mudanças que podem ser esperadas com o desenvolvimento da tecnologia BIM, tais como os benefícios na pré-construção para o proprietário, satisfazendo aos requisitos financeiros deste; o aumento da qualidade e do desempenho da construção desenvolvendo um modelo esquemático antes de gerar o modelo detalhado da construção, permitindo uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção, e por último as avaliações de alternativas de projeto feitas mais cedo usando ferramentas de análise x simulação, garantindo a qualidade da construção como um todo.

Com relação aos benefícios do BIM no projeto, Eastman et al. (2014) afirmam que a plataforma permite a visualização antecipada e mais precisa de um projeto, uma vez que é projetado diretamente em vez de ser gerado a partir de múltiplas vistas 2D, possibilitando a visualização do projeto em qualquer etapa do processo com a expectativa de que terá dimensões consistentes em todas as vistas. Permite também correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto, reduzindo a necessidade de o usuário gerenciar as mudanças no projeto. Essa tecnologia gera desenhos 2D precisos e

consistentes em qualquer etapa do projeto, reduzindo significativamente a quantidade de tempo, a possibilidade de erros e omissões.

O BIM proporciona visualizações 3D antecipadamente e quantifica as áreas dos espaços e quantidades de materiais, permitindo estimativas de custos mais cedo e mais precisas (EASTMAN et al.2014).

2.4.5. Ferramentas BIM para projeto de arquitetura

Cada plataforma BIM de projeto é apresentada em termos de sua herança, organização corporativa, família de produtos da qual faz parte, se usa um único arquivo ou vários arquivos por projeto, suporte para uso simultâneo, interfaces suportadas, tamanho da biblioteca de objetos, classe geral de preço, sistema de classificação da construção suportado, escalabilidade, facilidade de geração de desenhos, suporte a cortes 2D, tipos de objetos e atributos derivados, e facilidade de uso (EASTMAN et al. 2014).

2.4.6. Autodesk Revit

As instituições de ensino optaram por ofertar disciplinas de representação de desenho técnico no computador utilizando o software AutoCad para os alunos. Esse é um programa genérico e pode ser usado por diversas profissões como os arquitetos, engenheiros, designers e áreas afins. No AutoCAD todas as etapas do desenho são feitas separadamente, ou seja, primeiro desenha-se a planta, depois os cortes, logo as fachadas e assim por diante. Acredito que tais instituições, não podem ficar estáticas diante da revolução que se apresenta e deve contribuir na formação de profissionais preparados para o mercado de trabalho futuro.

Ao contrário do AutoCAD, no software Revit, as etapas do desenho podem ser feitas automaticamente, permitindo que as modificações de projeto sejam realizadas facilmente através da parametrização dos objetos. Aliado a isso, a geração automática de vistas e cortes (fig 2.6) indica uma possível redução de trabalho.

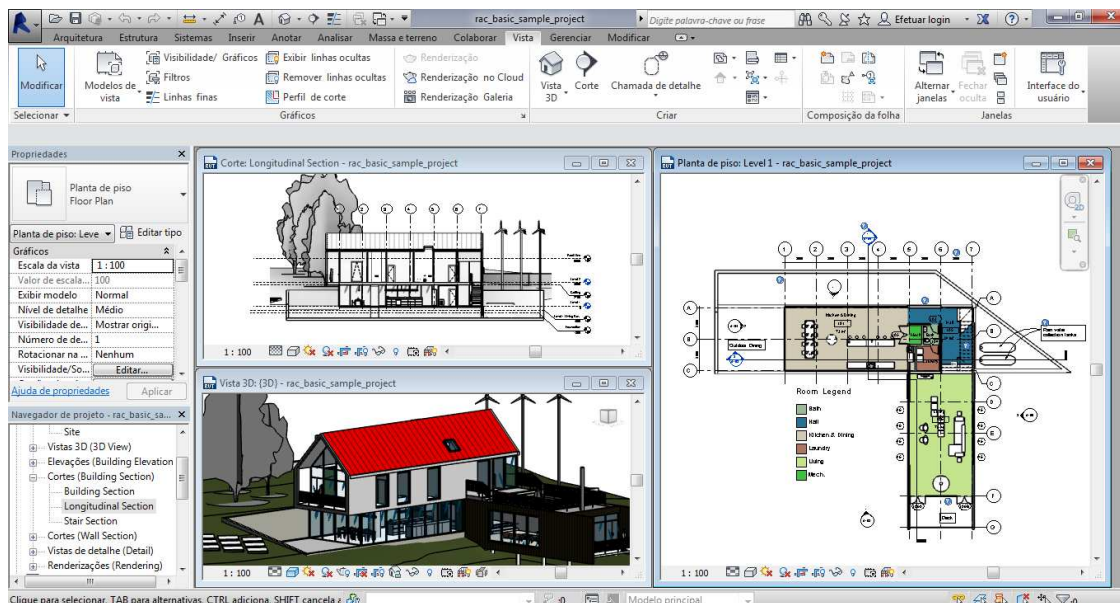


Figura 2-6: Layout do software Autodesk Revit
Fonte: AUTODESK, 2014

O Revit é um programa da mesma empresa do Autocad, a Autodesk, e foi desenvolvido especialmente para o desenho de arquitetura, uma vez que o Autocad é um programa genérico, que pode ser usado por diversas profissões.

O Autodesk Revit é um software para a construção criado dentro do conceito de Modelagem das Informações de Construção (BIM), que permite ao usuário criar utilizando modelagem paramétrica de elementos, de forma que levem suas ideias da concepção até a execução.

O software funciona da maneira como se estivesse construindo, permitindo produzir com eficiência. Sendo um software específico para a modelagem de informações de construção (BIM), qualquer alteração, a qualquer momento, em qualquer lugar, reflete-se automaticamente em todo o projeto, em um único arquivo que pode ser compartilhado entre vários usuários, pois todos os elementos são interligados.

A base do edifício é traçada utilizando objetos 3D para criar paredes, pavimentos, tetos, estrutura, janelas, portas e outros elementos, conforme necessário. Os usuários podem criar seus próprios objetos 2D e 3D para modelagem e elaboração de projetos ou importá-los de uma outra plataforma, como por exemplo a CAD.

Quando a base de dados de um projeto é compartilhada, é criado um arquivo central que armazena a cópia original do projeto. Cada usuário trabalha com uma cópia do arquivo central (conhecido como arquivo local), armazenados na estação de trabalho do usuário. Cada usuário salva sua alteração no arquivo central. O Revit verifica no arquivo central

sempre que um usuário começa a trabalhar em um objeto do banco de dados para ver se outro usuário está editando o mesmo objeto. Esse procedimento evita duas pessoas de fazerem a mesma alteração simultaneamente e evita conflitos.

O Revit utiliza a extensão RVT para armazenar seus arquivos. Eles oferecem um sistema gráfico, aberto para a concepção do projeto e realização da forma, bem como a oportunidade de expressar a intenção do desenho em níveis crescentes, detalhadamente. Podem-se usar os componentes paramétricos para as montagens mais elaboradas, sem a necessidade de linguagem de programação ou código.

Existem alguns arquivos bases chamados de *template* que são distribuídos gratuitamente na internet e baseado na norma NBR 15.873 (ABNT, 2010). Em 2011, o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil disponibilizou um arquivo onde se tinha o acesso a uma biblioteca gratuita de componentes BIM (Building Information Modeling) para projetistas do Programa Minha Casa, Minha Vida e o conjunto de cinco Cadernos de Práticas Recomendadas em Coordenação Modular, com diretrizes de aplicação dos conceitos da norma NBR 15.873 (ABNT, 2010) - Coordenação Modular, que entrou em validade no dia 1º de Outubro de 2010.

Este *template* criado no software Revit, fornece um arquivo com as famílias de sistemas usados em projetos de habitação de interesse social já pré-carregadas. Também são disponibilizados três arquivos BIM com as três principais tipologias de sistemas construtivos utilizados em habitações de interesse social - convencional, metálico e alvenaria estrutural.

O Revit é o software escolhido para desenvolver esse trabalho, pois trata-se de um programa mais conhecido e atual líder de mercado para o uso do BIM em projetos de arquitetura. Ele foi introduzido pela Autodesk em 2002, depois da aquisição do programa de uma empresa iniciante. O Revit, até a versão 2012, era uma família de produtos integrados que incluía o Revit Architecture, o Revit Structure e o Revit MEP. A partir da versão 2013, os três produtos estão sob a mesma interface, afim de facilitar algumas situações em empresas de engenharia estrutural que utilizam o Revit Structure e compartilham o mesmo arquivo com arquitetos usando o software Revit Architecture.

O Revit é fácil de aprender e sua funcionalidade é organizada em uma interface bem projetada e amigável. Ele possui um amplo conjunto de bibliotecas de objetos desenvolvidas por terceiros, a interface preferida para interfaces de ligação direta, devido a sua posição no mercado. Seu suporte bidirecional a desenhos permite a geração e o gerenciamento de informações com base em atualizações tanto do desenho quanto de vistas do modelo; ele dá suporte a operações simultâneas no mesmo projeto; e inclui uma

excelente biblioteca de objetos que suporta uma interface multiusuário. (EASTMAN et al. 2014).

2.4.7. Projeto existente desenvolvido com o Revit

Afim de analisar e avaliar o impacto ambiental do conjunto habitacional Campos das Violetas situado em Campinas (fig.2.7), professoras Laura Bueno e Gabrielle Okretic, da Puc-Campinas realizaram uma pesquisa, onde utilizaram imagens do Google Earth, aplicação de questionários e a planta tipo do apartamento foi redesenhada para simulação de incidência de sol durante o ano com auxílio do software Revit.(fig. 2.8). A partir desse estudo foi possível observar o impacto que o empreendimento causou na região e revelar algumas falhas no Programa Minha Casa, Minha Vida.

No total são 118 prédios com piso térreo mais 4 andares, sem elevadores, distribuídos em 14 condomínios, totalizando um montante de 2.360 unidades habitacionais, podendo se estimar de 10 a 12 mil moradores levando-se em consideração que cada unidade abriga uma família de, em média, 5 pessoas. As plantas dos apartamentos são delineadas com sala, cozinha, banheiro, circulação, dois dormitórios e área de serviço com tanque, totalizando 37m².



Figura 2-7: Vista aérea do conjunto
Fonte: BUENO; OKRETIC, 2014

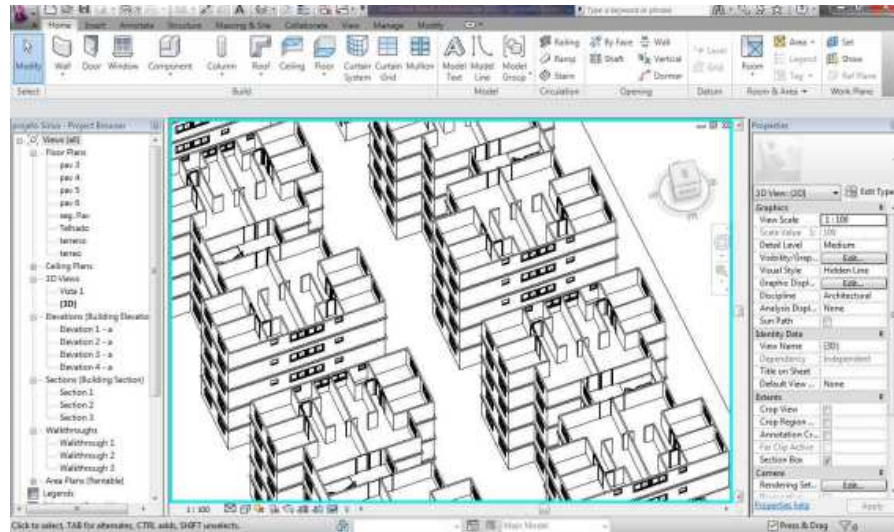


Figura 2-8: Projeto do conjunto no software Revit
Fonte: BUENO; OKRETIC, 2014

Com o apoio do desenho tridimensional, a planta do empreendimento, as fotos aéreas e imagens do Google Earth, foi possível fazer uma sobreposição destes com a planta para se chegar a uma aproximação mais fiel possível da realidade. (fig. 2.9).



Figura 2-9:Planta do conjunto
Fonte: BUENO; OKRETIC, 2014

Foi escolhido o software Revit devido à praticidade e agilidade que este permite e domínio dessa ferramenta pela pesquisadora. O programa permitiu a simulação de insolação em diferentes épocas do ano, colocando a região em que o projeto está localizado. (fig.2.10)

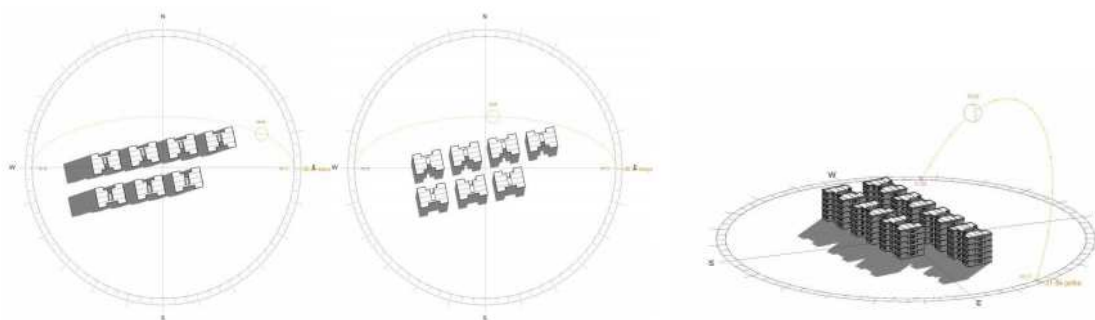


Figura 2-10: Simulação da insolação
 Fonte: BUENO; OKRETIC, 2014

Por meio das simulações verifica-se que há falta de sol em alguns dos apartamentos, e deve-se levar em consideração esse ponto que é de extrema importância. A falta de sol deve-se ao formato da edificação e implantação no terreno. Viu-se que durante o inverno alguns apartamentos ficam prejudicados com a falta de insolação e iluminação natural. Assim como a sensação térmica dos moradores é bastante variante, em função não somente do posicionamento do edifício, mas também com relação aos materiais utilizados na construção.

Foi levado em conta neste estudo somente a análise térmica do conjunto habitacional, mas vale lembrar que se o projeto tivesse sido projetado utilizando o software Revit, muitos dos problemas identificados posteriormente, teriam sido evitados por meio da simulação.

2.4.8. BIM para profissionais

Segundo Eastman et al. (2014) a plataforma BIM pode ser considerada uma transição significativa na prática de projeto. Diferentemente do CAD, cujo fim principal é a automação dos aspectos da produção do desenho tradicional, o BIM é uma mudança de paradigma. Pela automação parcial do detalhamento de modelos de uma edificação no nível da construção, o BIM redistribui a concentração de esforços, dando mais ênfase à fase de concepção do projeto. Outros benefícios diretos incluem métodos simples que garantam a consistência entre todos os desenhos e relatórios, a automatização da análise de interferência espacial, o fornecimento de uma base poderosa para interface entre aplicações de análise/simulação/custos, e os avanços na visualização em todas as escalas e fases do empreendimento.

2.4.9. BIM para construção civil

A utilização da tecnologia BIM na construção traz grandes vantagens, que poupam tempo e dinheiro. Um modelo preciso da edificação beneficia a todos os membros da equipe

do empreendimento. O BIM permite um melhor planejamento dos processos construtivos, reduzindo tempos e economizando recursos. Ele também reduz as chances de erros e conflitos, conforme se pode ver nas imagens mostradas na figura 2.10.



Figura 2.10- Problemas de compatibilização
Fonte: LOTURCO, 2008

Eastman et al. (2014) acreditam que talvez o ponto mais importante seja que os construtores devem tomar a iniciativa de antecipar sua participação nos empreendimentos, ou procurar clientes que demandem sua participação antecipada. Construtores e proprietários também deveriam incluir projetistas e fabricantes em seus esforços para usar o BIM. O tradicional método projeto-licitação-construção limita o potencial que o construtor tem para contribuir com o empreendimento ao compartilhar seu conhecimento durante a fase de projeto, quando eles podem adicionar valores consideráveis.

Embora parte do valor potencial dos conhecimentos de um construtor seja perdido após o término da fase de projeto, benefícios significativos ainda podem ser obtidos pelo construtor e pela equipe do empreendimento por meio do uso do modelo da edificação para dar suporte a uma variedade de processos que envolvem a construção. Idealmente, tais

benefícios podem ser alcançados por meio do desenvolvimento de um modelo próprio com a colaboração de projetistas e fabricantes; ter um consultor para o desenvolvimento do modelo também é possível (EASTMAN et al. 2014).

As funções nas quais um modelo irá atuar determina o nível de detalhes da informação. Por exemplo, para uma estimativa mais precisa de custos, o modelo deve ser suficientemente detalhado para fornecer as quantidades de materiais necessárias para avaliação de custos. Para a análise da programação em CAD 4D, um modelo menos detalhado é adequado. Entretanto, deve conter informações sobre trabalhos temporários (andaime, escavações) e mostrar em fases, como a construção será organizada (como a concretagem sobre uma laje será realizada etc).

Um dos benefícios mais importantes é derivado da coordenação ativa do será construtor. Tal benefício pode ser alcançado quando todos os projetistas participam da utilização do modelo do edifício no detalhamento de suas partes do trabalho. Isso permite a detecção precisa de conflitos espaciais e sua correção, antes que eles se tornem problemas no canteiro. Essa coordenação também possibilita maior uso de pré-fabricação, que reduz o custo e o tempo no canteiro e aumenta a precisão da construção.

Qualquer construtor que esteja contemplando a possibilidade de usar a tecnologia BIM deve saber que há uma curva significativa de aprendizado. A transição de desenhos tradicionais para modelos da informação da construção não é fácil, porque quase todos os processos e relacionamentos comerciais são sujeitos a alguma alteração para explorar as oportunidades oferecidas pelo BIM. Claramente, é importante planejar com cuidado essas alterações e obter assistência de consultores que podem ajudar a guiar o esforço.

Na ausência de iniciativas BIM conduzidas por proprietários ou projetistas, é vital que construtores estabeleçam lideranças no processo de utilização do BIM, caso desejem obter as vantagens para sua própria organização e se posicionar melhor para beneficiar-se da ampla adoção do BIM na indústria.

A seguir, aprofunda-se em importantes áreas de aplicação pertinentes à maioria dos construtores:

- Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências)
- Levantamento de quantitativos, estimativa de custos e cronogramas
- Análise e planejamento da construção
- Verificação, direção e rastreamento de atividades de construção
- Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro

- Melhor implementação e técnicas de construção
- Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção

2.4.10. Integração projeto-construção

A histórica separação entre projeto e construção não existia nos tempos medievais e apareceu apenas na Renascença. Nos longos períodos da história, tal separação foi minimizada por meio do desenvolvimento de relacionamentos próximos de trabalho entre trabalhadores da construção, que nos anos mais recentes trabalhariam em empregos de colarinho branco, como desenhistas para arquitetos (JOHNSTON, 2006). Recentemente, essa conexão enfraqueceu-se. Desenhistas eram arquitetos júnior, e o canal de comunicação entres trabalhadores braçais e o escritório de projeto atrofiou-se. No seu lugar, surgiu uma relação polarizada, em grande medida por causa dos riscos associados a desconfiar quando surgiram problemas mais sérios (EASTMAN et al. 2014).

Para piorar a situação, a complexidade dos edifícios modernos transformou a manutenção da consistência entre o crescente conjunto de desenhos em uma tarefa extremamente desafiadora, mesmo com o uso de desenhos computadorizados e sistemas de controle de documentos. A probabilidade de erros, com intenção ou a partir de inconsistências, cresce vertiginosamente à medida que mais informações detalhadas são fornecidas. Raramente procedimentos de controle de qualidade são capazes de capturar todos os erros, mas, em última análise, todos os erros são revelados durante a construção (EASTMAN et al. 2014).

Um empreendimento de construção requer projeto não apenas do produto construído, mas também do processo de construção. Esse reconhecimento está no centro da integração projeto-construção. Isso implica em um processo de projeto que é ciente das implicações técnicas e organizacionais inerentes à forma como um edifício e seus sistemas são colocados juntos e às qualidades estéticas e funcionais do produto acabado. Em termos práticos, o empreendimento de um edifício baseia-se na colaboração próxima entre especialistas situados em um espectro de conhecimento da construção, bem como na colaboração próxima entre a equipe de projeto, construtores e fabricantes. O resultado pretendido é um produto projetado e um processo coerente, que integrem todo o conhecimento relevante (EASTMAN et al. 2014).

2.4.11. Considerações na adoção para a prática de projeto

O movimento da representação base do projeto de um edifício a partir de um conjunto de desenhos para um modelo de edifício tem muitos benefícios diretos potenciais: desenhos automaticamente consistentes, identificação e remoção de interferências espaciais, preparação da lista de materiais automática e precisa, suporte melhorado à análise, aplicações de custos e cronogramas, entre outros. A modelagem tridimensional por meio de todo o processo de projeto facilita sua coordenação e revisão; essas capacidades levam a desenhos mais precisos, à elaboração mais rápida e produtiva de desenhos e à melhoria na qualidade final do projeto.

2.4.12. Justificativas para o BIM

O BIM oferece o potencial de tornar realidade novos benefícios, mas eles não são gratuitos. O desenvolvimento de um modelo 3D, especialmente um que inclua informações que deem suporte a análises e facilitem a fabricação, envolve mais decisões e incorpora mais esforços que o conjunto atual de documentos da construção. Considerando o inevitável custo adicional da implementação de novos sistemas, o treinamento de funcionários e o desenvolvimento de novos procedimentos, é fácil assumir que os benefícios podem parecer não valer a pena. A maioria das empresas que tomaram esses passos, descobriu que os significativos custos iniciais associados ao resultado da transição trazem benefícios de produtividade no nível da documentação do edifício. Até mesmo a transição inicial para a produção consistente de desenhos a partir de um modelo vale a pena.

2.5. Desempenho Térmico

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste em verificar se as condições do ambiente interno são satisfatórias quanto ao conforto térmico proporcionado aos ocupantes. A avaliação é baseada em se fazer um estudo da temperatura interna do ambiente, verificando-se a existência das condições de conforto térmico. É necessário levar em consideração as interações entre o ambiente natural externo e o ambiente construído. As etapas relevantes do processo de avaliação do desempenho térmico de uma edificação abrangem principalmente a caracterização das exigências humanas de conforto térmico, a caracterização das condições típicas de exposição ao clima, a caracterização da edificação e seu perfil de ocupação e também a caracterização do sistema de fechamento vertical, horizontal e cobertura. (ABNT, 2013)

2.5.1 BIM e Desempenho Térmico

A Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI) juntamente com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), vem realizando desde 2013, após a última atualização da NBR 15.575, (ABNT, 2013) um trabalho específico sobre a possibilidade de simulação de desempenho de modelos que correspondem à tipologia adotada pelo programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).

A norma NBR 15.575, (ABNT, 2013) define os níveis de desempenho mínimo que devem ser alcançados pelas edificações habitacionais, tais como sistemas estruturais, conforto térmico e acústico, resistência ao fogo, estanqueidade e vida útil.

A SIGRADI juntamente com FINEP, desenvolveram a proposta de uma biblioteca BIM sob o patrocínio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) em 2008 para o Programa Minha Casa Minha Vida, e foi verificado que estes componentes não têm definidos os parâmetros necessários, como as características e propriedades dos materiais ou produtos, para serem utilizados em simulações digitais de desempenho de edificações ou permitirem a extração de dados relevantes para o projeto que apoiem os projetistas em decisões dessa natureza.

2.5.2. A Norma de Desempenho NBR 15.575

A norma NBR 15575, (ABNT, 2013) oferece aos usuários a garantia de qualidade das edificações residenciais a partir da definição de requisitos mínimos a serem atendidos pelas unidades habitacionais e respectivas áreas comuns (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

A norma está dividida em seis partes, que tratam respectivamente de requisitos gerais: estrutura, pisos, vedações verticais, cobertura e sistemas hidráulicos, além de definições de conforto térmico e acústico, proteção ao fogo, estanqueidade e ciclo de vida da edificação.

Pela ampla abrangência da Norma NBR 15575 (ABNT, 2013), aumentou a responsabilidade dos profissionais do projeto com relação ao desempenho final do edifício projetado e, conseqüentemente, surgiu a necessidade de garantir de forma objetiva suas especificações, antes que o objeto projetado venha a ser construído, por meio de simulações virtuais que permitam a realização de testes de desempenho do conjunto. Desse modo, é fundamental que estes profissionais disponham de recursos digitais adequados, sendo um deles uma biblioteca de componentes que contenham os atributos de desempenho necessários à realização de tais simulações, como poderia ser o caso da biblioteca do MDIC (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

2.5.3. A Biblioteca do MDIC

A proposta da biblioteca de componentes BIM patrocinada pelo MDIC surgiu em 2008, no contexto do lançamento da política de desenvolvimento produtivo, pelo governo federal, com o objetivo de ampliar e modernizar o setor da construção civil para reduzir o déficit habitacional e o mercado de obras de infraestrutura aumentando a produtividade do setor em 50% até o ano de 2015. Dentre as ações propostas, estava a intensificação do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação no setor, tendo como medida imediata a implantação de normas BIM e classificação de componentes da construção, que resultou na norma ISO 12006--2, em vigor desde 2010. Em paralelo, foi desenvolvida essa biblioteca utilizando o aplicativo Revit, da Autodesk, levando em consideração os padrões de coordenação modular da Norma NBR 15873 (ABNT, 2010), e os parâmetros de representação dos principais elementos e símbolos de arquitetura e da construção civil brasileira, norma NBR 6492 (ABNT, 1994) (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

O produto é composto por um modelo e três arquivos que contém as três principais tipologias utilizadas na produção de Habitação de Interesse Social: Convencional, Metálico e Alvenaria Estrutural. As principais famílias¹ disponibilizadas são: Estrutura (pilares estruturais, blocos de fundação, lajes e escadas) Fechamento e Revestimento (alvenaria comum, forros, tabicas, pisos e soleiras), Guarda corpos e Corrimãos, Telhados (famílias), Sanitários (aparelhos e metais) e Caixilhos (portas e janelas). Analisando-se, porém, os elementos que compõem estas famílias, verifica-se que em seus parâmetros não foram definidos atributos que permitam a extração de muitas informações relevantes para o projeto, como por exemplo as propriedades termofísicas do componente, como se pode ver na figura 2.11 (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

A indicação das características e propriedades dos componentes é uma característica fundamental da modelagem das informações de edifícios. Os projetistas e construtores de habitações de interesse social precisam ter acesso a estas informações para facilitar a análise de diferentes soluções ainda na fase de estudo preliminar do projeto. Com base nos resultados será, então, possível determinar o desempenho da unidade, em conformidade com a norma e estimar com maior precisão o custo total por unidade, critério que é inclusive exigido pela Caixa para o financiamento do empreendimento (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

¹ Famílias são componentes paramétricos, mais conhecido como blocos

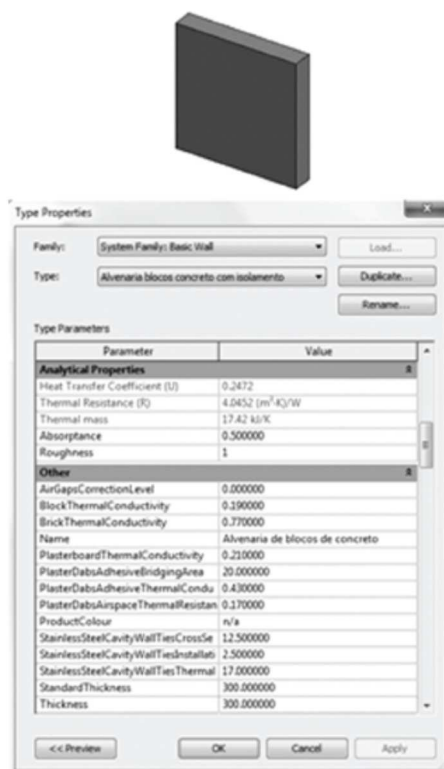


Figura 2-11: Alguns parâmetros disponíveis no componente modelo parede de alvenaria com isolamento térmico (Revit)

2.5.4. Diretrizes para a Criação da Biblioteca de Componentes BIM

Para a criação de uma biblioteca de componentes BIM foi necessário definir primeiro quais informações eram relevantes para cada categoria de elementos e como modelar a geometria de acordo com o nível de complexidade requerido em cada etapa do projeto. A norma indica algumas destas informações, mas outras não estão disponíveis. Neste caso, foi necessário fazer um levantamento destes dados consultando os próprios fabricantes ou tabelas publicadas como, por exemplo, as propriedades termofísicas dos materiais e suas características (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

Para simulações computacionais de desempenho térmico, é necessário que o componente contenha dados que caracterizem o material (condutividade e transmitância térmica, albedo, entre outros, conforme mostrado no quadro 2.3. Para extração das características de desempenho do componente, foram inseridas informações pesquisadas junto aos fabricantes, ficando estas limitadas ao que existe disponível (NARDELLI; OLIVEIRA, 2013).

Uma grande dificuldade encontrada neste projeto foi o fato da maioria dos fornecedores que atuam no mercado da construção civil no Brasil ainda não disponibilizam das informações necessárias para a inclusão dos atributos dos componentes da biblioteca utilizado como base na pesquisa.

Quadro 2.3: Parâmetros para os componentes.

| Componentes | Parâmetros | Outros parâmetros desejáveis |
|---------------------------------|--|---|
| Fechamentos verticais e painéis | U (transmitância térmica), λ (condutividade térmica), ρ (massa específica), ϵ (emissividade), α (absortividade), R_w (índice ponderado de redução sonora) | Cor, albedo/ coeficiente de reflexão, Alpha w (índice de absorção acústica ponderado) |
| Esquadrias envidraçadas | FS (fator solar), CS (com sombra) ou equivalente ao SHGC (coeficiente de ganho de calor), R_w (índice ponderado de redução sonora), T_{vis} (percentual de visibilidade) | Cor, Selo de desempenho acústico |
| Pisos ou lajes | U, λ , ρ , ϵ , α , R_w | Acabamento, Alpha w, LN, $w+Ci$ (transmissão sonora de sons de percussão) |
| Forros ou Coberturas | U, λ , ρ , ϵ , α , R_w | Alpha w, CAC (classe de atenuação do forro/ teto), propriedades anti-fungo/ bacteriana, cor |

Fonte: NARDELLI; OLIVEIRA, 2013

2.6. Conforto ambiental

O conforto ambiental está relacionado à satisfação das exigências de habitabilidade existentes nos ambientes. Para Rosso (1980) conforto é a satisfação das expectativas, anseios e tendências dos usuários. “A sensação de conforto decorre, portanto, do atendimento a necessidades de caráter psicológico principalmente, mas também criadas pela integração na vida comunitária, isto é, necessidades sociológicas”. Segundo Martucci e Basso (2002) o conforto ambiental pode ser entendido como o estudo de conforto térmico, conforto luminoso e conforto acústico, sendo definido como o atendimento das necessidades para uma adequada condição de iluminação, de trocas térmicas e de ambiente com isolamento acústico adequado.

Para Alva (1997), condições ambientais como o conforto ambiental, dependem tanto de recursos materiais, quanto da capacidade do homem para criar condições artificiais que melhorem o que oferece a natureza. Segundo Krüger (2000) a relação entre conforto ambiental e tecnologias adequadas ocorre a partir do conhecimento das condições climáticas que definam a região e das condições de conforto a ser atendidas no interior da habitação, quando são adotadas medidas passivas para obtenção de conforto no ambiente construído.

A extrema precariedade e a inadequação aos requisitos de habitabilidade e conforto ambiental da produção de habitação social, impedem inúmeras famílias a realizarem

reformas nas residências, de modo a adequarem as casas às suas necessidades e exigências (SZÜCS, 2000). As soluções de tipologias habitacionais adotadas nas últimas décadas reduzem as unidades a um máximo de 45 m², desconsiderando a composição das famílias, e levando-os a adaptação conforme necessidades pessoais, das unidades originais ou sua demolição por inadequação. De acordo com este pensamento Silva (1982) afirma que “não se pode reduzir as áreas do alojamento para reduzir custos, pois, a partir de certo ponto, o produto será imprestável, pois o valor de compra não corresponderá ao valor de uso”. Silveira (2000) conclui que “faz-se a casa possível de pagar, mas não a necessária para abrigar o proprietário e sua família, com as funções mínimas indispensáveis à sua vida doméstica, cultural e social”.

Apesar de inúmeras pesquisas sobre conforto ambiental para habitações sociais, tais como a desenvolvida por Alucci, Carneiro e Baring, na produção habitacional efetivamente implantada verifica-se justamente o oposto, onde é atendido ao mínimo de exigências nos códigos de obras com implantações geralmente densas, ignorando distâncias e orientações; inexistência de isolamento térmico nos fechamentos, é eliminada a utilização de ventilação cruzada e tão pouco ocorrem verificações de conforto ambiental e outros (LUCINI, 2003).

2.7. Conforto térmico

Segundo a norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013) conforto térmico é uma “condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Assim, o conforto térmico depende da satisfação de determinadas condições fisiológicas quantificáveis, e é condicionado por fatores pessoais variantes pessoais, tornando-se complexo a sua quantificação.

O conforto térmico é definido pela Norma NBR 15220 (ABNT, 2005) como a satisfação psico-fisiológica de um indivíduo frente às condições térmicas do ambiente. Essa definição indica que a sensação de conforto depende tanto de aspectos físicos do ambiente quanto de aspectos subjetivos, como o estado de espírito do usuário.

O conforto térmico dentro de uma edificação é verificado por meio da avaliação do desempenho térmico, considerando as condições do ambiente interno. O comportamento térmico do ambiente construído, o clima do local e as atividades desenvolvidas pelos usuários são variáveis a serem levadas em conta (MARTUCCI; BASSO, 2002). Assim o “edifício deve apresentar controle de temperatura do ar, radiação térmica, velocidade do ar,

umidade relativa, e controle de condensação, nas diferentes estações do ano” (MAIA; SALGADO, 2005).

A avaliação do conforto térmico consiste na elaboração do estudo da temperatura e umidade internas do ambiente com as exigências de conforto. Há duas formas de determinar a temperatura e umidade de um ambiente: uma por meio da medição dos parâmetros e a outra por meio da simulação computacional. Esta última foi realizada neste trabalho utilizando do software EnergyPlus. Foi analisado uma tipologia habitacional, conforme figura 2.12.

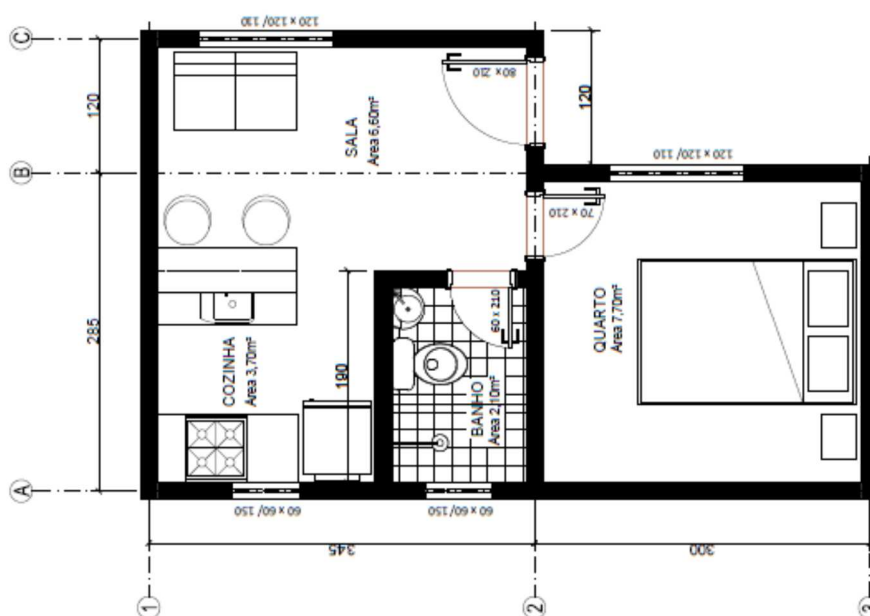


Figura 2-12: Planta Apartamento

2.8. Desempenho e conforto térmico

Para Akutsu e Lopes (1988) desempenho térmico é o resultado da interação “entre a edificação e o ambiente térmico a que a mesma está submetida” ou suas condições de exposição. Estas condições de exposição são divididas em condições climáticas, condições de localização e condições de uso da edificação.

Os mesmos autores ainda citam outras grandezas como a forma e dimensões da edificação; transmitância, absortância e refletância à radiação solar; emissividades das superfícies; condutividade térmica, calor específico e massa específica dos materiais; que são grandezas que caracterizam o comportamento térmico da edificação, seus elementos, componentes e materiais.

Segundo Vefago (2006) o desempenho térmico de um fechamento é função da transferência de calor entre os ambientes interno e externo e depende de cada parte de fechamentos Alucci et al (1986) enfatizam que “um mesmo sistema construtivo utilizado em diferentes condições climáticas apresenta desempenho térmico diferenciado”. A escolha do sistema construtivo e das alternativas de projeto depende da identificação anterior das condições de exposição típicas da região. Assim, segundo Akutsu (1988) “A avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste basicamente em verificar se o ambiente interno atende ou não a um conjunto de requisitos prefixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto térmico”.

Deve-se ter em mente que a face componente de uma edificação responsável pela maior transmissão de calor ao interior desta é a cobertura, por ser mais exposta à radiação direta do sol. Apesar dos demais componentes externos, as fachadas, não recebem tantas horas de sol, em virtude de sua orientação em relação ao norte e plano vertical, também são grandes agentes deste desempenho. É possível piorar ou melhorar este desempenho de acordo com os materiais usados, sua disposição, quantidades e espessuras empregadas. A quantidade de calor recebido pela cobertura de edificações térreas chega a 70% do total, restando apenas 30% para as fachadas, sendo fundamental assim o isolamento térmico da cobertura. Pensando na habitabilidade das habitações a melhor forma é a que apresenta o mínimo aumento de calor no verão e a mínima perda térmica no inverno.

De acordo com Alucci et al.(1986) existem diversas funções para se obter uma ventilação satisfatória, onde as exigências dos usuários podem ser agrupadas sob diferentes pontos de vista: higiene dos usuários (quantidade de oxigênio, taxa de gás carbônico, odores desagradáveis e contaminação de gases tóxicos); conforto higrotérmico dos usuários (remover o excesso de calor do interior da habitação, facilitar as trocas térmicas do corpo com o meio ambiente e resfriar ou aquecer os elementos do edifício) e durabilidade dos materiais e componentes (remoção do vapor do interior dos ambientes para que não ocorra condensação e assim a deposição e o desenvolvimento de fungos).

Com relação ao conforto térmico, a ventilação diurna deve ser utilizada mesmo que a temperatura externa seja maior que a interna, e a ventilação noturna deve ser usada fundamentalmente para resfriar as massas e a estrutura do edifício (MARQUES; CORBELL, 2000). Cada metro cúbico de ar renovado pela ventilação corresponde a um ganho térmico durante o verão na região sul, transformando-se em perdas durante o inverno (MASCARÓ, 2004).

Quanto ao dimensionamento das aberturas de ventilação natural, o critério utilizado pelos Códigos de Obras e Edificações brasileiros geralmente baseia-se na área dos ambientes e está associado ao estabelecido para a iluminação natural, estando

possivelmente baseados em preceitos higienistas estabelecidos pelos Códigos anteriores à década de 1970. A ventilação natural (Figura 2.13) permanece nos Códigos como premissa para garantir a renovação do ar e assegurar a qualidade do ar respirável (TOLEDO, 2001). A quantidade de calor que entra ou sai do ambiente é decorrente do tamanho da abertura. Assim, o calor e a iluminação natural (Figura 2.14) devem ser pensados de forma integrada, pois o tamanho e a orientação das aberturas determinam sua exposição ao sol. A opção por uma proteção externa (Figura 2.15) pode ser a mais adequada se houver um dimensionamento que garanta a redução da incidência da radiação solar, quando necessária, sem interferir na luz natural (LAMBERTS et al., 2004).

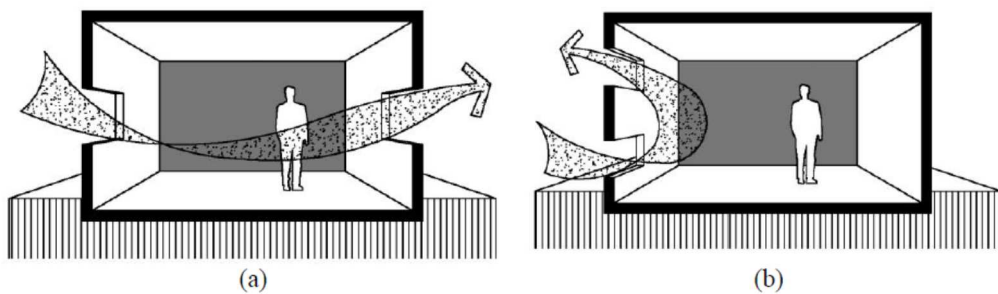


Figura 2-13: Ventilação natural: (a) cruzada (b) unilateral
Fonte: SOUZA; AMPARO; GOMES, 2011

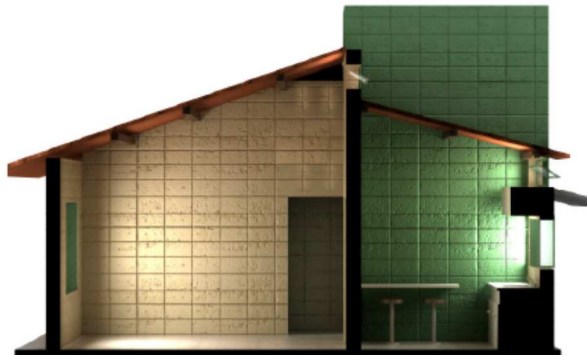


Figura 2-14: Modelo de iluminação natural
Fonte: ASSIS et al., 2006

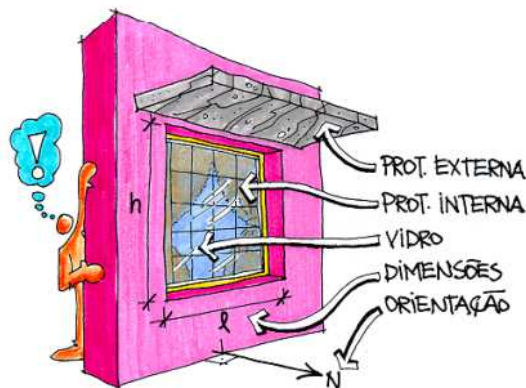


Figura 2-15: Proteção externa e interna
Fonte: LAMBERTS et al., 2004.

Na busca por soluções eficientes para se resolver a questão do déficit e melhorar a qualidade das habitações de interesse social, diversos pesquisadores, tais como Farah, tem elaborado e testado métodos de avaliação do desempenho térmico de HIS, com maior intensidade nos últimos 30 anos.

As normas NBR15575 (ABNT, 2015) e NBR 15220 (ABNT, 2005) permitem avaliar o desempenho térmico das edificações, considerando as oito zonas Bioclimáticas (figura 2.16) verificando a adequação de habitações e o atendimento aos requisitos e critérios por um dos três tipos de procedimentos descritos: simplificado (cálculos simplificados estabelecidos para fachadas e coberturas); simulação (simulação computacional do desempenho térmico do edifício) e medição (realização de medições em edificações ou protótipos construídos). O desempenho térmico da edificação resulta do comportamento interativo dos fechamentos, assim quando não atender aos requisitos do procedimento um pode ser avaliado por outro.

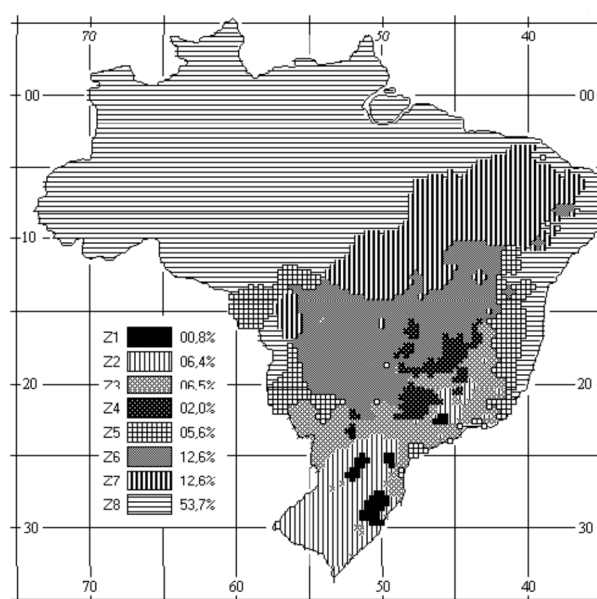


Figura 2-16: Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

A norma NBR 15220 (ABNT, 2005) estabelece uma forma simplificada para avaliar o desempenho térmico de habitações, garantindo limites mínimos de conforto térmico por meio da definição de um zoneamento bioclimático para servir de base à caracterização do desempenho térmico destas edificações.

Visando a otimização de seu desempenho por meio da adequação das edificações ao clima, esta norma divide o território brasileiro em oito zonas climáticas a partir de uma adaptação da Carta Bioclimática de Givoni, definindo assim o Zoneamento Bioclimático

Brasileiro. Assim, para cada zona, oferece recomendações técnico-construtivas a ser consideradas durante o projeto.

As recomendações estabelecem requisitos mínimos de projeto, considerando os seguintes parâmetros: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; fechamentos externos (tipo de parede externa e cobertura considerando-se transmitância térmica, atraso térmico e absorvância à radiação solar); estratégias de condicionamento térmico passivo. Na Norma são classificados os climas de 330 cidades, indicando-se a Zona Bioclimática na qual a cidade está inserida e as estratégias recomendadas, assim, após a identificação da Zona Bioclimática de acordo com o local da construção, são fornecidas as diretrizes construtivas para a zona em questão. A Norma também estabelece valores admissíveis para as características termofísicas de elementos construtivos para cada Zona Bioclimática: transmitância (U), atraso térmico (Φ) e fator solar (FS).

Por abranger uma diversidade de condicionantes, a avaliação de desempenho térmico de uma edificação permite métodos muito flexíveis. Nas diversas pesquisas encontradas, identifica-se diversos métodos de avaliação de desempenho térmico de edificações e componentes construtivos, podendo ser por meio de medições físicas em protótipos, *in loco* ou modelos em escala reduzida; simulação computacional e também avaliação simplificada de propriedades térmicas. Com os programas de simulação, pode-se avaliar o desempenho térmico e energético de edificações para diferentes alternativas de projeto antes mesmo de sua execução, sejam elas opções do desenho arquitetônico, componentes construtivos, sistemas de iluminação ou condicionamento de ar. Pode-se evitar assim, construções cujos ambientes sejam termicamente desconfortáveis (KRÜGER, 2000), sendo possível reduzir o seu consumo energético ou modificá-las já na fase de projeto.

Aborda-se neste projeto com mais ênfase o programa EnergyPlus, por ser o software utilizado pela maioria dos pesquisadores brasileiros em simulações térmicas e energéticas de edificações. O EnergyPlus é uma ferramenta para modelagem de energia para avaliação do desempenho do edifício, que permite simular os sistemas de aquecimento, iluminação e ventilação, de forma quantificar seu consumo de energia (OTEC, 2012) É um software gratuito que apresenta rigor na modelagem da edificação, e apesar de não possuir nenhuma interface gráfica, seus resultados são emitidos em forma de texto capazes de ser tabulados em outras plataformas de análise de resultados.

Para as análises tomou-se como base os requisitos e critérios de desempenho térmico apresentados na Norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Parte 3: Verifica-se que segundo a classificação bioclimática proposta, Belo Horizonte está situada na Zona Bioclimática 3, caracterizada pelas quatro estações bem definidas, com períodos quentes e frios demarcados.

O detalhamento das estratégias bioclimáticas de condicionamento passivo para a Zona Bioclimática 3, onde está localizada a cidade de Belo Horizonte, é apresentado no quadro 2.4.

Quadro 2.4 Detalhamento das estratégias para a Zona Bioclimática 3.

| Estação | Estratégias de condicionamento térmico passivo |
|----------------|---|
| Verão | <p><i>Ventilação Cruzada</i> – A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos. O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.</p> |
| Inverno | <p><i>Aquecimento solar da edificação</i> - A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.</p> <p><i>Vedações internas pesadas</i> (inércia térmica) - A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.</p> |

Fonte: Adaptada da Norma NBR 15220 (ABNT, 2005).

Para as análises das condições de conforto das habitações em estudo, no verão e no inverno, o método de avaliação é via simulação computacional, com a utilização de dias típicos de projeto, de verão e de inverno, e também os dados climáticos da cidade onde se localiza a edificação (ABNT, 2013). O procedimento de simulação para conjunto habitacional de edificações térreas existentes orienta a seleção de uma unidade com o maior número de paredes expostas e considera todas as variáveis de projeto da unidade habitacional na condição que se encontram no momento da avaliação, como orientação solar e da cor e tonalidade dos fechamentos externos.

2.8.1. Condições de conforto no verão

Para a análise de conforto no dia típico de verão, a norma NBR 15520 (ABNT, 2005) estabelece que as condições do ar no interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral) devem ser melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, de acordo com o critério e níveis de desempenho apresentados na tabela 2.1

Tabela 2-1 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

| Nível de desempenho | Limites de temperatura do ar no verão |
|---------------------|---|
| <i>M</i> | -Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq valor máximo diário da temperatura do ar exterior (zonas 1 a 8) |
| <i>I</i> | - Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq 29°C (zonas 1 a 7) - Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq 28°C (zona 8) |
| <i>S</i> | - Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq 27°C (zonas 1 a 7) - Valor máximo diário da temperatura do ar interior \leq 26°C (zona 8) |

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

As exigências de desempenho no dia típico de verão devem apresentar condições térmicas melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, no interior do edifício habitacional. O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada como, por exemplo, salas e/ou dormitórios sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior (ABNT, 2013). O nível para aceitação é o Mínimo, conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

| Nível de desempenho | Critério | |
|--|--|--|
| | Zonas 1 a 7 | Zona 8 |
| Mínimo | $T_{i,max} \leq T_{e,Max}$ | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ |
| Intermediário | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} C)$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ} C)$ |
| Superior | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ} C)$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ} C)$ |
| <p>$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; NOTA Zona bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3</p> | | |

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

2.8.2. Condições de conforto no inverno

Para a análise de conforto no dia típico de inverno, a norma NBR 15520 (ABNT, 2005) estabelece que as condições do ar no interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, com presença de fonte interna de calor de 1000W, não devem ser menores que o critério e níveis de desempenho conforme mostradas na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

| Nível de desempenho | Critério | |
|---------------------|--|------------------------------|
| | Zonas bioclimáticas 1 a 5 | Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 |
| M | Valor mínimo diário da temperatura do ar interior ³ 12°C | Dispensa verificação |
| I | Valor mínimo diário da temperatura do ar interior ³ 15°C | |
| S | Valor mínimo diário da temperatura do ar interior ³ 17°C | |

Fonte: NBR 15220/3 (ABNT, 2005)

As exigências de desempenho no dia típico de inverno devem apresentar condições térmicas, no interior do edifício habitacional, melhores que do ambiente externo, nas zonas bioclimáticas 1 a 5. Nas zonas 6, 7 e 8 não é necessário realizar avaliação de desempenho térmico para inverno. Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo, salas e/ou dormitórios, no dia típico de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C. O nível para aceitação é o Mínimo, conforme mostrado na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

| Nível de desempenho | Critério | |
|--|--|--|
| | Zonas bioclimáticas 1 a 5 | Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 |
| Mínimo | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ} C)$ | Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado |
| Intermediário | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ} C)$ | |
| Superior | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ} C)$ | |
| <small>$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3</small> | | |

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

2.8.3 Isolação térmica da cobertura

O método de avaliação deste requisito segue os procedimentos de cálculo apresentados na Norma NBR 15220 (ABNT, 2005) as coberturas devem apresentar como

nível *mínimo* de desempenho para Transmitância Térmica (U), valor menor ou igual a 2,30 W/m²K, como nível *Intermediário*, valor menor ou igual a 1,50 W/m²K e como nível *Superior*, valor menor ou igual a 1,00 W/m²K. As coberturas devem ser do tipo leve e isolada, com Transmitância Térmica (U) menor ou igual a 2,00 W/m²K, com Atraso Térmico (ϕ) menor que 3,3 horas e com Fator de Calor Solar (FCS) menor ou igual a 6,5%. Esses limites foram fixados com relação às características climáticas das oito zonas bioclimáticas brasileiras (Tabela 2.5).

Tabela 2.5: Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

| Transmitância Térmica (U, em W/(m ² .K)) | | Nível de desempenho |
|---|-------------|---------------------|
| Zonas 1 a 7 | Zona 8 | |
| U ≤ 2,30 | U ≤ 2,30 FV | M |
| U ≤ 1,50 | U ≤ 1,50 FV | I |
| U ≤ 1,00 | U ≤ 1,00 FV | S |

Fonte: NBR 15220/3 (ABNT, 2005)

2.8.4. Adequação de paredes externas

O método de avaliação deste requisito segue também os procedimentos de cálculo apresentados na Norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Parte 2. Segundo esta norma as paredes externas devem apresentar como níveis *mínimos* de desempenho para Transmitância Térmica (U), valor menor ou igual a 2,50 W/m²K e para Capacidade Térmica (CT), valor maior ou igual a 45 KJ/m².K. As paredes externas devem ser leves, com Transmitância Térmica (U) menor ou igual a 3,00 W/m²K, com Atraso Térmico (ϕ) menor que 4,3 horas e com Fator de Calor Solar menor ou igual a 5,0%. Esses limites foram fixados com relação às características climáticas das oito zonas bioclimáticas brasileiras (Tabela 2.6).

Tabela 2.6: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

| Vedações externas | | Transmitância térmica – U W/m ² .K | Atraso térmico ϕ Horas | Fator solar – FSO % |
|-------------------|----------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Paredes | Leve | U ≤ 3,00 | ϕ ≤ 4,3 | FSO ≤ 5,0 |
| | Leve refletora | U ≤ 3,60 | ϕ ≤ 4,3 | FSO ≤ 4,0 |
| | Pesada | U ≤ 2,20 | ϕ ≤ 6,5 | FSO ≤ 3,5 |

Fonte: NBR 15220/3 (ABNT, 2005)

2.8.5. Ventilação dos ambientes internos à habitação

A partir Através da análise de projeto deve-se calcular se a relação entre a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente e a área de piso do ambiente satisfaz aos

valores indicados pela norma NBR 15220 (ABNT, 2005) que apresenta valores *mínimos* admissíveis de 8% da área do piso dos ambientes, resultando em dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes. Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios. Segundo esta Norma as aberturas para ventilação devem ser médias, a dimensão efetiva das aberturas deve corresponder 15 a 25 % da área de piso dos ambientes. O nível de desempenho a ser atingido é o mínimo. (Tabela 2.7)

Tabela 2.7: Aberturas para ventilação

| Aberturas para ventilação | A (em % da área de piso) |
|---------------------------|--------------------------|
| Pequenas | $10\% < A < 15\%$ |
| Médias | $15\% < A < 25\%$ |
| Grandes | $A > 40\%$ |

Fonte: NBR 15220/3 (ABNT, 2005)

2.8.6. Sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas

A partir de análise de projeto pode-se verificar se os vãos localizados em fachadas possibilitam o controle da entrada de luz. De acordo com a norma NBR 15220 (ABNT, 2005) as janelas dos dormitórios, para qualquer região climática, devem ter dispositivos de sombreamento, de forma a permitir o controle do sombreamento e escurecimento, a critério do usuário, como por exemplo, venezianas. A Norma indica que apesar do sombreamento, as aberturas devem permitir a entrada de sol durante o inverno. O nível de desempenho a ser atingido é o mínimo (Tabela 2.8).

Tabela 2.8: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3

| Aberturas para ventilação | Sombreamento das aberturas |
|---------------------------|--------------------------------|
| Médias | Permitir sol durante o inverno |

Fonte: NBR 15220/3 (ABNT, 2005)

2.9. Simulação numérica

O EnergyPlus é um programa de análises de energia e simulação de carga térmica de edificações. Esse software permite o cálculo do impacto de equipamentos de aquecimento, resfriamento, ventilação, tipos complexos de iluminação e janelas para maximizar a eficiência energética da edificação e o conforto dos ocupantes. O EnergyPlus foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos EUA em cooperação com o Laboratório de Pesquisa do Departamento de Engenharia de Construção do Exército Norte-Americano, a Universidade de Estado de Oklahoma, o Departamento de Energia do Laboratório Nacional Lawrence

Berkeley e do Centro de Engenharia Solar da Flórida (CRAWLEY et al., 2004). Sua utilização pode ser feita de forma gratuita. Adota-se o módulo de ventilação natural com taxas de ventilação e/ou renovação do ar constantes (ZoneVentilation) no processo de simulação numérica via EnergyPlus

2.9.1. Etapas da simulação numérica

O procedimento de avaliação de desempenho térmico de uma edificação fornece a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às interações térmicas e de massa entre ambiente interno e ambiente externo (AKUTSU, 1998), contemplando as seguintes etapas: (a) caracterização da edificação e seu perfil de ocupação; (b) caracterização e configuração dos fechamentos e estratégias bioclimáticas incorporadas no desenho; (c) caracterização das condições climáticas; (d) caracterização das exigências humanas de conforto térmico; (e) simulação numérica das interações térmicas e de massa entre o ambiente externo e interno; (f) avaliação da distribuição interna da temperatura e umidade relativa (edificações naturalmente ventiladas) e da carga térmica necessária (edificações mecanicamente condicionadas).

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO

3.1. Metodologia adotada

Para esse trabalho, foram projetadas 4 tipologias diferentes de modo atender a vários perfis de usuários, permitindo a possibilidade de ampliação da unidade habitacional, uma vez que esta se trata de uma necessidade apontada na análise pós ocupação de outros conjuntos habitacionais no Brasil (quadro 3.1). Essa possibilidade da flexibilidade das unidades é para que possam crescer de acordo com o programa de necessidade de cada um. No programa atual de Minha Casa, Minha Vida se constrói uma unidade típica de 30 m², 40 m² para todos os membros da família sem levar em conta suas necessidades.

Quadro 3-1: Análise de pós-ocupação - conflitos recorrentes apontados pelos moradores

| |
|--|
| Cômodos pequenos x necessidade de trabalhar com maior conforto/abrir um comércio/abrigar veículos. |
| Hábito cultural de fazer refeições na cozinha x insuficiência de espaço para acomodar os equipamentos da cozinha e a mesa de refeições. |
| Necessidade de ter lavadora elétrica x insuficiência de tamanho da área de serviço ou inexistência da área em decorrência de sua anexação à cozinha. |
| Adoção de procedimentos facilitadores da lavagem de roupa x tanque com apenas um bojo. |
| Necessidade de secar roupas x local apropriado. |
| Necessidade de mobiliar adequadamente a sala x sala de estar muito pequena. |
| Dificuldade de locomoção x insuficiência de espaço no banheiro para o uso de portadores de deficiência. |
| Necessidade de boa iluminação natural nos cômodos x aberturas insuficientes ou materiais inadequados. |

Fonte: HABITARE, 2002.

Na tentativa de descobrir as razões de tantos problemas com relação ao espaço interno das unidades bem como do sistema construtivo em aço, surgiu o interesse em estudar de forma mais organizada e aprofundada os problemas existentes. Para isso, desenvolveu-se uma pesquisa com a aplicação dos conceitos e dos procedimentos metodológicos da avaliação pós-ocupação, objetivando avaliar o desempenho das moradias, observando, além da avaliação de desempenho técnico dos edifícios eleitos, a satisfação de seus usuários em relação aos aspectos priorizados.

Diante da análise de pós ocupação, o objetivo do projeto é gerar novas tipologias habitacionais, assim como proporcionar melhores condições de vida para as famílias com renda de até 3 salários mínimos, criar moradias com possibilidades de expansão, criar

moradias a um preço acessível e utilizar sistema construtivo que proporcione agilidade na construção. Dessa forma atende-se às necessidades das famílias de ampliação dos espaços, proporciona uma condição favorável de aquisição do imóvel por meio do financiamento “Minha Casa, Minha Vida” e possibilita uma construção economicamente viável devido à escolha do sistema construtivo.

O projeto oferece um espaço bem planejado e flexível, tanto pelos variados programas de habitação, quanto para mudanças futuras.

Esse trabalho sistematiza o conhecimento sobre a tecnologia do sistema modular para emprego de edifícios de dois pavimentos, por meio da apresentação dos principais fatores que devem ser considerados nas fases de elaboração dos projetos de empreendimento e sua concepção. Fatores esses que condicionam o desempenho e a eficiência do processo de produção de edificações em sistemas modulares.

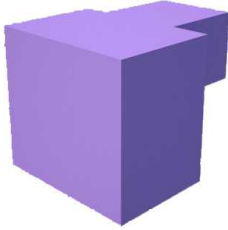
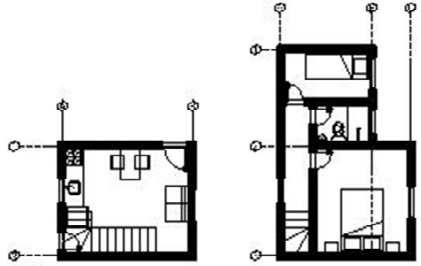
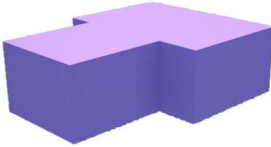
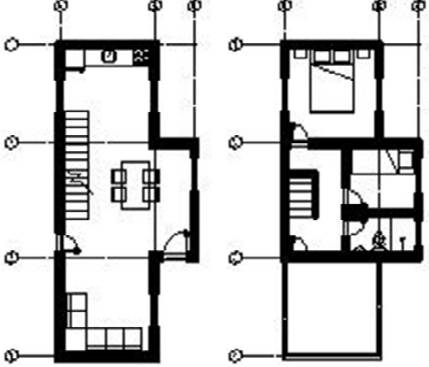
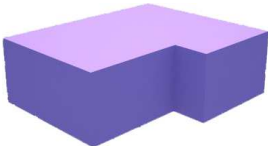
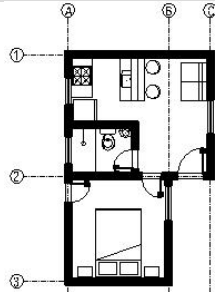
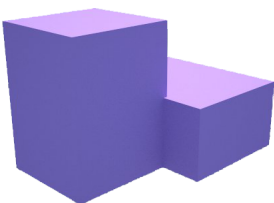
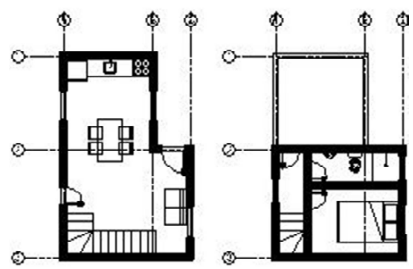
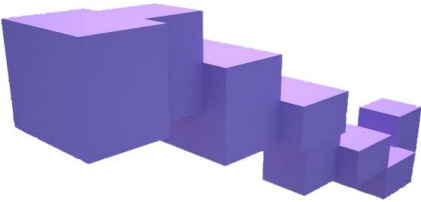
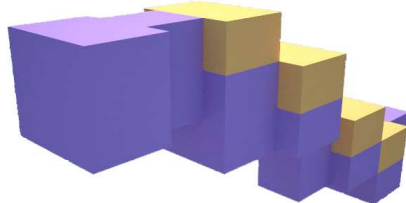
Até aqui as propostas do Minha Casa, Minha Vida não solucionaram as construções em encostas, e recebem críticas pela baixa qualidade e pelo custo elevado. Estas construções são realizadas por construtoras contratadas pela Caixa, que se responsabilizam pela entrega dos imóveis concluídos e legalizados. Concluindo, intenciona-se a partir do trabalho desenvolvido possibilitar maior difusão do sistema construtivo abordado, inserindo-o no contexto dos projetos de habitações sociais promovidos pelo Governo Federal. Devido às diversas vantagens do sistema, acredita-se que ele constitua uma alternativa viável para substituição dos sistemas construtivos tradicionais empregados.

A boa arquitetura parece ser aquela que consegue variar as tipologias em função do terreno, do clima, da vista, da acessibilidade, do ruído. Assim, boas soluções são aquelas que não adotam tipologia única, mas promovem a junção de várias alternativas, em harmonia com o local e seus condicionantes (FERREIRA, 2012).

3.2. Modelo proposto

No quadro 3.2 apresenta-se o projeto habitacional para população de baixa renda situado em uma encosta.

Quadro 3-2: O Projeto Arquitetônico (continua)

| Nome | Volumetria | Programa | Plantas |
|--|---|--|---|
| Tipologia 1 |  | Sala; Cozinha; Banheiro; Área de Serviço; 2 dormitórios. 45 m ² |  |
| Tipologia 2 |  | Sala estar; Sala de jantar; Cozinha; Banheiro; Área de Serviço; 2 dormitórios. 50 m ² |  |
| Tipologia 3 |  | Sala; Cozinha; Banheiro; Área de Serviço; 1 dormitório. 30 m ² |  |
| Tipologia 4 |  | Sala estar; Sala de Jantar; Cozinha; Banheiro; Área de Serviço; 1 dormitório. 40 m ² |  |
|  | | Tipologias unidas | |
|  | | Tipologias unidas com ampliações proposta. Possibilidades de ampliação de até 9 m ² | |

Quadro 3-2: O Projeto Arquitetônico (conclusão)

Simulação do modelo em terreno acidentado, por meio do software Google SketchUp

Quando se fala em habitação econômica no Brasil logo se pensa naqueles predinhos padronizados, sem estética e monótonos, com vários problemas construtivos.

Pode-se verificar ainda que não há muita preocupação com a qualidade projetual dessas edificações, havendo a necessidade de reformas e/ou ampliações dessas unidades para atender as necessidades dos proprietários conforme já visto no quadro 3.1 onde foi listado os conflitos recorrentes apontados pelos moradores de alguns conjuntos habitacionais populares.

Estas alterações são realizadas na maioria das vezes sem critérios que assegurem ao morador qualidade de vida e de salubridade, pois não são acompanhadas por profissionais que possam solucionar todos esses problemas.

Com o intuito de tentar minorar os problemas advindos de uma generalização nas moradias de interesse social, este projeto pretende melhorar a qualidade de vida dos

moradores através de orientações na realização de ampliações ou reformas nas edificações e nas áreas do entorno, proporcionando a esses cidadãos moradias que ofereçam qualidade de conforto ambiental (térmico e lumínico) e espaços dimensionados conforme critérios de medidas mínimas para garantir o chamado espaço adequado às necessidades humanas.

Mais importante é entender que o conjunto de tecnologias empregadas e interligadas nasce do projeto de arquitetura e de um criativo projeto urbanístico que não transforme, como no passado, conjuntos habitacionais em guetos.

O projeto oferece um espaço bem planejado e flexível, tanto pelos variados programas de habitação, quanto para mudanças futuras.

A tipologia 1 com 45m² distribuídos em dois pavimentos. É destinada a uma família de no máximo quatro pessoas, possui dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

A tipologia 2 com 50m² distribuídos em dois pavimentos. É destinada a uma família de no máximo quatro pessoas, possui dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

A tipologia 3 com 30m² distribuídos em um pavimento. É destinada a uma família de no máximo duas pessoas, possui dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

A tipologia 4 com 40m² distribuídos em dois pavimentos. É destinada a uma família de no máximo duas pessoas, possui dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

A volumetria foi pensada de modo que as quatro tipologias pudessem se encaixar, promovendo terraços onde os usuários tenham a possibilidade de realizar as expansões da habitação conforme necessidade.

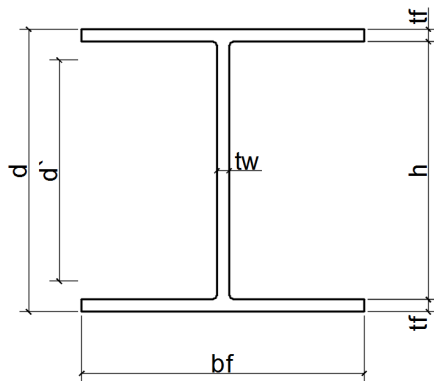
3.3. O projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico desenvolvido tem como principal característica a industrialização de seus componentes. Essa industrialização baseia-se na utilização de estruturas metálicas, onde o projeto é constituído de módulos estruturais e são compostos por pilares e vigas em perfis metálicos tipo “H” e “I” (fig. 3.1 e tabela 3.1)

Para escolha dos perfis, foi levado em consideração o Template Minha Casa, Minha Vida, onde foram utilizados padrões de Coordenação Modular de acordo com a norma NBR 15873 (ABNT, 2010), que define os termos, o valor do módulo básico e os princípios da coordenação modular para edificações. A coordenação modular se aplica ao projeto de

edificações de todos os tipos, ao projeto e a produção de componentes construtivos de todos os tipos e a construção de edificações.

Os perfis metálicos inseridos e disponíveis no Template Minha Casa, Minha Vida são os utilizados com mais frequência em Habitação de Interesse Social, e podem ser alteradas suas configurações de dimensões e materiais de acordo com o projeto.



Perfis H (w)

d= altura externa do perfil

d' = altura livre da alma

h= altura interna

bf= largura da aba

tf= espessura da aba

tw= espessura da alma

Figura 3.1: Pilar Metálico W 150x22,5 (H)
Fonte: CONTIER ARQUITETURA, 2011

Tabela 3-1 Dimensões do pilar

| Massa Linear | d | bf | d' | h | tw | tf | ÁREA |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
| Kg/m | mm | mm | mm | mm | mm | mm | cm ² |
| 22,5 | 152 | 152 | 119 | 139 | 5,8 | 6,6 | 29,00 |

As alvenarias foram determinadas, também segundo o Template MCMV, onde foram diferenciadas pela utilização em distintos sistemas construtivos: Convencional, Metálico e de Alvenaria Estrutural, onde, as alvenarias denominadas Comuns (fig 3.2) são utilizadas em Sistemas Construtivos convencional e Metálico. Dessa forma, optou-se pelos blocos cerâmicos, tanto interna quanto externa devido ao objeto de estudo ser a estrutura metálica.

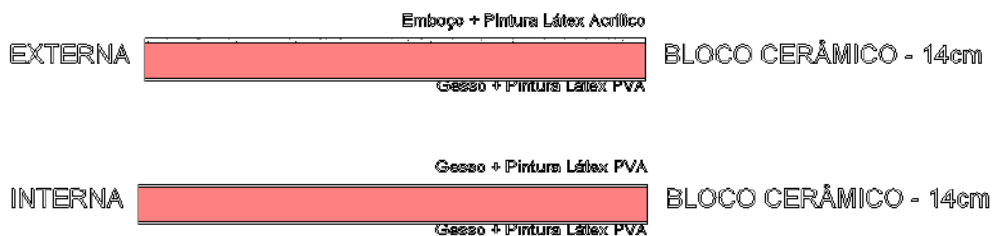


Figura 3.2: Alvenarias comuns
Fonte: CONTIER ARQUITETURA, 2011

Conforme visualizado nas tabelas 3.2 a 3.4, optou-se por utilizar materiais especificados em edificações projetadas, segundo o programa Minha Casa, Minha Vida.

Tabela 3.2: Descrição das portas

| PORTAS | | | |
|---------------|----------|---|------------|
| AMBIENTE | MATERIAL | DESCRIÇÃO | DIMENSÕES |
| Estar/Jantar | Madeira | 1 folha de abrir, lisa, maciça. | 0,80x 2,10 |
| Dormitórios | Madeira | 1 folha de abrir, lisa, de compensado, com miolo colméia. | 0,70x 2,11 |
| Banheiro | Madeira | 1 folha de abrir, lisa, de compensado, com miolo colméia. | 0,60x 2,12 |
| Cozinha | Alumínio | 1 folha de abrir | 0,70x 2,11 |

Tabela 3.3: Descrição das janelas

| JANELAS | | | |
|----------------|----------|---|----------------------|
| AMBIENTE | MATERIAL | DESCRIÇÃO | DIMENSÕES |
| Estar/Jantar | Alumínio | 2 folhas de correr, vidro liso 3 mm, sem veneziana. | 1,20 x 1,20/ 1,10 |
| Dormitórios | Alumínio | 2 folhas de correr, vidro liso 3 mm, sem veneziana. | 1,20 x 1,20/ 1,10 |
| Banheiro | Alumínio | Maxim-ar, vidro mini boreal 3 mm. | 0,60 x 0,60/ 1,50 |
| Cozinha | Alumínio | Maxim-ar, vidro mini boreal 3 mm. | 0,60 x 0,60/ 1,50 |

Tabela 3.4: Descrição dos acabamentos

| REVESTIMENTOS, ACABAMENTOS E PINTURA | | | |
|---|-----------|---|----------------------|
| AMBIENTE | PISO | PAREDE | TETO |
| Sala | Cimentado | Textura sobre bloco cerâmico | Laje / Forro de PVC. |
| Dormitórios e circulação | Cimentado | Textura sobre bloco cerâmico | Laje / Forro de PVC. |
| Banheiro | Cerâmico | Revestimento cerâmico 15 x 15cm, na cor branca, até o teto, assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante. | Laje / Forro de PVC. |
| Cozinha | Cerâmico | Revestimento cerâmico 15 x 15cm, na cor branca, até o teto, assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante. | Laje / Forro de PVC. |

Com o projeto arquitetônico já definido, foi determinado os pilares metálicos, os sistemas de fechamento em blocos cerâmicos e os materiais de acabamentos conforme listado em tabelas anteriores, o mesmo foi modelado pelo software Revit.

Enquanto se projeta através das plantas e elevações, é paralelamente construído um modelo tridimensional do projeto, e todas as modificações feitas nas plantas, cortes e elevações aparecem imediatamente no modelo 3D (fig. 3.3 e 3.4).

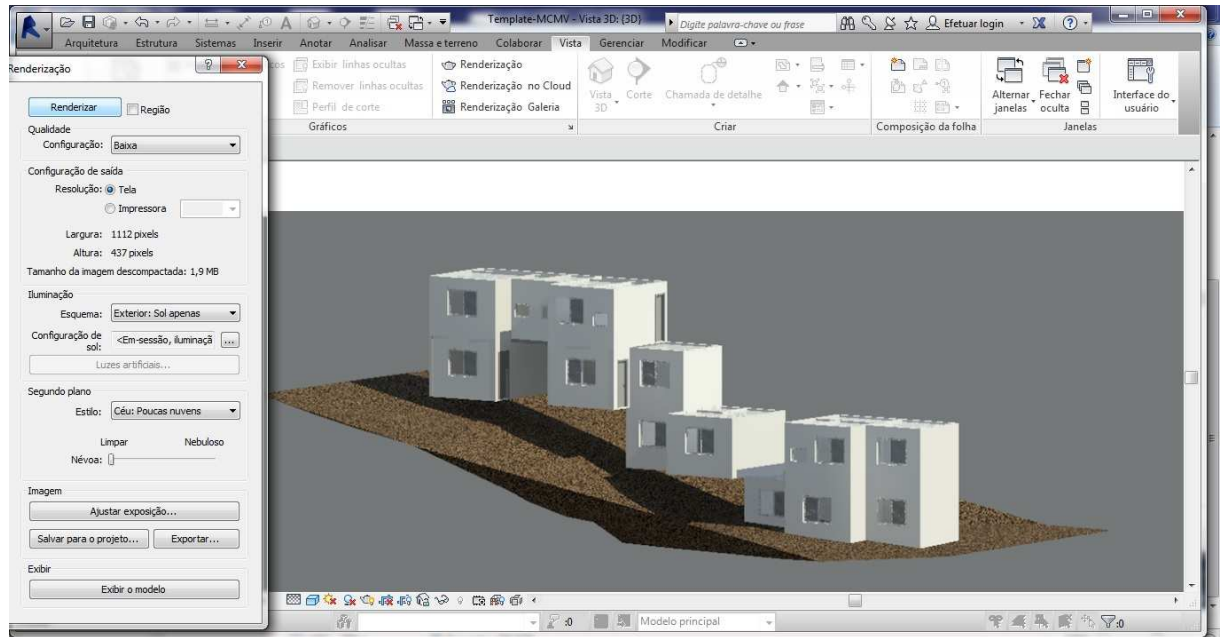


Figura 3.3: Projeto arquitetônico

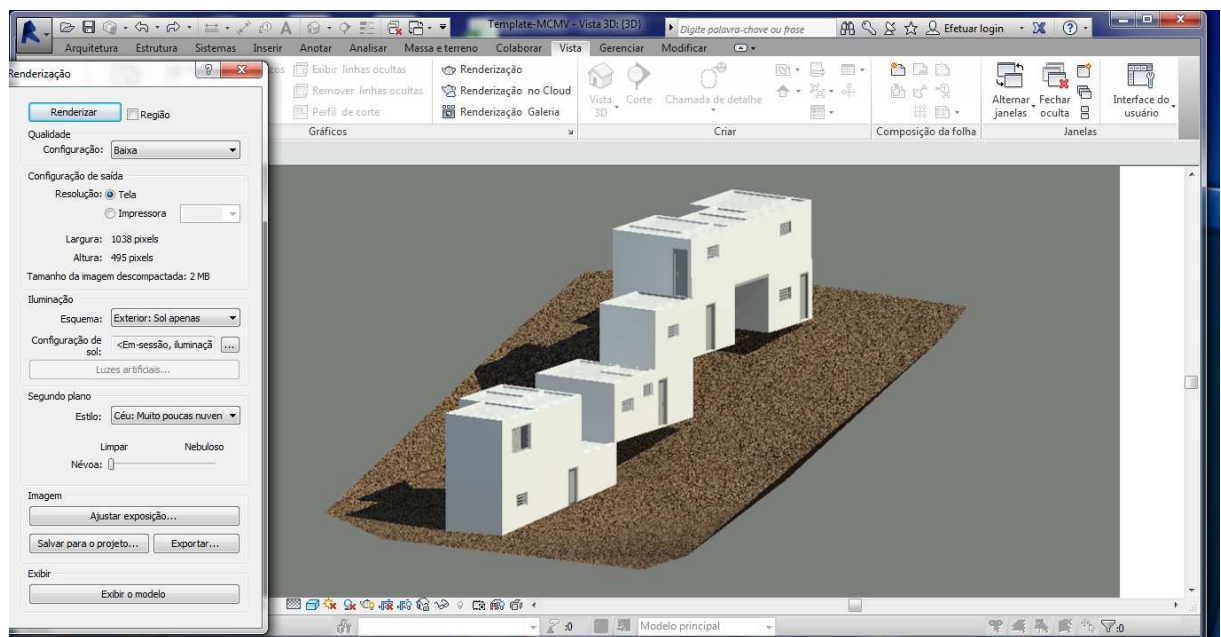


Figura 3.4: Projeto arquitetônico

Por meio da tela mostrada na figura 3.5 pode-se visualizar como o projeto arquitetônico desenvolvido no Revit permite criar e editar desenhos simultaneamente em duas e três dimensões, através de ferramentas específicas para projeto arquitetônico. Desta forma, qualquer alteração reflete-se automaticamente em todo o projeto.

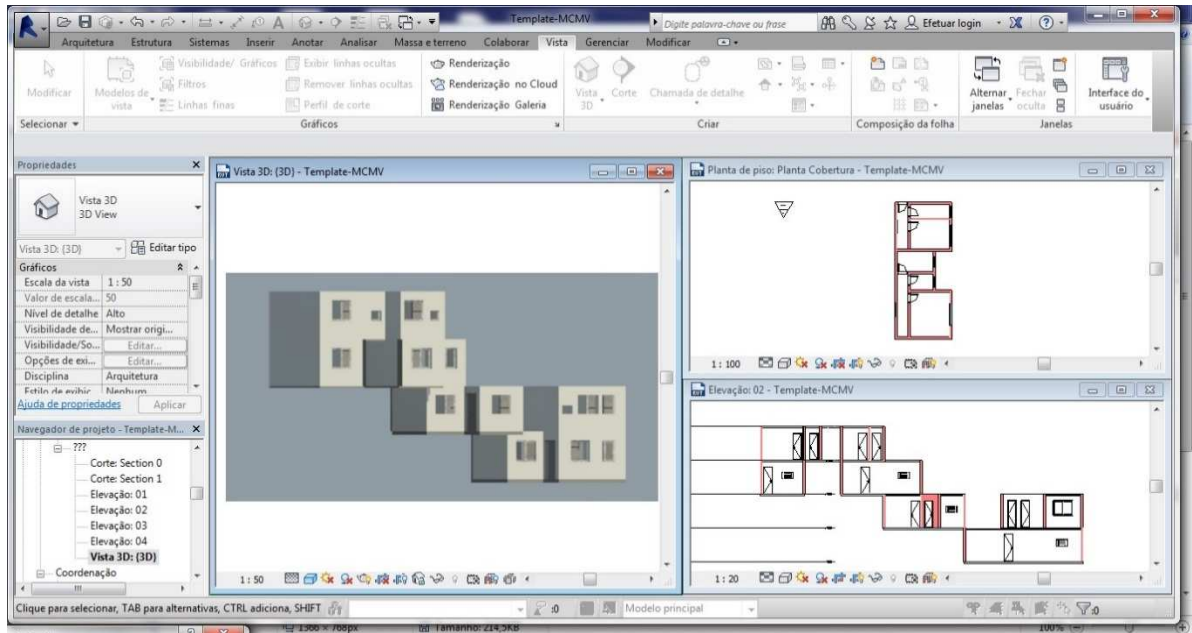


Figura 3.5: Projeto arquitetônico

Na tela mostrada na figura 3.6 pode-se ver o lançamento da estrutura tridimensional usando os planos de pavimentos como referência. Assim a estrutura é lançada com sistema de coordenadas coerente, possibilitando a verificação de interferências e coordenação do projeto.

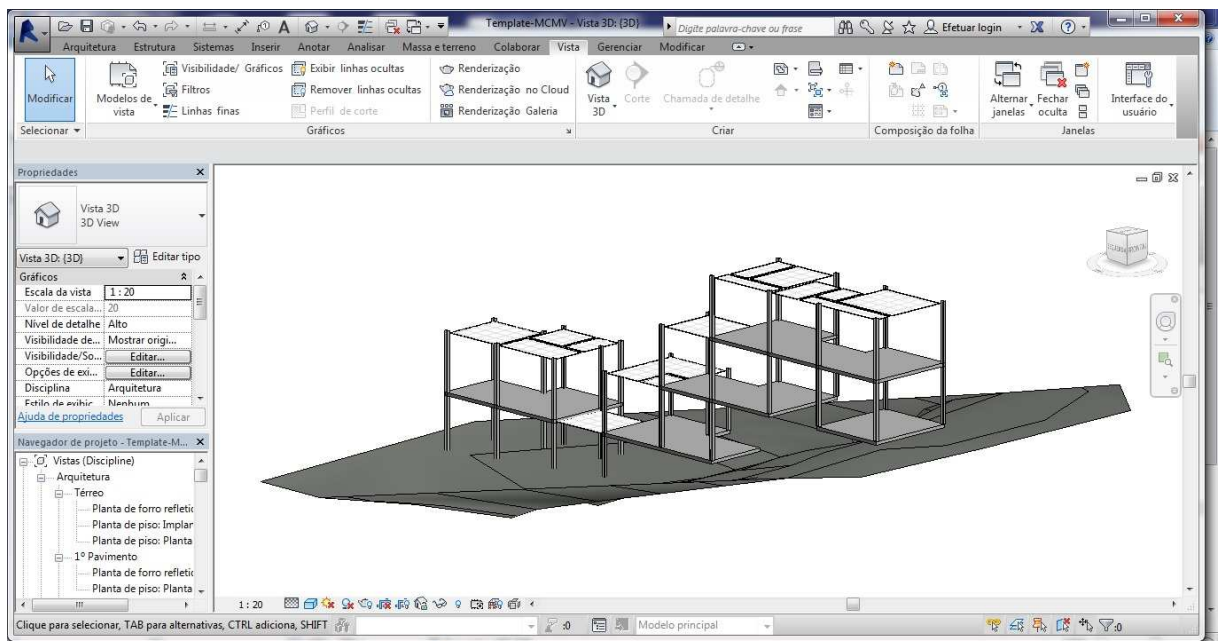


Figura 3.6: Modulação estrutural

Embora o objetivo principal do trabalho seja o desenvolvimento do projeto com base no ambiente Building Information Modeling (BIM), apresenta-se aqui também uma avaliação do desempenho térmico do modelo proposto.

3.4. Análise térmica do projeto proposto

Para uma simulação, a norma recomenda a utilização do software EnergyPlus ou de outros programas que permitam a determinação do comportamento térmico das edificações. Dessa forma, optou-se por realizar a abordagem numérica deste trabalho, por meio de simulação computacional utilizando o programa EnergyPlus.

A simulação não é feita de forma direta do Revit para o EnergyPlus, sendo necessária uma importação intermediária. Para ser realizada a simulação no EnergyPlus, o programa requer que sejam inseridos outros parâmetros além das coordenadas da edificação, como propriedades termofísica dos materiais, rotinas de ocupação e uso, e parâmetros de ventilação.

O software Revit possui uma proposta que condiz com a ideia de ser uma ferramenta que trabalha como um unico modelo digital capaz de conter informações para diferentes finalidades (AUTODESK, 2014). Isso diminuiria consideravelmente o tempo utilizado para a simulação computacional e preveniria um retrabalho desnecessário.

3.5. Parâmetros da simulação numérica

3.5.1. Caracterização da edificação e seu perfil de ocupação

O objeto de estudo desse trabalho é uma habitação térrea de interesse social, baseada nas especificações mínimas para os empreendimentos do Programa Minha Casa, Minha Vida. A edificação é constituída por sala, cozinha, um banheiro e um quarto, com pé-direito de 2,90 m, com uma área útil de 30 m² (fig 3.7)

A quantidade de radiação que incide nas superfícies externas de uma edificação influencia diretamente no desempenho térmico interno, assim como os materiais utilizados para a execução do projeto. Outros fatores não menos importantes também desempenham essa influência como o número de ocupantes, o número de equipamentos, o perfil de utilização desses equipamentos, o nível de iluminação e o período de ocupação. Nesse estudo, como se está verificando os requisitos mínimos sugeridos pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), considera-se a edificação sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas e outros equipamentos em geral). Desse modo não se considera nenhum perfil de ocupação.

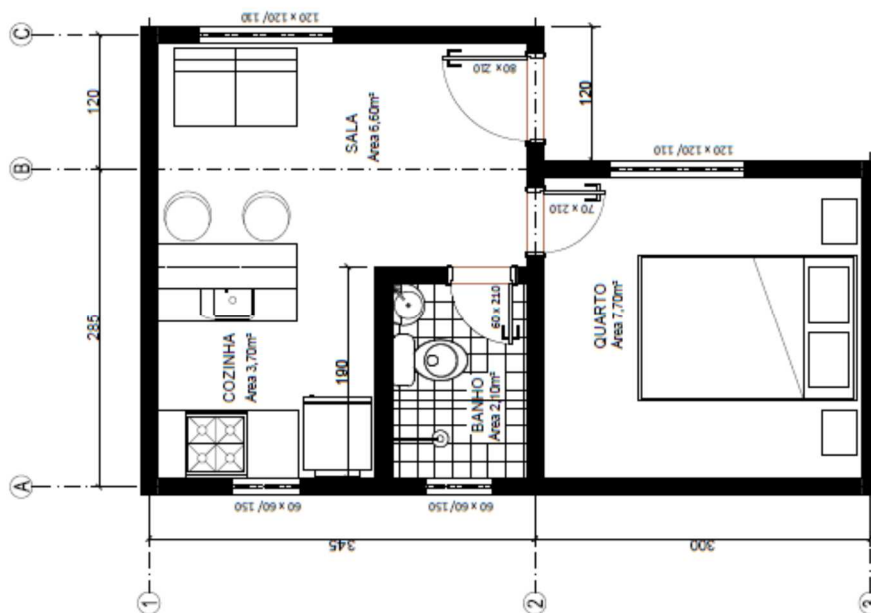


Figura 3-7: Planta Apartamento

3.5.2. Caracterização e configuração dos fechamentos

Para o estudo foi adotado o bloco cerâmico como sistema de fechamento, conforme esquematizado na Tabela 3.5.

Tabela 3-5 - Descrição dos acabamentos

| REVESTIMENTOS, ACABAMENTOS E PINTURA | | | |
|--------------------------------------|-----------|---|----------------------|
| AMBIENTE | PISO | PAREDE | TETO |
| Sala | Cimentado | Textura sobre bloco cerâmico (e= 14cm) | Laje / Forro de PVC. |
| Dormitórios e circulação | Cimentado | Textura sobre bloco cerâmico (e= 14cm) | Laje / Forro de PVC. |
| Banheiro | Cerâmico | Revestimento cerâmico 15 x 15cm, na cor branca, até o teto, assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante. | Laje / Forro de PVC. |
| Cozinha | Cerâmico | Revestimento cerâmico 15 x 15cm, na cor branca, até o teto, assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante. | Laje / Forro de PVC. |

3.5.3. Caracterização das condições climáticas

Para a realização das simulações computacionais são utilizados como referência climática os dados brasileiros de cada Zona Bioclimática conforme estabelecido pela norma NBR 15220 (ABNT, 2005), que fornece informações sobre a localização geográfica de

algumas cidades brasileiras e os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de projeto de verão e de inverno.

Para a geometria do modelo de simulação considera-se a habitação como um todo, adotando cada ambiente como uma zona térmica. Para efeito da avaliação do desempenho são analisados os dados obtidos para a sala e para o dormitório, conforme método detalhado na norma NBR 15575 (ABNT, 2013), de forma a considerar as piores condições de exposição para cada ambiente no “dia típico de projeto”, ou seja, janela dos dormitórios e salas voltadas para oeste no dia típico de verão e para o sul no dia típico de inverno.

Simulam-se todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas e de massa entre os seus ambientes e avaliam-se os resultados dos recintos dormitórios e salas, considerando as condições apresentadas a seguir: (a) na entrada de dados, considerar que os recintos adjacentes, de outras unidades habitacionais, separados, portanto, por paredes de geminação ou entrespisos, apresentam a mesma condição térmica do ambiente que está sendo simulado; (b) a edificação deve ser orientada conforme a implantação. A unidade habitacional dessa edificação escolhida para a simulação deve ser a mais crítica do ponto de vista térmico; (c) caso essa orientação da edificação não esteja definida, esta deve ser posicionada de tal forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico.

Como condição crítica do ponto de vista térmico, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) recomenda que:

a) verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste;

b) inverno: janela do dormitório ou da sala de estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para sul;

c) obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento. Edificações de um mesmo complexo, por exemplo, um condomínio pode ser considerado, desde que previstas para habitação no mesmo período. Essa informação deve constar na documentação de comprovação de desempenho;

d) Obstrução por elementos construtivos previstos na edificação: dispositivos de sombreamento (exemplos: para-sóis, marquises, beirais) devem ser consideradas na simulação. Adotar uma taxa de ventilação do ambiente de 1 ren/h. A taxa de renovação da cobertura deve ser a mesma, de 1 ren/h.

A absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas, conforme orientações a seguir: (a) cobertura: valor especificado no projeto, correspondente, portanto, ao material declarado para o telhado ou outro elemento utilizado que constitua a superfície exposta da cobertura; (b) parede: assumir o valor da absorvância à radiação solar correspondente à cor definida no projeto. Caso a cor não esteja definida, simular para três alternativas de cor: cor clara (0,3); cor média (0,5); cor escura (0,7).

Segundo a norma NBR 15575 (ABNT 2013), a unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para verão deve ser simulada novamente considerando-se as seguintes alterações:

- ventilação: configuração da taxa de ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h) e janelas sem sombreamento;
- sombreamento: inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50 % da radiação solar direta que entraria pela janela, com taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 ren/h);
- ventilação e sombreamento: combinação das duas estratégias anteriores, ou seja, inserção de dispositivo de proteção solar e taxa de renovação do ar de 5,0 ren/h.

3.6. Parâmetros gerais da simulação

O estudo foi feito para os dias típicos de verão e inverno conforme estabelecido pela norma 15575 (ABNT, 2013), Tabelas 3.6 a 3.8 e todas as zonas bioclimáticas definidas pela norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

Tabela 3-6: Zonas bioclimáticas

| ZONA BIOCLIMÁTICA | | Latitude | Longitude | Altitude |
|-------------------|---------------------------|-----------|-----------|----------|
| 1 | Curitiba (PR) | S 25° 42' | W 49° 27' | 924 m |
| 2 | São Lourenço (MG) | S 22° 10' | W 45° 01' | 953 m |
| 3 | São Paulo (SP) | S 23° 50' | W 46° 62' | 792 m |
| 4 | Brasília (DF) | S 15° 78' | W 47° 93' | 1.160 m |
| 5 | Vitória da Conquista (BA) | S 14° 88' | W 40° 79' | 875 m |
| 6 | Campo Grande (MS) | S 20° 45' | W 54° 62' | 530 m |
| 7 | Cuiabá (MT) | S 15° 55' | W 56° 12' | 151 m |
| 8 | Manaus (AM) | S 3° 13' | W 60° 02' | 72 m |

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

Tabela 3-7: Dados de dias típicos de verão

| ZONA BIOCLIMÁTICA | | Tem ^m ax diária °C | Amplitude diária de temperatura °C | Tebul ^o úmido °C | Radiação solar Wh/m ² | Nebulosidad e décimos |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | Curitiba (PR) | 31,4 | 10,2 | 21,3 | 4.988 | 8 |
| 2 | São Lourenço (MG) | 31,8 | 11,7 | 21,6 | 5.307 | 8 |
| 3 | São Paulo (SP) | 31,9 | 9,2 | 21,3 | 5.180 | 6 |
| 4 | Brasília (DF) | 31,2 | 12,5 | 20,9 | 4.625 | 4 |
| 5 | Vitória da Conquista (BA) | 31,7 | 10,3 | 21,0 | 5.030 | 8 |
| 6 | Campo Grande (MS) | 33,6 | 10 | 23,6 | 5.481 | 6 |
| 7 | Cuiabá (MT) | 37,8 | 12,4 | 24,8 | 4.972 | 6 |
| 8 | Manaus (AM) | 34,9 | 9,1 | 26,4 | 5.177 | 7 |

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

Tabela 3-8: Dados de dias típicos de inverno

| ZONA BIOCLIMÁTICA | | Tem ^m ín diária °C | Amplitude diária de temperatura °C | Tebulbo úmido °C | Radiação solar Wh/m ² | Nebulosi - dade décimos |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|------------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Curitiba (PR) | 0,7 | 11,6 | 11,0 | 3.211 | 6 |
| 2 | São Lourenço (MG) | 2,6 | 16,6 | 14,0 | 3.595 | 7 |
| 3 | São Paulo (SP) | 6,2 | 10,0 | 13,4 | 4.418 | 6 |
| 4 | Brasília (DF) | 10,0 | 12,2 | 14,8 | 4.246 | 3 |
| 5 | Vitória da Conquista (BA) | 10,7 | 9,7 | 15,1 | 4.110 | 7 |
| 6 | Campo Grande (MS) | 13,7 | 11,5 | 17,3 | 4.250 | 4 |
| 7 | Cuiabá (MT) | 11,4 | 14,3 | 20,1 | 4.163 | 4 |
| 8 | Manaus (AM) | 21,4 | 7,9 | 25,0 | 4.523 | 7 |

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

3.7. Resultados e Análises

A simulação foi realizada considerando a cidade de São Paulo, pois encontra-se na mesma zona bioclimática que a cidade de Belo Horizonte, onde de fato o conjunto habitacional em estudo foi projetado, conforme mostrado na Tabela 4.2. Nas tabelas 3.5 e 3.6 apresentam-se os resultados de temperatura interna (T_i), em °C, que mostram a influência de alternativas de projetos como sombreamento, cores das superfícies e taxas de ventilação natural seguindo as diretrizes e recomendações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) em função do mapeamento bioclimático do País sugerido pela norma NBR 15220 (ABNT, 2005). A absorvância à radiação solar foi avaliada variando-se três alternativas de cor: cor clara: $\alpha=0,3$; cor média: $\alpha=0,5$; e cor escura: $\alpha=0,7$, conforme diretrizes da norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

A ventilação natural dos ambientes foi avaliada utilizando taxas de ventilação e/ou renovação do ar constante (Zone Ventilation), com taxa de 1 ren/h e de 5 ren/h, conforme diretrizes da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), em um tipo de fechamento vertical: bloco cimentício.

Tabela 3-9: Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno, fechamento em bloco cimentício, sem sombreamento

| INVERNO | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| Zona Bioclimática | $T_{e, \min}$ +3°C | $\alpha = 0,3$ | | | | $\alpha = 0,5$ | | | | $\alpha = 0,7$ | | | |
| | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | |
| | | Quarto 1 | Sal a/Coz | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. |
| 1 | 3,8 | 6,8 | 6,3 | 5,6 | 5,1 | 6,8 | 6,3 | 5,6 | 5,1 | 6,9 | 6,4 | 5,6 | 5,1 |
| 2 | 5,7 | 8,7 | 9,1 | 7,9 | 7,3 | 8,8 | 9,2 | 7,9 | 7,4 | 8,8 | 9,3 | 8,0 | 7,4 |
| 3 | 9,7 | 11,5 | 11,2 | 10,5 | 10,2 | 11,6 | 11,3 | 10,6 | 10,2 | 11,7 | 11,3 | 10,6 | 10,2 |
| 4 | 13,1 | 14,6 | 14,2 | 13,8 | 13,3 | 14,6 | 14,2 | 13,8 | 13,4 | 14,6 | 14,2 | 13,8 | 13,4 |
| 5 | 13,8 | 14,4 | 14,3 | 13,7 | 13,5 | 14,5 | 14,4 | 13,8 | 13,5 | 14,6 | 14,4 | 13,8 | 13,6 |

Tabela 3-10: Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de verão, fechamento em bloco cimentício, sem sombreamento

| VERÃO | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| Zona Bioclimática | T _{e,max} | $\alpha = 0,3$ | | | | $\alpha = 0,5$ | | | | $\alpha = 0,7$ | | | |
| | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | | Caso 1 sem sombr.; 1 ren/h | | Caso 2 sem sombr.; 5 ren/h | |
| | | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. | Quarto 1 | Sal a/C oz. |
| 1 | 31,4 | 28.9 | 30.4 | 29.15 | 30.4 | 29.3 | 30.8 | 29.4 | 30.8 | 29.6 | 31.1 | 29.7 | 31.0 |
| 2 | 31,8 | 29.4 | 32.6 | 29.6 | 32.2 | 30.2 | 33.5 | 30.1 | 32.8 | 30.9 | 34.2 | 30.7 | 33.3 |
| 3 | 31,9 | 29.2 | 30.7 | 29.6 | 30.9 | 29.6 | 31.1 | 29.8 | 31.2 | 29.9 | 31.5 | 30.1 | 31.4 |
| 4 | 31,2 | 27.4 | 28.9 | 28.0 | 29.3 | 27.8 | 29.3 | 28.3 | 29.6 | 28.1 | 29.7 | 28.5 | 29.8 |
| 5 | 31,7 | 28.8 | 31.2 | 29.2 | 31.2 | 29.4 | 31.9 | 29.7 | 31.6 | 29.9 | 32.5 | 30.1 | 32.1 |
| 6 | 33,6 | 31.1 | 32.9 | 31.5 | 33.0 | 31.5 | 33.5 | 31.8 | 33.3 | 31.9 | 33.9 | 32.1 | 33.6 |
| 7 | 37,8 | 34.0 | 35.9 | 34.7 | 36.2 | 34.4 | 36.3 | 35.0 | 36.5 | 34.8 | 36.7 | 35.2 | 36.8 |
| 8 | 34,9 | 32.9 | 36.0 | 33.2 | 35.5 | 33.6 | 36.9 | 33.7 | 36.1 | 34.2 | 37.7 | 34.2 | 36.7 |

Considerando-se os resultados apresentados nas Tabelas 3.9 e 3.10, observa-se que as temperaturas internas atendem aos requisitos mínimos sugeridos pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para o tipo de fechamentos analisado. Conforme o aumento das renovações de ar, a temperatura interna diminui no inverno, e aumenta no verão, tendendo a se igualar à temperatura externa.

3.8. Avaliação do sombreamento

Nos gráficos 3.1 e 3.2 é apresentado os valores horários da temperatura do ar exterior e interior, referentes ao dia típico de inverno e de verão, para uma comparação direta entre as respostas térmicas da edificação com a variação das taxas de renovação de ar, em 1 ren/h sem sombreamento e 1 ren/h com sombreamento, para cor clara ($\alpha=0,3$), zona climática 3, levando-se em consideração o fechamento em bloco cimentício.

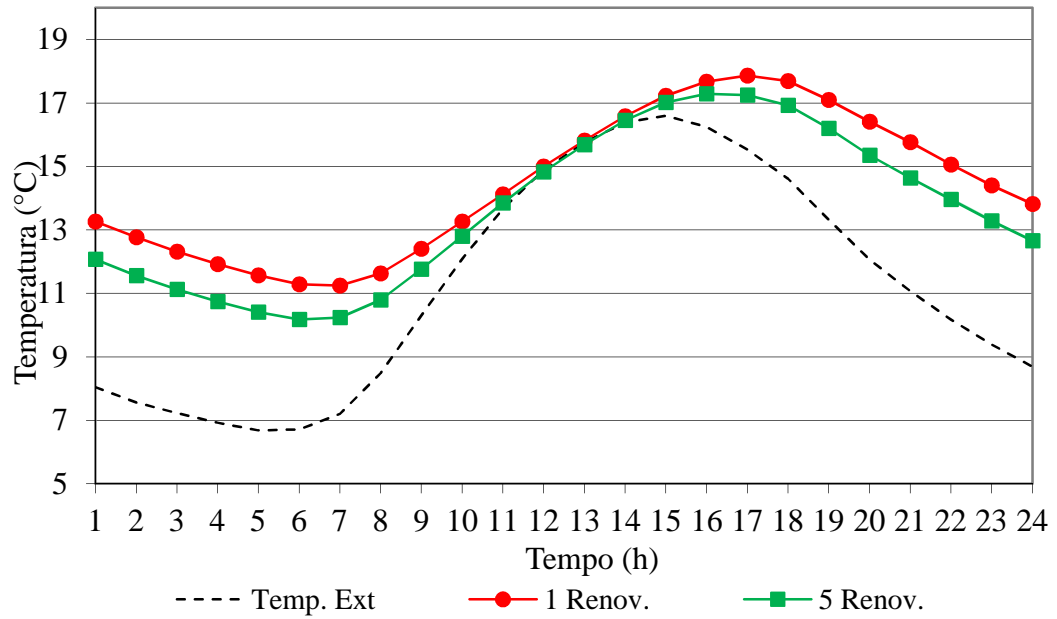


Gráfico 3-1: São Paulo - Inverno - $\alpha = 0,3$ - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cimentício, zona térmica quarto

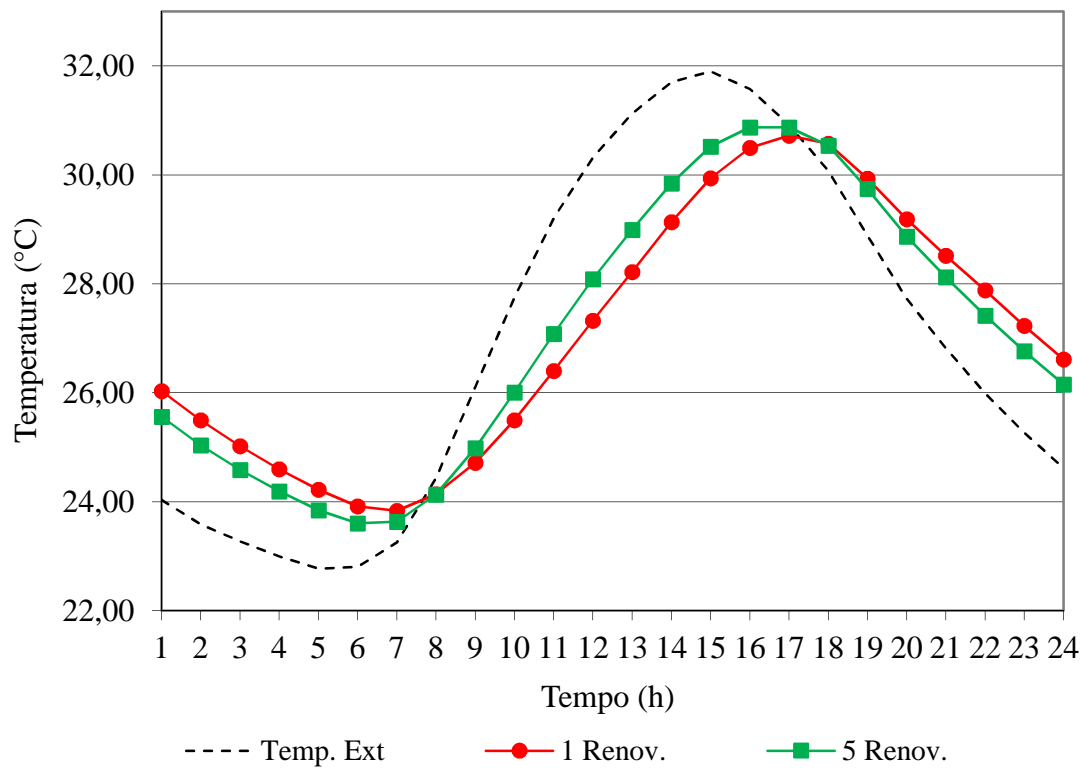


Gráfico 3-2: São Paulo - Verão - $\alpha = 0,3$ - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cimentício, zona térmica sala

3.9. Avaliação da absorvância

Nos gráficos 3.3 e 3.4 são apresentados os valores horários da temperatura do ar exterior e da face interna da superfície, pertencente à zona térmica sala, referentes ao dia típico de inverno e verão, para uma comparação direta entre as respostas térmicas da edificação com a variação da absorvância a radiação solar conforme as características das superfícies externas dos fechamentos. Simulou-se pelo método de taxa de ventilação constante (ZoneVentilation) a uma taxa de renovação do ar de 1 ren/h, sem sombreamento, para três alternativas de cores definidas pela norma, cor clara ($\alpha = 0,3$), cor média ($\alpha = 0,5$), e cor escura ($\alpha = 0,7$), para a zona climática 3.

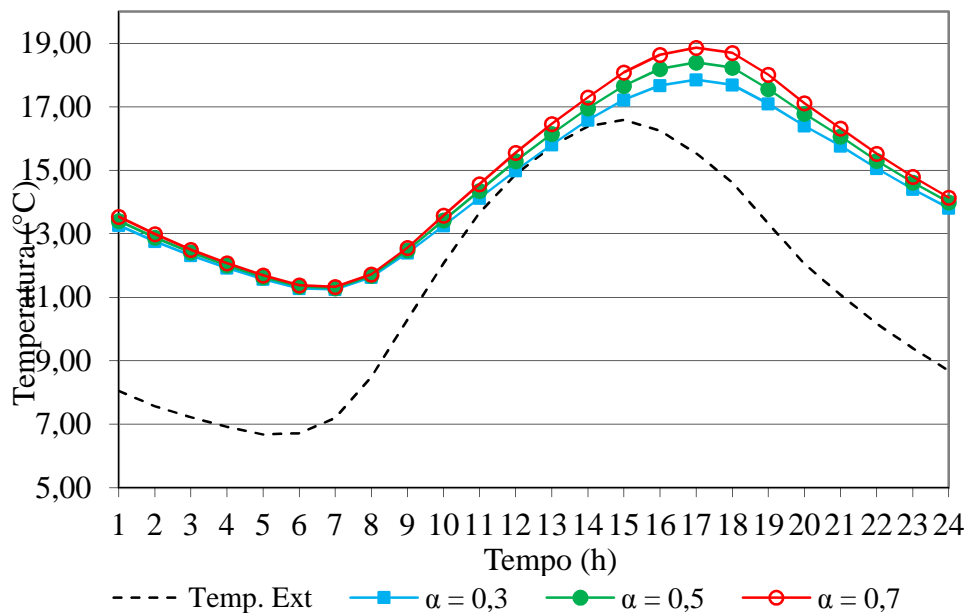


Gráfico 3-3: São Paulo Inverno 1 Renovação Sala - Evolução temporal da temperatura interna e externa – Fechamento em bloco cerâmico, taxa de renovação 1 ren/h sem sombreamento, zona térmica sala

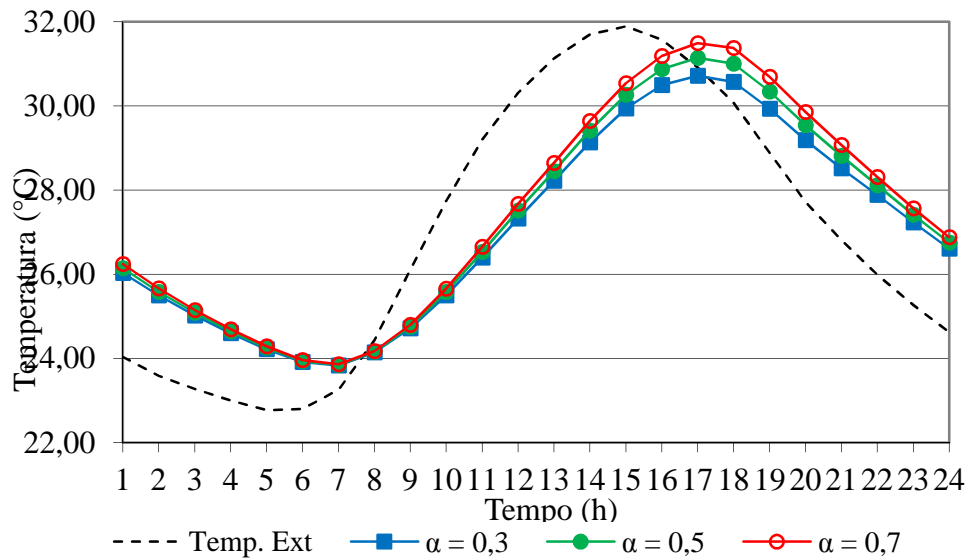


Gráfico 3-4: São Paulo Verão 1 Renovação Sala - Evolução temporal da temperatura na superfície interna e ambiente externo – Fechamento em bloco cerâmico, taxa de renovação 1 ren/h sem sombreamento, zona térmica sala

Observa-se pelos resultados mostrados que um aumento do coeficiente da absorção à radiação solar proporciona um aumento na temperatura interna, da cor clara ($\alpha = 0,3$) para a cor escura ($\alpha = 0,7$), levando a um aumento na temperatura de aproximadamente 1°C quando se leva em consideração a variação da temperatura na superfície interna.

Diante das análises feitas e com base nas avaliações de desempenho da habitação proposta, foi realizada uma simulação (gráf. 3.5) com o uso de brises na tentativa de amenizar a radiação solar e o aumento da temperatura interna.

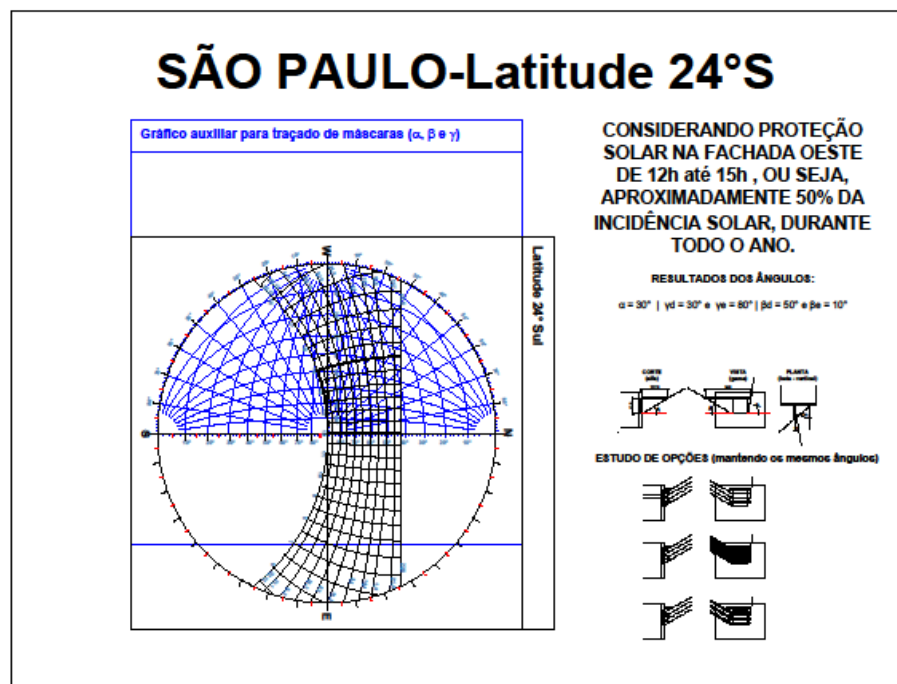


Gráfico 3-5: Simulação com brises

4. CONCLUSÕES

Buscou-se nesse trabalho avaliar a metodologia BIM como ferramenta de projeto simultâneo, apresentando o processo dentro do software Revit Autodesk, assim como os possíveis motivos que dificultem a adoção do BIM pelas empresas e profissionais. O desenvolvimento da modelagem do projeto proposto neste trabalho foi tranquilo devido à experiência da projetista com outros projetos já desenvolvidos, porém como o projeto foi desenvolvido se baseando em um template do programa Minha Casa, Minha Vida, acabou tornando-se limitado e enrijecido com relação as possibilidades de estrutura e até mesmo de solução do projeto. Acredito que um bom *template* é essencial para melhorar a eficiência, qualidade, clareza e coerência dos projetos, o que na minha opinião não aconteceu.

Dessa forma o objetivo proposto foi alcançado por meio do desenvolvimento do projeto habitacional destinado a população de baixa renda situado em encostas, onde as incompatibilidades encontradas, contribuíram positivamente para esse resultado, expondo a facilidade como um programa com interface BIM pode detectar interferências entre diferentes projetos.

Além de detectar as interferências automaticamente, a modelagem pelo software permite a rápida visualização das mesmas, facilitando a tomada de decisões para resolver os problemas encontrados. Avalia-se essa metodologia como positiva para a construção civil, visando um futuro onde todos os profissionais estejam adaptados a trabalhar com o software.

O BIM também pode ser apontado como ferramenta para diminuir o tempo gasto no desenvolvimento do projeto, seja na elaboração inicial, quanto nos detalhamentos. Isso porque, além de detectar as interferências no início, permite com facilidade a correção dos desenhos, permitindo muitas vezes que a obra não necessite esperar a solução de um problema inesperado para sua conclusão. Além disso, auxilia não só na compatibilização, mas em todas as etapas do desenvolvimento da edificação, desde o seu projeto, até a geração de quantitativos, orçamentos, gerenciamento das etapas de construção, organização do canteiro de obras, entre outras características que somam para a qualidade final.

É importante que o conhecimento e as possibilidades da metodologia BIM possam chegar a todos os profissionais envolvidos no projeto de uma edificação, pois só assim será viável utilizá-lo como ferramenta de projeto simultâneo. É preciso ter em mente que a compatibilização é necessária e que o BIM é o melhor caminho para sua realização.

Acredita-se que a redução do prazo de projeto só será possível com a experiência de uso da tecnologia, com a maior adaptação dos profissionais aos softwares e com a inserção efetiva dos demais projetistas e agentes no processo como um todo.

Tendo em vista a estreita margem de lucro dos empreendimentos, sugere-se a utilização de inovações que acrescentem os atuais processos utilizados nesse tipo de produção e garantam a qualidade das construções. Desse modo, os parâmetros definidos pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) podem ser verificados ainda na fase de projeto, desde que para isso os profissionais envolvidos possam contar com uma biblioteca de componentes BIM, caracterizados com os atributos necessários para a realização de tais simulações.

Com relação a verificação desempenho térmico da edificação deste trabalho, conclui-se que o projeto apresenta condições satisfatórias para utilização atendendo os requisitos mínimos de desempenho segundo as diretrizes de critério da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), mas pode ser melhorado a partir de alterações na localização e tamanho das aberturas e ainda a previsão de um isolamento para os fechamentos externos. Nesse contexto, a simulação numérica é importante na avaliação do desempenho térmico de edificações para arquitetos e engenheiros definirem as melhores soluções construtivas e avaliarem antecipadamente a viabilidade econômica e o impacto de seus projetos.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. Coletânea Habitare, v.1, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT/CEE 134**: Comissão Especial de Estudo Modelagem da Informação da Construção (BIM). São Paulo, 2014.

AKUTSU, M.; LOPES, D.. Simulação do desempenho térmico de edificações. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988.

ALMEIDA, C. C. O. **Habitação Social**: origens e produção. (Natal, 1889-1964). 2007. 235 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ALUCCI, M. P.; CARNEIRO, C. M.; BARING, J. G. A. **Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica**. São Paulo: IPT, 1986.

ALVA, E. N. Qualidade ambiental urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC 97, 4, 1997, **Anais...** Salvador: FAUFBA/ANTAC, 1997.

ARGENTINA. INTI. **Coordinacion Modular**. Buenos Aires, 1977.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupany. ASHRAE: Atlanta, 2013.

ASSIS, E. S.; PEREIRA, E. M. D.; SOUZA, R. V. G.; DINIZ, A. S. A. C. **Habitação Social e Eficiência Energética**: Um Protótipo Para O Clima De Belo Horizonte. Vitória, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação Modular para edificações, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492**: Representação de projetos de arquitetura, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006**: Construção de edificação — Organização de informação da construção. Rio de Janeiro, 2010.

AUTODESK, 2014. **Revit and BIM**. Disponível em <<http://www.autodesk.com/education/free-software/revit>> Acesso em: 16 dez. 2013.

BALDAUF, J. P.; FORMOSO, C.T.; MIRON, L.I.G. **Modelagem de requisitos de clientes de empreendimentos habitacionais de interesse social com o uso de BIM**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

BANDEIRA, A. A. C. **Análise do Uso de Estruturas de Aço em Edificações Habitacionais de Interesse Social**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2008.

BORGES, Raphael Melo. **Análise de Desempenho Térmico e Acústico de Unidades Habitacionais Construídas no Conjunto Habitacional Benjamim José Cardoso em Viçosa – MG**. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

BUENO, L.; OKRETIC, G. **Análise da arquitetura, inserção urbana e impacto ambiental de conjunto habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida em Campinas**. Universidade Federal do Pará. Belém, 2014.

CAIADO, K. F. **Estudo e Concepção de Edifícios em Módulos Pré-Fabricados Estruturados em Aço**. 2005. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CAIXA. **Programa minha casa minha vida/FAR**: especificações mínimas. 2014.

CONTIER ARQUITETURA. **Tutorial Minha Casa, Minha Vida**. São Paulo, 2011.

COSTA, E. N. **Avaliação da Metodologia Bim para a Compatibilização de Projetos**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013.

CPTEC. **Banco de dados climatológicos**. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 05 nov. 2009.

CRAWLEY, D. B. et al. EnergyPlus: an update. In: SIMBUILD 2004, Boulder 2004. **Proceedings...** Boler, 2004.

CUCCHIARO, R. **Architecture**. Disponível em: <<https://robertacucchiaro.wordpress.com/>> Acesso em: 12 jun. 2015.

DEILLMANN, H.; KIRSCHENMANN, J.C.; PFEIFFER, H. **El Hábitat**. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1980.

EASTMAN, C.; LISTON, K.; SACKS, R., TEICHOLZ, P. **Manual De Bim: Um Guia De Modelagem Da Informação Da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores E Incorporadores**. Ed Bookman Companhia, 2014.

FARAH, F. **Habitação e Encostas**. Coletanea Habitare. São Paulo, 2003.

FERREIRA, J. S. W. Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano. São Paulo: FUPAM, 2012.

FIESP. FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Subsídios para uma política industrial para a Construção Civil – edificações**. 2008.

FIGUEIREDO, C. M. **Ventilação Natural para Conforto Térmico em Edifícios de Escritórios** – Avaliação com Modelos Adaptativos. NUTAU/USP - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 2008.

FOLZ, R.; MARTUCCI, R. O Projeto Arquitetônico e o Processo Construtivo Flexível: Discussão do Projeto Frente à Racionalização do Processo de Produção da Construção Habitacional. In: SEMINÁRIO SOBRE ENSINO E PESQUISA EM PROJETOS DE ARQUITETURA - PROJETER 2005, 2, **Anais...**:UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

FRANSOZO, H.L; SOUZA, H.A.; FREITAS, M.S.R. Eficiência térmica de habitação de baixo custo estruturada em aço. **Revista Escola de Minas**, v.58, n.2, Ouro Preto, Apr./June, 2005.

FREITAS, A. M. S; SOUZA, H. A; FIGUEIREDO, M. M. S. Análise estrutural e térmica de edificações em aço constituídas de perfis formados a frio. **Revista Escola de Minas**, v.54, n.4, Oct./Dec., 2001.

FRIEDMAN, A. **The Adaptable House: Designing Homes for Change**. New York: McGraw-Hill, 2002.

GIUDICE, A.D. **Habitat Puerto Rico: l'audace progetto di Moshe Safdie**, 2014.

GOMES, A. P.; SOUZA, H. A.; MARTINS, G. C. A.; SPILARI, D. V. Utilização de paredes trombe em edificações residenciais na cidade de ouro preto – MG. In: ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, **Anais...** Natal, Natal, 2009.

GREVEN, H. A; BAUDALF, A. S. F. **Introdução da coordenação modular da construção do Brasil** - Coleção Habitare/FINEP, Porto Alegre, 2007.

HERMSDORFF, M. M. C. **A Estrutura Metálica como solução para a Habitação de Interesse Social: Uma Avaliação Pós-Ocupação do Conjunto Habitacional Oswaldo Barbosa Penna II, Nova Lima – MG**. 2005. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 12 set. 2012.

Johnston, G. B. **Drafting culture: a social history of Architectural graphic Standards**. Cambridge, 2006.

KAPP, S. **Moradia e Contradições do Projeto Moderno**. Interpretar arquitetura, Belo Horizonte, v. 6, n. 8, 2005.

KRÜGER, E. L. Tecnologias apropriadas. In: KRÜGER, E. L. (Org). **Tecnologias Apropriadas**. Publicação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – PPGTE/CEFET-PR/ Curitiba: CEFET-PR, 2000. **Coletânea “Educação e Tecnologia**, CEFET-PR. 2000.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling**. Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LOTURCO. **Projetos Coordenados**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/135/projetos-coordenados-286516-1.aspx>> Acesso em: 12 jun. 2008.

LUCINI, H. C. **Habitação Social: Procurando Alternativas de projeto**. Itajaí: ed. UNIVALI, 2003.

MAIA, M. L.; SALGADO, M. S. Qualidade do projeto e o desempenho do edifício: uma discussão sobre o processo de projeto. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 5, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: UFSC, 2005.

MANZIONE, L. **Adoção crescente do BIM nos países desenvolvidos**. Disponível em: <<http://www.coordenar.com.br/adocao-do-bim-nos-paises-desenvolvidos/>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

MARQUES, A. M. O.; CORBELLA, O. D. Aporte para discussão das normas de ventilação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC, 8, 2000, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, BA: ANTAC, 2000.

MARTUCCI, R.; BASSO, A. Uma visão integrada da análise e avaliação de conjuntos habitacionais: aspectos metodológicos da pós-ocupação e do desempenho tecnológico. In: ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. (Ed.). **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social**. São Paulo: FAU- USP, cap. 10., 2002.

MASCARÓ, J. L.. **O custo das decisões arquitetônicas**. 3º ed. Porto Alegre: Masquatro, 2004.

METALICA, 2015. **Vantagens da construção em aço**. Disponível em <<http://www.metalica.com.br/vantagens-da-construcao-em-aco> >. Acesso em: 23 nov. 2015.

MOLITERNO, A. **Elementos para Projetos em Perfis Leves de Aço**. Editora Blucher, 1999.

MOTTA, S. R. F. **Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas edificações residenciais**, 2008.

NARDELLI, E. S., OLIVEIRA, J. T. **BIM e Desempenho no Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

ORCIUOLI, A. Novas Formas de Habitar: A experiência do tempo na arquitetura contemporânea. **Arquitetura e Urbanismo**. v. 101. abril/ maio, 2002.

OTEC. EnergyPlus. Disponível em: < <http://www.otec.com.br/index.php?s=164>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

PENTEADO, A. F. **Coordenação modular**. 1980. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, USP. São Paulo, 1980.

REBELLO, Y. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**, Zigurate Editora, 2000.

ROBBINS, E. **The social uses of Drawing**. London, 1994.

ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP. São Paulo. 1980.

SANTOS, W. P. **Eficiência das Estruturas Metálicas em Projeto Social de Habitação na Grande São Paulo**. 2008. 66f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2008.

SILVA, E. **Geometria funcional dos espaços da habitação**: contribuição ao estudo da problemática da habitação de interesse social. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1982.

SILVEIRA, W. J. C. **Geração de renda através de obras sociais para viabilização econômica das comunidades**. 2000. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SOUZA, H. A.; AMPARO, L. R.; GOMES, A. P. Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128, out./dez. 2011.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de Desempenho Térmico, Acústico e Lumínico em Habitação de Interesse Social**: Estudos de Caso em Marau – RS. 2006. 189 f Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006

SZÜCS, C. P.; NASCIMENTO, L. L. **Habitação de interesse social: flexibilidade do projeto, contextualização das soluções**. Ano 2. Relatório final de atividades. Ghab/CTC/DAU/UFSC - CNPQ. 2000.

TOLEDO, A. M.. **Critérios para o dimensionamento de aberturas de ventilação natural dos edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC/ELACAC), 6/3, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro, SP: ANTAC, 2001.

VEFAGO, L. H. M. **Fachadas pré-fabricadas em argamassa reforçada com fibra de vidro em três estudos de caso na grande Porto Alegre.** 2006. 205 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VITRUVIUS, M. P. **The ten books on architecture.** Tradução de: M. Morgan. New York: Dover, 1960.

WITTE, S. **Driving The Bim Bandwagon.** Disponível em: <<http://stephenwitte.com/tag/revit/>> Acesso em: 12 jun. 2015.