



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento da Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções
Mestrado Profissional em Engenharia das Construções



Avaliação pós-ocupação e análise do desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado *in loco*

Ouro Preto – MG
2021



Universidade Federal
de Ouro Preto

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento da Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções
Mestrado Profissional em Engenharia das Construções



Lívia Lane Ferreira dos Santos

Avaliação pós-ocupação e análise do desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado *in loco*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia das Construções da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia das Construções.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes
Coorientadora: Prof.a. Dra. Rovadávia
Aline de Jesus Ribas

Ouro Preto – MG
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S237a Santos, Livia Lane Ferreira dos .
Avaliação pós-ocupação e análise do desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado in loco . [manuscrito] / Livia Lane Ferreira dos Santos. - 2021. 126 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes.

Coorientadora: Profa. Dra. Rovadavia Aline de Jesus Ribas.

Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções.

Área de Concentração: Engenharia das Construções.

1. Arquitetura - Avaliação Pós-Ocupação. 2. Edifícios - Desempenho Térmico. 3. Paredes de concreto. I. Gomes, Adriano Pinto. II. Ribas, Rovadavia Aline de Jesus. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



FOLHA DE APROVAÇÃO

Lívia Lane Ferreira dos Santos

Avaliação pós-ocupação e análise de desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado in loco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de mestre

Aprovada em 01 de abril de 2021

Membros da banca

Doutor - Adriano Pinto Gomes - Orientador - Instituto Federal de Minas Gerais - Ouro Preto
Doutor - Henor Artur de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Rovadavia Aline de Jesus Ribas - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Carmem Miranda Lage - Universidade Federal de São João Del-Rei

Adriano Pinto Gomes, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 16/04/2021



Documento assinado eletronicamente por **Geraldo Donizetti de Paula, COORDENADOR(A) DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES**, em 17/04/2021, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0160393** e o código CRC **81AC8B12**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus que conduziu meus passos nesta jornada, dando ânimo e energia para realização deste trabalho. A Nossa Senhora que me carregou nos braços quando não conseguia mais andar;

Aos meus pais, Carlos Roberto e Loryete Ferreira pelo incentivo e apoio que estendeu desde a iniciação estudantil até os dias atuais. Agradeço pela preocupação, cuidado e amor que sempre dispensaram a mim;

Aos meus irmãos, Bruno e Laisa, pela força, carinho, presteza, amizade, união e amor;

A minha sobrinha Emily que me mostrou o sentido da vida;

À minha família, pelo apoio emocional, incentivo e amor que sempre me deram, principalmente aos meus avós, me encorajando a superar os desafios da minha vida e mostrando os melhores exemplos de seres humanos;

Ao Professor Dr. Adriano Pinto Gomes, pela orientação em todo o trabalho, cuja presteza e paciência foram fundamentais no meu aprimoramento, estando sempre disposto a ajudar. Foi uma honra tê-lo como orientador. MUITÍSSIMO obrigada;

Aos professores que passaram ao longo de toda minha vida acadêmica, que certamente auxiliarão em minha vida profissional, em especial a professora Dra. Rovadavia Ribas pela co-orientação e ensinamentos;

Aos amigos do mestrado e fora dele, pela torcida e incentivo, pelas risadas e por deixarem minha vida mais leve;

A todos da Secretaria Municipal de Obras de Ouro Branco pelas valiosas contribuições no decorrer da carreira e amizade;

A todos vocês minha eterna gratidão.

RESUMO

Nos últimos anos, a construção civil tem buscado inserir novas técnicas e métodos de construção que aumentem a produtividade, diminuam custos e improvisações e que atendam aos quesitos de desempenho. E, neste contexto, a metodologia de construção em paredes de concreto moldadas *in loco* vem sendo empregada, principalmente em construções de larga escala, como aquelas de interesse social custeada por programas governamentais, visto que essa técnica implica em uma maior velocidade de construção e racionalização da produção. Diante dessa utilização, neste trabalho realizou-se uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) em um conjunto habitacional multipavimentos de interesse social constituídos de paredes de concreto moldadas *in loco*, localizado na cidade de Ouro Branco, MG. Além disso, fez-se uma avaliação do desempenho térmico por meio de simulação computacional. A Avaliação Pós-Ocupação foi realizada por meio da aplicação de um questionário junto aos moradores, e com essa técnica percebeu-se que grande parte das moradias apresentavam problemas, como infiltrações e trincas, em menos de 18 meses de uso. Desse modo, foi obtido acentuados indicadores de insatisfação dos usuários com o sistema de construção. No âmbito do conforto térmico a APO teve números aceitáveis, sendo que no mínimo 70% dos entrevistados consideraram a temperatura no interior da edificação como regular, boa ou ótima na condição de verão e no mínimo 73% tiveram as mesmas considerações na condição de inverno. Os resultados obtidos por meio da simulação computacional no *EnergyPlus* expuseram que as alternativas de construção adotadas no objeto de estudo atenderam aos critérios da norma de desempenho NBR 15575 no nível mínimo, quando as aberturas são sombreadas. Este resultado está em conformidade com os levantamentos da APO, em que foi baixa a insatisfação dos moradores perante o desempenho térmico da habitação. Em síntese, por meio deste estudo constata-se que para que a construção seja adequada aos usuários, é necessário analisar fatores individuais de cada localidade e atentar-se a concepção. Deve-se considerar a construção em si e particularidades da construção, como dimensões da habitação, escolhas de técnicas de construção, materiais, questões projetuais, que considerem condições climáticas e de incidência solar, demandas culturais da localidade e aspectos da microrregião onde será implantada. Faz-se imprescindível, ainda, um rigoroso controle da produção para diminuição das falhas e inadequações dos edifícios, para assim se obterem melhores habitações.

Palavras-chave: Avaliação Pós-Ocupação; Desempenho Térmico; Paredes de concreto moldada *in loco*.

ABSTRACT

In recent years, civil construction has sought to insert new techniques and construction methods that increase productivity, reduce costs and improvisation, and meet performance requirements. In this context, the methodology of construction with cast-in-place concrete walls has been used, especially in large-scale buildings, such as those of social interest funded by government programs, since this technique implies a greater speed of construction and production rationalization. In view of this use, this paper carried out a Post-Occupation Evaluation (POA) of a social housing complex consisting of cast-in-place concrete walls, located in the city of Ouro Branco, MG, Brazil. In addition, a thermal performance evaluation was carried out by means of computer simulation. The Post-Occupation Evaluation was carried out by applying a questionnaire to the dwellers, and with this technique it was realized that most of the dwellings presented problems, such as infiltrations and cracks, in less than 18 months of use. Thus, it was obtained strong indicators of dissatisfaction of users with the construction system. In terms of thermal comfort, the APO had acceptable numbers, with at least 70% of the interviewees considering the temperature inside the building as regular, good or excellent in summer conditions, and at least 73% with the same considerations in winter conditions. The results obtained through the computer simulation in EnergyPlus showed that the building alternatives adopted in the object of study met the criteria of the NBR 15575 performance standard at the minimum level, when the openings are shaded. This result is in accordance with the APO surveys, in which residents' dissatisfaction with the thermal performance of the dwelling was low. In summary, this study shows that for the construction to be adequate for the users, it is necessary to analyze individual factors of each location and pay attention to the design. One must consider the construction itself and the particularities of the construction, such as the dimensions of the dwelling, choices of construction techniques, materials, design issues, which consider climatic conditions and solar incidence, cultural demands of the locality and aspects of the micro-region where it will be implemented. It is also essential to have a rigorous production control to reduce flaws and inadequacies of the buildings, in order to obtain better dwellings.

Keywords: Post-Occupation Assessment; Thermal Performance; Concrete walls molded in loco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo virtuoso do edifício e avaliações para cada etapa de projeto.....	21
Figura 2: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	36
Figura 3: Exemplo de uma Carta Bioclimática presente na norma NBR 15220 (ABNT, 2005).....	37
Figura 4: Fluxograma das etapas da avaliação de desempenho por simulação computacional de ambientes não.....	45
Figura 5: Etapas da simulação computacional do desempenho térmico.....	47
Figura 6: Evolução temporal da temperatura considerando diferentes taxas de renovações do ar para um ambiente.....	51
Figura 7: Fatores geométricos associados as aberturas.....	53
Figura 8: Gráfico da diferença dos métodos: Simplificado e Módulo <i>AirflowNetwork</i> ..	54
Figura 9: Construção em parede de concreto moldado <i>in loco</i> , fase inicial, Residencial Cidadão Manauara 2, Manaus, AM	58
Figura 10: Construção em parede de concreto moldado <i>in loco</i> , fase final, Residencial Cidadão Manauara, Manaus, AM	59
Figura 11: Conjunto Habitacional Jardim Panorama I e II e entorno.....	62
Figura 12: Situação dos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e II.....	63
Figura 13: Planta de Pavimento Tipo do 1º ao 4º.....	63
Figura 14: Fachada 02 dos Blocos Tipo.....	64
Figura 15: Planta baixa do Apartamento Tipo.....	64
Figura 16: Condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II.....	65
Figura 17: Indicação do apartamento analisado.....	71
Figura 18: Definição das zonas térmicas no apartamento analisado.....	72
Figura 19: Simplificação da obstrução do entorno.....	72
Figura 20: Gênero dos entrevistados.....	74
Figura 21: Faixa etária dos participantes.....	74
Figura 22: Escolaridade dos entrevistados.....	75
Figura 23: Quantidade de pessoas por moradia.....	75

Figura 24: Ocupação dos entrevistados.....	76
Figura 25: Rendimento familiar.....	76
Figura 26: Tipo de moradia anterior a contemplação do apartamento.....	77
Figura 27: Comparação da moradia atual para moradia anterior.....	78
Figura 28: Sobre a qualidade da construção.....	78
Figura 29: Aparência do condomínio.....	78
Figura 30: Privacidade da moradia.....	78
Figura 31: Tamanho da residência.....	79
Figura 32: Divisão dos cômodos.....	79
Figura 33: Tamanho dos ambientes.....	79
Figura 34: Sobre trabalhar ou estudar na sua residência.....	80
Figura 35: Houve problemas nas instalações?.....	80
Figura 36: Houve problemas de umidade nas paredes?.....	80
Figura 37: Indicadores de trincas nas paredes ou teto.....	81
Figura 38: Qualidade das paredes em relação a resistência.....	81
Figura 39: Você sente segurança na estrutura do prédio?.....	81
Figura 40: Indicadores de satisfação da temperatura dos ambientes em condições de verão.....	82
Figura 41: Indicadores de satisfação da temperatura dos ambientes em condições de inverno.....	82
Figura 42: Indicadores de satisfação quanto à ventilação natural dos ambientes.....	83
Figura 43: Indicadores de satisfação quanto à iluminação natural dos ambientes.....	84
Figura 44: Indicadores de satisfação relacionados à acústica da habitação.....	84
Figura 45: Gasto com energia elétrica.....	85
Figura 46: Principal fonte de gasto de energia.....	85
Figura 47: Horário mais quente da moradia.....	86
Figura 48: Na sua residência há dispositivo de ventilação?	86
Figura 49: Quanto tempo em média as janelas ficam abertas?.....	86

Figura 50: A edificação atende as necessidades dos usuários?.....	87
Figura 51: A unidade garante a privacidade dos usuários?.....	88
Figura 52: Sente diferença nesta edificação, construída em paredes em concreto moldado <i>in loco</i> , para aquelas de alvenaria convencional?.....	88
Figura 53: Houve algum empenamento ou movimentação das paredes internas?...	89
Figura 54: Recomendaria a compra ou aluguel de imóveis com esse sistema construtivo à sua família ou amigos?.....	89
Figura 55: Como avaliam a satisfação como um todo.....	89
Figura 56: Orientações solares da fachada principal em relação ao apartamento analisado.....	96
Figura 57: Temperaturas internas máximas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de verão.....	97
Figura 58: Temperaturas internas mínimas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de inverno.....	97
Figura 59: Taxa de transferência de calor por condução por área de uma parede voltada para o noroeste – Dia típico de verão.....	102
Figura 60: Taxa de transferência de calor por condução por área de uma parede voltada para o noroeste – Dia típico de inverno.....	102
Figura 61: Temperaturas superficiais da face superior da laje de cobertura no dia típico de verão.....	105
Figura 62: Temperaturas superficiais da face superior da laje de cobertura no dia típico de inverno.....	105
Figura 63: Orientação solar e indicação das aberturas para ventilação (setas).....	106
Figura 64: Taxa de ganho de calor total na Z1 (Quarto 1), para um dia típico de verão e CP.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.....	37
Tabela 2: Transmitância térmica de paredes externas.....	40
Tabela 3: Capacidade térmica de paredes externas.....	40
Tabela 4: Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar.....	41
Tabela 5: Critérios de cobertura quanto à transmitância térmica – M.....	41
Tabela 6: Critérios de avaliação de desempenho para condições de verão.....	46
Tabela 7: Critérios de avaliação de desempenho para condições de inverno.....	46
Tabela 8: Dados climatológicos para Ouro Branco, MG.....	61
Tabela 9: Localização geográfica da cidade de Belo Horizonte, MG.....	69
Tabela 10: Dados dos dias típicos de Belo Horizonte, MG, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013).....	69
Tabela 11: Dados do arquivo EPW dos dias representativos de Belo Horizonte, MG.....	69
Tabela 12: Dados horários de radiação solar do arquivo EPW de Belo Horizonte, MG.....	70
Tabela 13: Temperaturas do solo de Belo Horizonte, MG.....	71
Tabela 14: Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nos fechamentos do Caso Base.....	73
Tabela 15: Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nas análises paramétricas.....	73
Tabela 16: Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no VERÃO – sala.....	93
Tabela 17: Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no VERÃO – quartos.....	94
Tabela 18: Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no INVERNO para condição padrão.....	95
Tabela 19: Descrição das propriedades dos fechamentos verticais analisados.....	98
Tabela 20: Resultados da avaliação da espessura no VERÃO.....	98
Tabela 21: Resultados da avaliação da espessura no INVERNO.....	99

Tabela 22: Descrição dos fechamentos verticais analisados.....	100
Tabela 23: Resultados da avaliação dos fechamentos no VERÃO.....	101
Tabela 24: Resultados da avaliação dos fechamentos no INVERNO.....	101
Tabela 25: Descrição das coberturas analisadas.....	103
Tabela 26: Resultados da avaliação das coberturas no VERÃO.....	104
Tabela 27: Resultados da avaliação das coberturas no INVERNO.....	104
Tabela 28: Relação das superfícies envidraçadas analisadas nos ambientes de longa permanência.....	106
Tabela 29: Resultados da avaliação das áreas das aberturas no VERÃO.....	107
Tabela 30: Resultados da avaliação das áreas das aberturas no INVERNO.....	107
Tabela 31: Condições analisadas do ático.....	109
Tabela 32: Resultados da avaliação da ventilação do ático no VERÃO.....	109
Tabela 33: Resultados da avaliação da ventilação do ático no INVERNO.....	110
Tabela 34: Média da taxa de renovação de ar por hora no ático considerando o dia típico de verão e inverno.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Níveis de avaliação pós-ocupação e execução das etapas.....	26
Quadro 2: Características e vantagens da APO nos diferentes níveis.....	27
Quadro 3: Sub-etapas da coleta de dados.....	28
Quadro 4: Principais métodos/técnicas de pesquisa em APO.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APO	Avaliação Pós-Ocupação
COHAB	Companhia de Habitação de Minas Gerais
CTE	Centro de Tecnologia de Edificação
C _T	Capacidade Térmica de componentes
FT	Fator de Transmitância
HIS	Habitações de Interesse Social
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LSF	Light Steel Framing
MCMV	Minha Casa Minha Vida
NBR	Norma Brasileira
ren/h	Taxa de renovação do volume de ar do ambiente por hora
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	16
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 METODOLOGIA	18
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO	20
2.1 DEFINIÇÕES DE AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO	20
2.2 HISTÓRICO DA APO E TRABALHOS RELEVANTES NA ÁREA	23
2.3 MÉTODOS DE APO	25
2.3.1 <i>Levantamento de dados</i>	28
2.3.2 <i>Diagnóstico</i>	30
2.3.3 <i>Recomendações para Ambiente</i>	30
2.3.4 <i>Insumos para Novos Projetos</i>	30
2.4 METODOLOGIA DE APO PARA O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA (MCMV)	30
3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES	33
3.1 NORMAS BRASILEIRAS DE DESEMPENHO TÉRMICOS DE EDIFICAÇÕES.....	33
3.1.1 <i>Norma brasileira NBR 15220 (ABNT, 2005): Desempenho Térmico de Edificações</i>	34
3.1.2 <i>Norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013): Edificações habitacionais – Desempenho</i>	39
3.1.2.1 <i>Avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento simplificado</i>	39
3.1.2.2 <i>Avaliação do desempenho térmico por meio da simulação computacional</i>	41
3.1.2.3 <i>Avaliação do desempenho térmico por meio de medição</i>	43
3.1.2.4 <i>Critérios de avaliação para ambientes naturalmente ventilados</i>	44
3.2 O PROGRAMA <i>ENERGYPLUS</i>	46
3.2.1 <i>Processo de modelagem no EnergyPlus</i>	49
3.2.2 <i>Ventilação natural no EnergyPlus</i>	50
3.2.2.1 <i>Simulação da ventilação natural pelo método simplificado</i>	50
3.2.2.2 <i>Simulação da ventilação natural pelo módulo AirflowNetwork</i>	51
4. PAREDES DE CONCRETO MOLDADO <i>IN LOCO</i>	55
4.1 HISTÓRICO SOBRE AS PAREDES DE CONCRETO MOLDADO <i>IN LOCO</i>	55
4.2 METODOLOGIA E COMPONENTES.....	56
4.3 PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DESSE SISTEMA CONSTRUTIVO	58
5. MATERIAIS E MÉTODOS	61
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	61
5.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO	65

5.3 MÉTODO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	68
5.3.1 <i>Parâmetros gerais</i>	68
5.3.2 <i>Dados climáticos</i>	69
5.3.3 <i>Rotinas de uso e ocupação</i>	71
5.3.4 <i>Modelo geométrico</i>	71
5.3.5 <i>Composição dos fechamentos e materiais de construção</i>	72
6. RESULTADOS.....	74
6.1 SATISFAÇÃO COM O SISTEMA DE CONSTRUÇÃO E O CONFORTO AMBIENTAL	74
6.1.1 <i>Caracterização do universo dos usuários</i>	74
6.1.2 <i>Percepção dos usuários em relação ao sistema de construção</i>	76
6.1.3 <i>Percepção dos usuários em relação ao conforto</i>	81
6.1.4 <i>Desempenho global com a unidade</i>	87
6.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APO	90
6.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO COM O MÉTODO DE CONSTRUÇÃO EMPREGADO - CASO BASE	93
6.4 ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS DE PROJETO CONSIDERANDO FUTURAS HIS COM O MESMO PADRÃO.....	96
6.4.1 <i>Orientação solar da edificação</i>	96
6.4.2 <i>Diferentes espessuras de fechamento vertical</i>	98
6.4.3 <i>Alteração da composição do fechamento vertical</i>	99
6.4.4 <i>Tipo de telha empregada</i>	103
6.4.5 <i>Áreas envidraçadas da fachada</i>	105
6.4.6 <i>Ventilação do ático</i>	108
6.5 DISCUSSÃO DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	110
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	112
7.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	113
REFERÊNCIAS.....	115
APÊNDICE A	122

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

Os conjuntos Habitacionais de Interesse Social (HIS) são construções que têm o objetivo de fornecer uma moradia digna às famílias de baixa renda. A produção desses conjuntos tem crescido em decorrência do expressivo *déficit* habitacional do Brasil e da maior disponibilidade de incentivos públicos nesse setor. A vista disso, vê-se a necessidade da construção em grande escala, porém é fundamental observar que além da quantidade, deve-se investir na qualidade. Quesito esse, que muitas vezes não está em pauta nos projetos de HIS no país.

Historicamente, vários autores discorrem sobre a má qualidade da produção dessas moradias. Ainda que se observe ao longo dos anos avanços em relação às políticas públicas, às técnicas de construção e à produção de materiais alternativos, todas as demandas formais e funcionais da construção de Habitações de Interesse Social parecem estar paralisadas. O problema habitacional brasileiro se configura, além de outros elementos, na redução dimensional das edificações, na diminuição dos padrões de construção e na falta de integração da edificação ao modo de vida de seus moradores (SZÜCS *et al.*, 2007; VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015).

Nessa circunstância, a Avaliação Pós-Ocupação (APO) e as simulações computacionais podem fornecer um parecer dos processos de construção e auxiliar na indicação de melhorias dessas habitações e em edificações futuras com contextos semelhantes. A APO intenciona a partir do ponto de vista dos usuários, sendo eles leigos ou técnicos, na fase de uso, fazer um levantamento da construção nos aspectos positivos e negativos, avaliando fatores técnicos, funcionais, estéticos e comportamentais do ambiente construído. E a simulação computacional pode propor soluções aceitavelmente precisas para problemas do sistema de construção, sendo uma ferramenta valiosa no auxílio da compreensão do comportamento da edificação.

O município de Ouro Branco, MG, recebeu pela primeira vez em 2019 dois conjuntos habitacionais de interesse social multipavimentos, do Programa “Minha Casa Minha Vida”. Esses conjuntos denominados de Jardim Panorama I e Jardim Panorama II acolhem ao todo 176 famílias. Assim sendo, fez-se indispensável uma pesquisa para

apreciação do processo de construção e fornecimento de um parecer, para proposição de melhorias e adequações da construção de conjuntos habitacionais futuros, e ainda, recomendar medidas simples, se houver, de modificações para melhorias no conforto e bem-estar dos moradores dos condomínios estudados.

O sistema de construção adotado nesses conjuntos de HIS é constituído por paredes de concreto moldado *in loco*. Apesar dessa técnica ser utilizada, no Brasil, desde a década de 1970, estudos sobre a resposta de sua aplicação são escassos, principalmente referentes ao desempenho térmico.

Na ótica do estudo do desempenho térmico das edificações, nesta pesquisa analisa-se por meio da APO o nível de satisfação dos usuários com o comportamento térmico da edificação e o sistema de construção adotado. E, a partir desses levantamentos, juntamente com os dados da avaliação do desempenho térmico, por meio das simulações computacionais, pretende-se subsidiar diretrizes para o aperfeiçoamento contínuo das construções.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação pós-ocupação em um conjunto habitacional multipavimentos de interesse social constituído de paredes de concreto moldado *in loco*, localizado na cidade de Ouro Branco, MG. E, além disso, fazer a avaliação do desempenho térmico de uma edificação do conjunto habitacional por meio da simulação computacional, com utilização do Programa *EnergyPlus*.

1.2.2 Objetivos específicos

Neste trabalho também se propõe, de forma mais específica:

- Avaliar as condições de conforto térmico da edificação sob a perspectiva de seus usuários;
- Avaliar a satisfação dos usuários com o sistema de construção em concreto moldado *in loco*;
- Identificar os problemas existentes durante o uso da edificação;

- Avaliar o desempenho térmico da edificação por meio de simulações computacionais no *EnergyPlus*;
- Verificar se o sistema de construção em concreto moldado *in loco* atende aos requisitos de desempenho térmico da norma NBR 15575 (ABNT, 2013);
- Sistematizar as informações para que sirvam de referência para operação da Prefeitura Municipal de Ouro Branco, MG, na construção de novos conjuntos habitacionais de interesse social.

1.3 Justificativa

A construção civil tem buscado aumentar a construtibilidade, e, para isso tem subsidiado a introdução de novas tecnologias e métodos, com o intuito de racionalizar os processos, reduzir as perdas e custos, o que proporciona competitividade no mercado. Todavia, é importante salientar que a utilização de novos métodos de construção precisa atender as exigências mínimas normativas e proporcionar aos usuários o conforto necessário para o bem-estar.

O Governo Federal no Programa “Minha Casa Minha Vida” (MCMV), de construções de Habitação de Interesse Social, para aumentar a velocidade da construção e racionalização da produção, tem utilizado como fechamento o sistema de paredes de concreto moldado *in loco*. Contudo, a resposta dessa técnica de construção ainda precisa ser estudada no âmbito da satisfação do usuário e do desempenho térmico.

Consta-se por hipóteses que o desempenho térmico de edificações projetadas em paredes de concreto moldado *in loco* pode não ser satisfatório aos usuários. Tal realidade implica na necessidade de pesquisas voltadas ao desempenho térmico e ainda na satisfação dos moradores perante essa metodologia (OLIVEIRA, 2015).

Nesse cenário, a avaliação pós-ocupação no conjunto HIS em Ouro Branco, MG, pode apontar o nível de satisfação dos usuários com o desempenho térmico e o sistema de construção. E ainda, por intermédio da simulação computacional, podem-se propor melhorias. Sendo assim, torna-se possível subsidiar diretrizes de aperfeiçoamento de futuros projetos sob enfoque bioclimático, auxiliando os profissionais na área da construção civil a desenvolverem seus projetos de forma mais consciente, evitando retrabalhos.

1.4 Metodologia

Para atingir os objetivos da pesquisa, a metodologia empregada baseou-se em duas abordagens distintas: avaliação pós-ocupação e simulação computacional.

A avaliação pós-ocupação, de caráter qualitativo, é realizada por meio de três fases: observação, percepções e medições. No período das observações foi executada a coleta de dados, quando se buscaram informações e aquisição de materiais e elementos com órgãos responsáveis e foi feita a leitura dos projetos originais e de registros de modificações, além da observação dos ambientes por meio de visitas ao ambiente construído.

No procedimento das percepções, foram levantadas as opiniões dos usuários quanto aos aspectos técnicos, funcionais e de conforto ambiental, por meio de um questionário. Esse questionário impresso foi aplicado aos moradores, sendo composto de 7 perguntas relativas aos perfis dos moradores e 26 perguntas relacionadas aos aspectos das residências. Todos os participantes receberam um Termo de Consentimento, onde explicitou-se o que a pesquisa pretendia abranger e o intuito do trabalho.

Na etapa de medições foram realizadas medidas de desempenho funcional e processamento, bem como, análise dos resultados das percepções dos usuários, de forma gráfica.

A avaliação do desempenho térmico foi obtida por meio de simulações computacionais no programa *EnergyPlus* (versão 9.4.0), considerando a edificação naturalmente ventilada e as condições climáticas similares ao local de sua implantação (Ouro Branco, MG).

Para simulação do desempenho térmico e avaliação normativa, a cidade de Ouro Branco é incluída na Zona Bioclimática 3. Foram considerados os procedimentos para a avaliação do desempenho térmico de edificações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013): Edificações habitacionais – Desempenho.

1.5 Estrutura do Trabalho

A presente pesquisa está estruturada em sete capítulos. Sendo este o primeiro deles, onde introduz-se o tema a ser abordado, estabelecendo quais são os objetivos a serem alcançados, as justificativas e os procedimentos metodológicos utilizados.

No capítulo dois disserta-se sobre a Avaliação Pós-Ocupação (APO), definições e conceitos de APO, métodos de utilização e exemplos de pesquisas.

No terceiro capítulo apresenta-se a contextualização referentes ao desempenho térmico de edificações. Traz-se os requisitos nacionais de desempenho, apresentando as normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2013), os parâmetros necessários para simulação computacional de desempenho térmico de uma edificação e uma breve apresentação do programa *EnergyPlus*, expondo o processo de modelagem.

No quarto capítulo têm-se uma revisão bibliográfica sobre Paredes de Concreto Moldadas *in loco*. Apresentam-se as vantagens e desvantagens desse sistema de construção.

Os materiais e métodos adotados neste trabalho foram expostos no quinto capítulo, onde está apresentado o estudo de caso, trazendo as características construtivas da edificação estudada e as condições climáticas da cidade de Ouro Branco. Discorre-se, também, sobre o questionário e amostragem da APO e os parâmetros utilizados na simulação numérica realizada no *EnergyPlus*.

No sexto capítulo são expostos os resultados da pesquisa. Primeiramente vêm os resultados da APO e as discussões. Em seguida, são apresentadas as respostas da simulação computacional do caso base e de alternativas propostas para construções similares.

No sétimo capítulo, discorre-se sobre as considerações finais do trabalho e sugestões para o desenvolvimento de pesquisas futuras em temas relacionados à Avaliação Pós-Ocupação, desempenho térmico e estudo de paredes de concreto moldadas *in loco*.

A dissertação é finalizada com a apresentação das referências utilizadas para realização da mesma e com o apêndice.

2. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) se baseia no princípio básico de que todo espaço deve ser permanentemente avaliado, para obtenção de subsídios de correção e melhorias. Neste capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre Avaliação Pós-Ocupação, onde se discorre sobre os conceitos, a sua finalidade, seu histórico e origem. Retratam-se ainda as diversas abordagens desse procedimento.

2.1 Definições de Avaliação Pós-Ocupação

Em todas as áreas do conhecimento, o foco maior é no ser humano. A busca permanente em qualidade de vida e ideais do homem faz com que diversas áreas se aprofundem em pesquisas sobre o assunto. O estudo entre ambiente *versus* comportamento vem sendo discutido massivamente como princípio ideal para a harmonia física e psíquica do ser humano (PINHEIRO; GÜNTHER, 2008).

Um ambiente confortável é essencial para o bem-estar e saúde do indivíduo. Uma edificação deve proporcionar boas condições térmicas, acústicas e de luminosidade para garantir a sensação de bem-estar ao usuário, de acordo com o uso. Para se fazer a averiguação e estabelecer parâmetros de conforto nos ambientes construídos existem vários métodos avaliativos, dentre eles a avaliação pós-ocupação (PIMENTA, 2013).

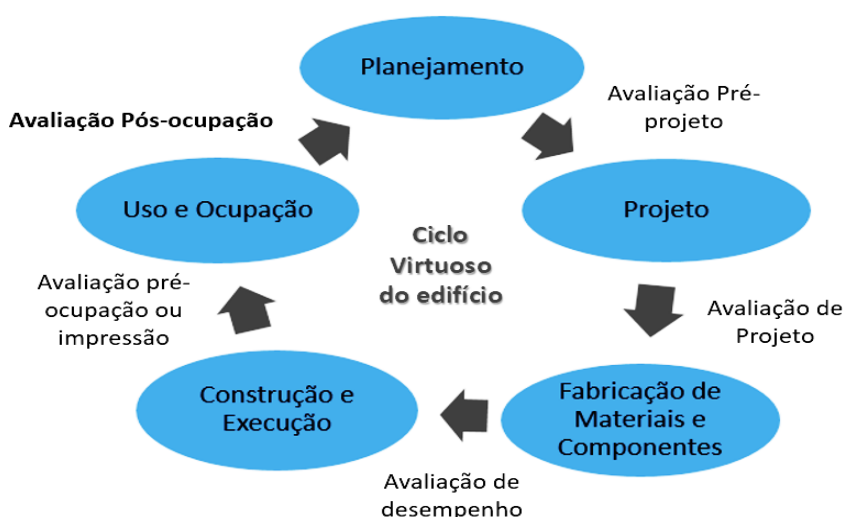
Para Ornstein e Romero (1992), a avaliação pós-ocupação é um método interativo que determina terapias no decorrer do processo de produção e uso dos ambientes construídos, por meio da participação dos usuários. Nessa lógica, Vischer (2002) defende que a Avaliação Pós-Ocupação, no sentido de investigação, pode munir os órgãos públicos de informações sobre as construções e atividades ligadas a elas, com o objetivo de influenciar na tomada de decisões, trazendo melhorias na concepção, construção e entrega das construções.

Villa (2010) conceitua a APO como um conjunto de técnicas e métodos para análise do desempenho de edificações em uso. Nessa definição, a APO distingue-se das avaliações feitas em laboratório por realizar análises, diagnósticos e recomendações a partir dos objetos de uso, *in loco*, em escala e tempo real.

Para Pimenta (2013), pode-se dizer que o conceito de avaliação pós-ocupação é o estabelecimento de informações e critérios de satisfação do usuário. Busca-se aumentar a qualidade e o aumento de valor no ambiente construído, pressupondo um processo contínuo de aperfeiçoamento para a presença efetiva de benefícios aos usuários.

A Avaliação Pós-Ocupação pode ainda ser definida como um conjunto de métodos e técnicas para análise de desempenho da edificação em uso, que considera não somente o ponto de vista dos especialistas, mas também a satisfação dos usuários. A APO possibilita diagnósticos consistentes e completos sobre os aspectos positivos e negativos encontrados nos ambientes construídos. Essa avaliação fomenta as intervenções e as recomendações para os edifícios estudados e ainda assessora na concepção de projetos futuros semelhantes. Dessa forma, define-se assim um ciclo retroalimentador da qualidade no processo de projeto, conforme mostra-se na Figura 1 (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2016). A avaliação de cada etapa de projeto é indispensável para melhoria da qualidade final das edificações. A APO propõe aperfeiçoar a etapa de planejamento de projetos futuros. O cumprimento de todas as etapas de avaliação de projeto gera um ciclo virtuoso da qualidade do edifício.

Figura 1 – Ciclo virtuoso do edifício e avaliações para cada etapa de projeto



Fonte: Adaptado de VILLA; SARAMAGO; GARCIA (2016)

O intuito da APO é diagnosticar aspectos positivos e negativos do ambiente construído (ORNSTEIN; ROMERO,1992). Os pontos positivos da investigação devem ser

cadastrados e recomendados para futuros projetos. E, em relação aqueles fatores negativos encontrados com a avaliação, recomendam-se:

- Minimizar ou mesmo corrigir os problemas detectados por meio de programas de conscientização e de manutenção dos usuários, em busca da conservação do ambiente;
- Utilizar os resultados do estudo para otimizar o desenvolvimento de futuros projetos semelhantes.

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para realização de uma APO e eles podem ser classificados em dois tipos: os quantitativos e os qualitativos. A pesquisa quantitativa considera tudo o que for quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Dessa forma a pesquisa quantitativa requer recursos estatísticos (SILVA; MENEZES, 2001; BAPTISTA, 2009).

Por outro lado, quando se tratar de interpretação dos fenômenos e atribuição de significados, considera-se a pesquisa como qualitativa, em que o ambiente natural é fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave, no qual o processo e o seu significado são focos principais da abordagem (SILVA; MENEZES, 2001; BAPTISTA, 2009). Desse modo, a pesquisa qualitativa configura-se por qualquer tipo de pesquisa que produza resultados não alcançáveis mediante procedimentos estatísticos ou de outros meios de quantificação (BAPTISTA, 2009).

Dentre os métodos de pesquisas quantitativas, estão: medições técnicas e aplicação de questionários. Por outro lado, os qualitativos estão: *walkthrough*, observação direta, entrevista e grupo focal. A escolha dos métodos mais adequados para cada pesquisa vai depender do tempo e dos recursos disponíveis. O interessante seria a utilização de métodos que se complementem e de preferência que permitam a coleta de dados quantitativos e qualitativos (ONO *et al.*, 2018).

Villa, Saramago e Garcia (2015) afirmam que independentemente do método empregado, é preciso abordar o ambiente, a instituição e os ocupantes, o que caracteriza a APO. Para os autores, o uso de questionários estruturados em conjuntos habitacionais tem sido empregado em diversos estudos, obtendo-se resultados satisfatórios. Esse método permite compreender a utilização dos espaços e

comportamento dos usuários, bem como sua satisfação em relação a habitação e entorno, apontando as fragilidades e potencialidades quanto ao desempenho e aspectos ambientais.

Pensando na otimização dos processos e na frequente busca de aperfeiçoamento, percebe-se que esse recurso é um mecanismo eficiente de retroalimentação do ciclo projetual e de controle da qualidade do ambiente no decorrer de sua vida útil. Faz-se, então, um procedimento indispensável para a evolução da qualidade dos projetos e, conseqüentemente, aumento da qualidade do ambiente construído, sendo que a adoção de sua prática tem se tornado cada vez mais necessária (CAMPOS, 2010).

A partir dessas premissas Baptista (2009) e Romero e Ornstein (2003) acreditam que a APO pode beneficiar os moradores das habitações avaliadas, os projetistas, os construtores e os órgãos públicos no sentido de: avaliar a funcionalidade e adequação do projeto aos requisitos de desempenho; propor pequenos ajustes para as edificações analisadas; propor adaptações a projetos de conjuntos habitacionais replicados; conhecer a satisfação dos usuários com a edificação e o nível de assistência técnica oferecida pela construtora; justificar ações e despesas; propor recomendações sobre problemas de construção, funcionais e comportamentais das edificações avaliadas; conscientizar os usuários quanto a importância da manutenção adequada; desenvolver diretrizes de projeto, critérios, padrões e normas para projetos futuros de ambientes construídos semelhantes; acumular conhecimento técnico a fim de informar os profissionais envolvidos, os clientes e usuários, bem como melhorar as práticas relacionadas com a construção; utilizar os dados dessa avaliação para realimentar o ciclo do processo de produção e uso de ambientes semelhantes, buscando melhorias na concepção de projetos futuros, entre outras coisas.

2.2 Histórico da APO e trabalhos relevantes na área

Internacionalmente, a Avaliação Pós-Ocupação vem sendo discutida há mais de 40 anos, com o objetivo de aferir como o desempenho dos ambientes influencia no comportamento humano (SILVA L, 2016). A metodologia da APO foi elaborada pelos norte-americanos, após a segunda guerra mundial, com o objetivo de aplicá-la sistematicamente nos EUA e na Europa. Engenheiros, arquitetos, psicólogos e outros profissionais começavam a avaliar, além dos aspectos do desempenho físico das

edificações, em que medida o desempenho dos ambientes influenciava o comportamento humano (ROMERO; ORNSTEIN, 2003; SILVA L, 2016).

No Brasil, as primeiras pesquisas em avaliação pós-ocupação foram realizadas em conjuntos habitacionais em São Paulo, promovidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), nos anos 1980. A divulgação dos resultados e da metodologia empregada culminou na realização de um seminário em 1989. E em 1991, foi criado o grupo de pesquisa em Avaliação Pós-Ocupação, na Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo (USP) (HERMSDORFF, 2005).

Posteriormente, os seguintes grupos deram sequência aos estudos: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo no núcleo orientado para a inovação da edificação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco, Grupo de Estudo Pessoa-Ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro e no laboratório de psicologia ambiental da Universidade de Brasília, além de algumas atividades nesse campo realizadas pela empresa particular Centro de Tecnologia de Edificações (CTE), com sede em São Paulo (ROMERO; ORNSTEIN, 2003; SILVA L, 2016). Essa avaliação do ambiente construído na ótica do usuário continua acontecendo com o objetivo de aperfeiçoamento das edificações.

Campos (2010), pela Universidade Federal de Ouro Preto, desenvolveu um trabalho de avaliação da percepção e a absorção do sistema de construção em *Light Steel Framing* (LSF), por parte do usuário, para obtenção do nível de satisfação e familiaridade com o uso e manutenção dessa técnica de construção. O desenvolvimento da APO envolveu visitas ao ambiente construído, avaliação *in loco* e entrevistas com usuários utilizando-se questionários como instrumento de coleta de dados em relação àquele sistema de construção. Esse trabalho sistematizou recomendações que servem de referência para operação, uso e manutenção das edificações em LSF e, principalmente, para basear decisões de projeto de edificações desse sistema, o que contribui para ampliar a aceitação desse tipo de construção no mercado nacional.

Em 2015, a Universidade Federal de Uberlândia, publicou “Avaliação pós-ocupação no Programa “Minha Casa Minha Vida”: uma experiência metodológica”, desenvolvido por Villa, Saramago e Garcia, cujo objetivo principal foi apresentar a experiência de elaboração de um processo de avaliação pós-ocupação desse programa, na modalidade viabilizada com recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) para famílias com faixa de renda de até R\$ 1.600 mensais, na cidade de Uberlândia (MG). Assim, o estudo desenvolveu e testou uma metodologia de APO a partir da aplicação inicialmente de um pré-teste e, posteriormente, em dois estudos de casos na cidade, a fim de identificar possíveis alterações para a elaboração do roteiro (método) definitivo de APO, tendo em vista também a possibilidade de replicação dos instrumentos desenvolvidos em outras cidades brasileiras.

Na Universidade Federal de Ouro Preto, Ferreira, em 2019, desenvolveu uma pesquisa sobre “Avaliação do desempenho térmico e acústico em habitações de interesse social – estudo de caso em Governador Valadares/MG”, em que além de medições da temperatura interna do ar e níveis de pressão sonora, interna e externas, foi realizada APO com intuito de contribuir para o desenvolvimento de novos projetos, aproximando as necessidades dos usuários aos idealizadores dos conjuntos habitacionais.

Dado o exposto, é percebido que a avaliação pós-ocupação pode abranger métodos distintos para capturar o nível de satisfação dos usuários. Esses métodos, os principais requisitos necessários e a influência da abordagem são explicitados no próximo item.

2.3 Métodos de APO

Segundo Preiser (2002) e Ornstein e Roméro (1992), a APO pode ser classificada em três níveis: indicativa (aplicação ampla), investigativa (abordagem mais detalhada) e diagnóstica (abordagem extremamente detalhada e focada no estudo). Esses níveis são compostos por três fases, a de planejamento, de execução/condução e fase de aplicação. No Quadro 1, apresentam-se os níveis de uma APO e as etapas que são realizadas em cada nível.

Para Silva L. (2016), na etapa de planejamento ocorrem os serviços preliminares antes do início da pesquisa, ou seja, reconhecimento e viabilidade do estudo, os levantamentos dos recursos a serem empregados e o planejamento propriamente dito de toda a pesquisa. Na segunda etapa (execução/condução) sucede a realização da pesquisa, com a coleta de dados e a escolha do procedimento de coleta juntamente com sua análise. A terceira etapa (aplicação) consiste no relatório com recomendações e revisão dos resultados.

Quadro 1 – Níveis de avaliação pós-ocupação e execução das etapas

Níveis de APO	Etapa de Planejamento	Etapa da Condução	Etapa da Aplicação
Nível 1 - Indicativa	Reconhecimento e viabilidade da pesquisa	Coleta de dados	Relatório de decisões
Nível 2 - Investigativa	Levantamento dos recursos	Monitoração e gerenciamento Procedimento de coleta de dados	Recomendações de planos de ações
Nível 3 - Diagnóstica	Planejamento da pesquisa	Análise dos dados	Revisão de resultados

Fonte: Adaptado de PREISER, 2002; SILVA L, 2016

Esses três níveis de APO são diferenciados em virtude da profundidade do desenvolvimento da pesquisa, da finalidade, dos prazos e dos recursos disponíveis (ORNSTEIN; ROMÉRO, 1992).

A APO indicativa (Nível 01), também chamada de curto prazo, abrange entrevistas com usuários-chave, indica os principais aspectos positivos e negativos do ambiente. A APO investigativa (Nível 02), ou de médio prazo, além dos pontos positivos e negativos, traz a explicitação de critérios referenciais de desempenho, portanto, necessita de mais recursos que a anterior. A APO diagnóstica (Nível 3), ou de longo prazo, é uma avaliação mais profunda, onde são detalhados os critérios de desempenho, utilizando-se de técnicas mais sofisticadas de medidas, de modo que sejam correlacionadas as mudanças físicas no ambiente com as respostas dos usuários (ORNSTEIN; ROMÉRO, 1992).

Ainda conforme Ornstein e Roméro (1992), as vantagens de cada nível de APO são especificadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características e propósitos da APO nos diferentes níveis

Nível de APO	Propósito
Indicativa (curto prazo)	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar os problemas e propor soluções de pequeno porte e/ou setoriais para problemas técnicos e funcionais. - Envolver todos os participantes do processo de avaliação e tomada de decisão, ou seja, projetistas, clientes, usuários, e responsáveis pelo uso e manutenção do edifício com o propósito de conservar e otimizar o desempenho do patrimônio, assim como o bem-estar dos ocupantes. - Conhecer a influência das modificações ditadas pela redução dos custos na performance do edifício. - Apresentar um projeto mais informado na tomada de decisão e compreensão das consequências das decisões projetuais no desempenho do edifício. - Otimizar o uso do espaço interno e fornecer feedback da performance do edifício
Investigativa (médio prazo)	<ul style="list-style-type: none"> - Observar que se trata do nível anterior, acrescido da explicitação de critérios referenciais de desempenho, tais como: programa funcional, diretrizes, normas de desempenho e literatura publicada sobre um determinado tipo de edifício. - Aprimorar e aferir qualitativamente a metodologia de APO. - Detectar e propor soluções que se relacionam com a reciclagem e a substituição de componentes do edifício, com base em problemas técnicos e funcionais. - Propor treinamento e conscientização dos usuários para conservação e manutenção do edifício. - Apresentar recomendações para minimizar custos de operação e manutenção. - Estudar a flexibilidade e facilidade de adaptação às modificações organizacionais e crescimento contínuo, incluindo a reciclagem de serviços e sistemas. - Apresentar recomendações para uma economia significativa nos custos do processo de construção e de manutenção do ciclo de vida do edifício. - Acompanhar permanentemente o desempenho do edifício por profissionais e usuários.
Diagnóstica (longo prazo)	<ul style="list-style-type: none"> - Correlacionar as medidas físicas e ambientais com as respostas subjetivas dos usuários. - Medir e aprimorar qualitativamente a metodologia de APO. - Propor um plano de manutenção do edifício objeto da APO, com o intuito de otimizar seu desempenho durante sua vida útil prevista. - Desenvolver um plano de rearranjo dos espaços físicos do edifício. - Desenvolver um plano de ações tecnológicas voltadas à fase de projeto, padrões e normas para projetos futuros de edifícios semelhantes. - Melhorar a concepção de bases de dados de projeto, normas, critérios e produção de literatura técnica. - Melhorar a medição do desempenho do edifício por meio da quantificação. - Criar, como resultado, novos conhecimentos.

Fonte: Adaptado de Baptista (2009)

Em relação à metodologia de uma APO, segundo Sommer e Sommer (1997), não existe um método mais adequado para se colher as percepções dos usuários e a metodologia deve surgir espontaneamente a partir do problema e das circunstâncias. O ideal é usar diversos métodos e deixar a avaliação se prolongar por um certo período de tempo.

Todavia, Ornstein e Roméro (1992), descrevem que todas as APO devem possuir estas quatro etapas: levantamento de dados, diagnóstico, recomendações para o ambiente e insumos para novos projetos.

2.3.1 Levantamento de dados

De acordo com Baptista (2009) e Ornstein e Roméro (1992), a coleta de dados fundamenta-se por sete sub etapas de desenvolvimento, listadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Sub etapas da coleta de dados

Coleta de Dados
Levantamento da memória do projeto e da construção: resgate da “memória” da produção do ambiente construído, importante na análise qualitativa de aspectos positivos e negativos encontrados na edificação em uso, e do impacto ocasionado aos usuários como ambiente construído.
Cadastro atualizado dos ambientes construídos (<i>as built</i>): fundamental para o órgão gerenciador e avaliador desses ambientes e para a manutenção do cadastro atualizado do <i>as built</i> , utilizado para indicar as medidas reais executadas na obra.
Cadastro atualizado do mobiliário e dos equipamentos.
Levantamento, tabulação de dados e informações coletadas com os usuários: nesta etapa ocorre a seleção dos ambientes que serão analisados e a definição de uma amostra representativa de cada categoria ou estrato da população a ser entrevistada.
Levantamento técnico-constutivo, conforto ambiental e funcional: no Brasil, as medidas e observações físicas realizadas pela equipe técnica e os levantamentos realizados com os usuários estão fundamentalmente relacionados com as variáveis prioritárias, materiais e técnica construtivas, conforto ambiental, contexto urbano, avaliação funcional e com a avaliação comportamental.
Levantamento de normas, códigos, especificações técnicas existentes: definição de critérios comparativos para o julgamento adequado por parte dos usuários e técnicos, de forma que os critérios sejam fundamentados em diretrizes já existentes como códigos de obras, normas, especificações técnicas (níveis municipal, estadual e federal); contudo a equipe técnica deve analisar essas diretrizes antes de serem adotados os critérios.
Estabelecimento de critérios e padrões, quando não existirem normas para efeito comparativo: em termos de qualquer tipologia de ambiente construído no Brasil, existem poucas normas, cadernos de encargos e especificações técnicas, sendo necessária a concepção de “índices” e “padrões” complementares do conjunto de critérios comparativos a serem adotados, os quais devem ser formulados com base na experiência profissional dos membros da equipe técnica.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2019

Em uma APO podem ser utilizados diferentes instrumentos e ferramentas de avaliação, como exemplo: Análise de Behavior setting, Análise de vestígios de comportamento, Avaliação técnico funcional, Entrevistas, Grupo focal, Mapeamento comportamental, Mapa mental, Mapeamento visual, Matriz de descobertas, Poema dos desejos, Quadro de recomendações, Questionários, Seleção visual, *Walkthrough*

(RHEINGANTZ *et al.*, 2009; SILVA L, 2016). Desenvolvida por diversos autores, no Quadro 4, mostram-se as principais metodologias, bem como sua descrição.

Quadro 4 – Principais métodos/técnicas de pesquisas em APO

Método/ Técnica	Descrição
Análise de Behavior setting	Análise de uma situação comportamental como “um sistema limitado, autoregulado e ordenado, composto de integrantes humanos e não-humanos substituíveis, que interagem de um modo sincronizado para realizar (...) o programa do setting” (Wicker, 1979).
Análise de vestígios de comportamento	Investigação do comportamento por meio dos resíduos que a ocupação humana deixou no ambiente, verificados pelo pesquisador, poder entender o que ocorreu no local mesmo sem ter assistido à ação ou visto os usuários. A análise pode acontecer por erosão (algo foi retirado do local) ou por deposição (algo foi deixado no local).
Avaliação técnico funcional	Investigação profissional sobre aspectos construtivos e funcionais da edificação (Exemplo: superestrutura, pisos, alvenarias, esquadrias, impermeabilizações, instalações, coberturas, área construída e área útil, circulações, adensamento, layout, acessibilidade, conforto ambiental e outros).
Entrevistas	Conversação voltada para atender a um determinado objetivo, que resulta em um conjunto de informações sobre sentimentos, crenças, pensamentos e expectativas das pessoas.
Grupo focal	Entrevista em um grupo que permite a discussão organizada de um tema, com a presença de um moderador e assistentes. Os resultados são qualitativos e complementam os dados quantitativos obtidos por meio de questionários.
Mapeamento comportamental	Registros gráficos das observações relacionadas com as atividades dos usuários em um determinado ambiente; o mapeamento pode ser centrado na pessoa ou no ambiente.
Mapa mental	Elaboração de desenhos ou relatos de memória representativos das ideias ou da imageabilidade que um usuário ou grupos de usuários têm do ambiente.
Mapeamento visual	Identificação da percepção dos usuários em relação ao ambiente, com foco na localização, na apropriação, na demarcação de territórios, nas inadequações a situações existentes, no mobiliário excedente ou inadequado e nas barreiras.
Matriz de descobertas	Principais achados da pesquisa (pontos positivos e negativos detectados) apresentados de modo gráfico, associado a planta baixa e/ou corte.
Poema dos desejos	Conjunto de sentenças escritas ou desenhos que exprimem as necessidades, sentimentos e desejos dos usuários com relação ao edifício ou ambiente.
Quadro de recomendações	Conjunto de recomendações para intervenção no local estudado, que podem envolver ações a curto, médio e longo prazo.
Questionários	Conjunto de questões relacionadas a um determinado assunto ou problema, utilizado para se obterem informações sobre percepção ambiental, comportamentos e atributos.
Seleção visual	Identificação dos valores e significados agregados pelos usuários em relação ao ambiente em uso.
Walkthrough	Percurso dialogado pelo local, complementado por fotografias, croquis gerais e gravação de áudio e de vídeo, abrangendo todos os ambientes.

Fonte: Adaptado de BASTOS, 2015

2.3.2 Diagnóstico

Os diagnósticos dos ambientes avaliados são realizados com base nos levantamentos, resultando numa resposta dos principais aspectos assertivos ou não do ambiente (ORNSTEIN; ROMÉRO, 1992). Ainda segundo os autores, essa é a parte principal da APO e deve ser cuidadosamente dimensionada, pois, a partir dela, são obtidas as recomendações a curto, médio e longo prazo. Nessa etapa, formulam-se também as diretrizes e recomendações para projetos futuros semelhantes, destacando-se diante disso sua grande importância.

2.3.3 Recomendações para Ambiente

Baseado no diagnóstico, podem ser obtidos vários insumos, que servem de recomendações de construção, funcionais, comportamentais ou, ainda, que orientem a implementação de um plano diretor para ampliação e flexibilização dos espaços, dentre outros (ORNSTEIN; ROMERO, 1992; BAPTISTA, 2009).

2.3.4 Insumos para Novos Projetos

Nessa etapa de uma APO, são formuladas recomendações para novos projetos. Segundo Ornstein e Roméro (1992), o resultado da APO pode ser reproduzido para diversos estudos de caso semelhantes, possibilitando a geração de diretrizes e critérios para futuros projetos, construções, operação e manutenção de ambientes, além do estabelecimento de normas.

2.4 Metodologia de APO para o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV)

O Brasil, nos últimos anos, tem presenciado um dos maiores ciclos de crescimento do setor imobiliário nacional. Dessa forma, a produção arquitetônica e urbanística do país necessita se tornar menos impactante e de maior qualidade. Com o objetivo de diminuição do déficit habitacional, tem crescido os programas de incentivos públicos para financiamento de construções, principalmente habitações de interesse social (HIS) e dentre esses programas têm-se o Minha Casa Minha Vida (MCMV), implantado em 2009 (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2016).

Apesar do aumento da produção do setor imobiliário, ainda há muitos desafios que precisam ser enfrentados na construção de HIS no Brasil, no sentido de não somente atender à demanda habitacional, mas construir cidades sustentáveis do ponto de vista econômico, social, ambiental e cultural (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2016).

Ainda segundo essas autoras, o programa MCMV tem gerado um impacto considerável na infraestrutura econômica, social e urbana do nosso país. Com uma marca de mais de 4 milhões de unidades habitacionais contratadas até setembro de 2015. Em vista disso, ressalta-se a importância do acompanhamento constante de seus resultados por meio de avaliação pós-ocupação, de modo a aprimorar a execução das construções e, com isso, alcançar a promoção do desenvolvimento com igualdade, reconhecendo o papel do Estado, das políticas públicas e do planejamento, enquanto ingredientes fundamentais no processo de mudança e de igualdade social.

Nessa lógica, a avaliação pós-ocupação pode envolver a relação entre o ser humano e o espaço físico construído, num aspecto multidisciplinar. Pode se tornar uma ferramenta bastante útil e eficaz na busca de melhoria da qualidade dessas edificações, na medida em que resulta um diagnóstico que leva em conta principalmente o ponto de vista dos usuários.

Villa, Saramago e Garcia (2016) elaboraram uma metodologia específica para avaliação pós-ocupação em programas de habitação desenvolvidas pelo Minha Casa Minha Vida. A criação dessa metodologia deve-se a algumas questões iniciais operacionais para abranger a aplicação da APO em espaços habitacionais. As questões elencadas por Villa (2008), foram:

- 1) A abordagem relacionada a esses empreendimentos necessitam de procedimentos específicos e cautelosos de pesquisa, visto que, de maneira geral, os moradores se sentem desprovidos de privacidade e se negam a participar do processo.
- 2) Há necessidade de se manter o sigilo das informações obtidas e de garanti-lo aos moradores, uma vez que, com uma avaliação dessa natureza, é possível identificar até especificidades do modo de vida deles.
- 3) Alguns moradores se sentem acanhados em responder a questões íntimas ou mesmo privadas que se referem ao seu modo de vida.

4) Em consequência dos altos índices de violência que atualmente afligem as cidades brasileiras, os moradores evitam abrir suas portas aos entrevistadores com medo de possíveis consequências indesejadas.

5) O modo de vida atribulado da maioria das pessoas faz com que certos moradores não disponham de tempo suficiente para responder a questionários ou mesmo participar de reuniões para a discussão dos temas propostos na APO.

Na lógica de complementar as variadas formas de avaliação pós-ocupação e análise dos resultados, a proposta desenvolvida por Villa, Saramago e Garcia (2016), para realização de APO aplicada para programas habitacionais, é baseada em cinco passos, a saber:

- A APO deve possuir em média uma duração de seis meses;
- Deve-se fazer abordagem funcional, comportamental e ambiental dos espaços;
- Deve-se dar ênfase no bairro, lote e unidade;
- É necessária a aplicação de vários métodos, qualitativos e quantitativos;
- É imprescindível o uso de linguagem simples e clara.

Tal aprimoramento metodológico se justifica no sentido de trazer possíveis soluções aos problemas frequentes na área de avaliação de habitações: (i) a eficiência dos resultados da avaliação; (ii) a questão da privacidade dos moradores avaliados; (iii) a possibilidade de maior interação entre o pesquisador e o morador na avaliação; (iv) a redução do tempo de avaliação; (v) a redução dos custos da avaliação; (vi) a eficiência da tabulação dos resultados da avaliação; (vii) a adequada escolha dos estudos de caso e levantamento de dados; (viii) a capacidade da avaliação se constituir no processo de transformação do lugar (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2016).

3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

A avaliação de desempenho pode ocorrer tanto na fase de projeto, quanto na fase de uso e operação, fazendo parte de um ciclo de retroalimentação de dados para edificações existentes e para projetos futuros (PREISER; VISCHER, 2005). Na fase de projeto é possível utilizar essa avaliação para nortear as decisões sobre os projetos e aprimorá-las antes que o edifício seja construído (GONÇALVES, 2015; CASTRO, 2019). Na fase de uso é possível constatar quais decisões foram bem ou malsucedidas e assim poder contribuir com a realização de melhorias no edifício avaliado e com a construção de informações para futuros projetos, com contexto semelhante, evitando a repetição de erros (ORNSTEIN; ROMÉRO, 1992).

Em se tratando de desempenho térmico de uma edificação, é percebido que ele está relacionado a uma interação adequada das condições térmicas internas com condições climáticas do entorno, de forma que se obtenham condições térmicas internas apropriadas aos ocupantes. Assim, para obtenção de um desempenho térmico satisfatório, é necessária a adequação do sistema de construção com o ambiente (RIBAS, 2013).

As normas técnicas são os instrumentos que definem o desempenho mínimo que uma edificação precisa atender, esclarecendo parâmetros, procedimentos e expondo recomendações para melhoria da qualidade final do ambiente construído. Neste capítulo são exibidas as principais normas, bem como um programa de simulação computacional do desempenho térmico, o *EnergyPlus*.

3.1 Normas brasileiras de desempenho térmicos de edificações

No Brasil, existem duas normas que estabelecem parâmetros relativos ao desempenho térmico de edificações: a NBR 15220 (ABNT, 2005) e a NBR 15575 (ABNT, 2013), que são discutidas detalhadamente nos próximos itens. Entretanto, em uma análise geral, a norma NBR 15220 (ABNT, 2005), trata das características térmicas dos materiais que compõem os elementos de construção, como paredes e coberturas, e traz recomendações projetuais para cada zona bioclimática do país, como área e sombreamento de aberturas, e estratégias passivas de condicionamento. E a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) aborda a avaliação de desempenho de

edificações habitacionais de modo mais abrangente, definindo outros critérios, além do térmico, o conforto lumínico, isolamento acústico, acessibilidade, durabilidade, estabilidade estrutural, segurança estrutural e contra incêndio, dentre outros.

3.1.1 Norma brasileira NBR 15220 (ABNT, 2005): Desempenho Térmico de Edificações

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT publicou em 2005 a NBR 15220, que trata do desempenho térmico das edificações. Essa norma foi dividida em 5 partes.

Na Parte 1, estabelecem-se as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações.

Na Parte 2, encontram-se os procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações. São expostas fórmulas, parâmetros e valores típicos necessários para cálculo da resistência, transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar.

De acordo com a norma NBR 15220 (ABNT, 2005), a Resistência Térmica (R) é obtida por medições baseadas em ensaios normalizados. Na ausência de valores medidos da resistência térmica (R), recomenda-se que a resistência térmica de uma camada homogênea de material sólido seja determinada pela Equação (1), a seguir. Os valores recomendados de condutividade térmica de alguns materiais de uso recorrente são encontrados na Tabela B.3 da referida norma.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

Onde:

R= Resistencia térmica entre faces da parede [m².K/W];

e= Espessura da placa [m];

λ= coeficiente de condutividade térmica do material [W/m.K].

O cálculo da Resistência Térmica Total (RT) é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa, conforme Equação (2), a seguir.

$$RT = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (2)$$

Onde:

R_{se} = Resistência superficial externa, que é a resistência térmica da camada de ar adjacente à superfície externa de um componente que transfere calor por radiação e/ou convecção [(m²K)/W];

R_t = Resistência térmica de superfície a superfície [(m²K)/W];

R_{si} = Resistência superficial interna, que é a resistência térmica da camada de ar adjacente à superfície interna de um componente que transfere calor por radiação e/ou convecção [(m²K)/W].

Os valores de R_{si} e R_{se} são determinados de acordo com a direção do fluxo de calor, sendo estabelecidos pelo anexo A1 da Parte 2 da norma NBR 15220 (ABNT, 2005).

A transmitância térmica de componentes (U) é o inverso da resistência térmica total (RT), indicada na Equação (3), segundo a norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Logo, pode-se afirmar que U consiste na capacidade de um elemento de conduzir maior ou menor quantidade de fluxo de calor por metro quadrado em uma hora.

$$U = \frac{1}{RT} = \frac{1}{R_{si} + R_t + R_{se}} \quad (3)$$

Onde:

U = Transmitância térmica ou Coeficiente global de transferência de calor [W/(m².K)].

A capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em 1°C a temperatura de um sistema (NBR 15220, ABNT 2005). A Equação 4, apresenta o cálculo da Capacidade Térmica de componentes (C_T), :

$$C_T = \sum \lambda \cdot R \cdot c \cdot \rho = \sum e \cdot c \cdot \rho \quad (4)$$

Onde:

C_T = Quociente da capacidade térmica de um componente pela sua área [$\text{kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$];

λ = a condutividade térmica do material da camada [$\text{W}/(\text{m}.\text{K})$];

R = a resistência térmica da camada [$(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$];

e = a espessura da camada [m];

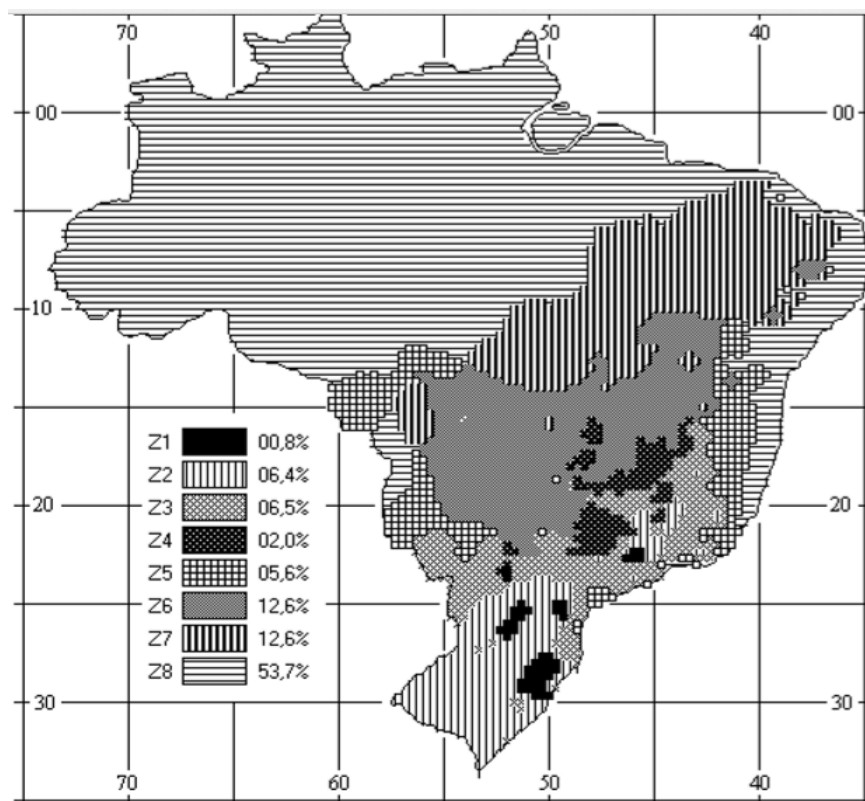
c = é o calor específico do material da camada [$\text{J}/(\text{kg}.\text{K})$];

ρ = é a densidade de massa aparente do material da camada [kg/m^3];

Nesta segunda parte da norma, estabelece-se ainda o cálculo do atraso térmico de um componente e do fator de ganho calor solar de elementos opacos e translúcidos.

Na terceira parte da norma, é instituído o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias de construção destinadas as habitações unifamiliares de interesse social. Além disso, têm-se recomendações e diretrizes, sem caráter normativo, para adequação de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos. Nesta parte a norma NBR 15220 (2005), propõe a divisão do território brasileiro em oito Zonas Bioclimáticas relativamente homogêneas em relação ao clima, conforme a posição geográfica, as médias mínimas e máximas de temperatura e a umidade relativa do ar, conforme Figura 2.

Figura 2 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro

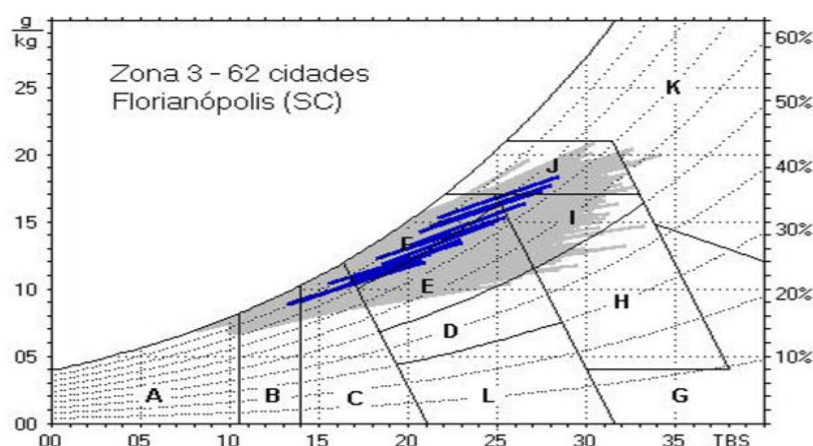


Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

Baseada na divisão constante nesse mapa, são apresentadas recomendações de construção, como tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, fechamentos internos e externos, e estratégias de condicionamento térmico passivo, para otimização do desempenho térmico das edificações e também para propiciar condições mínimas de conforto aos usuários, por meio de sua melhor adequação climática.

Com caráter orientativo, a norma traz uma carta bioclimática com as normais climatológicas para cada zona, definindo algumas estratégias, com o intuito de orientar as diretrizes de construção. Na Figura 3 apresenta-se um exemplo das cartas disponibilizadas pela norma, considerando as normais climatológicas da cidade de Florianópolis, SC, em que as retas representam os dados mensais de temperatura e umidade do ar. As estratégias de condicionamento térmico passivo para cada área das cartas bioclimáticas presentes na norma são apresentadas na Tabela 1.

Figura 3 – Exemplo de uma Carta Bioclimática presente na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)



Fonte: ABNT (2005)

Tabela 1 – Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	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.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

Continuação da Tabela 1	
Estratégia	Detalhamento
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	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 deveria 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.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Fonte: Norma 15220 (ABNT, 2005)

Na Parte 3 da norma NBR 15220 (ABNT, 2005), apresentam-se também, dois anexos de caráter normativo, anexos A e B, e dois anexos de caráter informativo, anexos C e D. No anexo A é exposta a relação de 330 cidades cujo clima foram classificados, e no anexo B apresenta-se a metodologia da determinação do zoneamento. No anexo C são feitas recomendações e diretrizes de construção para adequação da edificação ao clima local. E no anexo D apresentam-se a transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico de algumas paredes e coberturas.

Em continuidade, as duas últimas partes da norma são destinadas a procedimentos de ensaios de campo para medição da resistência térmica de materiais, sendo que a quarta parte trata da medição da resistência e condutividade térmica, pelo princípio da placa quente protegida. E na Parte 5, discorre-se sobre a medição da resistência e condutividade térmica, pelo método do fluxímetro.

3.1.2 Norma brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013): Edificações habitacionais – Desempenho.

A sua aplicação restringe-se a novos edifícios no que tange ao desempenho mínimo obrigatório para os sistemas ao longo de sua vida útil, independentemente de materiais constituintes, sistema de construção e número de pavimentos (ALVIM, 2015).

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) busca atender aos requisitos dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas quanto ao seu comportamento em uso. Sintetiza parâmetros relacionados à segurança (estrutural, contra o fogo e no uso e na operação), aos requisitos relativos a habitabilidade (como estanqueidade, desempenho térmico, acústico, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico), e ainda, sustentabilidade (no sentido da durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental).

Essa normativa, no âmbito do desempenho, busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou processo de construção destinado a atender a uma função. Para atingir essa finalidade, é realizada uma investigação sistemática baseada em métodos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas.

Segundo as diretrizes presentes na norma, a avaliação do desempenho térmico da edificação pode ser realizada por três métodos: por um procedimento simplificado (prescritivo), por simulação computacional ou por medição, que são descritos nos próximos itens.

3.1.2.1 Avaliação do desempenho térmico por meio do procedimento simplificado

Segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), o procedimento simplificado consiste em analisar os limites admissíveis para transmitância térmica (U), capacidade térmica (C_T) e absorvância (α) à radiação solar das paredes externas, assim como áreas mínimas de aberturas para ventilação, onde o nível mínimo para aceitação é o M (denominado mínimo). Nas Tabelas 2 e 3 apresenta-se as recomendações referentes a transmitância e a capacidade térmica presentes na norma para cada zona bioclimática.

Tabela 2 – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 3,7

α^a é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: ABNT (2005)

Tabela 3 – Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (C _T) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: ABNT (2005)

O cálculo da abertura mínima para ventilação descritos na norma aplica-se somente aos ambientes de longa permanência: salas e dormitórios. Tem o intuito de proporcionar ventilação interna adequada. Essas áreas mínimas de aberturas para ventilação devem atender as legislações específicas do local da obra e outras. Quando não houver requisitos de ordem legal para o local de implantação da obra, deve-se adotar os valores indicados pela Tabela 4.

Tabela 4 – Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7 % da área de piso	A ≥ 12% da área de piso – região norte do Brasil A ≥ 8 % da área do piso – região nordeste e sudeste do Brasil

NOTA Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

Fonte: ABNT (2013)

Onde “A” consiste na divisão da área efetiva de abertura de ventilação do ambiente pela área do piso do ambiente. Sendo considerada área efetiva de abertura somente aquelas aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo-se descontar a área de perfis, vidros ou quaisquer outros obstáculos.

Pelo método simplificado, os critérios e níveis mínimo de desempenho de coberturas acontecem em relação à transmitância térmica (U), conforme Tabela 5. Dado o exposto, deve-se utilizar um fator de correção da transmitância (FT), para as zonas 7 e 8 da classificação de zonas bioclimáticas da norma NBR 15220 (ABNT, 2005).

Tabela 5 – Critérios de cobertura quanto à transmitância térmica – M

Transmitância térmica (U) W/m ² .K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas de 7 e 8	
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4
	U ≤ 2,30	U ≤ 1,50	U ≤ 2,3 FT	U ≤ 1,5 FT

α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.

NOTA O fator de correção da transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3

Fonte: ABNT (2013)

Para os casos em que a avaliação pelo procedimento simplificado resultar em um desempenho insatisfatório, recomenda-se reexaminar a edificação por simulação computacional por meio de programa validado pela norma ASHRAE Standard 140/2017, que reproduza os efeitos de inércia térmica (NBR 15575; ABNT, 2013).

3.1.2.2 Avaliação do desempenho térmico por meio da simulação computacional

Na fase de projeto devem ser realizadas simulações computacionais das unidades habitacionais, considerando as características dos materiais e sistemas a serem adotados, avaliando o desempenho global da edificação para o dia típico de projeto de verão e inverno (FERREIRA, 2019). Segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), dia típico é definido como um dia real, caracterizado pelas variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano, ou mais frio, segundo a média do período dos últimos dez anos.

O método de simulação computacional define que a geometria do modelo simulado deve considerar a habitação como um todo, sendo cada ambiente uma zona térmica. Na composição de materiais devem-se utilizar dados das propriedades termofísicas dos materiais e/ou componentes da construção. No caso dos conjuntos habitacionais multipavimentos deve-se selecionar para avaliação a unidade habitacional mais crítica do ponto de vista térmico, logo, é considerado o último pavimento, com cobertura

exposta. Todos os ambientes devem ser simulados analisando as trocas térmicas entre eles. Não obstante, são avaliados apenas os resultados dos dormitórios e salas (NBR 15575; ABNT, 2013; OLIVEIRA, 2015).

A orientação da construção deve ser considerada da forma que ela foi implantada, entretanto, se não existir essa definição, deve-se posicionar a edificação de forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico. Portanto, adota-se no verão a janela do dormitório ou da sala na direção Oeste e uma parede exposta voltada para o Norte e, no inverno, a janela do dormitório ou da sala voltada para a direção Sul e a uma parede exposta voltada para Leste. Deve-se ainda considerar que as paredes estão expostas e as janelas desobstruídas. Mas, obstruções por elementos da construção previstos na edificação, como dispositivos de sombreamento, devem ser considerados na simulação computacional (NBR 15575; ABNT, 2013).

A princípio, para a simulação computacional adota-se a taxa de ventilação do ambiente e a taxa de renovação da cobertura de 1 ren/h. A unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para verão relativos a ventilação do ambiente, deve ser simulada novamente considerando-se as seguintes alterações:

- Ventilação: a configuração da taxa de ventilação de 5 ren/h e janelas sem sombreamento;
- Sombreamento: inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta que entraria pela janela, com renovação de 1,0 ren/h;
- E combinação das duas estratégias anteriores, ou seja, inserção de dispositivo de proteção solar e taxa de renovação do ar de 5,0 ren/h.

No entanto, a taxa de renovação do ar do ático na cobertura é sempre mantida em 1 ren/h (NBR 15575; ABNT, 2013).

Uma sugestão para padronização das simulações computacionais em fase de projeto é que a absorvância (α) à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas ao ambiente externo. Sendo recomendadas para paredes de cor clara, $\alpha =$

0,3, cor média $\alpha = 0,5$ e cor escura $\alpha = 0,7$. Quando a cor não está definida, simula-se para as três alternativas de cor.

O edifício que não atender aos critérios estabelecidos para o verão, deve apresentar obrigatoriamente modificações no projeto para aumentar o sombreamento das janelas e/ou a taxa de ventilação dos ambientes.

3.1.2.3 Avaliação do desempenho térmico por meio de medição

Segundo as diretrizes presentes na norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para avaliação do desempenho térmico na fase de utilização, via medições *in loco*, deve ser feita na edificação em escala real (1:1). Fazem-se averiguações para medir a temperatura de bulbo seco do ar no centro de dormitórios e salas, a 1,20 m do piso. Para medição da temperatura é necessário seguir especificações de equipamentos e montagem dos sensores, apresentadas na norma ISO 7726 (ISO, 2006).

Para avaliação em edificações existentes em conjuntos habitacionais térreos e multipisos, devem-se escolher unidades que, no verão, as janelas dos ambientes de longa permanência estejam voltadas para oeste e outra parede exposta para norte. E na condição de inverno, a janela do dormitório ou sala devem estar voltadas para sul e outra parede voltada para leste. No caso de conjuntos multipisos, seleciona-se unidade do último andar (NBR 15575, ABNT 2013).

Em relação a avaliação em protótipos, recomenda-se que para aqueles construídos nas regiões bioclimáticas 6 a 8, a janela da sala ou do dormitório seja voltada para o oeste. Ou ainda, que nos protótipos construídos nas regiões bioclimáticas de 1 a 5; nas condições de inverno, a janela do dormitório ou sala seja voltada para o sul e a outra parede exposta voltada para o leste; e nas condições de verão, a janela do dormitório ou sala seja voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para o norte.

A norma estabelece ainda que o período de medição deve ser correspondente ao dia típico de projeto de verão e inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes. A recomendação geral é trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia.

3.1.2.4 Critérios de avaliação para ambientes naturalmente ventilados

Em edificações naturalmente ventiladas, a avaliação consiste em verificar como os ambientes internos atendem a um conjunto de requisitos estabelecidos em função das exigências humanas de conforto térmico, ou seja, quanto melhores as condições de conforto térmico do ambiente, melhor o seu desempenho térmico. Para isso consideram-se as exigências humanas em relação ao conforto, a influência do clima local e o perfil de ocupação do ambiente construído (AKUTSU, 1998).

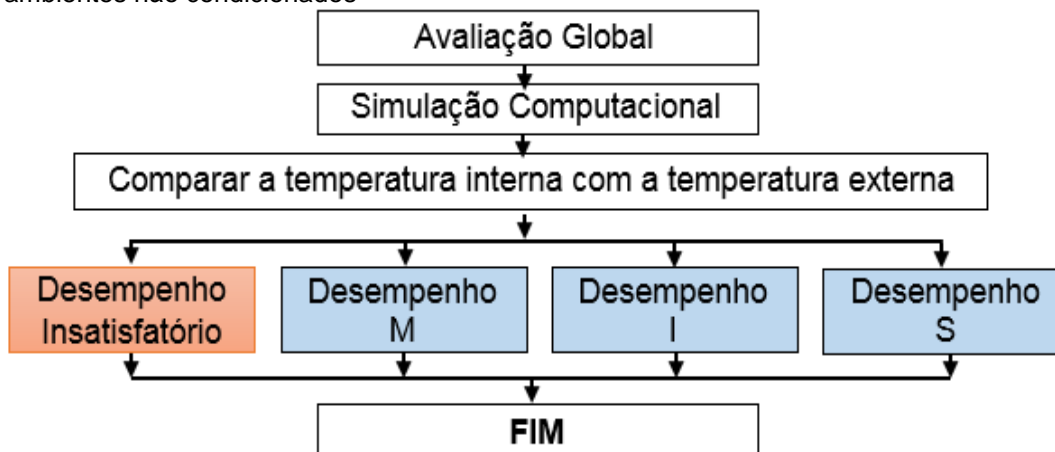
É impossível uma definição exata de temperatura para atingir o conforto térmico, uma vez que um indivíduo pode sentir conforto numa faixa de temperatura, que ao ser modificada, poderá não causar sensação de desconforto imediata (RIBAS, 2006). A norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017), define conforto térmico como um estado mental do indivíduo que reflete satisfação com o ambiente térmico. Portanto, a sensação de conforto térmico percebida por uma pessoa está sujeita a diferenças de humor, cultura, fatores organizacionais e sociais, além dos fatores ambientais e pessoais, vestimenta e atividade desempenhada (SILVA, 2015).

Conforme Ribas (2006), para a avaliação das condições de conforto térmico de ambientes com condições térmicas moderadas, segundo a norma ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017) e a norma ISO 7730 (ISO, 2005), há conforto térmico quando pelo menos 80% dos ocupantes noticiam satisfação com as condições ambientais internas. Instituem ainda que, para ambientes ventilados naturalmente, pode-se admitir uma temperatura limite máxima de 29 °C no verão e uma temperatura limite mínima de 17 °C no inverno, para atividades leves exercidas no ambiente (escritório, salas de aula, residências). Contudo, para o Brasil existe uma maior flexibilidade desta faixa de temperatura máxima e mínima.

Para edificações naturalmente ventiladas a análise do desempenho térmico é realizada examinando se os ambientes internos atendem às exigências humanas de conforto, considerando a resposta global da edificação, sendo que o critério mais utilizado nessa avaliação é a temperatura interna do ar (BATISTA, 2018).

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais para sua avaliação por meio de simulação computacional. As etapas sugeridas são ilustradas na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma das etapas da avaliação de desempenho por simulação computacional de ambientes não condicionados



Fonte: Adaptado de GOMES (2012)

Quanto ao desempenho térmico, considerando a avaliação global de edificações naturalmente ventiladas, na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é descrito que se deve considerar as características bioclimáticas da região de implantação, sendo essa característica definida pela NBR 15220 (ABNT, 2005), e o nível mínimo aceitável é o Nível Mínimo de Desempenho, denominado de M. Além do nível mínimo, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), considera o Nível Intermediário (I) e o Nível Superior (S) de desempenho térmico da edificação.

Os critérios prescritos são que, para a avaliação, nas condições de verão, o valor máximo diário da temperatura do ar 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), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário de temperatura do ar exterior, para todas as zonas bioclimáticas. Para o dia típico de inverno, na norma, recomenda-se que os valores mínimos diários de temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura do ar exterior acrescida de 3°C, para as zonas bioclimáticas 1 a 5, e, para as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8, este critério não precisa ser verificado.

Os critérios mínimos, intermediários e superiores, para as condições de verão e inverno, são definidos no Anexo E da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) para cada Zona Bioclimática. Nas Tabelas 6 e 7 apresentam-se os valores normativos mínimos a serem atendidos e a classificação de valores limites estabelecidos na norma.

Tabela 6 – Critérios de avaliação de desempenho para condições de verão

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1 \text{ } ^\circ\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$

$T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da Temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da Temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 $T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da Temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ 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.

Fonte: Adaptado da ABNT (2013)

Tabela 7 – Critérios de avaliação de desempenho para condições de inverno

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zona bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3 \text{ } ^\circ\text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5 \text{ } ^\circ\text{C})$	
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7 \text{ } ^\circ\text{C})$	

$T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da Temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín.}$ 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.

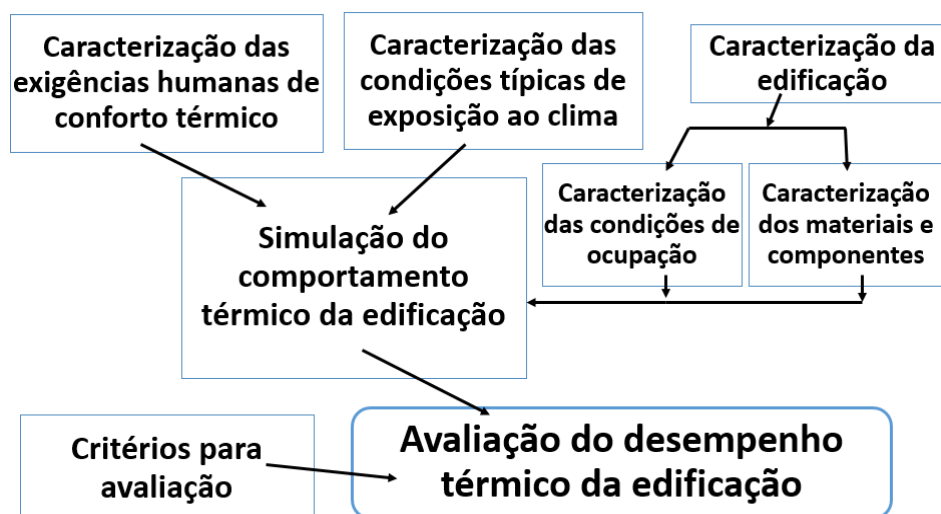
Fonte: Adaptado da ABNT (2013)

3.2 O programa *EnergyPlus*

A simulação computacional do desempenho térmico pode ser utilizada para fins de demonstração e/ou conformidade de um dado projeto em relação a uma norma de desempenho ou como um prognóstico do comportamento energético da edificação. Ela pode ao mesmo tempo avaliar a influência das decisões de projeto (seja na escolha dos componentes de construção, no sistema de iluminação e/ou nas estratégias de condicionamento) no comportamento térmico dos ambientes, assim como, levantar o consumo energético final da edificação (GOMES, 2012).

Para Akutsu (1998), a avaliação do desempenho térmico de edificações por meio de simulações computacionais decorre das etapas de caracterização da edificação e sua localização, assim como as exigências humanas de conforto térmico, conforme apresenta-se na Figura 5.

Figura 5 – Etapas da simulação do desempenho térmico de edificações



Fonte: Adaptado de AKUTSU, 1998

Conforme a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para a realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa *EnergyPlus*. Outros programas de simulação computacional podem ser utilizados, desde que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e validados pela ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2017).

O *EnergyPlus* é um programa computacional de simulação gratuito, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos e criado a partir dos programas BLAST e DOE-2. Utilizando um arquivo climático da região de interesse e considerando dados como caracterização geométrica da edificação, componentes da construção, cargas elétricas instaladas, sistemas de condicionamento de ar e padrões de uso, o programa *EnergyPlus* estima o consumo de energia considerando as trocas térmicas da edificação com o exterior (RESENDE, 2017; VIANA, 2018).

O programa possui capacidade de simulação diferenciada, tais como: *time step* (intervalo de tempo das simulações) de cálculo menor que uma hora; sistema modular; possibilidade de cálculo de infiltração de ar diferenciada para cada zona térmica; cálculo de índices de conforto térmico e integração com outros sistemas (ANDOLSUN *et al.*, 2011; RESENDE, 2017).

A caracterização de um modelo no *EnergyPlus* implica na necessidade de se conhecer um grande número de variáveis. A diversidade dos dados de entrada majora

a precisão nos resultados, mas também pode provocar dúvidas e levar a resultados errôneos. A precisão dos resultados está relacionada a um profundo entendimento do programa utilizado e do comportamento da edificação a ser simulada (AKUTSU, 1998; GOMES, 2012; CAMARGOS, 2019).

O programa *EnergyPlus* apresenta algumas características peculiares (REZENDE 2017), tais como:

- Solução simultânea e integrada para obtenção da resposta da edificação analisada;
- Intervalos de tempos definidos pelo usuário, com fração de hora, para interação entre as zonas térmicas e o ambiente, e intervalos de tempo variáveis para interação entre a zona térmica e o sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC);
- Arquivos de entrada, de saída e dados climáticos que incluem condições ambientais horárias ou sub-horárias (até um quarto de hora) e relatórios padrões reajustáveis pelo usuário;
- Técnica de solução baseada no balanço de energia para as cargas térmicas prediais, que permite o cálculo simultâneo dos efeitos radiante e convectivo na superfície interior e exterior, durante cada intervalo de tempo;
- Condução de calor transiente através dos elementos de fechamento da edificação, usando funções de transferência e um modelo de conforto térmico, baseado na atividade, temperatura de bulbo seco interna e umidade relativa;
- Modelo de cobertura do céu anisotrópico para cálculos mais complexos da radiação difusa sobre superfícies inclinadas;
- Cálculo de balanço de calor de janelas que permite o controle eletrônico de persianas, balanço térmico camada por camada, o que permite a identificação do comprimento de onda da energia solar absorvida pelo vidro da janela;
- Possui uma biblioteca versátil com diversos modelos comerciais de janela; controle da luz do dia, incluindo cálculos da iluminância interior, controle dos brilhos das luminárias e do efeito da iluminação artificial;
- Sistemas de condicionamento de ar configuráveis, que permitem ao usuário simular sistemas típicos comuns e sistemas poucos modificados, sem ter que recompilar o código fonte do programa.

Ele integra vários módulos que trabalham juntos para calcular a energia requerida para aquecer ou resfriar um edifício usando uma variedade de sistemas e fontes de energia. Tal objetivo é alcançado a partir de simulações da edificação em estudo e seus sistemas de funcionamento associados a diferentes condições ambientais e operacionais. A essência da simulação está no modelo do edifício que utiliza princípios fundamentais de balanço energético (RESENDE, 2017). O processo de modelagem no programa está descrito a seguir, assim como a realização da simulação da ventilação natural.

3.2.1 Processo de modelagem no *EnergyPlus*

Nos processos de modelagem do *EnergyPlus*, as condições térmicas de uma edificação são verificadas realizando-se uma abordagem dinâmica que procura equacionar o equilíbrio entre os ganhos e perdas de energia que ocorrem simultaneamente em um ambiente e variam ao longo de um dia. São consideradas trocas térmicas e as possibilidades de perda e/ou de ganho de energia por meio da ventilação, convecção e por condução através dos elementos da edificação (RIBAS, 2013).

Assim, para uma correta avaliação de desempenho térmico, é preciso conhecer as propriedades termofísicas dos elementos e componentes da edificação, dados como direção e velocidade dos ventos predominantes e outros dados climáticos locais. Além disso, fazem-se necessárias informações de ambientes típicos da edificação, que caracterizem sua capacidade térmica, tais como condições de ocupação da edificação durante um período de ocupação, número de ocupantes, atividades típicas dos ocupantes, número e tipos de equipamentos e número e tipos de lâmpadas (GOMES, 2007).

A modelagem no programa *EnergyPlus* inicia-se com a introdução de uma série de dados (*input*). As interfaces do programa não são de fácil acesso aos usuários, sendo então, necessária a introdução de dados para possível obtenção de resultados. Segundo Rallapalli (2010) e Camargos (2019), a simulação do *EnergyPlus* se baseia principalmente na entrada de arquivos de texto, o que aumenta o esforço para definição de todos os dados de entrada necessários em comparação aos mecanismos

com interfaces gráficas de usuário (*Graphical User Interface – GUI*), sendo que os mais avançados são o *DesignBuilder* e o *OpenStudio*.

Silva (2010) sintetiza o processo de modelagem do *EnergyPlus* em três passos:

- Criação do modelo no programa, a partir da introdução de vários dados sobre o edifício, como geometria total, dimensões e materiais de constituição;
- Introdução do arquivo climático;
- Análise da sensibilidade das variáveis inerentes ao edifício, com a retirada dos resultados e conclusões.

3.2.2 Ventilação natural no *EnergyPlus*

De acordo com os manuais do programa (DOE, 2020a, DOE, 2020b), a ventilação natural dos ambientes no *EnergyPlus* pode ser simulada de duas formas:

- De maneira simplificada, a partir da definição de uma vazão nominal de ar e um *schedule* (padrão de uso e operação da edificação e seus sistemas), ou;
- Por meio de um modelo de rede, módulo *AirflowNetwork*.

Nos próximos itens são sucintamente apresentadas as duas formas de simulação da ventilação natural do ambiente no programa *EnergyPlus*.

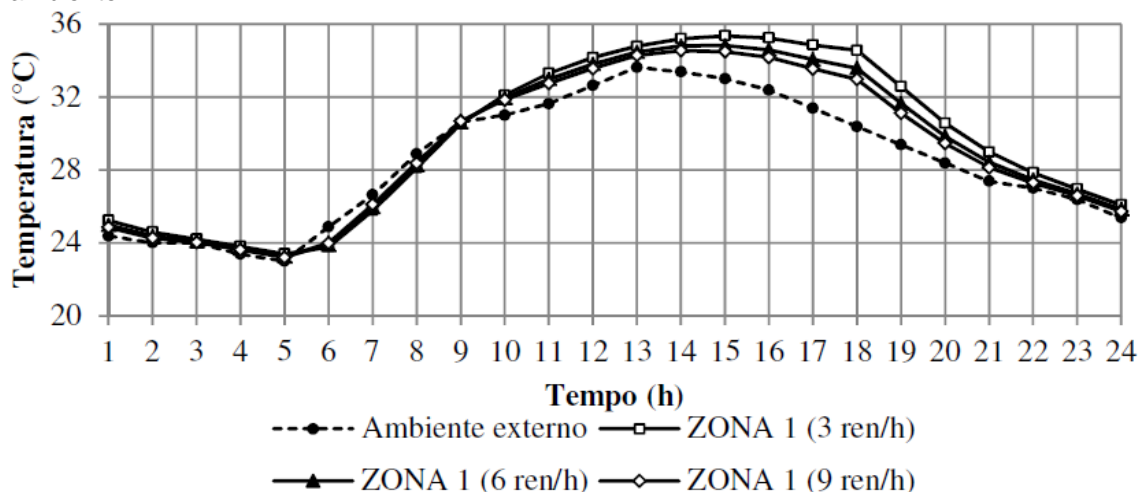
3.2.2.1 Simulação da ventilação natural pelo método simplificado.

Segundo Gomes (2012), no programa *EnergyPlus* a ventilação natural é caracterizada como um fluxo proposital de ar do ambiente externo para interno. Com a intenção de realizar a simulação computacional da ventilação de forma simplificada, é necessário definir o número de renovações de ar por hora (ren/h) para cada ambiente e uma rotina horária para essa vazão. Para que a simulação fique próxima da realidade, deve-se estipular um limite para esse número de renovações do ar. Quando as taxas de renovações são estipuladas sem critérios, podem levar a interpretações erradas do desempenho térmico da edificação, posto que esse parâmetro exerce grande influência nos resultados da simulação.

Quanto maior o número de renovações, mais o perfil da temperatura interna vai se aproximar do perfil do ambiente externo (COSTA, 2005). Como exemplo, apresenta-

se a Figura 6, em que, na medida em que as taxas de ventilação da Zona 1 ficam maiores, o perfil da temperatura interna desse ambiente se aproxima do comportamento do ambiente externo.

Figura 6 – Evolução temporal da temperatura considerando diferentes taxas de renovações para um ambiente



Fonte: GOMES (2012)

Ainda conforme o mesmo autor, na simulação computacional pelo método simplificado, todos os ambientes devem possuir a mesma taxa de renovação, independentemente de variáveis como geometria da edificação, parâmetros da ventilação e direção do vento.

3.2.2.2 Simulação da ventilação natural pelo módulo *AirflowNetwork*

No módulo de rede, ou *AirflowNetwork*, o cálculo da ventilação é integrado. Calcula-se o fluxo de ar através de dois sentidos. Nesse módulo, os ambientes são interligados por meio de fluxos de ar por aberturas (portas, janelas, frestas), atribuindo-se nós de pressão para cada abertura. Os valores de pressão dos nós externos são conhecidos e, a partir de equações de balanço de massa e de energia, é possível calcular o fluxo de ar que percorre a edificação. Esses nós de pressão são volumes da edificação nos quais se assume que o ar é misturado de forma homogênea e a pressão é estacionária. O modelo apresenta limitações quanto à estimativa de velocidade do ar no interior das zonas, uma vez que o resultado obtido apresenta apenas o fluxo de massa entre nós (GOMES, 2012; CAMARGOS, 2019).

Na entrada de dados do *AirflowNetwork* é preciso estabelecer as características do entorno da edificação, incluindo a orientação solar e os coeficientes de pressão do

vento; as zonas em que estarão disponíveis a ventilação natural; os *links* do fluxo de ar (portas, janelas e frestas); os padrões de controle da disponibilidade da ventilação; os parâmetros do fluxo de ar pelas frestas e as condições de abertura das portas e janelas (GOMES, 2012).

Ainda segundo esse autor, estão disponíveis quatro tipos de controle das portas e janelas de uma zona térmica, que são eles:

- Sem ventilação - todas as portas e janelas estarão fechadas durante toda a simulação;
- Temperatura (T) - todas as portas e janelas estarão abertas se $T_{\text{zona}} > T_{\text{externa}}$ e $T_{\text{zona}} > T_{\text{definida}}$;
- Entalpia (H) - todas as portas e janelas estarão abertas se $H_{\text{zona}} > H_{\text{externa}}$ e $T_{\text{zona}} > T_{\text{definida}}$; e
- Constante - se o *Schedule* permitir a ventilação, todas as portas e janelas estarão abertas, independente das condições do ambiente interno ou externo.

Se o tipo de controle for temperatura ou entalpia, deve-se programar uma rotina para controlar a abertura das portas e janelas na zona térmica para assegurar a ventilação natural.

Para Silveira (2014) e Camargos (2019), fundamentado no tipo de controle das aberturas, é preciso especificar *schedules* de controle, que caracterizem os padrões de uso de um determinado sistema ou ocupação da edificação e forneçam os valores de controle para cada hora do ano. No que tange à ventilação, existem dois tipos: *schedule* de disponibilidade de ventilação e *schedule* de temperatura.

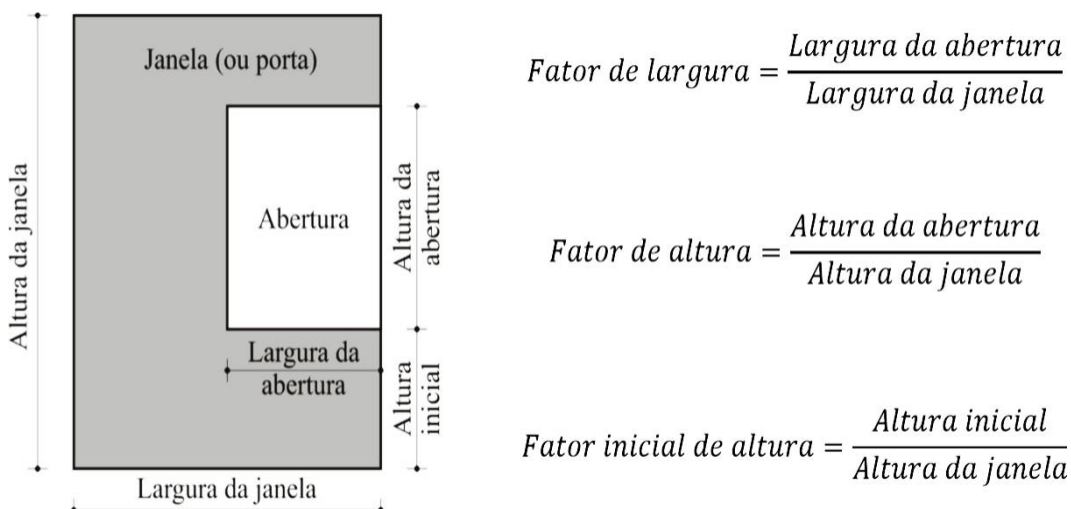
A *schedule* de ventilação especifica quando a ventilação através de uma porta ou janela é possível de acontecer (tomando um valor igual a zero quando a ventilação não é permitida). Um valor maior que zero significa que a ventilação pode ocorrer se outras condições de controle de ventilação forem satisfeitas. A *schedule* de temperatura é uma *schedule* de *set points* de temperatura do ar da zona que é utilizada quando o controle escolhido for por meio da temperatura ou da entalpia (MATOS, 2007; SILVEIRA, 2014; CAMARGOS, 2019).

Os coeficientes de pressão do vento (C_p) podem ser inseridos pelo usuário ou calculados pelo programa, desde que a edificação possua geometria retangular.

Esses coeficientes determinados pelo *EnergyPlus* são calculados para as quatro fachadas e cobertura, com base nos dados fornecidos pelo usuário como: relações entre altura, largura e comprimento da edificação; orientação solar e razão entre o menor e o maior comprimento do edifício (GOMES, 2012).

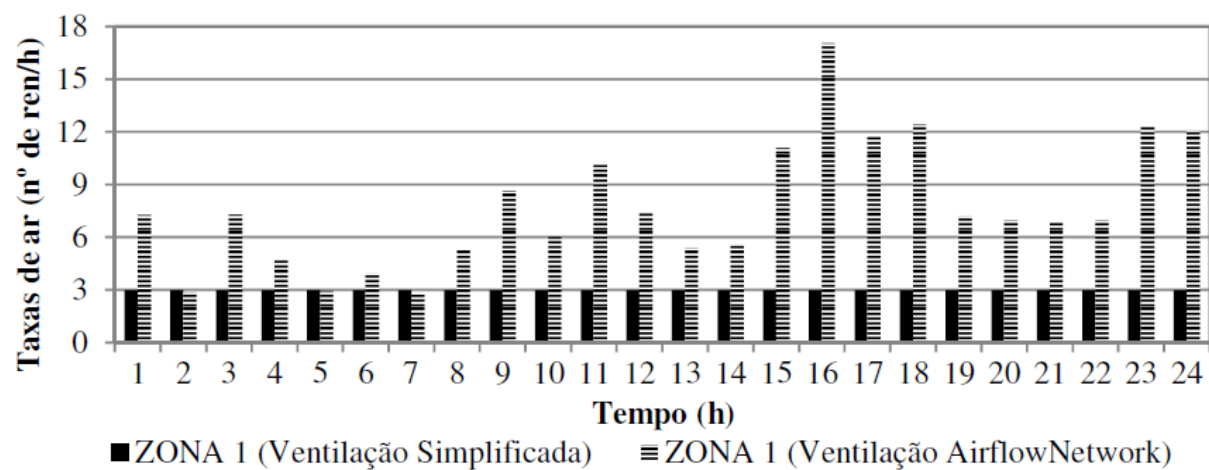
O programa utiliza os fatores de abertura (*Opening Factor*) para as diversas condições de aberturas das portas e janelas. Esse parâmetro especifica as propriedades do fluxo de ar através de portas e janelas quando estão fechadas ou abertas. Para cada fator de abertura, que são no mínimo 2 e no máximo 4, são definidos os fatores: Fator de largura, Fator de altura e Fator inicial de altura, que são mostrados na Figura 7 (GOMES, 2012).

Figura 7 – Fatores geométricos associados as aberturas



Fonte: GOMES (2012)

Neste método, a simulação gera como principais dados de saída: a velocidade do vento (não corrigida); a direção do vento; o volume de infiltração em cada zona; as taxas de renovações de ar por hora e os valores de fluxo de ar através de cada abertura. Conforme apresenta-se na Figura 8, a simulação pelo *AirflowNetwork* permite a visualização das diferentes taxas de renovação (ren/h) calculadas para um dia de projeto (GOMES, 2012).

Figura 8 – Gráfico da diferença dos métodos: Simplificado e Módulo *AirflowNetwork*.

Fonte: GOMES (2012).

4. PAREDES DE CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

Neste capítulo é exibido o referencial teórico do sistema de paredes de concreto moldado *in loco*. Apresenta-se o histórico desse sistema de construção, as características básicas de seus materiais e componentes, indicando as normativas que essa tecnologia deve atender bem como suas vantagens e inconveniências.

4.1 Histórico sobre as paredes de concreto moldado *in loco*

A partir de 1970, seguindo a filosofia de industrialização e com o intuito de racionalização da produção de edifícios, por meio da otimização das atividades da obra, diminuição de prazos e minimização de custos, as empresas iniciaram a busca por processos de construção distintos. Dentre as técnicas desenvolvidas neste período, destaca-se, como sistema de construção de racionalização dos fechamentos verticais, o sistema de painéis monolíticos moldados *in loco* (SACHT, 2008).

O primeiro registro no Brasil de utilização desses painéis foi em 1979, pela Companhia de Habitação de Minas Gerais (COHAB Minas) na cidade de Santa Luzia, em Minas Gerais, onde foram executadas 46 unidades habitacionais no Conjunto Habitacional Carreira Comprida. Na época, aplicaram-se fôrmas metálicas (alumínio) e concreto celular, e observou-se que o peso do produto final acabado foi consideravelmente menor que o da alvenaria convencional, o que acarretou economia nas fundações. Além dessas vantagens, percebeu-se a facilidade de instalação dos caixilhos, que não necessitaram de quebra de paredes para instalações hidrossanitárias e elétricas e que as paredes não necessitaram de revestimento, recebendo pintura direta (SACHT, 2008).

Segundo Sacht (2008), toda a execução desse fechamento, que inclui montagem, concretagem e desmoldagem de cada unidade habitacional, levou em média 20 horas. Entretanto, alguns problemas constatados na obra desencadearam um grande aumento do custo final planejado e as edificações apresentaram patologias. Posteriormente, essa técnica de construção foi replicada em conjuntos habitacionais de interesse social em todo Brasil na década de 1980, na cidade de Poços de Caldas (MG), em Natal (RN), Manaus (AM), seguidamente no Rio de Janeiro (RJ) e em São Paulo (SP).

Diante dos investimentos do Governo Federal em programas habitacionais de larga escala, como no programa MCMV lançado em 2009, da competitividade no mercado da construção civil, e também, da aprovação da norma NBR 16055 (ABNT, 2012), “Parede de concreto moldada *in loco*” para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos”, que normatiza as etapas de projetos e execução de paredes de concreto moldado *in loco* com fôrmas removíveis, percebe-se a capacidade de expansão da tecnologia (SANTOS, 2013).

4.2 Metodologia e componentes

O sistema de construção de parede de concreto moldado no local apresenta características peculiares. A parede tem função de fechamento e estrutura, as instalações elétricas e hidráulicas são preliminarmente montadas e embutidas na parede.

A norma NBR 16055 (ABNT, 2012) conceitua parede de concreto como um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. Esse sistema de construção além do atendimento da norma NBR 16055 (ABNT, 2012), precisa atender exigências de outras normativas, como, por exemplo, da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), Projeto de estrutura de concreto – Procedimentos, e da NBR 15575 (ABNT, 2013), Desempenho das edificações habitacionais.

Os principais materiais para produção das paredes de concreto moldado *in loco* são o concreto, as armações, as fôrmas, as instalações hidráulicas e elétricas e os acessórios para a montagem dos elementos. Para prevenção do aparecimento de fissuras, deve-se executar corretamente as juntas de dilatação e de controle, verticais e horizontais.

Desde que respeitem as normas, podem ser utilizados vários tipos de concreto, os principais são: concreto celular; o concreto com alto teor de ar incorporado; concreto com agregados leves ou com baixa massa específica; e o concreto alto-adensável (CARVALHO L., 2012). A norma NBR 16055 (ABNT, 2012) determina que a dimensão máxima característica do agregado graúdo deve ser estabelecida levando em conta a espessura das paredes e a densidade da armadura. No processo de concretagem

deve-se atentar para a posição, nivelamento, prumo e alinhamento das fôrmas, a fim de assegurar a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo.

Essa normativa define que os materiais das armaduras podem ser telas soldadas, barras e treliças de aço. As fôrmas são estruturas provisórias que devem ter resistência necessária para suportar as ações da construção e receber o concreto, moldando as paredes, devem ser estanques e favorecer a geometria das peças que estão sendo moldadas. As fôrmas podem ser de madeira compensada com estrutura metálica, plástico ou metálicas (ABNT 2012).

Ainda conforme essa mesma norma, as tubulações verticais embutidas nas paredes devem possuir diâmetro máximo de 50 mm e sua ocupação na parede não deve exceder a 50% da espessura da mesma, para que haja espaço suficiente para o revestimento adotado e para a armadura de reforço. Entretanto, é permitido que a tubulação ocupe 66% da parede com revestimentos mínimos, desde que sejam utilizadas telas de reforço nos dois lados da tubulação, com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado. As instalações com tubos de grande diâmetro não são embutidas, mas sim alojadas em *shafts*, previamente deixados nas paredes, como aberturas.

Outra particularidade referente às tubulações, é que, nesse método de construção, não se permitem tubulações horizontais, a não ser em trechos não estruturais de até um terço do comprimento da parede e não ultrapassando a 1 m. Em instalações de água fria, o material mais utilizado é o PVC, por possuir menor custo. E para as instalações elétricas, o eletroduto corrugado de cor laranja é o mais utilizado, por possuir maior resistência (FONSECA, 2019). É permitida tubulação metálica desde que não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica. Em nenhuma hipótese são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes.

De acordo com a norma NBR 16055 (ABNT, 2012), a espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Permite-se espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos.

Na Figura 9, apresenta-se o Residencial Cidadão Manauara 2, em Manaus, AM, em três estágios da construção. Nesse condomínio foi utilizada parede de concreto

moldado *in loco*. Na Figura 9 (a), mostra-se a construção do primeiro pavimento e a instalação da armadura, na segunda imagem (Figura 9 (b)) mostram-se as fôrmas e a passagem das tubulações, e na terceira (Figura 9 (c)) detalha-se a parede com as armações e tubulações. Na Figura 10, apresenta-se a fase de concretagem do último pavimento (Figura 10 (a)), nas imagens posteriores têm-se o Residencial em fase mais adiantada (Figura 10 (b) e Figura 10 (c)).

Figura 9 – Construção em parede de concreto moldado *in loco*, fase inicial, Residencial Cidadão Manauara 2, Manaus, AM



Figura 9 (a) – Instalação da armadura.

Figura 9 (b) – Formas e passagem da tubulação.

Figura 9 (c) – Detalhe da passagem da tubulação.

Fonte: INFRACITY (2020)

4.3 Principais vantagens e desvantagens desse sistema de construção

Analisando o sistema de construção em paredes de concreto moldado *in loco*, Sacht (2008), enumera vantagens e inconveniências. Como vantagens, têm-se:

- Racionalização da produção dos fechamentos, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão de obra reduzida;
- Aumento da produtividade, devido à existência de uma sequência definida de tarefas;
- Aumento da qualidade, tanto nos serviços de execução, quanto no acabamento superficial (final da parede), podendo-se dispensar revestimentos;
- Fôrmas reutilizáveis que permitem a construção de uma habitação por dia;
- Possibilidade de o fechamento exercer função estrutural, em que as paredes podem distribuir o carregamento;

- Possibilidade de dispensar revestimentos e a uniformidade das paredes permite a utilização de revestimentos de pequena espessura, sem necessidade de regularização antes da pintura.
- Atividades não dependentes da habilidade dos operários, exigindo apenas um treinamento;
- Consumo de mão de obra reduzido;
- Sequência ordenada de trabalho, permitindo a simplificação de tarefas;
- Aumento da área útil da habitação, pois a espessura das paredes geralmente é menor (entre 8 e 12 cm) quando comparada a de sistemas convencionais de paredes.

Figura 10 – Construção em parede de concreto moldado *in loco*, fase final, Residencial Cidadão Manauara, Manaus, AM



Figura 10 (a) – Concretagem do último pavimento.



Figura 10 (b) – Estrutura finalizada.



Figura 10 (c) – Edifício em fase de acabamento.

Fonte: PREFEITURA DE MANAUS (2020)

Sacht (2008) destaca ainda que o emprego desse sistema de construção exige organização e maior planejamento do processo de construção, e que as soluções sejam tomadas previamente a execução.

Além da baixa flexibilidade das fôrmas, Sacht (2008), discorre de inconvenientes desse método de construção, sendo eles:

- Elevado custo das fôrmas, que podem ser reduzidos em diversas utilizações desses elementos;

- Na maioria dos casos têm-se a necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego e transporte das fôrmas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões. Esses equipamentos são necessários também para o transporte do volume de concreto requerido;
- Na execução com paredes monolíticas moldadas *in loco*, algumas limitações podem ser apontadas em relação ao projeto, principalmente, em relação a modificações devidas à função estrutural;
- No emprego de fôrmas tipo túnel e mesa/parede, há restrições quanto à aplicação de lajes com diferentes níveis, devido ao deslocamento de fôrmas em cada andar nos ciclos da produção;
- O inadequado emprego da metodologia gera patologias como fissura, umidade e desempenho insatisfatório.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo apresenta-se o objeto de estudo: o conjunto habitacional Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, implantados na cidade de Ouro Branco, MG. Também é explicitada a metodologia, que contempla a avaliação pós-ocupação de uma habitação multipavimentos de interesse social construída em paredes de concreto moldadas *in loco* e a avaliação do desempenho térmico dessa edificação por meio de simulação computacional.

5.1 Caracterização do objeto de estudo

Os conjuntos habitacionais analisados estão situados na cidade de Ouro Branco, na região leste do estado de Minas Gerais, na Região Sudeste do Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população desse município foi estimada em 39.500 habitantes para o ano de 2019 e possui uma área territorial de 258.726 km² (IBGE, 2020).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), os verões são quentes e chuvosos, e no inverno as temperaturas caem bastante. Na Tabela 8, mostram-se os dados climatológicos relativos às temperaturas e o índice pluviométrico da cidade de Ouro Branco, MG.

Tabela 8 – Dados climatológicos para Ouro Branco, MG

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Máxima Média (°C)	27°	27°	28°	27°	26°	24°	24°	23°	25°	26°	27°	27°
Temperatura Mínima Média (°C)	17°	17°	17°	17°	16°	13°	11°	11°	12°	14°	15°	16°
Precipitação (mm)	321,8	300,3	164,7	183,3	68,6	32,3	13,8	8,5	16,6	65,7	123,7	216,4

Fonte: Adaptado de Tempo Agora (2020)

Os conjuntos habitacionais chamados de Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, estão situados na zona central da cidade, no bairro Centro. Essa é a primeira construção de conjuntos habitacionais de interesse social de multipavimentos construídos em Ouro Branco. O acesso aos conjuntos habitacionais é realizado por uma única avenida e no entorno imediato não há edificações vizinhas, sendo a região

ao redor dos condomínios em predominância composta por vegetação natural e por áreas de preservação ambiental (Figura 11).

Figura 11 – Conjunto Habitacional Jardim Panorama I e Jardim Panorama II e entorno



Fonte: A autora (2021).

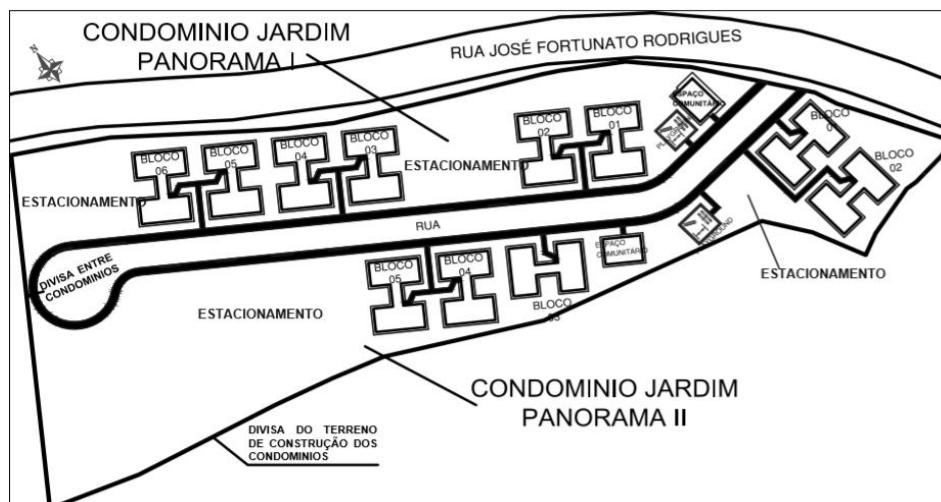
As condições de enquadramento e critérios para aquisição desses imóveis do Programa “Minha Casa Minha Vida”, de Faixa 1 (um), conforme Portaria nº 267, de 22 de março de 2017, editada pelo Ministério das Cidades, foram:

- Possuir renda familiar bruta mensal de até R\$ 1.800,00;
- Não ser proprietário, cessionário ou promitente comprador de imóvel residencial;
- Não ter recebido benefício de natureza habitacional oriundo de recursos orçamentários do Município, dos Estados, da União, do FAR (Fundo de Arrendamento Residência), do FDS (Fundo de Desenvolvimento Social) ou de descontos habitacionais concedidos com recursos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), ou executadas as subvenções ou descontos destinados à aquisição de material de construção para fins de conclusão, ampliação, reforma ou melhoria de unidade habitacional.

Além desses critérios do Governo Federal, os contemplados na aquisição das moradias obedeceram a outras portarias do Ministério das Cidades, do Estatuto do Idoso e da Pessoa com Deficiência, e ainda a critérios adicionais utilizados pelo município de Ouro Branco para seleção dos beneficiários. Esses critérios foram estabelecidos pelo Decreto Nº.9.077, de 28 de agosto 2018, divulgados pela imprensa oficial do município.

Segundo dados disponíveis no *site* da Prefeitura Municipal de Ouro Branco, MG, a construção dos dois empreendimentos relativos ao Programa Minha Casa Minha Vida, Faixa 1 (um), abrigam um total de 176 habitações de interesse social. O Jardim Panorama I é constituído de 96 unidades habitacionais, divididos em seis blocos de prédios multipavimentados, e Jardim Panorama II, com 80 unidades habitacionais, divididos em cinco blocos também de multipavimentos, conforme Figura 12.

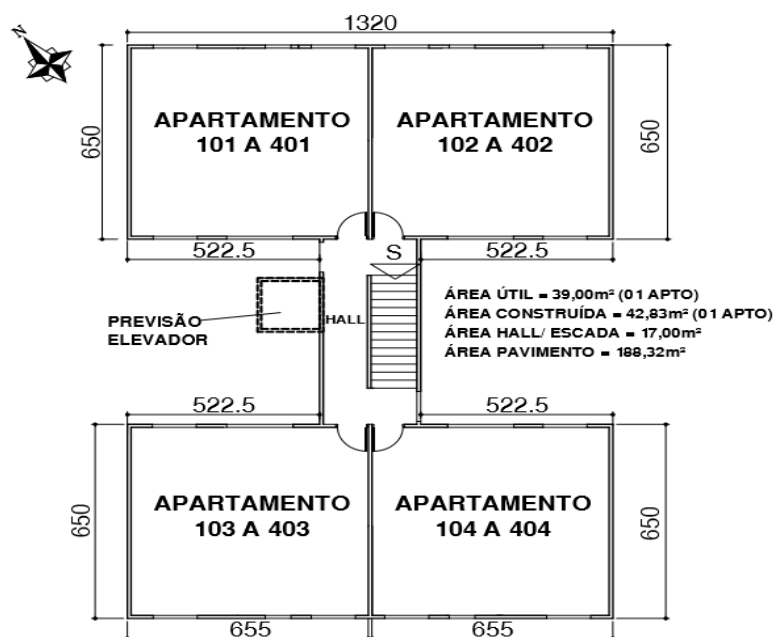
Figura 12 – Situação dos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e II



Fonte: A autora (2020)

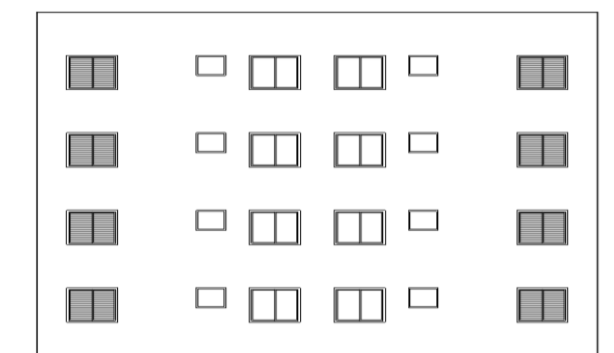
Os blocos de ambos os conjuntos habitacional são idênticos, possuem quatro pavimentos com quatro unidades habitacionais iguais por pavimento (Figuras 13 e 14). Cada unidade de habitação possui área total construída de 42,83 m².

Figura 13 – Planta de Pavimento Tipo do 1º ao 4º



Fonte: A autora (2020)

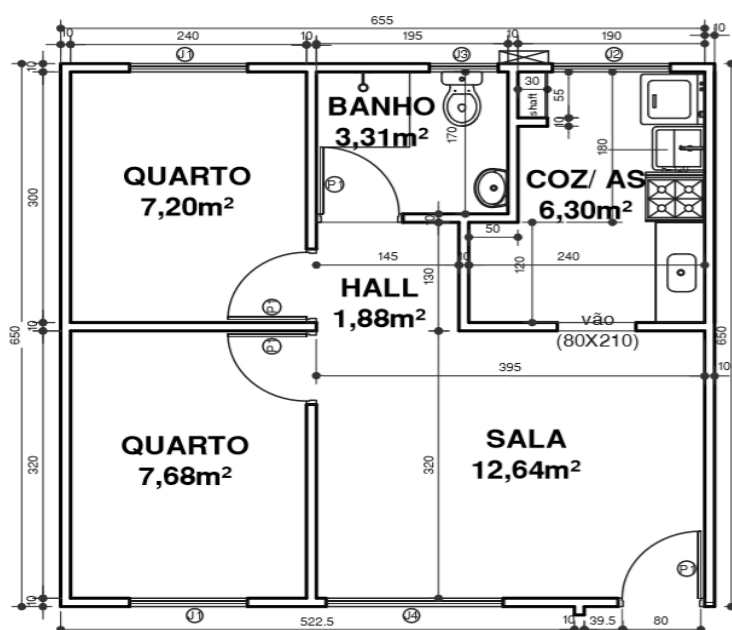
Figura 14 – Fachada 02 dos Blocos Tipo



Fonte: A autora (2020)

As unidades habitacionais são compostas por cinco ambientes: uma sala de 12,64 m², com um hall de 1,88 m², cozinha/área de serviço de 6,30 m², banheiro de 3,31 m² e dois quartos, que possuem 7,20 m² e 7,68 m² cada um deles (Figura 15). O pé-direito de todos os pavimentos são iguais e possuem 2,60 m de altura.

Figura 15 – Planta baixa do Apartamento Tipo



Fonte: A autora (2020)

Algumas características de construção dos conjuntos habitacionais são:

- Paredes de concreto moldadas *in loco* com espessura de 10 cm, sem chapisco ou reboco;
- Coberturas das unidades habitacionais em lajes e telha de fibrocimento, no pavimento de cobertura;
- Cobertura da área de uso comum, escada e hall de laje impermeabilizada;

- Janelas com esquadrias metálicas;
- Portas de madeira compostas de material reciclável de 0,80 m de largura;
- Pintura externa dos blocos em tinta acrílica látex. Os dois blocos possuem cor amarela no primeiro pavimento até a 2,6 m de altura, contado do nível da rua. Os pavimentos seguintes do Jardim Panorama I receberam a pintura de cor bege e os seguintes do Jardim Panorama II receberam a pintura de cor azul, conforme Figura 16. Internamente, todos os apartamentos foram pintados com tinta acrílica de cor branca, de textura rugosa;
- Cada condomínio possui um espaço de convivência de 70 m².

Figura 16 – Condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II



Fonte: A autora (2021)

5.2 Método de avaliação pós-ocupação

De acordo com os níveis de avaliação definido por Ornstein e Roméro (1992), este trabalho contempla uma APO investigativa. Na avaliação pós-ocupação adotou-se a metodologia específica para programas de habitação MCMV de Villa, Saramago e Garcia (2016). O trabalho envolveu visitas no ambiente construído com avaliação *in loco* da situação; entrevistas com os usuários utilizando-se questionários como instrumento de coleta de dados, e informações sobre a perspectiva do usuário da edificação. Procurou-se obter a sensação, a preferência e aceitabilidade do sistema de construção e do desempenho térmico da edificação.

Fez-se a entrega de um questionário para cada uma das 176 unidades residenciais, buscando receber um parecer dos usuários dos aspectos positivos e negativos em

relação à edificação analisada. Juntamente com o questionário, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), onde os participantes tiveram esclarecimentos sobre a pesquisa. Pretendia-se que todos se identificassem, fornecessem dados pessoais e por meio da sua assinatura indicaram sua concessão à pesquisa.

O questionário foi elaborado baseado nas pesquisas de Campos (2010), Silva M. (2016) e Ferreira (2019), e subdividido em duas partes. A primeira parte continha 7 perguntas relacionadas ao perfil dos moradores, e a segunda parte, com 26 perguntas, sobre a avaliação dos aspectos da residência. No Apêndice A deste trabalho, apresenta-se o questionário utilizado na pesquisa.

Conforme aprovação inicial do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto, o período da aplicação dos questionários seria de 60 dias, sendo realizado no mês de setembro e outubro de 2020. Mas, devido à dificuldade de se obter as respostas em função da pandemia do COVID-19, o levantamento dos dados precisou ser postergado por mais 20 dias; acontecendo a aplicação dos questionários de 01 de setembro de 2020 a 20 de novembro do mesmo ano.

Neste período aconteceram três diferentes abordagens aos moradores para aplicação dos questionários. Em função da pandemia do COVID-19, o condomínio não estava realizando reuniões presenciais, o que impedia a apresentação do trabalho aos moradores. Assim, em uma primeira abordagem, marcou-se uma pequena reunião, respeitando as normas da Vigilância Epidemiológica, recomendadas pela Organização Mundial da Saúde, com os síndicos do Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, e todos os representantes de cada um dos 11 blocos, para explicar a pesquisa e entregar os questionários. Após essa reunião, foram enviadas mensagens aos síndicos para que fossem repassadas as informações aos moradores, contendo uma breve explanação da pesquisa.

Uma segunda abordagem aconteceu em um domingo na entrada dos condomínios, onde aplicaram-se entrevistas com todos aqueles moradores que ali passaram e aceitaram participar. No terceiro momento, foram realizadas tentativas de contato pessoal em cada uma das 176 moradias. No entanto, devido à ausência dos

moradores ou opção destes por não participar da pesquisa, não houve resposta de muitos usuários.

Após as abordagens obteve-se ao todo 59 questionários respondidos, que correspondem à 33% do total de moradias. Além das questões levantadas por Villa em 2008 e descrita no item 2.4 desta pesquisa, acredita-se que esse índice de respostas se deu devido a uma série de fatores, tais como:

- o desconhecimento normal das pessoas da importância de estudos relacionados ao ambiente construído;
- a aplicação da pesquisa acontecer em tempo de pandemia mundial, onde as indicações da Organização Mundial da Saúde eram de não realizar encontros, reuniões e aglomerações e evitar contato com objetos compartilhados, ou seja, os questionários impressos, e;
- questões culturais e de convivência. Esse é o primeiro conjunto habitacional de interesse social verticalizado localizado em Ouro Branco, e a população ainda não está adaptada a dividir espaços comuns, havendo nos condomínios grandes problemas de convivência.

Outro ponto relevante é que muitos moradores gostariam que a pesquisa fosse capaz de gerar um laudo técnico para solucionar os problemas dos condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II. Por não atender a essa demanda, muitos deles optaram por não participar do trabalho.

Segundo Malhotra (2012), para cálculo do erro da pesquisa, têm-se a equação 5:

$$n = \frac{\partial^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N-1) + \partial^2 \cdot p \cdot q} \quad (5)$$

Onde:

n = Tamanho da amostra;

∂ = Grau de confiança. Percentual de respostas que se encontra dentro do erro amostral. Utiliza fator constante da Tabela Equivalência (Malhotra, 2012);

p e q = probabilidade de ocorrência de cada uma das variáveis;

N = Universo. Número total de indivíduos que podem ser entrevistados;

e = Erro amostral. Variação em pontos percentuais para mais ou menos;

Constando o grau de confiança de 90% e conforme a tabela equivalência (Malhotra, 2012) $\theta = 1,645$, erro igual a 10%, número total de habitações no condomínio (N=176), probabilidade de ocorrência de cada uma das variáveis de 50% (p e q = 0,5), precisaria de uma amostra mínima de 50 respostas. Mas, a pesquisa obteve uma amostra de 59, um número favorável pelo período de aplicação da pesquisa ocorrer em tempo de pandemia mundial do COVID-19.

5.3 Método de simulação computacional

Neste trabalho também é realizada uma análise de desempenho térmico por meio de simulação computacional do conjunto HIS Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, da cidade de Ouro Branco, MG, que compreende duas etapas:

- i) Análise do desempenho térmico da edificação considerando o método de construção empregado - Caso Base; e
- ii) Análise de estratégias de projeto considerando futuras HIS com o mesmo padrão (dimensões horizontais e verticais dos ambientes).

Na primeira análise a edificação é modelada no programa de forma a representar as condições existentes do ambiente construído. E na segunda análise contempla-se um estudo de estratégias de projeto que poderão ser empregadas nas futuras HIS da Prefeitura Municipal de Ouro Branco, MG, para promover um desempenho térmico da edificação mais adequado aos usuários.

São apresentados a seguir os parâmetros utilizados para simulação computacional no *EnergyPlus* e explicitados itens de inserção.

5.3.1 Parâmetros gerais

As simulações computacionais para avaliação de desempenho térmico foram realizadas no programa *EnergyPlus* versão 9.4.0. (DOE, 2020a). O algoritmo de solução do balanço de calor adotado foi o *ConductionTransferFunction* (CTF), que considera apenas o calor sensível. Para cálculo do coeficiente de convecção em superfícies, adotou-se o algoritmo “*Simple*” para a face interna e “*SimpleCombined*” para a face externa de todas as superfícies de transferência de calor no modelo (DOE, 2020b).

5.3.2 Dados climáticos

A simulação computacional é realizada considerando os dias típicos de projeto de verão e inverno. Adotou-se como referência para os dados climáticos a cidade de Belo Horizonte, MG (Tabela 9). Como a cidade de Ouro Branco, MG não possui dados climáticos tratados disponíveis, optou-se por considerar os dados de outra cidade contida na mesma Zona Bioclimática (ZB3), conforme recomendação contida na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Nas tabelas 10, 11 e 12 apresentam-se os dados dos dias típicos de verão e inverno para a cidade de Belo Horizonte, MG, obtidos na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e no arquivo EPW do *EnergyPlus* (DOE, 2020c).

Tabela 9 – Localização geográfica da cidade de Belo Horizonte, MG

UF	Zona Bioclimática	Latitude	Longitude	Altitude [m]
MG	ZB3	19,93S	43,93W	850

Fonte: ABNT (2013)

Tabela 10 – Dados dos dias típicos de Belo Horizonte, MG, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013)

	Dia típico de verão	Dia típico de inverno
Temperatura Máx. diária [°C]	32	---
Temperatura Mín. diária [°C]	---	8,7
Amplitude diária de Temp. [°C]	10,3	12,6
Temperatura de Bulbo Úmido [°C]	21,7	16,0

Fonte: ABNT (2013)

Tabela 11 – Dados do arquivo EPW dos dias representativos de Belo Horizonte, MG

	Dia típico de verão	Dia típico de inverno
Mês	2	6
Dia	20	24
Pressão atmosférica [Pa]	92806	92782
Velocidade do vento [m/s]	1,97	0
Direção do vento [N=0]	50	0

Fonte: DOE, 2020c.

Tabela 12 – Dados horários de radiação solar do arquivo EPW de Belo Horizonte, MG

Data/Hora	Dia típico de verão		Data/Hora	Dia típico de inverno	
	Radiação solar difusa [W/m ²]	Radiação solar direta [W/m ²]		Radiação solar difusa [W/m ²]	Radiação solar direta [W/m ²]
02/20 01	0	0	06/24 01	0	0
02/20 02	0	0	06/24 02	0	0
02/20 03	0	0	06/24 03	0	0
02/20 04	0	0	06/24 04	0	0
02/20 05	0	0	06/24 05	0	0
02/20 06	3	75	06/24 06	0	0
02/20 07	23	549	06/24 07	13	75
02/20 08	42	696	06/24 08	58	383
02/20 09	72	830	06/24 09	92	607
02/20 10	127	817	06/24 10	117	718
02/20 11	195	790	06/24 11	132	765
02/20 12	240	699	06/24 12	139	786
02/20 13	201	621	06/24 13	138	785
02/20 14	223	757	06/24 14	128	753
02/20 15	128	823	06/24 15	110	682
02/20 16	114	711	06/24 16	82	543
02/20 17	61	636	06/24 17	46	289
02/20 18	24	496	06/24 18	4	24
02/20 19	3	64	06/24 19	0	0
02/20 20	0	0	06/24 20	0	0
02/20 21	0	0	06/24 21	0	0
02/20 22	0	0	06/24 22	0	0
02/20 23	0	0	06/24 23	0	0
02/20 24	0	0	06/24 24	0	0

Fonte: DOE, 2020c.

Na Tabela 13, apresentam-se os valores de temperaturas do solo da cidade de Belo Horizonte, MG, que foram adotados nas simulações computacionais. Além disso, adotou-se uma refletância do solo de 0,2 no entorno para representar áreas gramadas.

Tabela 13 – Temperaturas do solo de Belo Horizonte, MG

Mês	Temp. do Solo (°C)	Mês	Temp. do Solo (°C)	Mês	Temp. do Solo (°C)
JAN	24,0	MAI	19,8	SET	22,3
FEV	23,0	JUN	19,6	OUT	23,5
MAR	21,8	JUL	20,0	NOV	24,3
ABR	21,0	AGO	21,0	DEZ	24,5

Fonte: DOE, 2020c.

5.3.3 Rotinas de uso e ocupação

Dentre as diretrizes contidas na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) para realizar a avaliação de desempenho por meio de simulação computacional, é recomendado que as avaliações sejam realizadas sem a presença de fontes internas de calor. Assim, não foram considerados ocupantes, lâmpadas e equipamentos. Apenas foi criada uma rotina para especificar que a ventilação ocorre por meio de uma taxa constante.

5.3.4 Modelo geométrico

A simulação computacional foi realizada considerando o Apartamento 401 do Bloco 06 (Figura 17), essa habitação foi chamada de Caso Base (CB). A escolha desse apartamento para a análise se deu em função das diretrizes da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), que estabelece a escolha do último pavimento com cobertura exposta. Além disso, optou-se por considerar um apartamento com condição mais crítica em relação à orientação solar, uma vez que esse apartamento não possui obstruções a radiação solar direta no seu entorno, possuindo paredes voltadas para o nordeste e noroeste.

Figura 17 – Indicação do apartamento analisado

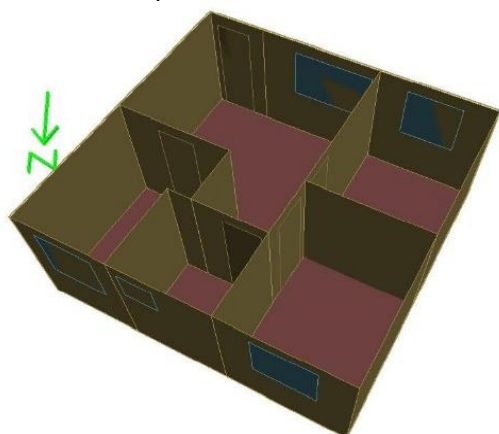


Fonte: A autora (2021)

Cada ambiente do Apartamento 401 do Bloco 06 foi modelado como uma zona térmica (Figura 18). Sendo a Zona Z1 constituída pelo quarto de 7,68m², Z2 composta pela sala e hall, Z3 pela cozinha, Z4 pelas instalações sanitárias e Z5 pelo quarto de 7,20m².

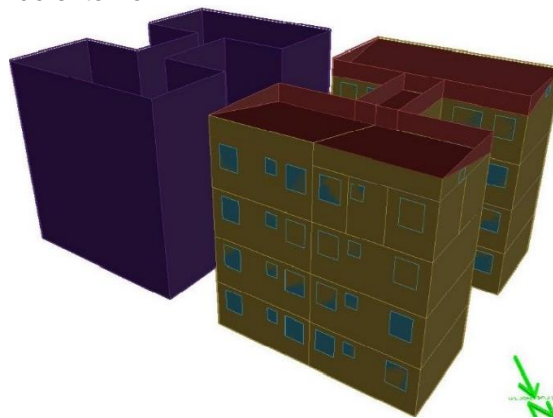
Os outros apartamentos da edificação foram considerados sem divisões internas para facilitar a modelagem. A platibanda, que mascara parcialmente a cobertura, e a edificação vizinha, que mascara os apartamentos ao lado, foram modelados como placas de sombreamento no programa *EnergyPlus* com transmitância igual a zero (Figura 19).

Figura 18 – Definição das zonas térmicas no apartamento analisado



Fonte: A autora (2021).

Figura 19 – Simplificação da obstrução do entorno.



Fonte: A autora (2021).

5.3.5 Composição dos fechamentos e materiais de construção

O sistema de fechamento da edificação existente (Caso Base) possui a seguinte composição:

- i) Paredes: em concreto maciço, moldadas *in loco* com espessura de 10 cm;
- ii) Piso: composto por laje de piso em concreto e acabamento em piso cerâmico;
- iii) Cobertura: composta por laje de cobertura em concreto maciço, camada de ar e telha de fibrocimento;
- iv) Portas: compostas por duas lâminas de compensado e camada de ar interna;
- v) Janelas: esquadria de aço e vidro comum.

As propriedades termofísicas dos materiais utilizados e a composição dos fechamentos do Caso Base são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14: Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nos fechamentos do Caso Base

Fechamento	Material	Espessura (m)	Propriedades termofísicas		
			ρ [kg/m ³]	λ [W/m.K]	c [J/kg.K]
Parede	Concreto paredes	0,10	2400	1,75	1000
Cobertura	Concreto lajes	0,10	2400	1,75	1000
	Telha Fibrocimento	0,006	2200	0,95	840
Piso	Concreto lajes	0,10	2400	1,75	1000
	Piso cerâmico	0,012	1900	0,85	837
Portas	Compensado	0,005	550	0,15	2300
Janelas	Vidro comum	0,003	2500	1,00	840

Fonte: ABNT (2005); CLARKE (1985)

Na análise de estratégias de projeto considerando futuras HIS são considerados diferentes materiais de construção, os quais apresentam as propriedades termofísicas constantes na Tabela 15. Os dados de entrada para representar os vidros foram retirados do banco de dados do programa (*DataSets*), gerado com a instalação do programa *EnergyPlus*.

Tabela 15: Propriedades termofísicas dos materiais utilizados nas análises paramétricas

Material	Espessura (m)	Propriedades termofísicas		
		ρ [kg/m ³]	λ [W/m.K]	c [J/kg.K]
Telha cerâmica	0,01	2000	1,05	920
Zinco - Telha sanduiche	0,001	7100	112	380
Poliuretano - Telha sanduiche	0,04	40	0,03	1670
Bloco cerâmico	0,09	1600	0,9	920
Argamassa comum	0,02 e 0,025	2100	1,15	1000
Bloco concreto celular autoclavado	0,10	500	0,17	1000

Fonte: ABNT (2005)

6. RESULTADOS

6.1 Satisfação com o sistema de construção e o conforto ambiental

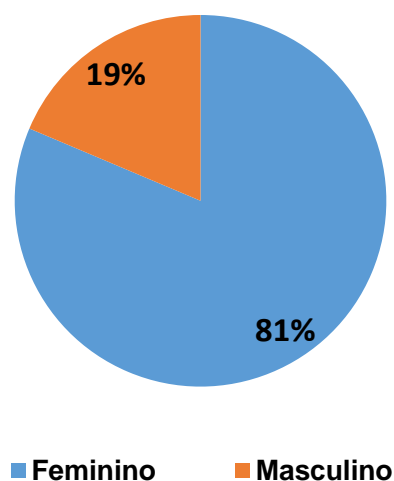
Após analisar os dados obtidos por meio da aplicação dos questionários, os resultados foram organizados de forma gráfica para sua apresentação e discussão. Inicialmente analisa-se o universo dos usuários, quanto ao gênero, faixa etária, escolaridade, números de ocupantes nas moradias, ocupação dos entrevistados e renda familiar. Em seguida, são exibidos os resultados da Avaliação Pós-Ocupação quanto aos aspectos da residência, incluindo satisfação quanto ao tamanho da moradia, privacidade, segurança, conforto térmico, lumínico e acústico e outros.

Vale ressaltar que a aplicação dos questionários iniciou após um ano e dois meses da entrega oficial das moradias aos beneficiários, portanto, quanto aos aspectos referentes ao conforto ambiental da habitação, os usuários haviam passado todas as estações do ano na moradia.

6.1.1 Caracterização do universo dos usuários

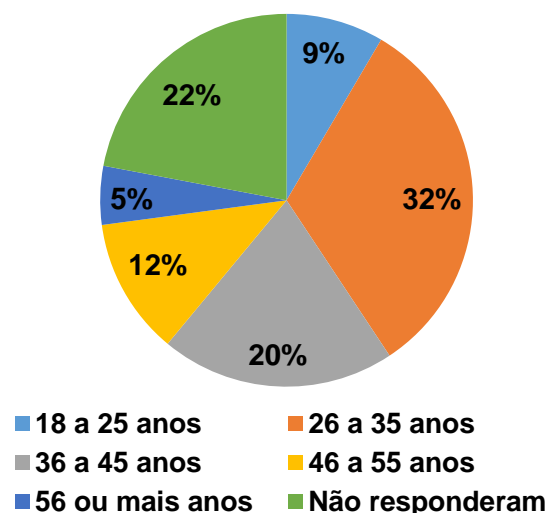
O gênero predominante dos participantes da entrevista foi o feminino, compreendendo 81% dos participantes, de acordo com a Figura 20. Conforme esquematiza-se na Figura 21, sobre faixa etária das pessoas que aceitaram participar, 32% delas possuíam de 26 a 35 anos.

Figura 20 – Gênero dos entrevistados



Fonte: A autora (2021)

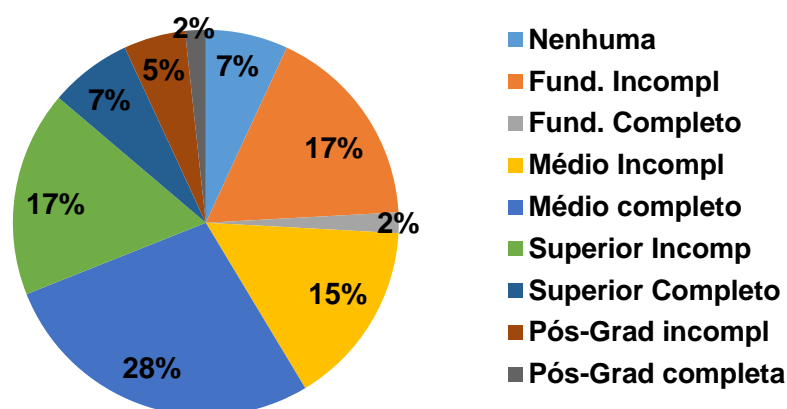
Figura 21 – Faixa etária dos participantes



Fonte: A autora (2021)

Relativo ao grau de instrução dos entrevistados, os níveis foram diversificados, desde nenhuma escolaridade a pós-graduação completa, sendo que somados 69% dos participantes possuíam um grau de escolaridade de até o ensino médio completo, conforme apresenta-se na Figura 22.

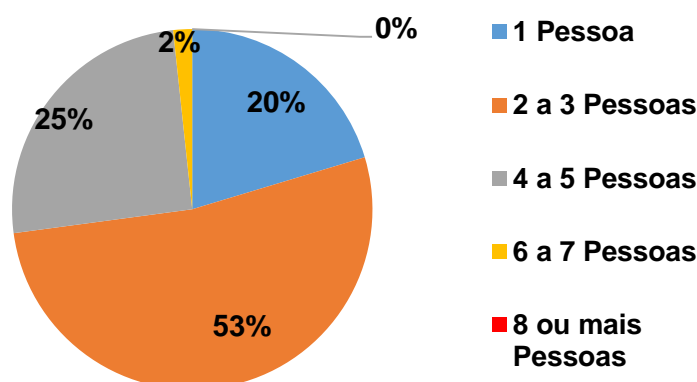
Figura 22 – Escolaridade dos entrevistados



Fonte: A autora (2021)

No que diz respeito à quantidade de ocupantes por moradia, em 20% das habitações moram uma única pessoa, 53% das famílias têm de 2 a 3 pessoas por moradia, 25% das moradias possuem formação familiar de 4 ou 5 pessoas, e em 2% das famílias que participaram existem de 6 a 7 componentes, conforme ilustra-se na Figura 23. É interessante frisar que em nenhuma das moradias que fizeram parte deste estudo havia mais de 8 ocupantes.

Figura 23 – Quantidade de pessoas por moradia



Fonte: A autora (2021)

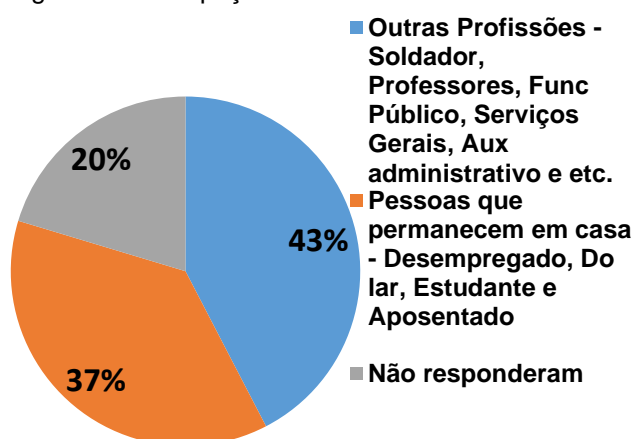
Prosseguindo, o questionário trouxe uma pergunta com relação a faixa etária de cada morador das habitações. O intuito seria esclarecer a faixa etária geral dos moradores.

Entretanto, devido a problemas de compreensão da questão, por parte dos participantes, a maioria das respostas não foi completa ou plausível, não podendo, dessa forma, serem computadas neste estudo.

Referentes aos indicadores da ocupação dos entrevistados, as profissões listadas foram diversas, havendo soldadores, professores, funcionários públicos, trabalhadores de serviços gerais, auxiliares administrativos e outros. Contudo, das 59 amostras, 22 pessoas eram estudantes, aposentadas, do lar ou estavam desempregas. Ou seja, 37% dos entrevistados são pessoas que permanecem em suas residências a maior parte do tempo, como apresenta-se na Figura 24.

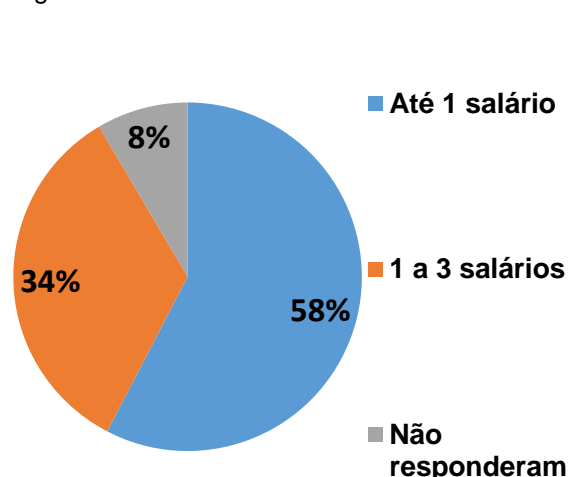
Quando se trata da renda familiar, verificou-se que, na maioria das habitações, o rendimento familiar é de até 1 salário mínimo, perfazendo 58%, 34% possuem renda de 1 a 3 salários mínimos, 8% dos participantes não se sentiram à vontade para responder essa pergunta, mas nenhuma das famílias entrevistadas disse possuir renda familiar acima de 3 salários, conforme ilustra-se na Figura 25. Esses índices salariais estão em conformidade com as diretrizes do programa MCMV, em que as condições de enquadramento e critérios para adquirir a moradia era possuir renda bruta familiar de até R\$1.800,00 na época da aquisição.

Figura 24 – Ocupação dos entrevistados



Fonte: A autora (2021)

Figura 25 – Rendimento familiar



Fonte: A autora (2021)

6.1.2 Percepção dos usuários em relação ao sistema de construção

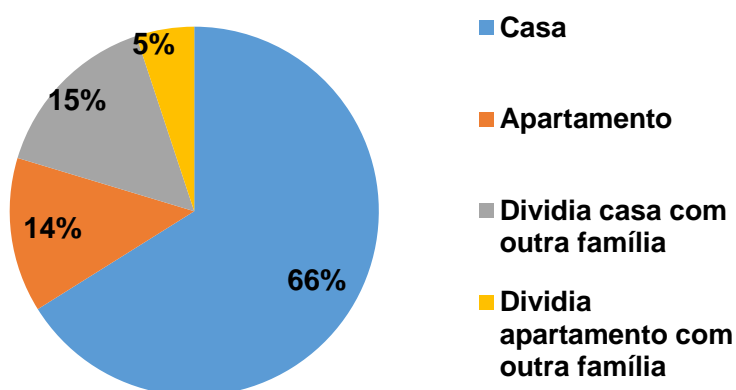
Sobre os aspectos gerais da residência, iniciou-se o questionário com perguntas sobre o tipo de moradia anterior a esse condomínio e como os moradores consideravam o

apartamento em relação à antiga habitação. Na sequência, foram perguntados sobre outros aspectos pertinentes à construção, relativos à privacidade da moradia em relação aos vizinhos, as proporções e tamanhos da moradia e ambientes. Levantam-se ainda, indicadores de problemas na residência, avaliação da qualidade das paredes e a opinião dos usuários sobre a segurança na estrutura da edificação.

Quando analisadas as respostas referente ao tipo de moradia anterior a essa, percebe-se que 20% dos entrevistados dividiam moradia com outras famílias, em habitações alugadas ou cedidas. Destes, 15% residiam em casas com outra família e 5% em apartamentos com outras famílias. Obteve-se ainda, 66% das pessoas moravam em casa e 14% que moravam em apartamento, conforme Figura 26.

Recordando a Portaria nº 267, de 22 de março de 2017, editada pelo Ministério das Cidades, o beneficiário do programa MCMV não poderia ser proprietário, cessionário ou promitente comprador de imóvel, então, todos os beneficiados pelo programa, anteriormente, residiam em moradias alugadas, emprestadas ou residiam de favor com outras famílias.

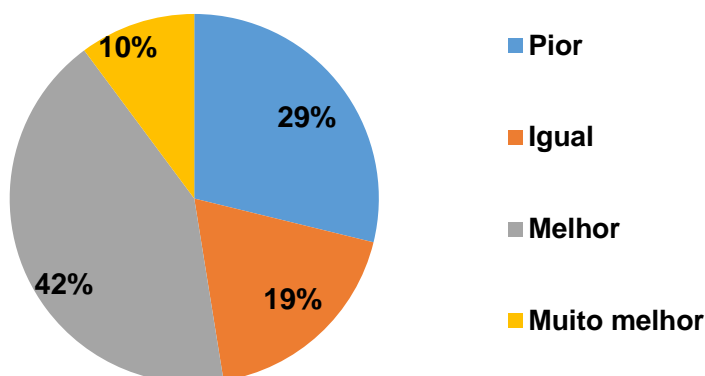
Figura 26 – Tipo de moradia anterior a contemplação do apartamento



Fonte: A autora (2021)

Na Figura 27, ilustra-se quanto ao pedido para comparar a moradia atual com a residência anterior, e é percebido que 29% consideram a atual habitação pior, 19% comparam as habitações como iguais, 42% disseram melhor e 10% muito melhor. Exploradas as respostas dos moradores que consideram a habitação atual, nos Condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, como pior, percebeu-se que mais de 2/3 deles moravam em habitações tipo casa anteriormente.

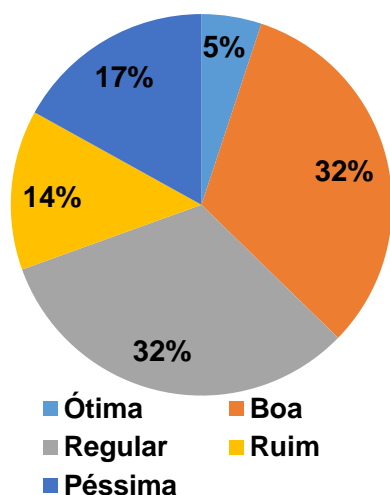
Figura 27 – Comparação da moradia atual para moradia anterior



Fonte: A autora (2021)

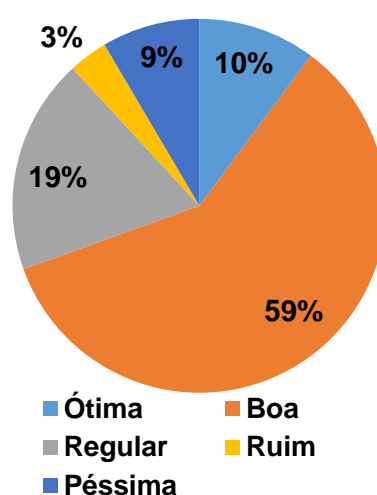
Outros aspectos avaliados pelos moradores foram a qualidade do sistema de construção em geral, a aparência do condomínio e privacidade em relação aos vizinhos. Somando-se aqueles que consideram regular, boa e ótima, têm-se 69% no quesito qualidade da construção, conforme Figura 28. Relativo a aparência do condomínio, somaram-se 88% dos entrevistados que consideram a aparência regular, boa e ótima, ilustrando-se na Figura 29. No que tange aos indicadores de privacidade da moradia em relação aos vizinhos, têm-se 61% somados os moradores que consideram a privacidade ótima, boa e regular (Figura 30).

Figura 28 – Sobre a qualidade da construção



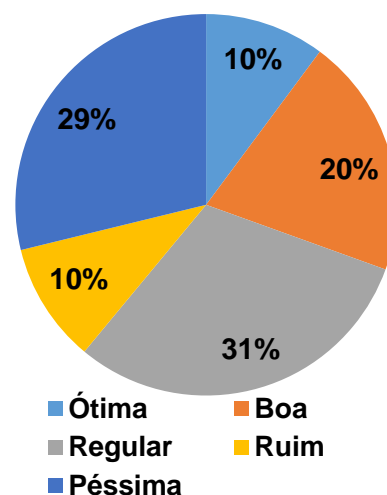
Fonte: A autora (2021)

Figura 29 – Aparência do condomínio



Fonte: A autora (2021)

Figura 30 – Privacidade da moradia

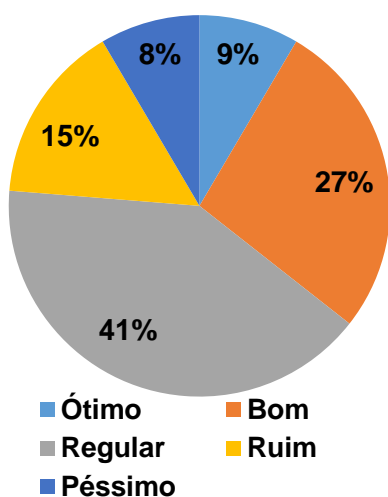


Fonte: A autora (2021)

Na Figura 31 apresentam-se indicadores no que concerne ao tamanho do apartamento, sendo que 77% dos entrevistados consideram o tamanho regular, bom

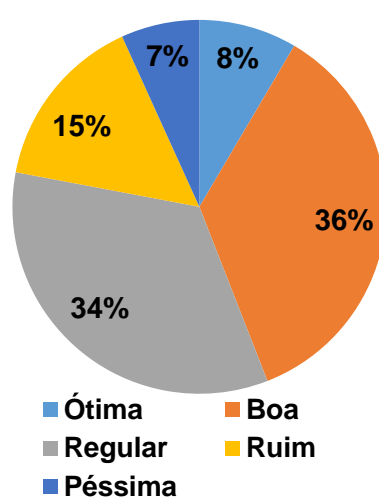
ou ótimo e 23% das pessoas estavam insatisfeitas, considerando a habitação de tamanho ruim ou péssimo. Quando os participantes foram perguntados das divisões dos ambientes do apartamento, grande parcela dos moradores estavam satisfeitos. Correspondem a 78% aqueles que consideraram regular, boa e ótima a divisão dos cômodos, e 22% consideraram ruim ou péssima a maneira de distribuição dos espaços, conforme ilustra-se na Figura 32. Sobre o tamanho dos ambientes, 44% que consideram regular, 24% bom e 7% ótimo. Assim, atingiu 25% o número de entrevistados que consideram ruim ou péssimo a proporção dos ambientes (Figura 33).

Figura 31 – Tamanho da residência



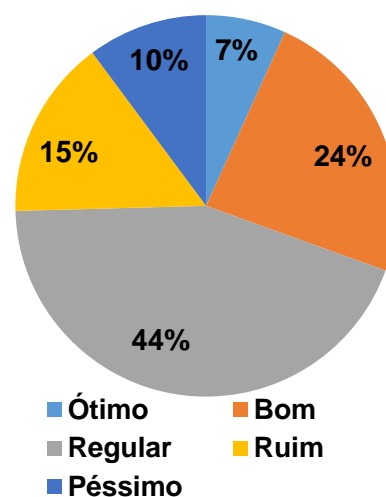
Fonte: A autora (2021)

Figura 32 – Divisão dos cômodos



Fonte: A autora (2021)

Figura 33 – Tamanho dos ambientes



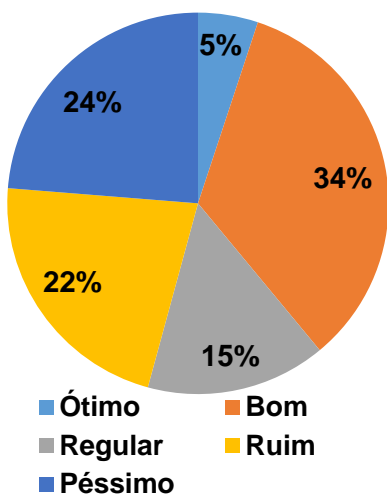
Fonte: A autora (2021)

Nos questionários procurou-se captar os indicadores sobre a opinião dos usuários em relação a trabalhar ou estudar na residência. Além disso, perguntou-se a respeito de problemas nas instalações, e se houve/há problema de umidade nas paredes. Das respostas, 24% dos entrevistados consideram péssimo trabalhar ou estudar na residência, 22% consideram ruim, 15% descrevem como regular, 34% como bom e 5% avaliam como ótimo (Figura 34).

Sobre a pergunta relacionada aos problemas nas instalações, 58% dos entrevistados disseram que havia problemas, sendo listados: destacamento e desnível de piso, problemas na parte elétrica, nos interfonos, problemas nas esquadrias, e muitos relataram trincas, infiltrações e mofos, de acordo com Figura 35. Observa-se conformidade com os relatos da pergunta anterior, quando questionados se haviam

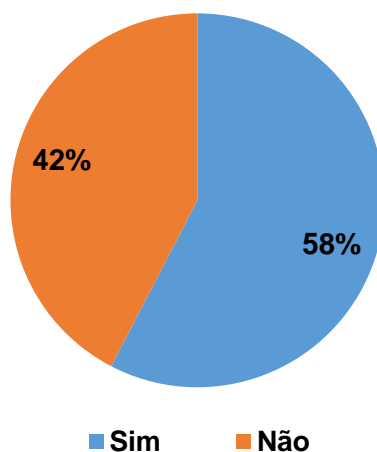
problemas de umidade nas paredes, 75% dos moradores disseram que sim (Figura 36).

Figura 34 – Sobre trabalhar ou estudar na sua residência



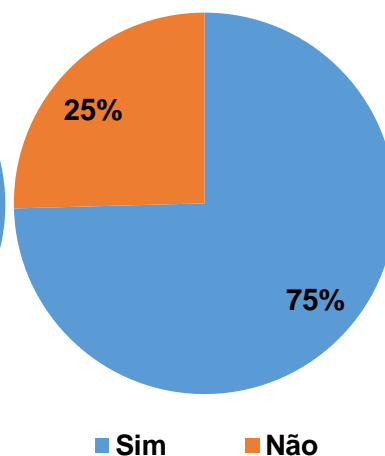
Fonte: A autora (2021)

Figura 35 – Houve problemas nas instalações?



Fonte: A autora (2021)

Figura 36 – Houve problemas de umidade nas paredes?

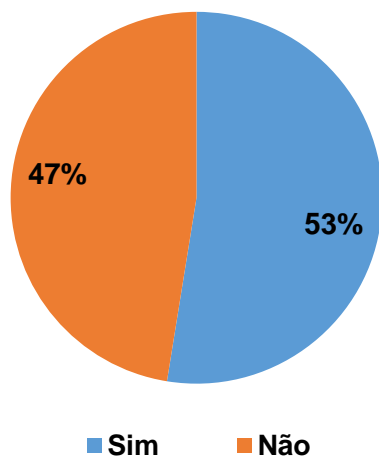


Fonte: A autora (2021)

Concernente as interpelações relacionadas à segurança da estrutura, 53% das famílias disseram ter ocorrido, em suas residências, trincas nas paredes ou tetos, ilustrando-se na Figura 37. Quando perguntadas como avaliam a qualidade das paredes em relação à resistência, as respostas foram: 27% consideraram as paredes muito resistentes, 36% resistentes, 20% disseram mais ou menos, 5% pouco resistente e 12% muito frágil. Com isso, somaram-se 63% aqueles que consideram resistente ou muito resistente as paredes, conforme Figura 38.

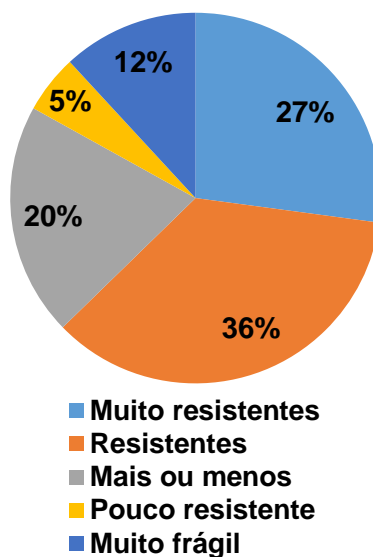
Quando questionados se sentiam segurança na estrutura do prédio, 52% dos entrevistados responderam não sentir e 48% confiam na segurança estrutural da construção (Figura 39).

Figura 37 – Indicadores de trincas nas paredes ou tetos



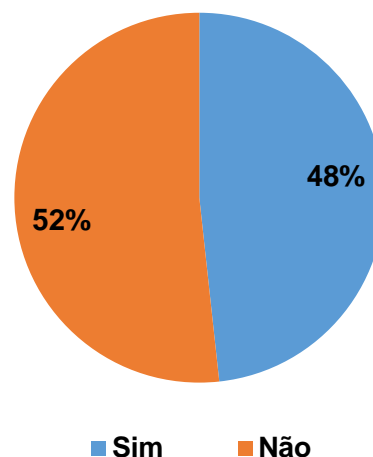
Fonte: A autora (2021)

Figura 38 – Qualidade das paredes em relação a resistência



Fonte: A autora (2021)

Figura 39 – Você sente segurança na estrutura do prédio?



Fonte: A autora (2021)

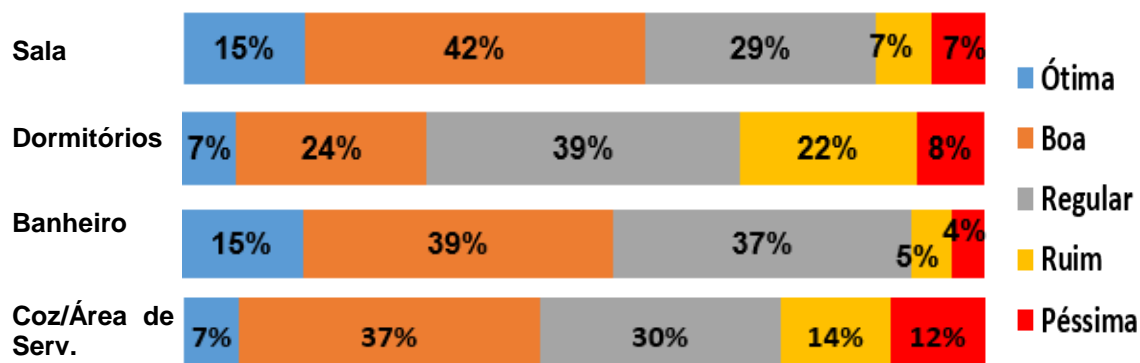
6.1.3 Percepção dos usuários em relação ao conforto

Essa parte do trabalho é destinada a apresentar os indicadores de conforto ditos pelos usuários dos apartamentos. As interpelações foram sobre como avaliam as temperaturas nas condições de verão e inverno, assim como avaliam a ventilação e iluminação natural dos ambientes: sala, dormitórios, banheiro e cozinha/área de serviço. Posteriormente, foi-lhes perguntado sobre a satisfação com a acústica do interior e exterior (hall de acesso), e ainda, indicadores relacionados ao gasto de energia elétrica, qual a maior fonte de gasto da energia, se possuem dispositivos de ventilação, tempo médio de utilização desses aparelhos, e também horário que os moradores sentem mais calor no interior do apartamento.

Conforme ilustra-se na Figura 40, ao analisar as respostas da pesquisa de satisfação quanto às condições térmicas dos ambientes na moradia na condição de verão, obteve-se que os moradores consideram a temperatura do ar relativamente favorável nesse período do ano. Na sala e dormitórios, que constituem ambientes de longa permanência, a somatória dos entrevistados que consideram a temperatura como regular, boa e ótima alcançaram um percentual de 86% para sala e 70% de satisfação para os dormitórios. Enquanto que, para o banheiro e a cozinha/área de serviço,

atingiram-se os valores de 91% e 74% de satisfação, quando somados aqueles que consideram regular, boa e ótima.

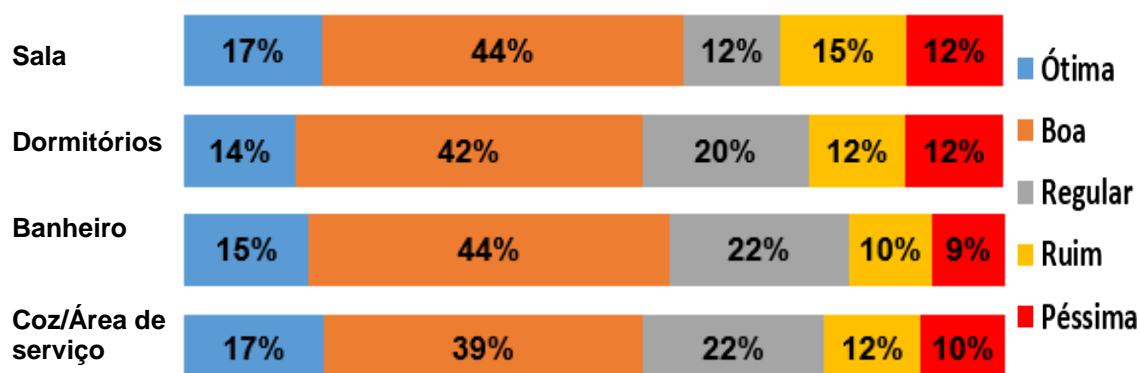
Figura 40 – Indicadores de satisfação da temperatura dos ambientes em condições de verão



Fonte: A autora (2020)

Para condição de inverno, apresentam-se os resultados na Figura 41. Em prevalência os entrevistados responderam considerar a temperatura dos ambientes como regular, boa e ótima. Na sala 12% dos entrevistados consideraram a temperatura péssima e 15% ruim. Para os dormitórios somaram-se 24%, para o banheiro 19% e para a cozinha/ área de serviço 22%, aqueles que consideram a temperatura péssima e ruim. De tal modo, significa que para a sala no inverno somaram-se 73% dos entrevistados que consideram a temperatura interna como regular, boa ou ótima. Para os dormitórios esse percentual contabiliza 76%, no banheiro atingiu 81% dos entrevistados e na cozinha/ área de serviço 78%.

Figura 41 – Indicadores de satisfação da temperatura dos ambientes em condições de inverno



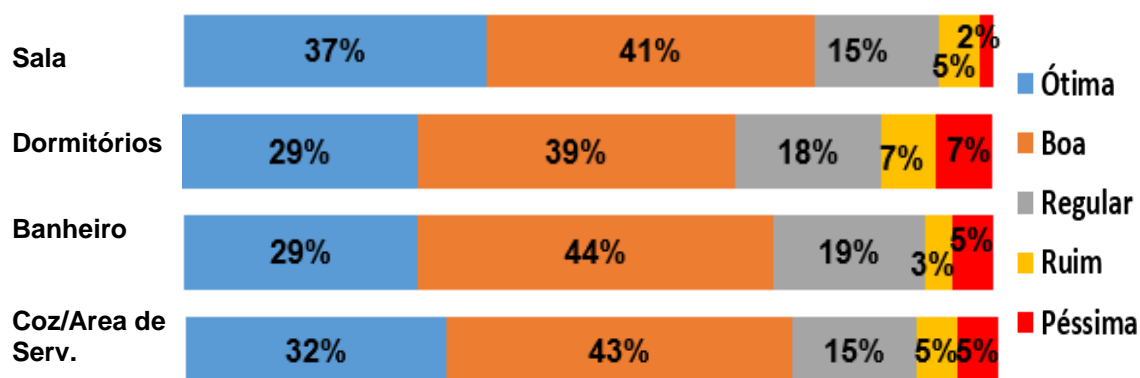
Fonte: A autora (2020)

Na pergunta referente às condições de ventilação natural dos ambientes, as respostas foram em geral positivas, indo de encontro com a norma NBR 15575 (ABNT, 2013)

sobre as áreas de livre circulação do ar. Essa norma estabelece que a área mínima efetiva de abertura de ambientes de longa permanência deve ser superior a 7% da área do piso, parâmetro que foi respeitado, e, como pode-se perceber, aos usuários fez-se igualmente satisfatório.

Conforme ilustra-se na Figura 42, na sala somente três pessoas disseram considerar a ventilação ruim e somente uma pessoa disse considerar a ventilação péssima, atingindo 93% dos entrevistados que consideram a ventilação natural regular, boa ou ótima. Nos dormitórios somou-se 86% o número de respondentes que marcaram a opção considerando a circulação de ar natural como regular, boa ou ótima. No banheiro esse número alcançou 92% e na cozinha/área de serviço essa indicação somou 90%.

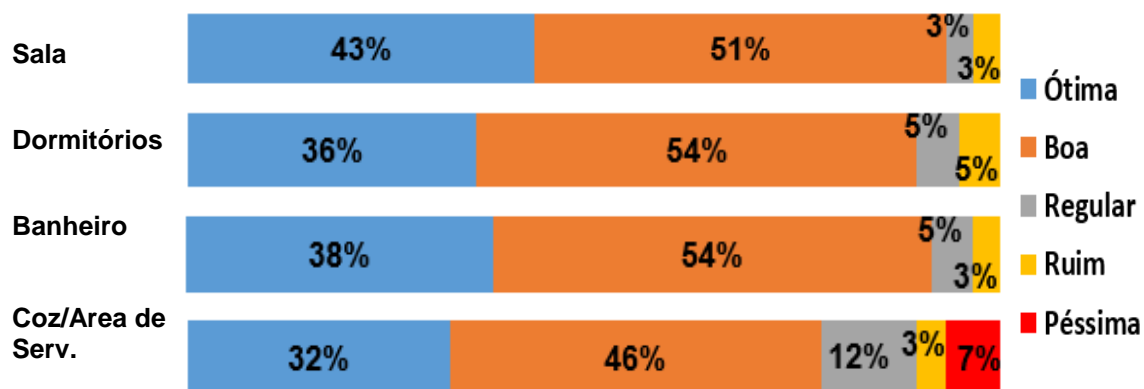
Figura 42 – Indicadores de satisfação quanto a ventilação natural dos ambientes



Fonte: A autora (2020)

Conciliando com esses dados, quando perguntados sobre a iluminação natural dos ambientes, foi identificado que a maioria dos moradores estava satisfeita, segundo mostra-se na Figura 43. Na sala não houve nenhum entrevistado que considerou a luminosidade natural péssima e 97% dos entrevistados responderam regular, boa ou ótima, tendo somente dois dos participantes que consideram a iluminação da sala ruim. Nos dormitórios e no banheiro também não houve entrevistados que consideraram a iluminação como péssima. Somou-se 95% o número de entrevistados que consideram como regular, boa e ótima a iluminação no dormitório e no banheiro 97%. A cozinha/área de serviço foi o único ambiente considerado como péssima a iluminação natural, mas por somente 7% dos entrevistados e 3% deles consideram ruim. Dessa forma, atingiu 90% os indicadores de ótimo, bom e regular.

Figura 43 – Indicadores de satisfação quanto a iluminação natural dos ambientes



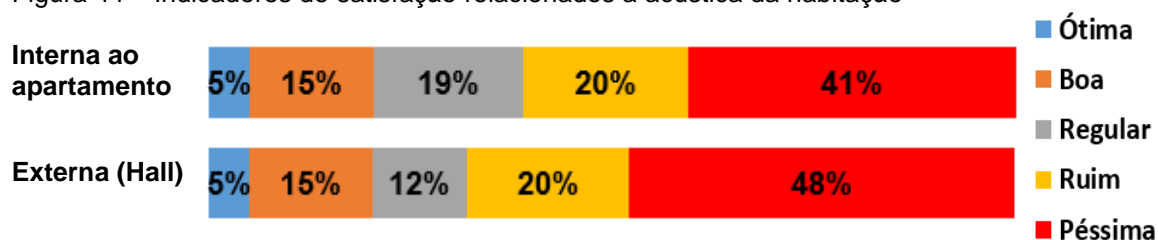
Fonte: A autora (2020)

Esses dados apontam um abaixo nível de descontentamento ao desempenho térmico da edificação, nas condições de verão e inverno, e boa aceitação com as janelas, sendo positivamente aceitas as condições de ventilação e iluminação da moradia, fatores que muito influenciam no bem-estar e qualidade de vida dos moradores.

Em contraposição aos índices de conforto ambiental citados, na Figura 44 apresentam-se os índices relativos à acústica do prédio. Considerando a acústica dentro de cada apartamento, entre os ambientes, 61% dos moradores consideram a acústica péssima ou ruim. Nesse quesito, dos 59 questionários, somente três dos entrevistados consideram ótima a acústica interna, e somados regular, boa e ótima totalizam-se 39% das respostas dos moradores.

Similarmente, quando foram questionados sobre a acústica da moradia em relação aos ruídos vindo do exterior e hall, a resposta foi que 68% das pessoas estavam insatisfeitas. A maior parte delas disseram vivenciar desconforto perante esse quesito. Dentre os entrevistados, 48% consideram a acústica externa (hall de acesso) como péssima, 20% como ruim, 12% como regular, 15% como boa e 5% como ótima.

Figura 44 – Indicadores de satisfação relacionados a acústica da habitação

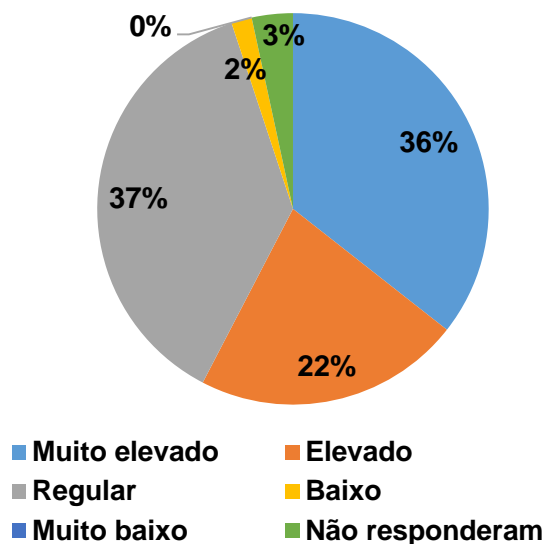


Fonte: A autora (2020)

No que tange ao consumo de energia elétrica, os entrevistados foram perguntados sobre como consideram seu gasto com energia elétrica, e, neste quesito, 36% dos entrevistados consideram muito elevado, 22% elevado, 37% regular, 2% baixo e 3% dos participantes não responderam e nenhum dos participantes considerou muito baixa a despesa com energia elétrica (Figura 45).

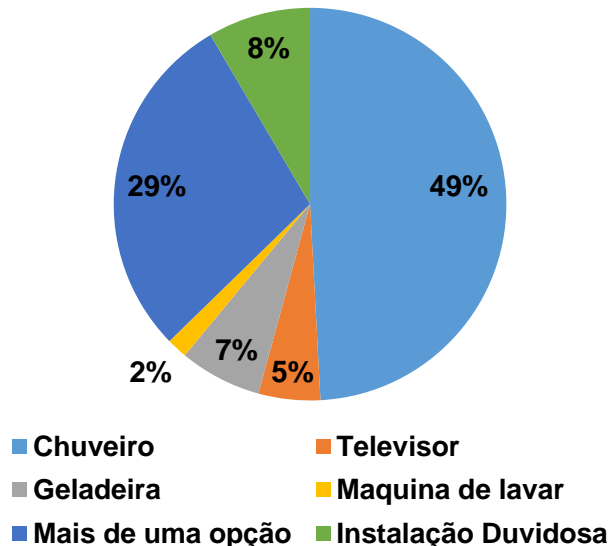
Em seguida, foram perguntados sobre o que eles consideravam como fonte principal de gasto com energia elétrica. As opções eram chuveiro elétrico, televisor, rádio, iluminação, ferro, geladeira e outros, deixando-se espaço para os moradores inserirem o que eles acreditavam ser o alvo de maior despesa. Nessa pergunta as respostas foram: 49% consideram ser o chuveiro, 5% o televisor, 7% acreditam ser a geladeira, 2% responderam a máquina de lavar, 29% marcaram mais de uma opção como principal fonte de gasto. Houve ainda 8% dos entrevistados que, no espaço destinado a outros equipamentos, disseram que o elevado consumo de energia possa ser porque acreditam ter uma instalação elétrica duvidosa nos prédios, conforme apresenta-se na Figura 46.

Figura 45 – Gasto com energia elétrica



Fonte: A autora (2021)

Figura 46 – Principal fonte de gasto de energia



Fonte: A autora (2021)

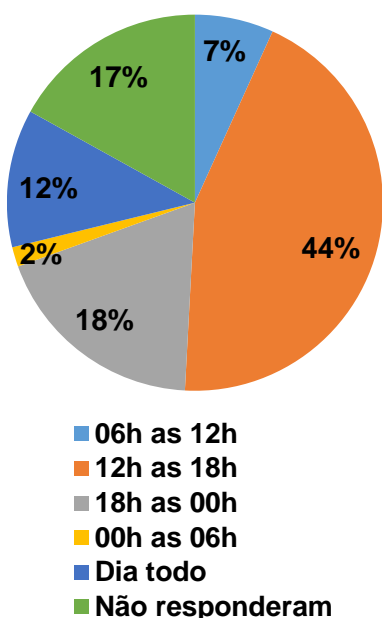
Ainda no que diz respeito ao conforto térmico e ventilação, os entrevistados foram perguntados se havia um horário que sentiam mais calor no interior do apartamento, se eles possuíam dispositivos de ventilação e quantas horas em média as janelas ficavam abertas. Dentre as respostas, obteve-se que 44% das pessoas consideram a

parte da tarde, de 12 as 18h, sua moradia mais quente, conforme ilustra-se na Figura 47.

Sobre os dispositivos de ventilação, 80% das moradias não têm ventiladores e 20% dos participantes possuem (Figura 48). Da parcela de habitações que tem os aparelhos, foi-lhes perguntado como utilizavam, e as respostas foram: 17% quase nunca utilizam, 25% usam em média 4h por dia no verão, 41% utilizam em média 8h por dia e 17% usam sempre o ventilador no verão, o dia todo. Sobre outros dispositivos de climatização, como ar condicionado e climatizador de ambiente, os moradores explicaram que não possuem e que foram instruídos a não instalarem porque a rede elétrica dos edifícios não comporta esses equipamentos.

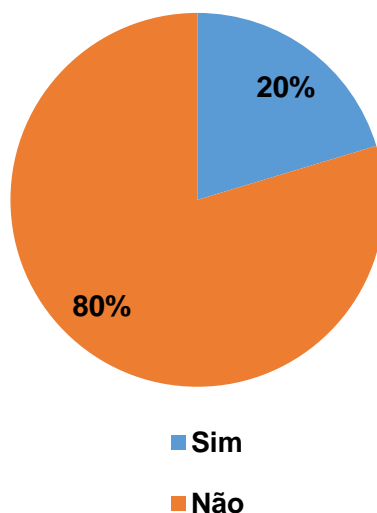
Na Figura 49, ilustra-se sobre a média de tempo que as janelas das habitações ficam abertas. Os entrevistados disseram que em geral as janelas ficam abertas por grande quantidade de horas, 66% das pessoas tem hábitos de deixar a janelas abertas no mínimo 8h/dia. Nessa indagação teve-se também 7% de participantes que não responderam à pergunta.

Figura 47 – Horário mais quente da moradia



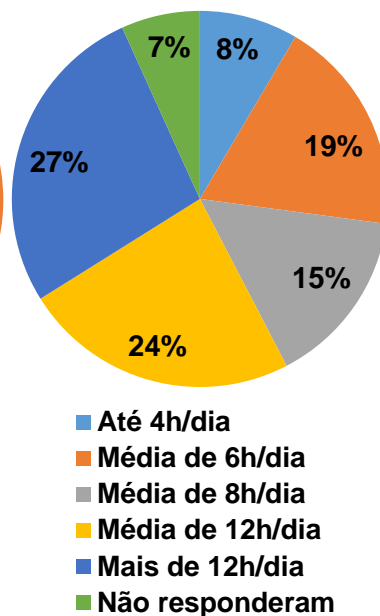
Fonte: A autora (2021)

Figura 48 – Na sua residência há dispositivo de ventilação?



Fonte: A autora (2021)

Figura 49 – Quanto tempo em média as janelas ficam abertas?



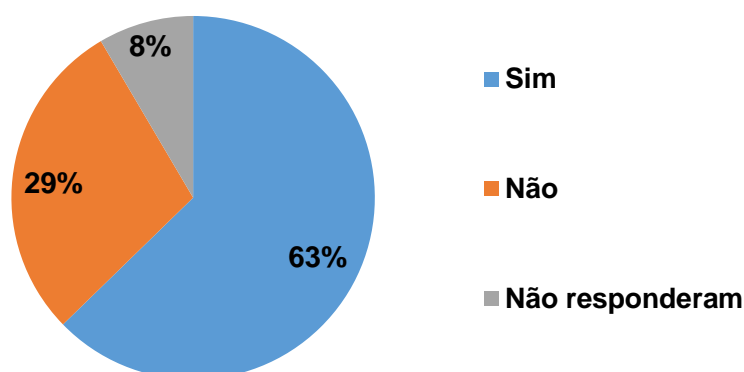
Fonte: A autora (2021)

6.1.4 Desempenho global com a unidade

No sentido de levantar as questões sobre o desempenho global da moradia, os entrevistados foram perguntados se a edificação atende as necessidades dos usuários e se garante a sua privacidade. Logo após, foram perguntados sobre a metodologia de construção utilizada na concepção dos edifícios. E, para finalizar o questionário, a pergunta foi: “*Pensando na habitação como um todo, como você avalia sua satisfação*” dando-lhes cinco alternativas de respostas: totalmente satisfeito, parcialmente satisfeito, satisfeita, insatisfeita e totalmente insatisfeita.

No questionamento sobre o atendimento das necessidades dos usuários, 63% dos entrevistados disseram atender, 29% disseram não atender as suas necessidades e 8% dos entrevistados não responderam (Figura 50). Muitos que responderam que a moradia não atende a suas necessidades justificaram dizendo faltar um espaço para atividades comuns do dia-a-dia, como secar roupa. Alguns descreveram não sentir segurança no local onde residem e outras pessoas disseram que a moradia não atende a suas demandas argumentando motivos diversos, sendo interessante frisar que, em um dos questionários, a moradora observou o não atendimento à necessidade dos usuários por possuir um filho cadeirante e o espaço útil da cozinha ser pequeno. Tiveram ainda participantes que disseram ser quente a unidade habitacional no verão e que no frio a moradia mofa constantemente.

Figura 50 – A edificação atende as necessidades dos usuários?

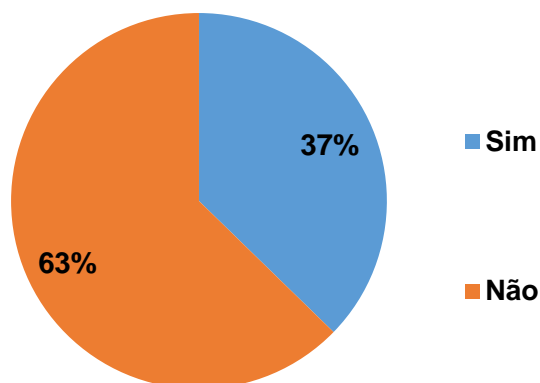


Fonte: A autora (2021)

Quando indagados sobre a privacidade dos usuários, 37% disseram que a habitação garante sua privacidade e 63% dos moradores disseram não aprovar, relatando que a acústica da moradia é ruim, sendo possível ouvir conversas das habitações ao lado. Relataram ainda, não possuírem liberdade e segurança, argumentando que as janelas

das salas são de frente para as moradias vizinhas, e que o condomínio é aberto para a via pública. Na Figura 51 apresentam-se esses resultados de forma gráfica.

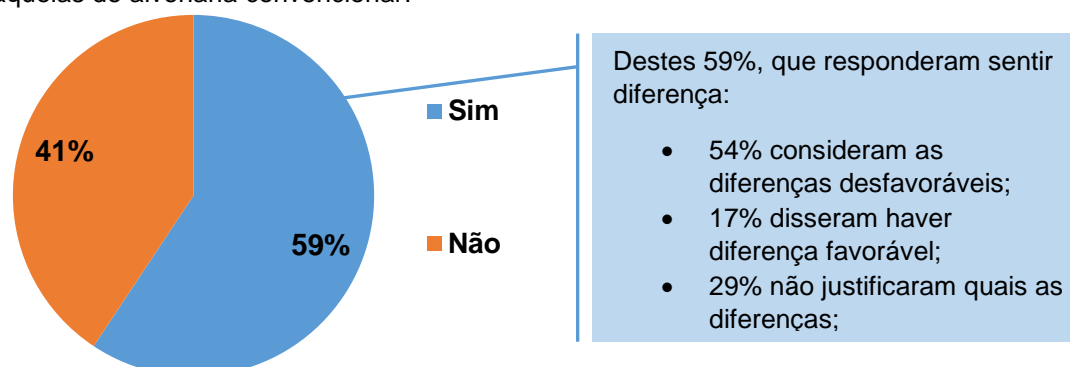
Figura 51 – A unidade garante a privacidade dos usuários?



Fonte: A autora (2021)

Na Figura 52, ilustram-se dados sobre a aceitação relacionada ao sistema de construção dos edifícios. Dos entrevistados 59% disseram sentir diferença entre o sistema de construção em concreto moldado *in loco* para alvenaria convencional e 41% dos participantes disseram não perceber diferenças na edificação. Nos questionários, após essa pergunta foi-lhes perguntado quais as diferenças percebidas na construção. Dentre as respostas, percebe-se que 54% relataram diferenças desfavoráveis no modelo de construção em concreto moldado *in loco* e 17% percebem diferenças favoráveis. Houve ainda 29% que, apesar de dizerem que sentem diferenças, não justificaram quais foram.

Figura 52 – Sente diferença nesta edificação, construída em paredes em concreto moldado *in loco*, para aquelas de alvenaria convencional?



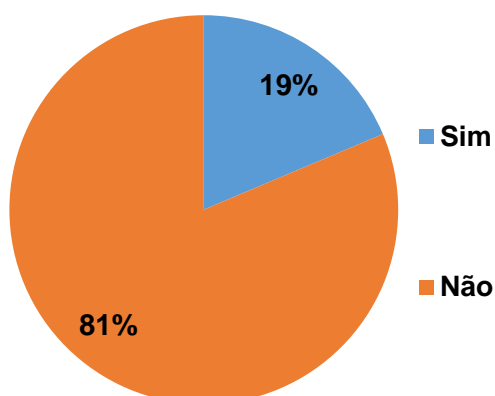
Fonte: A autora (2021)

Quando perguntados se houve alguma movimentação das paredes internas, 19% dos entrevistados responderam ter ocorrido, e 81% relataram que ainda não ocorreu nenhuma movimentação ou empenamento das paredes internas, conforme ilustrado

na Figura 53. Observa-se que a maioria das pessoas que disseram ter ocorrido essa movimentação não identificou onde houve o empenamento ou movimentação das paredes.

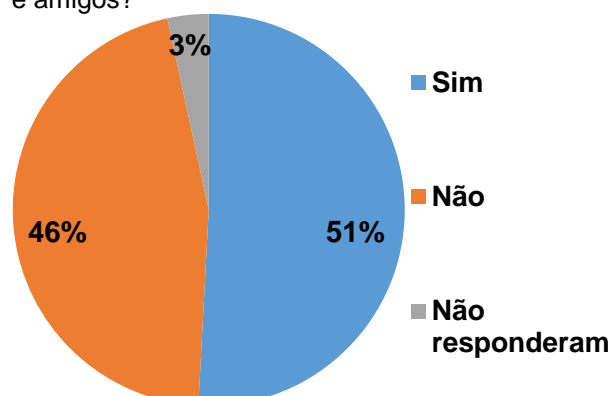
Ainda na linha de aceitação com o sistema de construção em paredes de concreto moldado *in loco*, 46% dos entrevistados disseram que não recomendariam a seus familiares e amigos a compra ou aluguel de moradias com essa técnica de construção, (Figura 54). Justificaram a resposta dizendo que consideraram o sistema ruim, sem privacidade, conforto e segurança, e relataram que nas suas habitações possui muito mofo, preferindo-se, assim, o sistema convencional de alvenaria.

Figura 53 – Houve algum empenamento ou movimentação das paredes internas?



Fonte: A autora (2021)

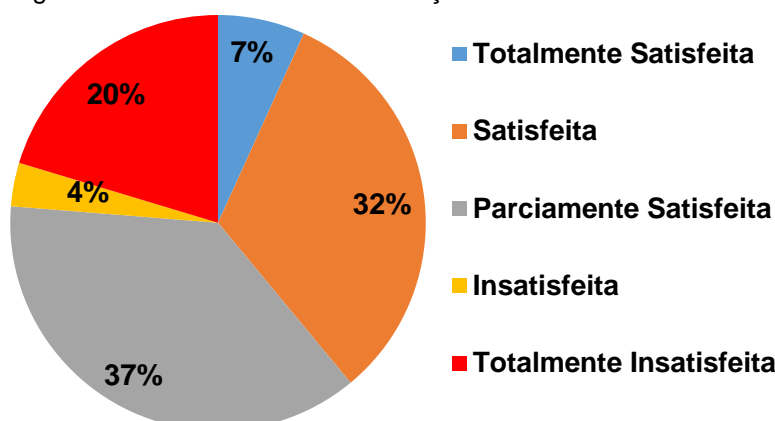
Figura 54 – Recomendaria a compra ou aluguel de imóveis com esse sistema construtivo a sua família e amigos?



Fonte: A autora (2021)

Quando perguntados como avaliam a satisfação da unidade habitacional como um todo, as respostas foram: 7% totalmente satisfeita; 32% satisfeitas; 37% parcialmente satisfeitas; 4% insatisfeitas; 20% totalmente insatisfeitas (Figura 55).

Figura 55 – Como avaliam a satisfação como um todo



Fonte: A autora (2021)

6.2 Discussão dos resultados da APO

Recordando Villa, Saramago e Garcia (2015), muitas vezes as moradias não refletem as expectativas e necessidades dos moradores em questões relacionadas ao espaço, privacidade, conforto, qualidade geral da construção, apresentando baixos níveis de habitabilidade. Similarmente Kowaltowski (2015) salienta, que por vezes o Programa MCMV tem como objetivo reduzir o déficit habitacional de muitos municípios, mas não considera a satisfação e as reais necessidades dos moradores.

Diante desta Avaliação Pós-Ocupação realizada nos condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, constata-se a periodicidade dos problemas descritos por Leite (2006) e Villa *et al.* (2015), a redução da qualidade dos materiais empregados ou inadequado emprego da técnica de construção, somados à padronização das moradias geram expressivos níveis de insatisfação.

Ainda que seja recente a entrega das moradias aos usuários, que aconteceu em julho de 2019, em menos de 18 meses de habitação nos apartamentos, 58% dos entrevistados disseram já terem passado por problemas nas instalações, 75% relataram problemas de umidade nas paredes e teto e 53% narraram trincas na moradia, o que expõe problemas relativos ao emprego da técnica de construção ou má qualidade dos materiais inicialmente utilizados.

No que tange à qualidade do sistema de construção, 31% dos entrevistados consideram ruim ou péssima. Houve ainda relatos significativos concernente ao número de moradores que consideram essa moradia pior que aquela onde residiam anteriormente, mesmo a antiga moradia sendo alugada ou emprestada. Dessa forma, há necessidade de um aumento no controle de qualidade sobre os processos de produção para diminuição dessas falhas.

Em referência a dados relacionados ao tamanho da residência, divisões dos ambientes e tamanho dos cômodos, foram aceitáveis esses indicadores. Em geral, os moradores consideram aceitável o tamanho da residência de 42,83 m², e não houve expressivos descontentamentos quanto às divisões e tamanhos dos ambientes. Entretanto, houve alguns usuários que explanaram sentir falta de um espaço como varanda, onde pudessem realizar atividades rotineiras, como secar roupas.

Como sugestão para diminuir problemas de sobreposição de atividades nos cômodos listados nos estudos de Villa, Saramago e Garcia (2015), e recorrente no Condomínio Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, em que o mesmo ambiente é ocupado com várias funções e atividades, seria a realização de novo layout que incluía uma pequena varanda, espaço aberto que sobressaía à área existente da área de serviço. Essa medida sanaria o problema relativo aos cuidados com as roupas, e ainda proporcionaria um pequeno espaço de lazer.

Relativo ao alvo de maior foco deste trabalho, a aceitação com o desempenho térmico das habitações foi positiva. Na medida que o conforto térmico é um parâmetro comportamental e que dificilmente atenderia a todos os moradores, obteve-se um pequeno número de participantes que consideram a temperatura no interior das moradias como ruim ou péssima. Na condição de verão o índice de insatisfação variou de 30% nos dormitórios para 9% nos banheiros. Na condição de inverno, os dados foram ainda mais otimistas, 27% dos usuários consideraram a temperatura na residência como ruim ou péssima na sala, 24% nos quartos, 19% no banheiro e 22% na cozinha.

Sobre ventilação natural na residência, a satisfação foi de 86% nos dormitórios a 93% na sala. E a iluminação foi em conformidade com esses índices, chegando até a 94% de contentamento. Índices que reforçam que o atendimento da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) relativo a área de abertura das janelas é o suficiente para uma boa ventilação e iluminação natural dos ambientes.

Em contraposição aos dados de desempenho térmico e lumínico, os indicadores de insatisfação quanto a acústica do edifício foi muito grande. O descontentamento alcançou 68%. Ainda no que concerne a indicadores relacionados ao conforto acústico, dentre as respostas, obteve-se que um percentual de 46% dos entrevistados considera ruim ou péssimo trabalhar ou estudar na moradia e 63% deles disseram que a moradia não garante a privacidade aos usuários. Percebeu-se que as maiores críticas dos usuários são referentes a ruídos externos vindos principalmente da área de circulação e ruídos vindos de outras moradias.

Conforme norma NBR 15575 (ABNT, 2013), os sistemas, seus materiais, componentes e elementos, devem proporcionar isolamento acústico entre unidades

distintas e entre recintos de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual, assegurando conforto acústico, em termos de níveis de ruído de fundo transmitido via aérea e estrutural, e privacidade acústica, em termos de não inteligibilidade da fala. Diante disso, recomenda-se um estudo aprofundado para averiguação do atendimento aos requisitos apresentados na norma NBR 15575 (ABNT, 2013) no âmbito de isolamento acústico.

Com relação a adoção da técnica de construção em paredes de concreto moldado *in loco*, apesar de possuírem as vantagens descritas por Oliveira (2015), de permitirem a rápida construção e a larga escala suprir as necessidades de moradia, reduzindo o déficit habitacional mais rapidamente, entende-se que nos condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II a técnica de construção não foi aceita pelos usuários. Percebeu-se a preferência das famílias pela alvenaria convencional de tijolos cerâmicos. Apesar de 63% dos usuários considerarem a resistência das paredes como resistente ou muito resistente, quase a metade dos entrevistados não sentem segurança na estrutura do prédio e 46% não recomendam esse sistema de construção.

No que tange à avaliação da unidade habitacional como um todo, 20% dos entrevistados responderam estar totalmente insatisfeitos, número significativo para a pesquisa. Acredita-se que esse percentual tenha ocorrido devido a todos os problemas listados relativos a construção somados às questões culturais.

Os condomínios Jardim Panorama I e Jardim Panorama II são os primeiros conjuntos habitacionais de interesse social multipavimentos da cidade. Até 2019, Ouro Branco não tinha recebido nenhuma HIS multipiso e a verticalização das construções na cidade ainda é baixa. Então, as famílias estão se adaptando a dividirem o espaço comum. Outro aspecto levantado por Villa, Saramago e Garcia (2015), que provavelmente ocorre nesta APO, é que as HIS formadas por prédios tendem a ter maior índice de insatisfação, por serem proibidas modificações internas e externas e a padronização da moradia não conseguir atender eficientemente todas as famílias.

Todas essas questões culturais reforçam que as unidades habitacionais precisam ser desenvolvidas conforme necessidades locais e não regionais, para que se atendam

as reais carências dos usuários e se construam programas habitacionais de maior qualidade.

6.3 Análise do desempenho térmico da edificação com o método de construção empregado - Caso Base

Os resultados das simulações computacionais realizadas no programa *EnergyPlus* do Apartamento 401 do Bloco 06, do condomínio Jardim Panorama I, aqui denominado Caso Base, são apresentados nas tabelas a seguir.

Nas tabelas 16 e 17, indicam-se as temperaturas internas máximas dos ambientes, em °C, obtidas para condição padrão, ou seja, o ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas. Nestas tabelas apresentam-se também, as temperaturas internas máximas dos ambientes, em °C, considerando o somente o sombreamento das janelas e a ventilação, e ainda, as temperaturas internas máximas levando em conta estratégias de sombreamento e ventilação conjunta dos ambientes para condições de verão.

Tabela 16 – Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no VERÃO - sala

ZB	T _{e, máx.}	COR	Temperaturas internas máximas (°C)			
			Sala (Z2)			
			CP	S	V	SV
3	32,0	Clara	32,8	30,7	31,5	30,2
		Média	33,4	31,5	31,9	30,6
		Escura	34,1	32,3	32,4	31,1

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$)

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

S = com sombreamento (com proteção solar externa ou interna, como cortinas, venezianas, ou outros elementos que impeçam a entrada da radiação solar direta ou reduzam em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente)

V = com ventilação (ambiente ventilado com 5 ren/h no período de verão)

SV = com sombreamento e ventilação (com as duas opções anteriores)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 17 – Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no VERÃO - quartos

ZB	T _{e, máx.}	COR	Temperaturas internas máximas (°C)							
			Quarto 1 (Z1)				Quarto 2 (Z5)			
			CP	S	V	SV	CP	S	V	SV
3	32,0	Clara	33,3	31,9	32,2	31,3	32,9	31,7	31,9	31,1
		Média	34,9	33,5	33,4	32,5	34,3	33,3	32,9	32,3
		Escura	36,3	35,1	34,6	33,7	35,8	34,9	34,1	33,5

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$)

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

S = com sombreamento (com proteção solar externa ou interna, como cortinas, venezianas, ou outros elementos que impeçam a entrada da radiação solar direta ou reduzam em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente)

V = com ventilação (ambiente ventilado com 5 ren/h no período de verão)

SV = com sombreamento e ventilação (com as duas opções anteriores)

Fonte: A autora (2021)

Considerando a condição padrão, em que há apenas infiltração de ar, sem sombreamento das aberturas, a edificação não atingiu desempenho satisfatório, não alcançando o desempenho térmico mínimo na condição de verão. No entanto, ao promover o sombreamento das aberturas por meio de placas externas, a edificação atinge o nível mínimo de desempenho, mas apenas considerando a cor clara nas paredes ($\alpha = 0,3$).

Com os resultados, percebeu-se que a absorvância das paredes externas teve um grande impacto no desempenho térmico. Quando simulada com a cor média e escura nos quartos para condição de verão, em nenhuma circunstância, atingiu-se o nível mínimo de desempenho, e a temperatura máxima interna do quarto 1 chegou a variar em até 1,6 °C na condição padrão de cor clara ($\alpha = 0,3$) para cor média ($\alpha = 0,5$).

Verifica-se ainda, que somente a ventilação natural não é capaz de melhorar o desempenho térmico da ventilação no verão. Mas, ao conjugar a ventilação ao sombreamento das aberturas, obtêm-se as menores temperaturas internas máximas e o nível mínimo de desempenho para cores de tons claros.

Na Tabela 18, apresenta-se os resultados da simulação computacional do Caso Base para condição padrão no inverno, demonstrando as temperaturas internas mínimas na sala e nos quartos, em °C.

Tabela 18 – Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no INVERNO para condição padrão

ZB	$T_{e, \text{mín.}}$	COR	Temperaturas internas mínimas (°C)		
			Sala (Z2)	Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)
			CP	CP	CP
3	8,7	Clara	17,8	16,4	16,8
		Média	18,4	17,1	17,7
		Escura	19,1	17,8	18,6

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

$T_{e, \text{mín.}}$ = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$; cor média: $\alpha = 0,5$; cor escura: $\alpha = 0,7$)

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

Fonte: A autora (2021)

Os resultados da avaliação do desempenho térmico na condição de inverno foram satisfatórios. Considerando a condição padrão, onde o ambiente tem ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, com uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas, independentemente das cores da face exterior da construção, o nível superior de desempenho foi atingido para todos os ambientes de longa permanência.

Esses resultados corroboram com o trabalho de Lorenzi e Silva Filho (2015). Os autores realizaram um ensaio por medição para obter o desempenho térmico de um protótipo com o sistema de construção em paredes de concreto armado moldadas *in loco* situado na zona bioclimática 3 – Porto Alegre (RS). Lorenzi e Silva Filho (2015) concluíram que os resultados obtidos foram compatíveis com os limites estabelecidos na norma NBR 15575 (ABNT, 2013), tanto para o verão como para o inverno.

Os resultados obtidos por meio da simulação computacional no *EnergyPlus* expuseram que as alternativas de construção adotadas no objeto de estudo atenderam aos critérios da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) no nível mínimo, quando as aberturas são sombreadas. Este resultado está em conformidade

com os levantamentos realizados na APO, em que foi baixa a insatisfação dos moradores perante o desempenho térmico da habitação.

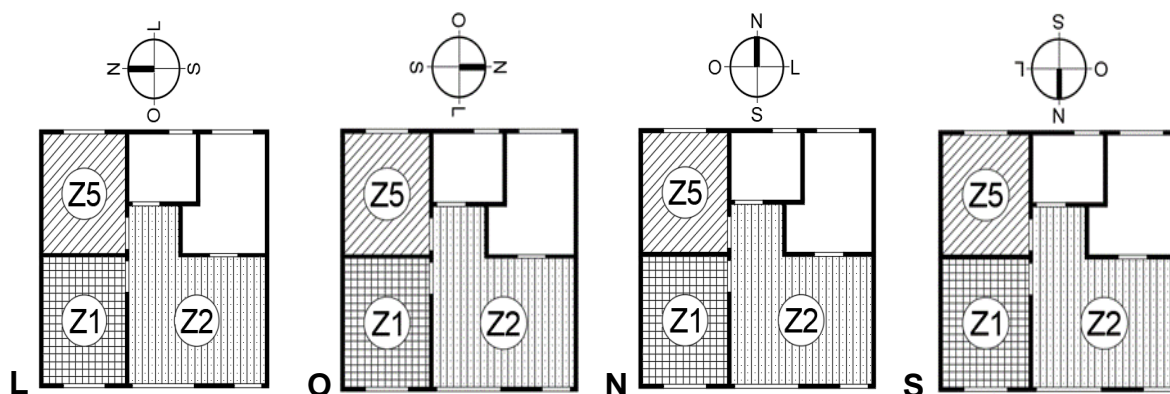
Percebe-se inclusive que os resultados da simulação computacional mostraram a temperatura dos quartos superior a temperatura da sala. Resposta semelhante àquela obtida pelos questionários, onde a maior insatisfação dos usuários na condição verão foi em relação aos quartos, atingindo 30%, e, para a sala, o descontentamento relacionado ao conforto térmico foi de somente 14%.

6.4 Análise de estratégias de projeto considerando futuras HIS com o mesmo padrão

6.4.1 Orientação solar da edificação

Neste tópico é analisada a influência da orientação solar da edificação nas temperaturas internas dos ambientes de longa permanência do apartamento em estudo. Nas análises, a fachada principal, que está voltada para a via de acesso, é considerada nas simulações computacionais em quatro orientações solares distintas: leste (L), oeste (O), norte (N) e sul (S), conforme apresenta-se na Figura 56.

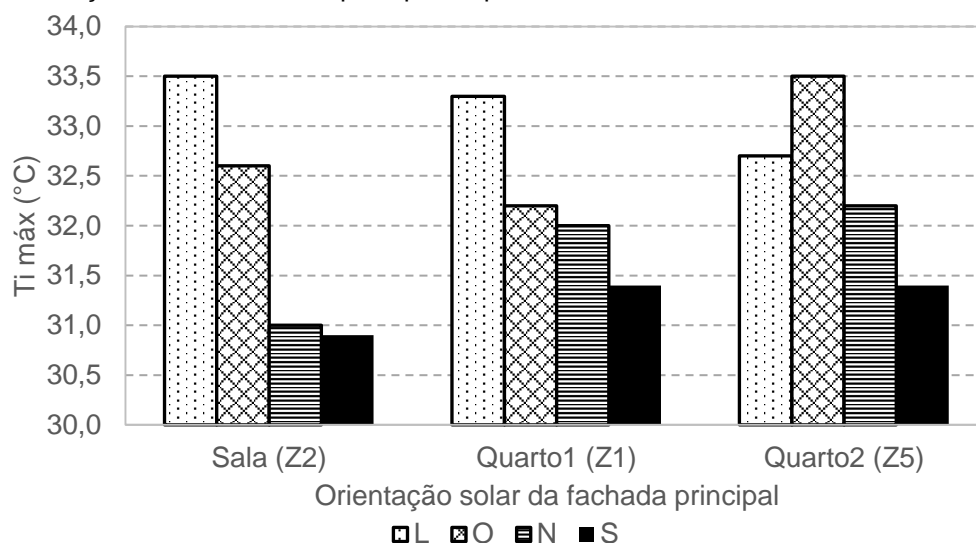
Figura 56 – Orientações solares da fachada principal em relação ao apartamento analisado



Fonte: A autora (2021)

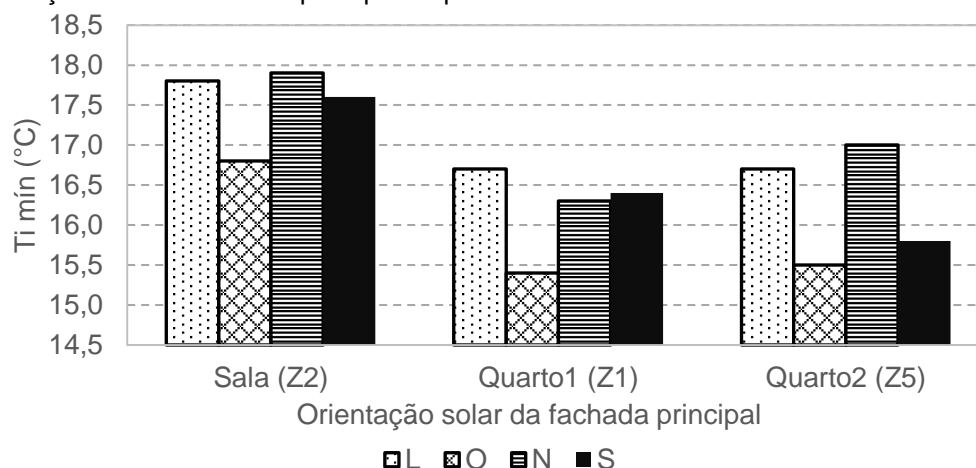
Nas Figuras 57 e 58 apresentam-se respectivamente as temperaturas internas máximas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de verão e inverno. Considerou-se apenas a condição padrão (CP) e a cor clara nas paredes ($\alpha = 0,3$) para se obterem os resultados.

Figura 57 – Temperaturas internas máximas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de verão



Fonte: A autora (2021)

Figura 58 – Temperaturas internas mínimas dos ambientes de longa permanência conforme orientação solar da fachada principal no período de inverno.



Fonte: A autora (2021)

Conforme Álvares (2018) concluiu em seu trabalho, nos conjuntos habitacionais construídos em parede de concreto moldado *in loco*, a direção do sol pode resultar em edifícios mais confortáveis termicamente aos usuários. Ao analisar os resultados, observa-se que a orientação das aberturas voltadas para o leste e oeste, com uma das paredes dos quartos voltada para o norte, proporciona altas temperaturas internas nos quartos no dia típico de verão. Enquanto que as aberturas da fachada principal voltadas para o norte ou sul proporcionam um desempenho térmico mais adequado, com temperaturas máximas menores no verão e temperaturas internas mínimas maiores no inverno.

6.4.2 Diferentes espessuras de fechamento vertical

Para avaliar a influência da espessura dos fechamentos de concreto moldado *in loco* nas temperaturas internas dos ambientes, foram realizadas simulações no programa *EnergyPlus* com três valores de espessuras: 8, 10 e 12 cm, considerando uma massa específica de 2400 kg/m³ em todos os casos (Tabela 19). Na simulação computacional foram consideradas a condição padrão, cor clara nas paredes ($\alpha = 0,3$) e orientação da fachada principal para o leste (condição mais crítica), tendo-se obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 19 – Descrição das propriedades dos fechamentos verticais analisados

Fechamento vertical	Composição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
E08	Uma camada homogênea de concreto maciço moldado <i>in loco</i> (80 mm)	4,63	192
E10	Uma camada homogênea de concreto maciço moldado <i>in loco</i> (100 mm) (Caso Base)	4,40	240
E12	Uma camada homogênea de concreto maciço moldado <i>in loco</i> (120 mm)	4,19	288

Fonte: A autora (2021)

Tabela 20 – Resultados da avaliação da espessura do fechamento vertical no VERÃO

ZB	T _{e, máx.}	Condição	COR	Espessura	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	E08	33,8	32,9	33,7
				E10	33,3	32,7	33,5
				E12	33,0	32,5	33,3

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 21 – Resultados da avaliação da espessura no INVERNO

ZB	T _{e, mín.}	Condição	COR	Espessura	Temperaturas internas mínimas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	8,7	CP	Clara	E08	16,2	16,2	17,6
				E10	16,7	16,7	17,8
				E12	17,1	17,1	18,0

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, mín.} = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Nos resultados obtidos da análise da espessura dos fechamentos verticais de concreto moldado *in loco*, observa-se que as maiores temperaturas máximas no dia típico de verão e as menores temperaturas internas mínimas no dia típico de inverno ocorrem com a espessura de 8 cm. Por outro lado, os fechamentos verticais em concreto moldado *in loco* com 12 cm de espessura apresentam-se mais adequados em relação desempenho térmico da edificação.

Esse mesmo resultado foi obtido no trabalho de Sacht (2008), em que a autora realizou simulações computacionais para avaliar o desempenho térmico de edificações multipavimentos com painéis monolíticos moldados *in loco* e concluiu que, para a cidade de São Paulo, as tipologias multipavimentos com painel de espessura de 12 cm e massa específica de 2400 kg/m apresentaram melhor desempenho.

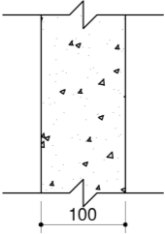
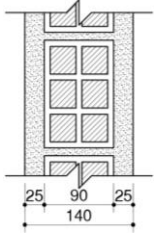
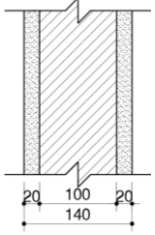
Independente da espessura do fechamento vertical, no inverno, a tipologia apresentou desempenho térmico adequado de acordo com os critérios da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). No verão, em nenhum dos casos o nível de desempenho mínimo foi atendido. Isso ocorre em função da orientação solar adotada para a edificação, principalmente, pois como visto no item 6.4.1 *Orientação solar da edificação*, escolheu-se uma situação mais crítica com o rumo da fachada principal para o leste.

6.4.3 Alteração da composição do fechamento vertical

A análise da mudança de parâmetros de projeto e sua influência no comportamento térmico da edificação também é contemplada neste trabalho no estudo de diferentes

fechamentos verticais. Optou-se por comparar os resultados obtidos do fechamento vertical do Caso Base (Fv1) com outras duas alternativas para fechamento vertical interno e externo: uma de uso comum na região da cidade de Ouro Branco, MG - bloco cerâmico, e dita na APO como preferível pelos usuários; e outra pouco utilizada - bloco de concreto celular autoclavado. Na Tabela 22, apresenta-se a descrição das três composições de fechamentos verticais que foram analisadas, considerando a mesma orientação solar da avaliação inicial, ou seja, a orientação do local de implantação do projeto.

Tabela 22 – Descrição dos fechamentos verticais analisados

Fechamento vertical	Composição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]
Fv1 	Uma camada homogênea de concreto maciço moldado <i>in loco</i> (100 mm) (Caso Base)	4,40	240
Fv2 	Revestimento externo em argamassa comum (25 mm) + Bloco cerâmico (90x140x190) + Revestimento interno em argamassa comum (25 mm)	2,48	159
Fv3 	Revestimento externo em argamassa comum (20 mm) + Bloco de concreto celular autoclavado (100x300x600) + Revestimento interno em argamassa comum (20 mm)	1,17	134

Fonte: A autora (2021)

Os resultados da simulação computacional no *EnergyPlus* para CP e $\alpha = 0,3$ considerando os três tipos de fechamento vertical (Fv1, Fv2 e Fv3) são apresentados nas Tabelas 23 e 24, considerando-se o dia típico de verão e de inverno.

Observa-se que, embora o fechamento em concreto moldado *in loco* (Fv1) não seja capaz de proporcionar o atendimento do nível mínimo de desempenho térmico no verão, em relação à norma NBR 15575 (ABNT, 2013), com orientação da fachada principal para o leste, o uso desse fechamento proporciona os menores valores de

temperaturas máximas no verão, se comparados aos demais fechamentos verticais simulados (Tabela 23).

E para o inverno, o Fv1 também gera as menores temperaturas internas mínimas. Sendo que todos os fechamentos verticais simulados atingiram o nível superior de desempenho na condição de inverno (Tabela 24).

Tabela 23 – Resultados da avaliação dos fechamentos no VERÃO

ZB	T _{e, máx.}	Condição	COR	Fechamento	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	Fv1	33,3	32,9	32,8
				Fv2	33,4	33,2	33,1
				Fv3	34,2	34,2	33,7

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 24 – Resultados da avaliação dos fechamentos no INVERNO

ZB	T _{e, máx.}	Condição	COR	Fechamento	Temperaturas internas mínimas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	8,7	CP	Clara	Fv1	16,4	16,8	17,8
				Fv2	18,1	18,9	18,8
				Fv3	18,6	19,2	19,5

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, mín.} = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

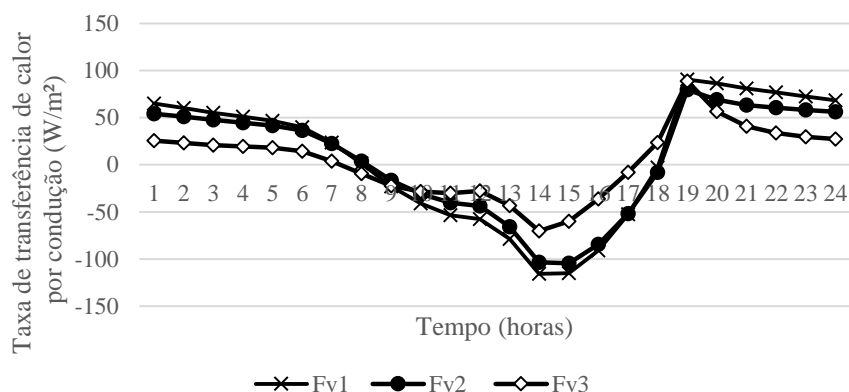
COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Para verificar a influência dos materiais de composição dos fechamentos verticais no comportamento térmico do ambiente, também foram solicitadas nas simulações computacionais a taxa de transferência de calor por condução por área da face

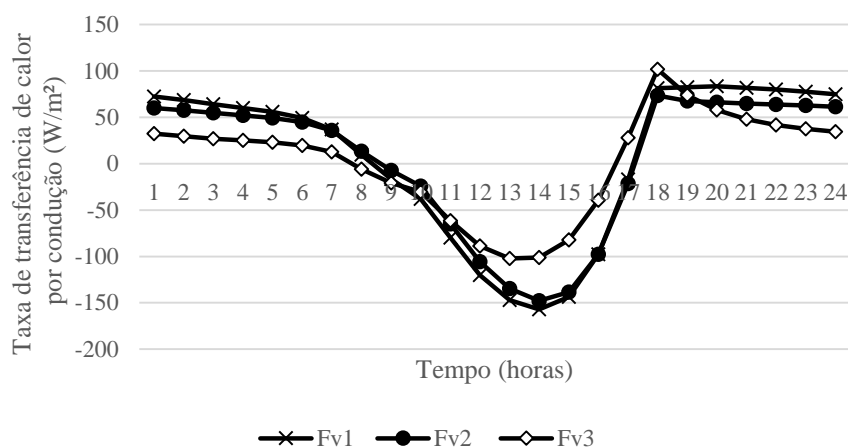
externa¹ de uma das paredes voltadas para o noroeste do apartamento analisado – cobertura (Figura 59 e 60).

Figura 59 – Taxa de transferência de calor por condução por área de uma parede voltada para o noroeste – Dia típico de verão.



Fonte: A autora (2021)

Figura 60 – Taxa de transferência de calor por condução por área de uma parede voltada para o noroeste – Dia típico de inverno.



Fonte: A autora (2021)

No modelo analisado, o maior valor da taxa de transferência de calor por condução através da superfície externa ocorre aproximadamente às 19:00h no dia típico de verão e às 18:00h no dia típico de inverno. Os valores negativos apresentados indicam que o fluxo de calor ocorre no sentido inverso, ou seja, do interior para fora da edificação.

O fechamento em concreto celular autoclavado (Fv3) possui a menor transmitância dentre os três fechamentos analisados, e conseqüente menores taxas de

¹ Obtida no *output* do *EnergyPlus*: “Zone,Average,Surface Outside Face Conduction Heat Transfer Rate per Area [W/m2]”.

transferência de calor por condução. Por outro lado, o fechamento vertical em concreto moldado *in loco* possui a maior transmitância, apresentando-se, neste caso, mais adequado ao desempenho térmico da edificação. Conforme observam Viana, Souza e Gomes (2019), p. 9, “*nem sempre um fechamento externo muito isolante proporciona bom desempenho térmico, pois dificulta as perdas de calor nas horas em que a temperatura externa está mais baixa que a interna*”.

6.4.4 Tipo de telha empregada

Nesta análise, os resultados obtidos da cobertura em telha de fibrocimento do Caso Base (Cob1) são comparados com outras duas alternativas de telhas: cerâmica (Cob2) e sanduiche (Cob3). Na Tabela 25, são apresentadas as composições das coberturas analisadas.

Tabela 25 – Descrição das coberturas analisadas

Cobertura	Composição	U [W/(m ² K)]	C _T [kJ/m ² K]
Cob1	Laje maciça (10,0 cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento	2,06	233
Cob2	Laje maciça (10,0 cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica	2,05	238
Cob3	Laje maciça 10,0 cm Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha metálica* 0,1 cm Poliuretano 4,0 cm Telha metálica* 0,1 cm	0,55	230

Fonte: INMETRO (2013)

Os resultados da simulação computacional no *EnergyPlus* para CP e $\alpha = 0,3$ considerando os três tipos de telhas (Cob1, Cob2 e Cob3) são apresentados nas Tabelas 26 e 27, considerando-se o dia típico de verão e de inverno e a mesma orientação solar da avaliação inicial, ou seja, a orientação do local de implantação do projeto.

Tabela 26 – Resultados da avaliação das coberturas no VERÃO

ZB	T _{e, máx.}	Condição	COR	Cobertura	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	Cob1	33,3	32,9	32,8
				Cob2	33,1	32,7	32,5
				Cob3	32,4	32,0	31,7

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 27 – Resultados da avaliação das coberturas no INVERNO

ZB	T _{e, mín.}	Condição	COR	Cobertura	Temperaturas internas mínimas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	8,7	CP	Clara	Cob1	16,4	16,8	17,8
				Cob2	16,2	16,7	17,5
				Cob3	16,2	16,6	17,5

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, mín.} = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

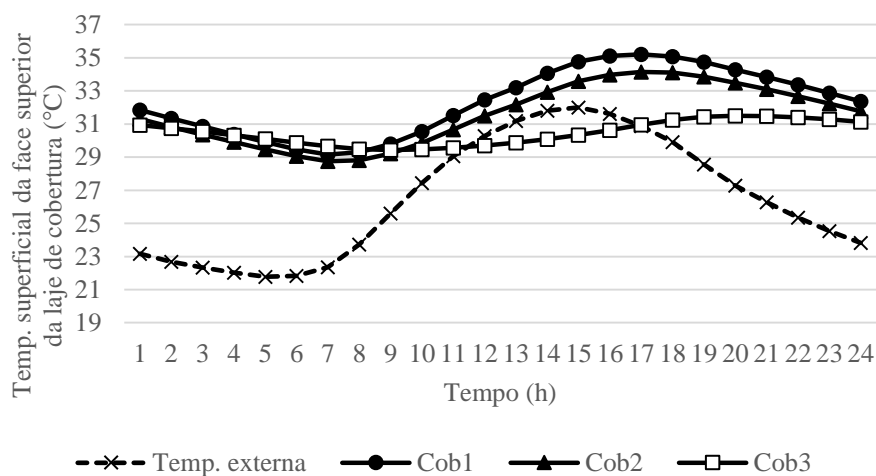
COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Segundo Oliveira e Alves (2021), a cobertura isolada apresenta-se como uma estratégia de projeto promissora, uma vez que pode levar a temperatura interna dos ambientes a ficar dentro dos requisitos de desempenho da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Neste estudo de caso, ao utilizar a cobertura com telha sanduiche (Cob3), no verão as temperaturas internas se aproximaram do limite para o desempenho mínimo, enquanto que no inverno as temperaturas internas mantêm-se adequadas aos critérios da referida norma.

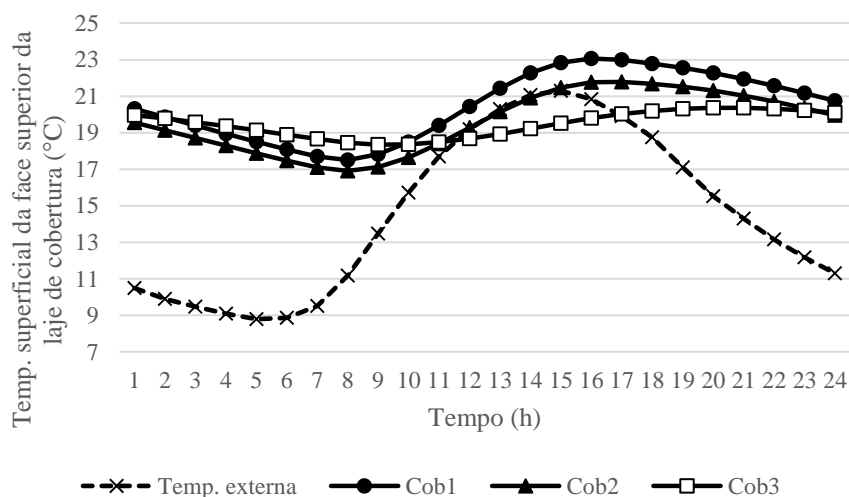
Conforme mostra-se nas Figuras 61 e 62, ao analisar as temperaturas superficiais da face superior da laje de cobertura (voltada para o ático) nos três casos estudados para condição de verão e de inverno, observa-se a diminuição brusca de sua amplitude, assim como uma redução relevante no pico de calor, devido ao isolamento proporcionado pela camada de poliuretano da telha sanduiche.

Figura 61 – Temperaturas superficiais da face superior da laje de cobertura no dia típico de verão



Fonte: A autora (2021)

Figura 62 - Temperaturas superficiais da face superior da laje de cobertura no dia típico de inverno



Fonte: A autora (2021)

As telhas em fibrocimento proporcionam as maiores temperaturas superficiais na face superior da laje de cobertura. Essa é uma solução comum em HIS devido ao custo reduzido e facilidade de montagem. No entanto, como observado nos resultados, ela deve ser evitada ao se buscar uma resposta da edificação adequada ao desempenho térmico.

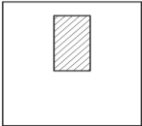
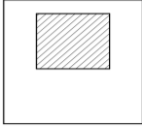
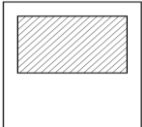
6.4.5 Áreas envidraçadas da fachada

Com o objetivo de verificar a influência das áreas envidraçadas da fachada no comportamento termodinâmico do modelo analisado, são realizadas simulações

computacionais variando-se a porcentagem aproximada de abertura de janela para 10%, 20% e 30% da área do piso, conforme apresenta-se na Tabela 28.

Optou-se por analisar porcentagens de áreas envidraçadas próximas daquelas encontradas no Caso Base (17% da área do piso nos quartos e 16% na sala), e coerentes com o projeto de uma habitação de interesse social.

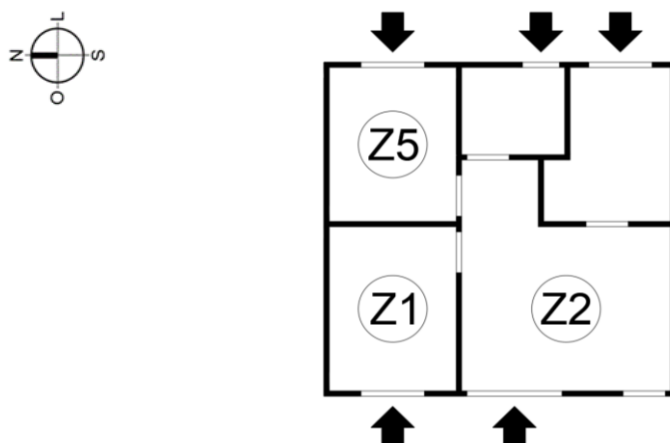
Tabela 28 – Relação das superfícies envidraçadas analisadas nos ambientes de longa permanência

Referência	A aproximada (em % da área de piso)	Dimensões das aberturas (m)			
		Quarto1 (Z1) 8,25 m ²	Quarto2 (Z5) 8,25 m ²	Sala (Z2) 13,36 m ²	
A1		10%	0,68 x 1,20	0,68 x 1,20	1,11 x 1,20
A2		20%	1,37 x 1,20	1,37 x 1,20	2,23 x 1,20
A3		30%	2,06 x 1,20	2,06 x 1,20	2,70 x 1,48

Fonte: A autora (2021)

Para a simulação, considerou-se a fachada principal voltada para o leste e as aberturas redimensionadas situadas na mesma localização do Caso Base (Figura 63). A condição padrão, ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas, foi considerada na primeira rodada de simulações computacionais deste estudo. Os resultados são apresentados nas Tabelas 29 e 30.

Figura 63 – Orientação solar e indicação das aberturas para ventilação (setas).



Fonte: A autora (2021)

Tabela 29 – Resultados da avaliação das áreas das aberturas no VERÃO

ZB	T _{e, máx.}	Condição	COR	Fechamento	Temperaturas internas máximas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	CP	Clara	A1	32,6	32,2	32,7
				A2	33,6	32,8	33,8
				A3	34,4	33,4	34,4

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 30 – Resultados da avaliação das áreas das aberturas no INVERNO

ZB	T _{e, mín.}	Condição	COR	Fechamento	Temperaturas internas mínimas (°C)		
					Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	8,7	CP	Clara	A1	16,5	16,6	17,6
				A2	16,7	16,7	17,9
				A3	16,9	16,8	18,0

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, mín.} = valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C

CP = condição padrão (ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de 1 ren/h, sem sombreamento das janelas)

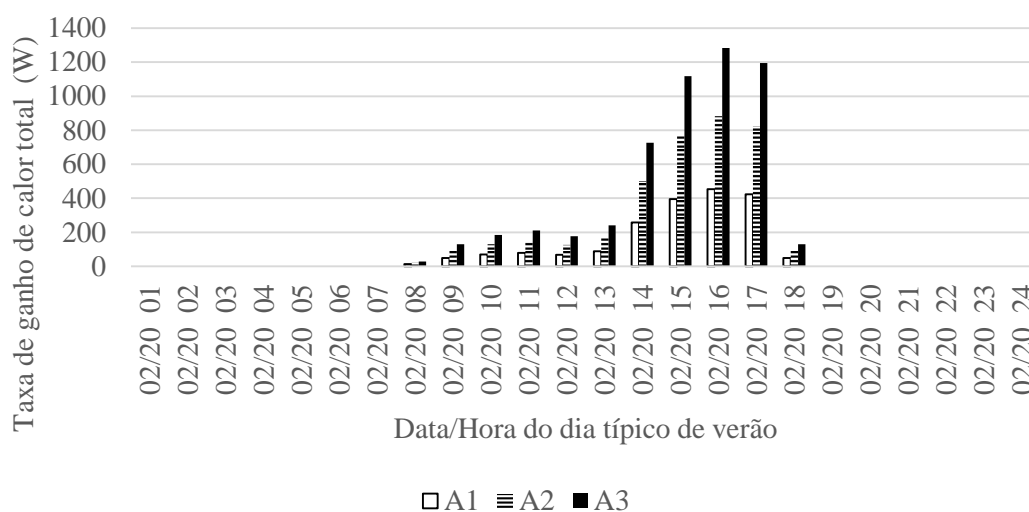
COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Como pode-se observar nas Tabelas 29 e 30, o aumento nas áreas envidraçadas da fachada implica no aumento das temperaturas internas máximas no verão e das mínimas no inverno. Na Tabela 29, nota-se que a variação no percentual de superfícies envidraçadas, no verão, afeta de forma significativa na temperatura máxima do ar interior, chegando a variar até 1,1 °C na área envidraçada A1 para A2, na simulação computacional da sala.

Aumentando-se os fechamentos verticais semitransparentes, aumenta-se a taxa de ganho de calor total no ambiente através das janelas. Na Figura 64 apresenta-se os ganhos de calor na zona térmica 1 (Quarto 1), considerando a condição padrão e as três condições de área de abertura analisadas para o dia típico de verão. Observa-se o aumento considerável na taxa de ganho de calor ao variar a porcentagem de abertura de 10% para 30% em relação à área de piso.

Figura 64 – Taxa de ganho de calor total na Z1 (Quarto 1), para um dia típico de verão e CP



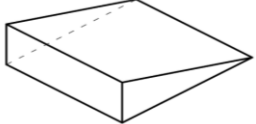
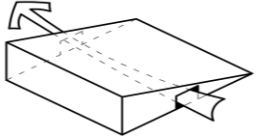
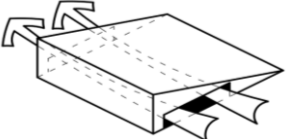
Fonte: A autora (2021)

6.4.6 Ventilação do ático

A ventilação do ático é uma das recomendações para melhoria do desempenho térmico de edificações com fechamentos em concreto (CARVALHO P, 2012). A simulação computacional nesta fase considera a ventilação ou não do ático e suas implicações nas temperaturas internas dos ambientes de longa permanência. Na Tabela 31 apresentam-se as três condições analisadas.

Para facilitar a interpretação dos resultados obtidos do ático, em todos os casos analisados os ambientes dos apartamentos foram considerados apenas com infiltração de ar. As aberturas para ventilação do ático, quando consideradas, permanecem constantemente abertas. Utiliza-se nessa simulação computacional o objeto *AirflowNetwork* do programa *EnergyPlus* para calcular o fluxo de ar entre as zonas térmicas e o exterior.

Tabela 31 – Condições analisadas do ático

Referência	Renovação de ar	Aberturas para ventilação		
		Dim. de cada abertura (cm)	Quant. de aberturas	% da área da laje de cobertura
At1	 INF	-----	0	-----
At2	 VENT	70 x 50	2	0,8
At3	 VENT	210 x 50	2	2,5

INF = Ambientes e ático apenas com infiltração de ar pelas frestas;

VENT = Ambientes com infiltração de ar pelas frestas e portas e janelas fechadas; ático ventilado por meio do uso do módulo *AirflowNetwork* do *EnergyPlus*.

Fonte: A autora (2021)

Nas Tabelas 32 e 33 apresentam-se os resultados do estudo da ventilação do ático. A inclusão de duas aberturas nesse local implicou em uma discreta redução na temperatura interna dos ambientes considerando o dia típico de verão em relação aos outros ambientes. No inverno, a estratégia de ventilar o ático não foi capaz de promover uma variação significativa. Esse comportamento se dá principalmente pela baixa taxa de renovação de ar por hora (ren/h) no ático, que ocorre mesmo considerando as maiores aberturas para ventilação (Tabela 34).

Tabela 32 – Resultados da avaliação da ventilação do ático no VERÃO

ZB	T _{e, máx.}	COR	Temperaturas internas máximas (°C)			
			Estratégia	Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	32,0	Clara	At1	33,7	33,0	34,1
			At2	33,6	32,9	33,9
			At3	33,5	32,7	33,7

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, máx.} = valor máximo diário da temp. do ar exterior à edificação, em °C

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 33 – Resultados da avaliação da ventilação do ático no INVERNO

ZB	T _{e, mín.}	COR	Temperaturas internas mínimas (°C)			
			Estratégia	Quarto1 (Z1)	Quarto2 (Z5)	Sala (Z2)
3	8,7	Clara	At1	17,6	17,7	19,1
			At2	17,6	17,6	19,1
			At3	17,6	17,7	19,1

ZB = zona bioclimática definida na norma NBR 15220 (ABNT, 2005)

T_{e, mín.} = valor mínimo diário da temp. do ar exterior à edificação, em °C

COR = cor da face exterior do fechamento vertical (cor clara: $\alpha = 0,3$)

Fonte: A autora (2021)

Tabela 34 – Média da taxa de renovação de ar por hora no ático considerando o dia típico de verão e inverno

Estratégia	Ático (Média ren/h)	
	Verão	Inverno
At1	1,4	0,1
At2	7,8	1,0
At3	19,9	2,7

Fonte: A autora (2021)

6.5 Discussão das simulações computacionais

Após a realização das simulações computacionais do condomínio Jardim Panorama I e Jardim Panorama II e das simulações de estratégias para projetos futuros, considerando habitações com o mesmo padrão, ou seja, construções de dimensões horizontais e verticais iguais ao objeto de estudo, percebeu-se que apesar destas edificações atenderem ao nível mínimo de desempenho, há modificações que podem ser realizadas nas próximas construções para melhorar seu desempenho térmico.

Sempre que possível, as aberturas da fachada principal devem ser posicionadas para orientação norte ou sul; ao se utilizar fechamento vertical de concreto moldado *in loco*, priorizar a espessura de 12 cm; e preferir o uso de telha sanduiche para cobertura das edificações, promovendo ventilação do ático. Essas alternativas se mostraram eficientes na diminuição das temperaturas internas dos ambientes no período de

verão, e, geraram também modificações positivas para a condição de inverno, proporcionando um leve aumento das temperaturas mínimas.

Por meio das simulações computacionais no *EnergyPlus* pôde-se, ainda, verificar as assertivas escolhas dos projetistas dos condomínios relacionados a cor do fechamento vertical dos edifícios, na medida que as cores média ou escura gerariam grande impacto nas temperaturas internas dos ambientes, principalmente nos quartos, que não alcançariam o nível mínimo de desempenho térmico normatizado pela NBR 15575 (ABNT, 2013).

As simulações mostraram também a influência das áreas envidraçadas, de forma que aumentaram significativamente a temperatura interna das habitações com o aumento das áreas de vidros. E, ilustraram que a composição do fechamento vertical atual, paredes de concreto moldados *in loco*, na cidade de Ouro Branco, MG, para as condições dos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e II, se mostraram mais eficientes termicamente que as paredes de alvenarias convencionais, composta de blocos cerâmicos e argamassas como revestimento interno e externo.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O trabalho se propôs a realizar uma Avaliação Pós-Ocupação e análise do desempenho térmico para possibilitar indicações de diretrizes para futuras construções, a partir do ponto de vista dos usuários, e por meio da simulação computacional realizar a análise do desempenho, podendo propor soluções de melhoria, por meio da compreensão do comportamento da edificação.

Na APO realizada nos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, em Ouro Branco, MG, constituídos por paredes de concreto moldado *in loco*, apontou-se uma série de inconvenientes enfrentadas pelos moradores. Os dois maiores relatos de insatisfação foram quanto a privacidade da moradia e concernente a problemas da construção, como infiltrações e trincas.

Como estudado por autores como Sacht (2008), Carvalho L (2012), Goés (2013), Oliveira (2015), Fonseca (2019) e outros, as paredes de concreto moldado *in loco* têm grande ganho de custos em relação aos outros sistemas de construção quando produzidos em larga escala, devido a rápida e padronização da construção, o que contribui para a redução do déficit habitacional. Entretanto, para diminuição dos problemas de construção, fazem-se necessários o cumprimento atento da norma NBR 16055 (ABNT, 2012), planejamento da execução dos serviços e monitoramento rigoroso da produção e da qualidade dos materiais, para diminuição dos inconvenientes observados em edificações após a construção.

Ainda que essa técnica de construção tenha sido utilizada diversas vezes em construções, como aquelas do programa *Minha Casa, Minha Vida*, a APO realizada em Ouro Branco, apontou alto índice de insatisfação. Mesmo em menos de 18 meses de uso, o índice de moradias que já tiveram problemas nas instalações é considerável, atingindo 75% aqueles que relataram problemas com umidades nas paredes e 53% relataram trincas. Dessa forma, a aceitação dos usuários perante o modelo de construção foi baixa, tendo-se que 46% dos usuários não recomendariam a compra de imóveis construídos em paredes de concreto moldado *in loco*.

No que tange à avaliação do desempenho térmico dos condomínios por meio da simulação computacional do *EnergyPlus*, percebeu-se que a edificação obteve o nível mínimo de desempenho térmico no verão quando as aberturas foram sombreadas, de

acordo com os níveis normatizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013). Para a condição de inverno, as habitações atingem níveis superiores de desempenho.

Para melhoria do desempenho em projetos similares instalados na Zona Bioclimática 3, têm-se como sugestão a introdução de paredes de concreto moldado *in loco* de maior espessura, de 10 para 12 cm; pintura de cor clara, que possui baixa absorvância, e orientação solar das aberturas da fachada voltada para sul, sempre que possível. Pode-se ainda, substituir o sistema de fechamento horizontal – cobertura – de telhas de fibrocimento, usual em habitações de interesse social, para telhas tipo sanduiche, e/ou promover aberturas no ático. Essas são algumas modificações projetuais que podem otimizar a temperatura interna na condição de verão e proporcionar ambientes mais confortáveis termicamente.

Mediante este estudo, foi possível identificar, ainda, que para construções de boas habitações de interesse social é necessário analisar fatores individuais a cada região. Deve-se considerar não somente a construção em si e aspectos de construção, como dimensões da habitação, escolhas da técnica de construção, materiais utilizados, questões projetuais como climáticas e de incidência solar, mas também questões culturais da localidade e aspectos da microrregião onde será inserida.

7.1 Limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros

Nesta pesquisa, a maior dificuldade da APO foi conseguir acesso aos moradores, pois a princípio a maioria se negava a participar, acreditando-se que, dentre outros fatores, a pandemia do COVID-19 possa ter dificultado a explanação do trabalho. Supõe-se que em ocasiões diferentes a participação possa ser maior, pois quando se tinha a oportunidade de explicar o estudo, as pessoas aceitavam colaborar e envolveram-se na pesquisa.

Entendendo a viabilidade técnica e econômica descrita por Oliveira (2015), percebe-se que o breve tempo de construção do sistema de concreto moldado *in loco* pode ser positivo para a construção de edifícios do programa *Minha Casa Minha Vida*. Mas é necessário cuidado especial na concepção da estrutura para diminuição de problemas, como trincas e mofo. Além disso, percebe-se que essa técnica de construção, na opinião dos usuários, não tem garantido privacidade aos moradores.

O índice de insatisfação acústica mostrou-se elevado. Portanto, associado a essa técnica de construção sugere-se a instalação de recursos que melhorem o seu desempenho acústico.

Sugere-se ainda, para pesquisas posteriores a medição *in loco* dos índices de ruídos para verificação das normas vigentes, e ainda, a descrição de diretrizes para construção de fechamentos que garantam o bem-estar, conforto e privacidade aos moradores.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 92 p.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 381 p.

_____. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada “*in loco*” para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 35 p.

_____. **NBR 6118**: Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014, 238 p.

AKUTSU, M. **Método para a avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ALVIM, L. G. **Avaliação Do Desempenho E Do Conforto Térmico De Uma Edificação Ventilada Naturalmente Segundo As Normas Brasileiras De Desempenho Térmico E A Ashrae 55**. 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ANDOLSUN, S., CULP, C.H., HABERL, J., WITTE, M.J. ENERGYPLUS VS. DOE-2.1E: The effect of ground-coupling on energy use of a code house with basement in a hot-humid climate. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1663–1675, 2011.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIRCONDITIONING – **ASHRAE Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American National Standards Institute; Atlanta: Georgia, 2017.

_____. **Standard 140** - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, Atlanta, GA, 2017.

ÁVARES, S. M. **Desempenho térmico de habitações do PMCMV em paredes de concreto**: estudo de caso em São Carlos-SP e diretrizes de projeto para a Zona Bioclimática 4. 2018. 210 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

BAPTISTA, C. A. A. **Metodologia para avaliação pós-ocupação em centros municipais de educação infantil de Vitória**. 2009. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

BASTOS, C. S. **Avaliação Pós-Ocupação e Design de Interiores: uma experiência didática**. 2015. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

BATISTA, B. C. R. **Avaliação das condições físico-construtivas e do desempenho térmico de uma edificação do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais** -

Estudo de Caso. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CAMARGOS, B. H. L. **Desempenho térmico de galpões industriais equipados com lanternis**. 2019. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PROPEC, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

CAMPOS, H. C. **Avaliação pós-ocupação de edificações construídas no sistema Light Steel Framing**. 2010. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PROPEC, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

CARVALHO, L. F. **Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CARVALHO, P. P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2 brasileira**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CASTRO, N. H. B. **Avaliação Do Desempenho Térmico E Lumínico, Considerando O Nível De Satisfação Dos Usuários: O Caso De Um Edifício De Escritório Com Estratégias Bioclimáticas**. 2019. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

CLARKE, J. A. **Energy Simulation in Building Design**. Boston, USA: Adan Hilger Ltd, 1985. 388p.

COSTA, E. C. da. **Ventilação**. 1 ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 256 p.

DOE – U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Version 9.4.0**. 2020a. Disponível em: <https://energyplus.net/downloads>. Acesso em: 12 out. 2020.

DOE – U.S DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Version 9.4.0 Documentation: Input Output Reference**. 2020b.

DOE – U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Weather Data**. 2020c. Disponível em: <https://energyplus.net/weather>. Acesso em: 12 nov. 2020.

FERREIRA, D. G. **Avaliação do desempenho térmico e acústico em habitações de interesse social: estudo de caso em Governador Valadares/MG**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

FONSECA, A. F. T. **Estudo de caso sobre o método construtivo de paredes de concreto moldadas "in loco" em casas populares no Município de Mossoró –**

RN. 2019. 67 f. Trabalho de conclusão de curso Superior em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró/RN. 2019.

GÓES, B. P. **Paredes de concreto moldadas “in loco”, estudo do sistema adotado em habitações populares.** 2013. 42p. Projeto de graduação – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013

GOMES, A. P. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em light steel framing.** 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

GOMES, A. P. **Método de Avaliação do Desempenho Térmico de Edifícios Comerciais e Residenciais em Light Steel Framing.** 2012. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

GONÇALVES, J. C. S. Introdução. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (Eds.). **Edifício Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 15–23.

GOOGLE MAPS. 2020 . Imagem do condomínio. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-20.5100955,-43.6979985,294m/data=!3m1!1e3> Acesso: 11 de maio. 2020.

HERMSDORFF, M. M. C. **A estrutura metálica como solução para habitação de interesse social: uma avaliação pós-ocupação do conjunto habitacional Oswaldo Barbosa Penna II, Nova Lima – MG.** 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

IBGE. Dados da cidade de Ouro Branco, MG. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-branco/panorama/>. Acesso: 04 mar. 2020.

INFRACITY – Residencial Cidadão Manauara 2. Disponível em: <https://infracity.social/residencial-cidadao-manauara-2-utiliza-paredes-de-concreto-moldadas-in-loco/>. Acesso em 06 mai. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso: 11 maio. 2020.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria nº 50/2013. **Anexo Geral V: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros.** Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtospbe/regulamentos/anexov.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2021.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. 2. ed. rev. [s.l.], 1998. 51 p.

_____. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 3. ed. rev. [s.l.], 2005. 52 p.

KOWALTOWSKI, D., GRANJA, A. D., MOREIRA, D. DE C., PINA, S. M., OLIVA, C. A. CASTRO, M. R. **The Brazilian housing program “Minha Casa Minha Vida” – A systematic literature review.** *Journal of the Korean Housing Association*. Vol. 26, no. 6, pp. 35–42. Online. Dec. 2015.

LEITE, L. C. R. **Avaliação de projetos habitacional**: determinando a funcionalidade da moradia social. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

LORENZI, L. S.; SILVA FILHO, L. C. P. Análise de desempenho de paredes de concreto armado frente a ABNT NBR 15575. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 57., 2015, Bonito. **Anais [...]**. São Paulo: IBRACON, 2015.

MALHOTRA, K. N. **Pesquisa em Marketing**: Uma orientação Aplicada. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MATOS, M. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural.** 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

OLIVEIRA, R. B.; ALVES, C. R. Análise do desempenho térmico de habitação de interesse social com paredes de concreto em Uberlândia-MG. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, p. e021006, 2021.

OLIVEIRA, R. D. **Classificação Do Desempenho Térmico Da Envoltória De Habitação Popular Em Concreto Armado.** 2015. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia das Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ONO, R.; ORNSTEIN, S.; VILLA, S.; FRANÇA, A. (org.). **Avaliação pós-ocupação na arquitetura, no urbanismo e no design: da teoria à prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

ORNSTEIN, S. W; ROMÉRO, M. (Ed. e Coord.). **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído.** São Paulo: Studio Nobel, Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

OURO BRANCO/MG. Portaria nº 267, de 22 de março de 2017, **editada pelo Ministérios das Cidades**: limita a aquisição de imóveis do Programa Minha Casa Minha Vida.

_____. Decreto Nº.9.077. De 28 de agosto 2018. **Dispõe sobre os procedimentos para seleção dos beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV.** Imprensa oficial de Ouro Branco.

PINHEIRO, J. Q.; GÜNTHER, H. **Métodos de pesquisa nos Estudos Pessoa-Ambiente**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008.

PIMENTA, I. G. D. **Avaliação de desempenho na Escola de Ciências Biológicas do Unileste/ MG**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2013.

PREFEITURA DE MANAUS. **Residencial Cidadão Manauara 2**. Disponível em: <http://www.manaus.am.gov.br/noticia/obras-residencial-manauara-2/> Acesso: 06 mai. 2020.

PREFEITURA DE OURO BRANCO. **Minha Casa, Minha Vida: inscrições, condições de enquadramento e critérios de classificação**. Disponível em: <https://www.ourobranco.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/minha-casa-minha-vida-inscricoes-condicoes-de-enquadramento-e-criterios-de-classificacao/70051> Acesso: 16 jun. 2020.

PREISER, W. F. E. The Evolution of Post-Occupancy Evaluation: Toward Building Performance and Universal Design Evaluation. In: COUNCIL, F. F. **Learning from our building. A State-of-the Practice Summary of Post – Ocupancy Evaluation**. Washington: National Academy Press, 2002. Cap 2

PREISER, W. F. E.; VISCHER, J. C. (Ed). **Assessing Building Performance**. Oxford: Elsevier, 2005.

RALLAPALLI, H. S. **A comparison of EnergyPlus and eQUEST: whole building energy simulation results for a medium sized office building**. Orientador: Harvey Bryan, Chair. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Arizona State University, Arizona, 2010.

RDR ENGENHARIA. **Fotografias dos Condomínios Jardim Panorama I e II**. Disponível em: <http://www.rdrengharia.com/residencial-jardim-panorama.html/> Acesso: 14 fev. 2020.

RESENDE, B. C. **Influência do solo no desempenho térmico de habitações com cômodos subterrâneos**. 2017. 244 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2017.

RIBAS, R. A. de J. **Avaliação das condições físico-construtivas e de desempenho de uma edificação estruturada em aço**. Estudo de caso: prédio da EM da UFOP. 2006. 186 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

RIBAS, R. A. J. **Método para avaliação do desempenho térmico e acústico de edificações aplicado em painéis de fechamento industrializados**. 2012. 196 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal e Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

RHEINGANTZ, P. A. AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUIEROZ, M. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. 2009. 117 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Rio de Janeiro, 2009.

ROMERO, M.A.; ORNSTEIN, S.W. (coordenadores/ editores). **Avaliação Pós-Ocupação. Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social**. 2003. 294 f. Porto Alegre, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído; Financiadora de Estudos e Projetos, 2003 (Coletânea Habitare/FINEP,1). Porto Alegre. 2003.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado in loco: Avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. 2008. 229 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo, São Carlos/SP. 2008.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com formas metálicas em habitações populares**. 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão/PR. 2013.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da pesquisa**. 2001. 121 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

SILVA, P. M. A. **Aplicação do programa *EnergyPlus* como ferramenta do Projecto de comportamento térmico de edifícios de habitação**. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

SILVA, N. L. **Análise dos Parâmetros de Conforto Térmico em Habitações Populares de Um Conjunto em João Pessoa/PB**. 2015. 151 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/ PB. 2015.

SILVA, L. S. **Aplicação de Avaliação Pós-Ocupação (APO) em ambiente escolar**. 2016. 129 f. Trabalho de conclusão de curso Superior em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, M. F. **Avaliação pós-ocupação em edifícios residências multifamiliares ventilados mecanicamente com foco na Qualidade do Ar Interno (IAQ)**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto/MG. 2016.

SILVA, S. G. **Análise De Eficiência Energética Aplicada Ao Programa Minha Casa Minha Vida**. 2019. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior em Engenharia Civil –Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão/ SC, 2019.

SILVEIRA, F. M. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15.575 e ASHRAE 55**. 2014. 232 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências da Arquitetura) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SOMMER, B; SOMMER, R. **A practical guide to behavioral research. Tools and Techniques.** New York: Oxford University Press, 1997.

SZÜCS, C. P; PEREIRA, G. M; SILVA, C. S. F.; COSTA, M. Sustentabilidade Social e Habitação Social. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4. E 2., Campo Grande, 2007. **Anais...** Campo Grande: ANTAC, 2007. CD-ROM.

TEMPO AGORA. Disponível: <https://www.tempoagora.com.br/previsao-do-tempo/MG/OuroBranco>. Acesso: 11 de maio. 2020.

VIANA, F. S. **Análise de Desempenho Térmico em Módulo de Contêiner Marítimo.** 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto/MG. 2018.

VIANA, F. S.; SOUZA, H. A.; GOMES, A. P. Residência em contêiner: comparativo de estratégias para a melhoria do desempenho térmico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019011, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652794>. Acesso em: 27 mar. 2019.

VILLA, S. B. **Morar em Apartamentos:** a produção dos espaços privados e semi-privados nos apartamentos ofertados pelo mercado imobiliário no século XXI - São Paulo e Ribeirão Preto - Critérios para Avaliação Pós-Ocupação. 2008. 360 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VILLA, S. B. A APO como elemento norteador de práticas de projeto HIS. O caso do projeto [MORA]. In: Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusofono. **Anais do Congresso Internacional de Habitações no Espaço Lusófono**, Lisboa, p 1-16, 2010.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P.; GARCIA, L. C. **Avaliação pós ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida:** uma experiência metodológica. 2015. 150 f. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia – PROEX, 2015.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. C. P.; GARCIA, L. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação Pós-ocupação do Programa Minha Casa Minha Vida:** Aspectos Funcionais, Comportamentais e Ambientais. 2016. 64 f. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016.

VISCHER, J. Post-Occupancy Evaluation: A Multifaceted Tool for Building Improvement. In: COUNCIL, F. F. **Learning from our building. A State-of-the Practice Summary of Post – Occupancy Evaluation.** Whashington: National Academy Pres, 2002.

APÊNDICE A

Neste apêndice apresentam-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Questionário que foi entregue aos moradores dos conjuntos habitacionais Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, localizado em Ouro Branco, MG.



Sou mestranda da Universidade Federal de Ouro Preto, e estou realizando uma pesquisa sobre as percepções dos usuários referentes ao desempenho térmico da HIS constituída de paredes de concreto moldado *in loco*. Após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), gostaria da sua atenção e presteza para preenchimento deste questionário.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “**Avaliação pós-ocupação e análise de desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado *in loco***”. Nesta pesquisa pretendemos avaliar a percepção quanto ao desempenho térmico dos moradores do conjunto habitacional de interesse social, Jardim Panorama I e Jardim Panorama II, localizado na cidade de Ouro Branco/MG. A pesquisa se justifica pela influência do desempenho das edificações na qualidade de vida dos moradores. Para essa pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: questionário com residentes do conjunto habitacional Jardim Panorama I e Jardim Panorama II e simulação computacional da edificação.

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em riscos mínimos, como tempo gasto para responder o questionário, os quais serão minimizados de maneira que tentaremos fazer uma entrevista mais breve possível. É importante salientar que todas as informações serão sigilosas. Para participar desta pesquisa, você não terá nenhum custo, nem receberá nenhuma vantagem financeira.

Essa pesquisa beneficiará tanto a população quanto o poder público e projetistas, pois pode subsidiar diretrizes para futuros projetos que visem habitações com melhor desempenho térmico e propor, se houver, medidas simples de melhorias na atual edificação.

O Sr. (a) terá esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará em nenhuma penalidade ou modificação na forma que o Sr. (a) é atendido pelo pesquisador. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

O resultado da pesquisa, sendo favorável ou não, estará a sua disposição quando finalizada. Esse resultado será apresentado em uma dissertação e em eventos científicos na forma de publicação de artigo científico em periódicos da área, sempre preservando sua identidade e privacidade e o (a) Sr (a) não será identificado em nenhuma publicação.

Este termo de consentimento encontra-se em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, em armário pessoal, e a outra via será fornecida ao Sr. (a). Os dados e instrumentos pessoais utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável, em seu computador pessoal, localizado na sala 13, da Escola de Minas, campus Morro do Cruzeiro, da Universidade Federal de Ouro Preto/MG, por um período de 5 (cinco) anos, após esse período serão destruídos.

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UFOP – CEP/UFOP- Localizado no Centro de Convergência da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro – Ouro Preto/MG. Fone (31) 3559-1368. Em caso de dúvidas, com respeito aos outros aspectos desta pesquisa, você poderá consultar a coordenação da pesquisa. O Prof. Adriano Pinto Gomes, no DECIV/MECON da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro – Ouro Preto/MG. Fone (31) 3559-1368. E-mail: adriano.gomes@ifmg.edu.br.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções
Mestrado Profissional em Engenharia das Construções



Eu _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “**Avaliação pós-ocupação e análise de desempenho térmico em habitação de interesse social com sistema de construção em concreto moldado *in loco***”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar.

Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Ouro Branco, _____ de _____ de 2020.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Data:

Bloco:

Apartamento:

QUESTIONÁRIO

1 - PERFIL DOS MORADORES

1.1 Gênero: () feminino () masculino () outro. **1.2 Ano do nascimento:** _____

1.3 Escolaridade:

() Nenhuma () Ens. Fund. incompleto () Ens. Fund. completo
() Ens. médio incompleto () Ens. Médio completo () Superior incompleto
() Superior completo () Pós-graduação incompleta () Pós-graduação completa.

1.4 Número de moradores da residência: () 1 () 2-3 () 4-5 () 6-7 () 8 ou mais.

1.5 Quantidade de ocupantes por faixa etária no seu apartamento:

() __ até 6 anos () __ 7 a 13 () __ 14 a 21 () __ 22 a 45
() __ 46 a 65 () __ 66 ou mais .

1.6 Qual a sua ocupação? _____

1.7 Renda Familiar (salários mínimos): () até 1 () 1-3 () 3-5 () mais.

2 - AVALIAÇÃO DE ASPECTOS DA RESIDÊNCIA

2.1 Qual era o seu tipo de moradia anterior a esse apartamento?

() Casa () Apartamento () Dividia moradia com outra família - Casa
() Dividia moradia com outra família – Apartamento.

2.2 Você considera esse apartamento melhor que sua moradia anterior?

() Pior () Igual () Melhor () Muito melhor.

INFORME SUA SATISFAÇÃO EM RELAÇÃO AOS SEGUINTE ASPECTOS:

2.3 Qualidade da construção deste condomínio em geral?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.4 Aparência geral deste condomínio?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.5 Sobre sua privacidade em relação aos vizinhos?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.6 Sobre o tamanho desta residência?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.7 Quanto as divisões (cômodos) da residência?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.8 Sobre o tamanho dos cômodos (divisões) da residência?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.9 O que você acha de trabalhar ou estudar nesta residência?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim () Péssimo.

2.10 Já houve problemas nas instalações? () Sim () Não
Se sim, houve dificuldade em fazer manutenção? Qual?

2.11 Já houve problema de umidade nas paredes? () Sim () Não

2.12 Há trincas nas paredes ou teto? () Sim () Não

2.13 Você sente segurança na estrutura da edificação? () Sim () Não

2.14 Como você avalia a qualidade das paredes em relação a resistência?

() Muito resistente () Resistente () Mais ou menos
() Pouco resistente () Muito frágil

2.15 Em relação ao conforto do seu apartamento:

2.15.1 Como você considera a temperatura em sua residência:

No verão

Sala	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Dormitórios	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Banheiro	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Cozinha	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Área de Serv.	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

No inverno

Sala	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Dormitórios	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Banheiro	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Cozinha	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Área de Serv.	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

2.15.2 Como você considera a ventilação natural em sua residência:

Sala	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Dormitórios	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Banheiro	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Cozinha	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Área de Serv.	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

2.15.3 Como você considera a iluminação natural em sua residência:

Sala	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Dormitórios	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

Banheiro	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Cozinha	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Área de Serv.	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

2.15.4 Como você considera a acústica no interior da sua residência:

Interior	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima
Exterior (hall)	() Ótima	() Boa	() Regular	() Ruim	() Péssima

2.16 Como você considera o gasto com energia elétrica?

() Muito elevado () Elevado () Regular () Baixo () Muito Baixo

2.17 Na sua opinião, qual a principal fonte de gasto com a energia elétrica?

() Chuveiro elétrico () Televisor () Ferro Elétrico () Geladeira
() Iluminação () Rádio () Outros _____

2.18 Que horário você sente mais calor no seu apartamento? _____

2.19 Possui dispositivos de ventilação? () Sim () Não

Quais _____

Onde _____

Ficam ligados em média quantas horas por dia? _____

2.20 Quantas horas por dia, em média, sua janela fica aberta? Quais horários?

Em média _____ h/dia. De _____ h à _____ h e _____ h à _____ h e _____ h à _____ h.

2.21 A edificação atende as necessidades dos usuários? () Sim () Não

Se não, por quê? _____

2.22 Você acha que a unidade garante a privacidade dos usuários? () Sim () Não

Se não, por quê? _____

2.23 Você sente diferença nesta edificação para aquelas construídas de paredes de alvenarias convencionais?

() Sim () Não Quais? _____

2.24 Já houve algum empenamento ou movimentação das paredes internas?

() Sim () Não Se sim, qual? _____

2.25 Você recomendaria a compra ou aluguel de imóveis com esse tipo de sistema construtivo para seus parentes?

() Sim () Não Por quê? _____

2.26 Pensando na unidade habitacional como um todo, como você avalia sua satisfação?

() Totalmente satisfeita () Satisfeita () Parcialmente satisfeita
() Insatisfeita () Totalmente insatisfeita.

MUITO OBRIGADA PELA COLABORAÇÃO NESTA PESQUISA!