



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - GEOTECNIA, ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL**

ANDREIA ALVES DO PRADO

**Avaliação de Desempenho Térmico em Habitações de Interesse Social:
Estudo de Caso Residencial Real Conquista**

GOIÂNIA
2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Andreia Alves do Prado

3. Título do trabalho

Avaliação de desempenho térmico em habitações de interesse social: estudo de caso Residencial Real Conquista

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana Gondim Do Amaral, Professora do Magistério Superior**, em 30/12/2025, às 09:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andreia Alves do Prado, Usuário Externo**, em 30/12/2025, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5770980** e o código CRC **C3E45B5B**.

ANDREIA ALVES DO PRADO

Avaliação de Desempenho Térmico em Habitações de Interesse Social: Estudo de Caso Residencial Real Conquista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, da Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Tatiana Gondim do Amaral.

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Ludmila Rodrigues de Moraes

GOIÂNIA
2011

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Prado, Andreia Alves do
Avaliação de Desempenho Térmico em Habitações de Interesse Social
[Manuscrito]: Estudo de Caso Residencial Real Conquista / Andreia Alves do Prado. - 2011.
CX, 109 f.: 2011

Orientadora: Prof(a). Dra. Tatiana Gondim do Amaral; co-orientadora: Dra. Ludmila Rodrigues de Moraes

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia, 2011.

Anexo.

Inclui: siglas, tabelas, gráfico, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Desempenho Térmico. 2. Habitações de Interesse Social. 3. Residencial Real Coquista.

I. Amaral, Tatiana Gondim do , orient. II. Moraes, Ludmila Rodrigues de , co-orient.
III. Título.

CDU 624



PPG
GECON

Programa de Pós-Graduação em
Geotecnia, Estruturas e Construção Civil



Ata de Nº 49 da sessão de julgamento Dissertação em Geotecnia e Construção Civil, área de concentração Construção Civil, da aluna Andreia Alves do Prado, realizada em 31/08/2011.

Aos 31 dias do mês de agosto de 2011, as 14h00, na sala 302, do Centro de Aulas "D", da Universidade Federal de Goiás, reuniu-se a banca examinadora designada na forma regimental pela Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil para julgar a Dissertação intitulada "AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL REAL CONQUISTA", apresentada pela aluna Andreia Alves do Prado, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de MESTRE, área de concentração Construção Civil. A Banca Examinadora foi Presidida pela Profª. Drª. Tatiana Gondim do Amaral (UFG), e teve como membros o Prof. Dr. Daniel Araújo (UFG) e a Profª. Drª. Rosa Maria Spoto (UNB). Aberta a sessão pública, a candidata teve a oportunidade de expor o trabalho. Após a exposição, a aluna foi arguida oralmente pelos membros da Banca,

tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação. A Banca concluiu pela **aprovação** da candidata **sem restrições**.

não tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação. A Banca concluiu pela **reprovação** da candidata.

Nos termos do Regulamento Geral dos Cursos de pós-graduação desta Universidade, foi lavrada a presente ata, que lida e julgada conforme, segue assinada pelos membros da **Banca Examinadora** e pela candidata.

BANCA EXAMINADORA:

Presidida pela Profª. Drª. Tatiana Gondim do Amaral (UFG)

Prof. Dr. Daniel Araújo (UFG)

Profª. Drª. Rosa Maria Spoto (UNB)

CANDIDATA:

Andreia Alves do Prado

Dedico esta pesquisa a minha família,
meus amigos e meus alunos.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, irmã e sobrinhos, pelo apoio, carinho e compreensão, eles são meu alicerce. Em especial ao meu pai pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento da pesquisa.

As minhas orientadoras professoras Dra. Tatiana Gondim do Amaral e Ludmila Moraes, pela paciência, confiança, apoio, companheirismo, carinho, dedicação e, principalmente por aceitarem este desafio comigo.

Aos amigos que se disponibilizaram a ajudar de alguma forma, me ajudaram e me fortaleceram, pela solidariedade, apoio e confiança.

Aos moradores do Residencial Real Conquista, pela paciência de me receber em suas casas e pela disponibilidade em me atender.

A FAPEG, pela bolsa de estudos que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus alunos e colegas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Uruaçu, pela compreensão e apoio.

RESUMO

O alto déficit habitacional no Brasil estimula a criação de diversos programas habitacionais, no entanto, as habitações sociais são propagadas sem a devida preocupação com o contexto social, cultural e regional do local em que são construídas. Pesquisas comprovam que a falta de qualidade no espaço construído interfere na qualidade de vida de seus usuários. Nos últimos anos, normas brasileiras entraram em vigor a fim de garantir o desempenho adequado aos edifícios, propondo requisitos e critérios mínimos a serem seguidos tanto em fase de projeto quanto em fase de execução da construção. Esta pesquisa tem como objetivo fazer a comparação em relação ao desempenho térmico de dois diferentes sistemas construtivos empregados no empreendimento de habitação de interesse social Residencial Real Conquista, na cidade de Goiânia – GO, gerenciado pela Agência Goiana de Habitação - AGEHAB. Propõe-se um estudo de caso, visando analisar o empreendimento em fase de projeto e em uso, verificando sua conformidade com as normas brasileiras NBR 15.220 - Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), e NBR 15.575– Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2008), por meio de avaliações do projeto arquitetônico, quanto aos parâmetros construtivos sugeridos; cálculo das propriedades térmicas dos sistemas construtivos empregados; e avaliação da percepção do usuário. Os resultados permitirão selecionar a tecnologia construtiva mais adequada ao clima da região estudada, e verificar se os níveis de desempenho fixados pelas normas estão condizentes com os usuários das habitações. Assim, espera-se confrontar os resultados obtidos na coleta de dados e propor diretrizes construtivas para melhoria do processo de concepção de habitações de interesse social, quanto à escolha de materiais e sistemas construtivos mais adequados a este contexto geográfico.

Palavras-chave: Desempenho Térmico, Habitações de Interesse Social, Residencial Real Conquista

ABSTRACT

The high housing deficit in Brazil encouraged the creation of various housing programs, however, social housing are propagated without due concern for the social, cultural and regional differences of where they are built. Researches have shown that lack of quality in the built environment affects the quality of life of its users. In recent years, Brazilian regulations came into force to ensure adequate performance of the buildings and proposed minimum requirements and criteria to be followed both in design phase and in the implementation phase of construction. This research aims to propose to make a comparison of the thermal performance of two different systems of construction employed in the undertaking of social housing Residencial Real Conquista, in Goiânia - GO, managed by the Housing Agency of Goiás. It is proposed a case study, to evaluate the project in design phase and in use by checking their conformity with the Brazilian standards NBR 15220 (ABNT, 2005) and NBR 15575 (ABNT, 2008), through evaluations of architectural design , regarding the construction parameters suggested; calculate the thermal properties of building systems employed; and evaluation of user perception. It was conducted a literature review on the subject, seeking to subsidize the instrumentation for data collection. The results will select the most appropriate building technologies to the climate of the region studied, and verify that the performance levels set by the rules are consistent with the users of the houses. Thus, it is expected to confront the results obtained in data collection and propose constructive guidelines for improving the design process for social housing, to the choice of materials and building systems more appropriate to this geographic context.

Keywords: Thermal Performance, Social Housing, Residencial Real Conquista

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 - Gráfico de representação do Déficit Habitacional no Brasil no período entre 2007 e 2008 –	28
Figura 2-2 – Gráfico do déficit habitacional em todas as regiões brasileiras. (Fonte: Ferreira, 2011).....	28
Figura 2-3 – Diagrama do conforto térmico humano. (Fonte: ROCHA, 2004).....	38
Figura 2-4 – Troca térmica entre o corpo humano e o meio.(Fonte: LAMBERTS <i>et al.</i> , 1997).	39
Figura 2-5 – Zoneamento bioclimático Brasileiro (Fonte: ABNT, 2005c).....	46
Figura 2-6 – Fluxograma dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico da edificação	49
Figura 3-1 – Fluxograma da pesquisa	52
Figura 3-2 – Fluxograma da metodologia de avaliação de desempenho térmico segundo NBR 15.575 (Fonte: ABNT, 2008a).....	54
Figura 3-3– Interface inicial Software Transmitância.....	55
Figura3-4 – Interface para lançamento dos dados no <i>Software</i> Transmitância.....	56
Figura3-5 – Interface final com os resultados no <i>Software</i> Transmitância	57
Figura 3-6 – Equipamentos para medições do estudo piloto. a) Termo-higro-anemômetro Digital Portátil modelo THAR-185, marca Instrutherm. b) Termômetro Infravermelho modelo TI890, marca Instrutherm. (Fonte: www.instrutherm.com.br).....	60
Figura 4-1 Mapa de localização do Residencial Real Conquista (Fonte: adaptação Google Mapas)	61

Figura 4-2 Mapa de localização do Residencial Real Conquista (Fonte: adaptação Google Mapas)	61
Figura 4-3- Implantação do Residencial Real Conquista (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010)	62
Figura 4-4 – Planta padrão para habitações do Residencial Real Conquista.....	63
Figura 4-5- Cortes internos das habitações do Residencial Real Conquista. (a) Corte longitudinal (b) Corte Transversal. (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010).....	64
Figura 4-6- Fachadas das habitações do Residencial Real Conquista. (a) Fachada Frontal (b) Fachada Lateral. (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010).....	64
Figura 4-7 – Unidade habitacional finalizada no Residencial Real Conquista	64
Figura 4-8 – Fábrica de casas no Residencial Real Conquista	66
Figura 4-9 – Canteiro de obras. (a) Armazenagem de agregados. (b) Armazenagem dos blocos cerâmicos.	66
Figura 4-10 – Canteiro de obras. (a) Armazenagem das treliças de aço. (b) Armazenagem de tubos.	67
Figura 4-11 – Formas dos painéis. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009).....	67
Figura 4-12 – Montagem dos blocos cerâmicos. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009).....	68
Figura 4-13 – Montagem dos kits de água fria. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009)	68
Figura 4-14 – Concretagem. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009)	69
Figura 4-15 – Revestimento horizontal de argamassa. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009).....	69
Figura 4-16 – Içamento dos painéis.....	70
Figura 4-17 – Revestimento vertical de argamassa	71
Figura 4-18 – Armazenamento dos painéis.	71
Figura 4-19 – Transporte dos painéis.	72

Figura 4-20 – Fundação.....	73
Figura 4-21 – Junção dos painéis. (Fonte: JAIME <i>et al.</i> , 2009).....	73
Figura 4-22 – Montagem dos painéis.	74
Figura 4.23– Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Fonte: NBR 15.220:2005).....	79
Figura 4.24 – Zona Bioclimática 6 (Fonte: NBR 15.220:2005).....	80
Figura 4.25 – Unidades habitacionais com vegetações	84
Figura 4.26 – Painel de alvenaria pré-fabricada, sem escala.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1– Níveis de desempenho térmico	75
Tabela 4.1- Parâmetros de aberturas para ventilação	80
Tabela 4.2- Parâmetros de aberturas para ventilação	81
Tabela 4.3- Resultados da avaliação das aberturas.....	81
Tabela 4.4 Parâmetros das propriedades térmicas para cada tipo de vedações externas.....	82
Tabela 4.5 – Transmitância térmica, Capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes	82
Tabela 4.6 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas.....	83
Tabela 4.7 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 6	83
Tabela 4.8 – Transmitância térmica de paredes externas	86
Tabela 4.9 – Capacidade térmica de paredes externas	86
Tabela 4.10 – Resultados dos cálculos das propriedades térmicas dos sistemas construtivos.	87
Tabela 4.11 – Transmitância térmica de coberturas	88
Tabela 4.12 – Critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absorvância das superfícies externas	89
Tabela 4.13 – Resultados dos cálculos das propriedades térmicas das coberturas.....	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Comparativo entre as temperaturas internas e externas do ar e da superfície das alvenarias pré-fabricadas com blocos cerâmicos.....	76
Gráfico 4.2 – Relação entre a temperatura interna da habitação e velocidade dos ventos no interior da habitação.	77
Gráfico 4.3 – Relação entre a temperatura interna da habitação e umidade relativa do ar no interior da habitação.	78
Gráfico 4.4 – Relação entre temperatura e cor da casa	78
Gráfico 4.5 – Origem dos moradores	90
Gráfico 4.6 – Tempo de moradia no Residencial Real Conquista.....	91
Gráfico 4.7 – Tamanho da casa suficiente para abrigar a família	91
Gráfico 4.8 – Nível de satisfação quanto ao tamanho dos ambientes	92
Gráfico 4.9 – Quantidade de moradores por unidade habitacional	92
Gráfico 4.10 – Conforto térmico – Alvenaria convencional	93
Gráfico 4.11 – Ventilação dos ambientes – Alvenaria convencional.....	93
Gráfico 4.12 – Conforto térmico – Alvenaria pré-fabricada	93
Gráfico 4.13 – Ventilação dos ambientes – Alvenaria pré-fabricada.....	94
Gráfico 4.14 – Unidades com focos de umidade.....	94
Gráfico 4.15 – Ambientes com foco de umidade	95

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGEHAB Agência Goiana de Habitação

AMN Associação Mercosul de Normalização

AQUA Alta Qualidade Ambiental

ASHRAE *American Society of Heating*

ASTM *American Society for Testing and Materials*

BNH Banco Nacional da Habitação

BS *British Standards*

CEN *Comité Européen de Normalisation*

CHEGO Companhia de Habitacional de Goiás

COHAB Companhia de Habitação Popular de Goiânia

EHIS Empreendimento de Habitação de Interesse Social

FCAV Fundação Carlos Alberto Vanzolini

FGTS Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

FJP Fundação João Pinheiro

HBB Programa Habitar Brasil

HIS Habitação de Interesse Social

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO *International Organization for Standardization*

LABEEE Laboratório de Eficiência Energética

NBR Norma Brasileira

PNH Política Nacional de Habitação

SFH Sistema Financeiro da Habitação

SNH Sistema Nacional de Habitação

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	19
1.1	Problematização.....	19
1.2	Justificativa.....	20
1.3	Objetivos.....	22
1.3.1	Objetivo geral.....	22
1.3.2	Objetivo específico.....	22
1.4	Metodologia.....	22
1.5	Delimitações da pesquisa.....	23
1.6	Estrutura do trabalho.....	23
2.	Revisão bibliográfica.....	25
2.1	Habitações de interesse social.....	25
2.1.1	Déficit habitacional brasileiro.....	27
2.1.2	Programas habitacionais em Goiás.....	29
2.1.3	Tipologias e sistemas construtivos de habitações sociais.....	30
2.2	Desempenho ambiental em habitações de interesse social.....	33
2.2.1	Avaliação de desempenho ambiental.....	34
2.2.2	Conforto térmico.....	36
2.2.3	Desempenho térmico.....	40
2.2.3.1	Propriedades térmicas dos materiais.....	42

2.2.3.2	Condições Climáticas do Meio Externo	43
2.3	Normas e metodologias para avaliação de desempenho térmico.....	45
2.3.1	NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações	45
2.3.2	NBR 15.575 – Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos 47	
2.3.3	Outras normas ou recomendações	50
3.	Metodologia.....	51
3.1	Instrumentos de coleta de dados	54
3.1.1	Análise de projeto arquitetônico.....	54
3.1.2	Análise das propriedades térmicas do sistema construtivo	55
3.1.3	Entrevista estruturada	57
3.2	Estudo Piloto.....	58
4.	Estudo de caso	61
4.1	Caracterização do Empreendimento	62
4.1.1	O Sistema Construtivo de alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos	65
4.1.2	Avaliação do desempenho térmico do sistema pré-fabricado segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).....	74
4.1.3	Resultados do estudo piloto.....	76
4.2	Análise de dados	79
4.2.1	Avaliação do Projeto Arquitetônico	80
4.2.2	Análise das propriedades térmicas do sistema construtivo	85
4.2.2	Entrevista com moradores do Residencial Real Conquista.....	89

5. CONCLUSÕES e considerações finais	96
5.1 Dificuldades encontradas	100
5.2 Sugestões de trabalhos futuros.....	100
Referências	101
Apêndice A.....	107

CAPITULO 1

1. INTRODUÇÃO

Ter uma moradia digna, além de ser o sonho de milhões de pessoas, é direito previsto na Declaração Universal dos Direitos Humanos, bem como na Constituição Brasileira. Porém, segundo o Ministério das Cidades, o *déficit* habitacional no Brasil no ano de 2000 era de 7,223 milhões de moradias (CUNHA *et al.*, 2007).

O presente capítulo apresenta as considerações iniciais da pesquisa, que embasaram o desenvolvimento da mesma. Para tanto, foi levantada a problemática do *déficit* habitacional no Brasil e em Goiás, qual a relevância de se estudar o tema, os objetivos da pesquisa e quais as suas delimitações.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Mesmo com toda evolução tecnológica, a habitação ainda mantém sua função primordial de proteger o ser humano das intempéries e de intrusos. No entanto, com o desenvolvimento da técnica, o homem passou a utilizar materiais tornando o abrigo cada vez mais elaborado.

Na busca pela realização do sonho da casa própria, muitas famílias adotam o sistema de autoconstrução, construindo habitações com improvisado, sem planejamento adequado e desconhecendo os parâmetros principais de conforto, segurança e custo.

Visando solucionar os problemas habitacionais, surgem programas para financiamento de Habitações de Interesse Social. Segundo Miron (2008), recentemente no Brasil, têm sido realizados Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (EHIS) por meio de programas integrados, envolvendo assistência social e obras de infraestrutura em áreas urbanas degradadas.

Para a realização deste tipo de empreendimento existem vários fatores que devem ser levados em consideração, tais como a regularização fundiária, o reassentamento da população, o impacto ambiental, restrições orçamentárias, atendimento a prazos, atendimento a requisitos dos usuários, participação comunitária e inclusão social.

Torna-se um processo de desenvolvimento complexo, surgindo, conseqüentemente, a necessidade de gerenciamento de informações, como por exemplo, os requisitos dos clientes (diretos e indiretos) ao longo da realização desses empreendimentos.

Com a propagação de programas habitacionais para população de baixa renda surgem diversas pesquisas tratando da avaliação de seus sistemas construtivos, não só em relação às técnicas empregadas, mas também em relação ao seu desempenho, visando diagnosticar condições de habitabilidade.

Segundo Toledo e Fricke (2007), a análise dos diversos resultados encontrados mostra que grande parte das construções apresenta desempenho inadequado, promovendo baixa qualidade de vida aos seus usuários, pois o modelo padronizado de HIS desconsidera questões regionais e culturais. A qualidade construtiva é precária e não atende a condições de habitabilidade. Não se considera o desempenho do sistema construtivo em relação ao conforto ambiental.

Os problemas de desempenho relacionados ao conforto ambiental podem ser constatados por meio de uma avaliação da percepção do usuário ou por meio de simulações computacionais e medições no local, verificando as propriedades térmicas do sistema construtivo empregado.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Herrera e Ferrez (2009), habitação pode ser definida como um sistema, um conjunto de componentes físicos que constituem o meio ambiente, no qual os humanos interagem através de sistemas sociais, como família, vizinhança e comunidade.

Ao se melhorar a qualidade da habitação, melhora-se, conseqüentemente, a qualidade de vida de seus usuários, alcançando um *habitat* mais digno.

Na construção de habitações privadas, o mercado define aceitação ou rejeição do produto. O caso de habitações sociais, o cliente é praticamente anônimo, e não tem o poder de exigir, ou mesmo expressar suas necessidades.

Segundo Nogueira *et al.* (2006), nos conjuntos habitacionais a casa-padrão é projetada para um morador abstrato, cuja única referência concreta é a sua condição social de classe definida pelo seu nível de renda. É proposto, então, uma moradia economicamente indiferenciada e

socialmente controlada, sem a devida preocupação pós-ocupação da satisfação do ambiente construído.

O controle na qualidade do projeto fornece meios e maneiras de estabelecer o quanto este satisfaz as necessidades dos usuários e o quanto cumpre as condições de funcionalidade, durabilidade, segurança, entre outros diversos requisitos verificados por meio de medições prévias.

Para Herrera e Ferrez (2009), os principais aspectos desfavoráveis em habitações de interesse social são: dimensões reduzidas, que ao longo do tempo tornam-se cada vez mais insuficientes para seus moradores, desproporção dos quartos, ausência de uma relação direta entre os espaços interior – exterior, comprimento insuficiente da bancada da cozinha, pouco espaço para armazenamento, falta de flexibilidade para a disposição de móveis, aberturas que não atendam o mínimo para conseguir uma boa iluminação e ventilação, insuficiência de tomadas elétricas em vários locais, instalações sanitárias insuficientes, lavanderia descoberta e modelos de implantação de habitações idênticos para qualquer orientação solar.

Dentre os níveis de satisfação que estão envolvidos em uma habitação, o conforto térmico é responsável por uma grande parcela do conforto ambiental (GRIGOLETTI, 2007). E tendo em vista as condições climáticas em que se encontra a cidade de Goiânia, o conforto térmico é um dos pontos que mais provoca o descontentamento da população nos ambientes construídos.

Segundo Fernandes (2006), a cidade de Goiânia situa-se geograficamente entre a zona tropical e subtropical, sendo difícil enquadrá-la entre as duas divisões clássicas de clima quente, decido a um conjunto de características peculiares a região. É composta de duas estações determinantes: estação das chuvas, entre os meses de Outubro e Março, e estação da seca, entre os meses de Abril a Setembro; e, as maiores temperaturas anuais ocorrem no mês de Setembro, quando também ocorrem os dias mais secos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Comparar o desempenho térmico de dois sistemas construtivos utilizados para a construção de Habitações de Interesse Social no Residencial Real Conquista, no município de Goiânia, alvenaria convencional e alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos.

1.3.2 Objetivo específico

- Verificar qual sistema construtivo é mais adequado para as condições climáticas da região de Goiânia;
- Propor diretrizes para melhorias construtivas ao empreendimento de interesse social Residencial Real Conquista, visando adequação do desempenho térmico às condições climáticas da região.

1.4 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico dos conceitos relacionados ao desempenho térmico e a empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS).

Em conjunto, foi desenvolvido um estudo de caso, o qual consistia em verificar a conformidade de habitações com as recomendações das normas brasileiras que regulamentam o desempenho térmico em edificações, NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2008), por meio da análise do projeto arquitetônico quanto e cálculo das propriedades térmicas das vedações e coberturas.

Em acréscimo, foi verificada a percepção dos usuários em relação ao conforto térmico das unidades habitacionais, por meio de entrevistas.

As análises foram realizadas no Empreendimento de Interesse Social Residencial Real Conquista na cidade de Goiânia, no estado de Goiás, o qual é vinculado a Agência Goiana de Habitação (AGEHAB).

Os resultados permitiram propor melhorias construtivas aos empreendimentos de interesse social, orientando na definição de tecnologias construtivas mais adequadas às condições climáticas da região estudada; bem como, verificar se os níveis de desempenho fixados pelas normas estão condizentes com os usuários das habitações.

1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A presente pesquisa restringe-se à aplicação dos conceitos de desempenho de conforto térmico na análise técnica e comportamental para a comparação do desempenho existente nos sistemas habitacionais estudados. Não foi objetivo do trabalho avaliar o desempenho acústico e lumínico das unidades habitacionais.

Não se trata da avaliação do material que compõe o sistema construtivo, mas sim do sistema construtivo como um todo, como produto final, habitação, em um determinado contexto geográfico.

Propõe-se realizar esta pesquisa na cidade de Goiânia-GO, no empreendimento Residencial Real Conquista, nos dois tipos de processos construtivos empregados em sua implantação: alvenaria convencional e alvenaria pré-fabricada.

Dessa forma, ressalta-se que os resultados obtidos e as diretrizes construtivas a serem propostas ao final da pesquisa, quanto a materiais e processo construtivo com desempenho térmico mais adequado, restringem-se às condições climáticas do contexto geográfico em que se encontra a cidade de Goiânia-GO, das características do projeto padrão e da execução do próprio Residencial Real Conquista.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, apresentam-se as considerações iniciais, tais como introdução ao tema, problematização e a justificativa da pesquisa, bem como os objetivos principal e secundários, a delimitação do trabalho e a metodologia da pesquisa.

No capítulo 2, é apresentado um levantamento bibliográfico com uma fundamentação teórica a respeito da habitação de interesse social e do desempenho térmico destas habitações. É caracterizada a cidade de Goiânia quanto a tipologias das habitações populares nela

implantadas. É definido, ainda, requisitos ambientais e critérios de desempenho térmico pelas normas brasileiras para edifícios habitacionais.

No capítulo 3, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, detalhando cada fase da pesquisa, apresentando os instrumentos para coleta de dados e o estudo piloto realizado, o qual auxiliou no refinamento da metodologia proposta.

No capítulo 4, são apresentados o estudo de caso, o resultado do estudo piloto e a análise dos dados, os quais foram obtidos por meio da avaliação do projeto arquitetônico, dos cálculos das propriedades térmicas dos sistemas construtivos e das entrevistas com os moradores.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões e considerações finais da pesquisa, além das dificuldades encontradas e sugestões de futuros trabalhos.

CAPITULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica realizada com o intuito de buscar referências teóricas para embasar a pesquisa. Dessa forma, para se entender melhor a questão habitacional de interesse social e seu desempenho no contexto atual abordam-se alguns assuntos específicos, tais como: habitação de interesse social, déficit habitacional e programas habitacionais; tipologias e sistemas construtivos empregados no Brasil e em Goiás para habitações populares; bem como, a avaliação de desempenho das edificações, focando nas análises comportamentais e técnicas.

2.1 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Segundo Spanenberg (2006), o termo habitação envolve inúmeros conceitos e definições, sendo o principal: moradia. Contudo, por ser um ente físico e material, acaba agregando o conceito de produto-habitação com atributos de custo, função, vida útil, qualidade, eficiência e desempenho.

De acordo com Abiko (1995), habitação popular é “um termo genérico que define uma determinada solução de moradia para população de baixa renda”, a qual surge da demanda gerada por esta parcela da população que não consegue pagar pela mercadoria.

O projeto de Lei Complementar do Senado nº 447 de 2003, define que habitação social é a habitação urbana ou rural, nova ou usada, com o respectivo terreno, destinada à população de baixa renda, a qual consiste na parcela da população que possui renda mensal inferior a cinco salários mínimos, considerada insuficiente para suprir as necessidades básicas (DIÁRIO DO SENADO FEDERAL, 2003).

Segundo Miron (2008), a preocupação com a questão habitacional começou a repercutir no Brasil nas décadas de 50 e 60, mas só ganhou força nos anos 70, com a criação do Banco Nacional da Habitação (BNH) pelo governo militar, como uma resposta à crise da habitação numa época em que o país se urbanizava aceleradamente.

De acordo com Bonduki (2008), este período se caracterizou com um alto investimento em conjuntos habitacionais, a partir de uma Política Nacional de Habitação (PNH), a qual criou o Sistema Nacional de Habitação (SNH), financiado pelo Sistema Financeiro da Habitação (SFH), que se estruturou com recursos oriundos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS).

Com o fim da ditadura militar, houve a extinção do BNH, cuja história se embasou na implantação em grande escala de habitações (BONDUKI, 2008). No entanto, nesta política habitacional havia um desprezo em relação à qualidade do projeto. As soluções eram padronizadas e desconsideravam aspectos culturais e ambientais da região onde eram implantados os conjuntos habitacionais.

Carlos e Ribeiro (2002) constataam um processo de descentralização e municipalização das políticas habitacionais a partir de meados dos anos 80, devido à redefinição institucional promovida pela nova Constituição e a iniciativa de novos governos locais eleitos, após a ditadura militar.

Entre 1986 e 2003, a gestão da política habitacional foi transferida para Estados e Municípios, sendo que cada um gerenciava a problemática da habitação conforme seus interesses e necessidades (LARCHER, 2005). Com o apoio do governo federal através do Programa Habitar Brasil (HBB), surgem programas alternativos, inovadores, integrados como urbanização de favelas e áreas degradadas, e construção de novas moradias por meio de mutirão.

Segundo Menezes (2006), desde a extinção do BNH, a habitação prossegue inatingível para grande parte da população, e quando se tem acesso, geralmente, é em condições de precariedade.

Em 1996, o governo federal lançou novos programas habitacionais nacionais, os quais financiavam moradias para famílias de classe média através da Caixa Econômica Federal com carta de crédito e pelo FGTS. Para famílias de baixa renda foi criado o programa Pró-moradia, implantado em parceria com Estado e Município (BONDUKI, 2008).

Em 2003, foi criado o Ministério das Cidades, responsável pelas áreas de habitação, saneamento, transportes urbanos e política de ordenação territorial, visando planejar e articular a ação urbana, trabalhando na estruturação e implementação do Sistema Nacional de Habitação, elaborando o Plano Nacional de Habitação e estabelecendo as regras gerais do financiamento

habitacional, propondo projetos de urbanização que visam melhorar a qualidade de vida em assentamentos urbanos, carentes de infraestrutura e serviços básicos (BONDUKI, 2008).

O lançamento do Plano Nacional de Habitação visa reduzir o *déficit* habitacional e fortalecer o planejamento estratégico a longo e médio prazo, incentivando a produção de unidades habitacionais de interesse social nos próximos anos (PLANHAB, 2009).

2.1.1 Déficit habitacional brasileiro

De acordo com o Ministério das Cidades, o *déficit* habitacional está diretamente relacionado às deficiências no estoque de moradias, englobando aquelas sem condições de habitabilidade, devido à precariedade das construções ou ao desgaste físico (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008).

Dessa forma, o *déficit* habitacional foi definido como a necessidade de construção de novas moradias, tanto por incremento de estoque, o qual se refere aos domicílios rústicos depreciados, quanto por reposição de estoque, que contempla os domicílios improvisados e a coabitação familiar (FJP, 2006).

No Brasil, em 2006, o *déficit* habitacional foi estimado em 7,900 milhões de domicílios, e, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a cada ano surgem mais de 1 milhão de domicílios precários, grande parte em favelas e loteamentos ilegais. (FJP, 2006).

O incentivo aos programas habitacionais, por parte do Ministério das Cidades, tem feito com que esse índice diminua a cada ano. Em 2008, a Fundação João Pinheiro estimava um *déficit* de 5 milhões de moradias, 428 mil moradias a menos que no ano anterior, como é ilustrado na Figura 2.1. Desse total, 83% dos domicílios estão localizados em áreas urbanas. E a maior concentração do *déficit* habitacional – 96,6% do total – continuava abrangendo as famílias com renda inferior a cinco salários mínimos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2010).

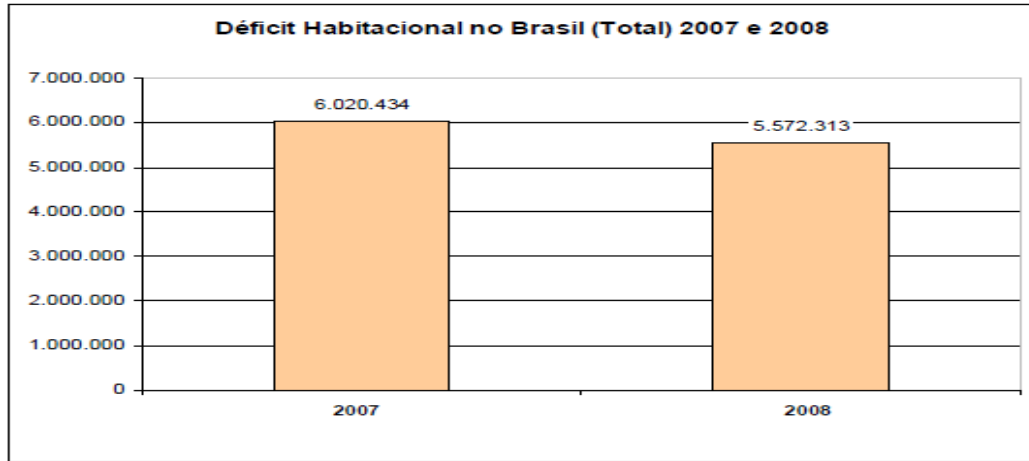


Figura 2-1 - Gráfico de representação do Déficit Habitacional no Brasil no período entre 2007 e 2008 – (Fonte: Ministério das Cidades, 2010).

Segundo o Ministério das Cidades (2008), as necessidades habitacionais quantitativas e qualitativas convergem para áreas urbanas, principalmente, nas regiões metropolitanas, como está ilustrado na Figura 2.2.

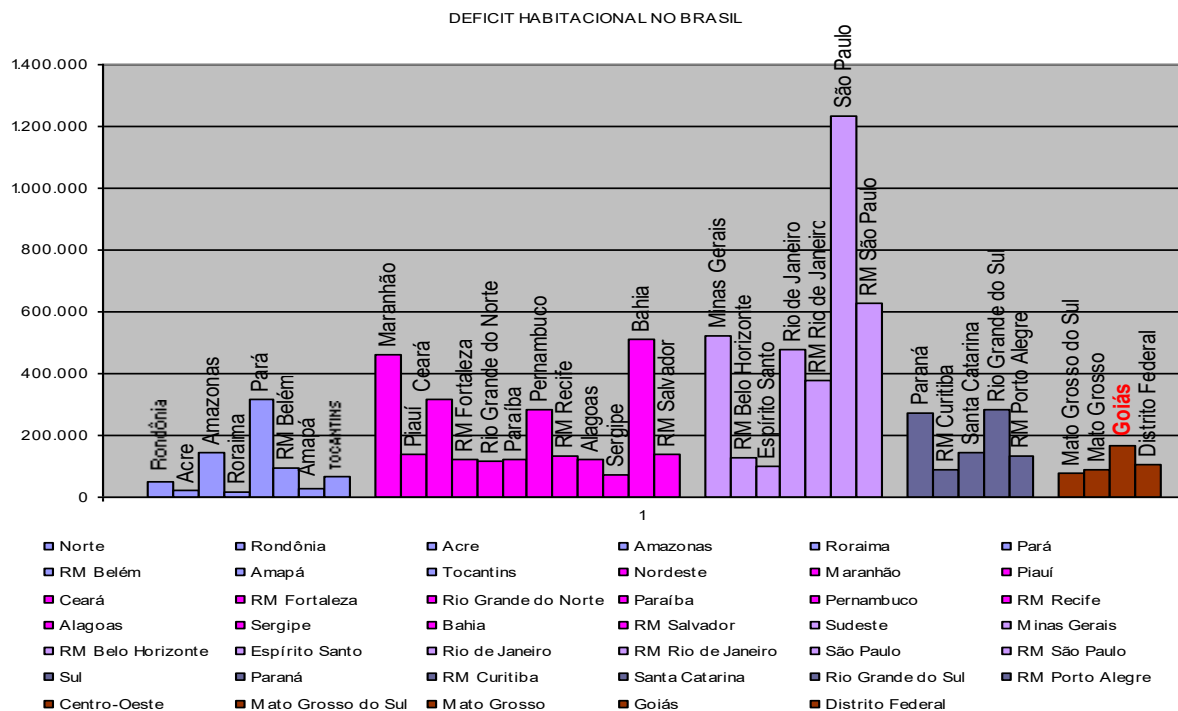


Figura 2-2 – Gráfico do déficit habitacional em todas as regiões brasileiras. (Fonte: Ferreira, 2011)

Em Goiás, em 2006, o déficit habitacional foi estimado em aproximadamente 200 mil domicílios, sendo 32 mil apenas na cidade de Goiânia. Este cálculo inclui famílias que moram

em lotes de familiares, bem como as que pagam aluguel pela moradia. Em comparação com o *déficit* brasileiro, Goiânia representa aproximadamente 0,44% do total (JORNAL OPÇÃO, 2009).

Para tanto, tem sido criados empreendimentos de habitações de interesse social, como o Residencial Real Conquista, que surgiu como uma forma de solucionar um problema habitacional urgente, visando abrigar a população oriunda de uma área invadida na cidade de Goiânia, e agora tem apresentado resultados satisfatórios para a redução do déficit habitacional no Estado.

2.1.2 Programas habitacionais em Goiás

O estado de Goiás iniciou seu trabalho na questão habitacional em 1965 com a criação da Companhia de habitação popular de Goiânia (COHAB-GO), a qual trabalhava juntamente com o governo militar na implantação de conjuntos habitacionais para baixa renda e classe média. No entanto, esta contemplava apenas os moradores da capital, por ser uma área com mais concentração de habitantes. Dessa forma, em 1967, é criada a Companhia Habitacional de Goiás (CHEGO), para atender os moradores no restante do estado.

Em 1970, há a fusão entre as duas companhias, que começam a trabalhar em parceria. E, em 1972, é criada a Companhia de Habitação de Goiás desta fusão, a qual continua administrando os programas habitacionais da cidade de Goiânia e do Estado de Goiás.

Entre a década de 70 e 90, a companhia trabalhou com o sistema de mutirão, onde o governo financiava o material da construção, a prefeitura conveniada doava o terreno com o alicerce pronto, e o beneficiário arcava com a mão-de-obra necessária para a construção de sua casa.

O projeto seguia os padrões de habitações populares adotados por programas em todo país, com aproximadamente 40 metros quadrados de área total construída no centro de um terreno de 200 a 250 metros quadrados (SILVA, s.n.).

Em 1999, a companhia de habitação passou por uma reestruturação administrativa, e, então, foi criada a Agência Goiana de Habitação (AGEHAB), a qual se torna responsável pela gestão dos programas habitacionais no estado de Goiás (AGEHAB, 2010).

Atualmente, em Goiás, 246 dos 277 municípios têm população inferior a 50 mil habitantes, e sendo assim, mais de 60% da população goiana está situada nos outros 31 municípios,

provocando um adensamento populacional, o que possibilita maiores problemas habitacionais (AGEHAB, 2010).

A atual gestão da AGEHAB defende que o atendimento destes municípios menos populosos também deva estar contemplado numa política de desenvolvimento regional, investindo em qualidade de vida e oferecendo mais oportunidades nas pequenas cidades, invertendo, assim, o fluxo migratório da população. E, para tanto, é preciso qualificar a gestão habitacional nas prefeituras, visando articular a política habitacional às demais políticas sociais e econômicas (AGEHAB, 2010).

Atualmente, a agência tem trabalhado com o programa Moradia Digna, apoiado pelo programa Minha Casa, Minha Vida proposto pelo Ministério das Cidades, com a meta de “erradicar o déficit habitacional de Goiás nos próximos 10 anos. Porém, isso só será possível na conjugação de recursos estaduais, federais e municipais e parcerias com a iniciativa privada, movimentos populares e Organizações Não Governamentais” (AGEHAB, 2010).

2.1.3 Tipologias e sistemas construtivos de habitações sociais

Segundo Baiardi (2006) e Larcher (2005), a produção de habitação de interesse social é influenciada pelo contexto político, histórico, econômico e tecnológico do país e, conhecendo as etapas pelas quais passou a habitação popular, é possível compreender as condições em que tem se desenvolvido atualmente.

Em uma pesquisa com foco no projeto arquitetônico de conjuntos habitacionais populares, Baiardi (2006) identificou três períodos marcantes na história do Brasil que influenciaram diretamente a concepção da habitação.

O primeiro período consiste entre as décadas de 30 e 60 no século XX, quando a habitação popular foi inserida entre as preocupações dos governantes. A população das grandes cidades crescia desordenadamente, proliferando cortiços e vilas de operários nas periferias (LARCHER, 2005). Neste período os conjuntos habitacionais eram produzidos com foco na implantação das unidades habitacionais, com equipamentos sociais e de multiuso, e havia uma variedade de tipologias de habitações com grandes áreas internas (BAIARDI, 2006). Foi, também, um período de inovação tecnológica dos sistemas construtivos, quando os blocos cerâmicos utilizados passaram a ser apenas de vedação, sendo inserida a estrutura de concreto armado.

O segundo período consiste entre as décadas de 60 e 80, durante o regime militar, e caracterizou-se pela excessiva padronização das unidades, produzindo habitações em massa, visando atender às necessidades crescentes de moradias e empregos (LARCHER, 2005). As habitações eram de baixa qualidade arquitetônica e possuíam área construída reduzida ao mínimo, pouco eficientes e sem identidade (BAIARDI, 2006). Não havia preocupação com o conforto térmico-acústico e com o desempenho dos materiais empregados nos processos construtivos.

O terceiro período começa com o final da ditadura militar, no início da década de 80, e se prolonga até os dias de hoje. Inicialmente, manteve algumas características do segundo período, como área construída reduzida e ausência de áreas de lazer (BAIARDI, 2006). Porém, promoveu maior diversidade de projetos e soluções, por meio de inovações tecnológicas e padronização das operações, estratégias de racionalização para melhorias de qualidade e produtividade (LARCHER, 2005).

Guerra *et al.* (2009) esclarece que os projetos de habitações de interesse social são de responsabilidade da empresa construtora, no entanto, seguem requisitos determinados pelo agente financiador como limites rígidos. As tipologias deste tipo de habitação visam suprir a necessidade básica dos moradores com quarto, sala, cozinha e banheiro, com área útil mínima de 37m² por unidade habitacional.

Da década de 90 em diante as empresas construtoras buscam melhores práticas para favorecer o ambiente habitado, no entanto, apenas no início do século XXI é que iniciam discussões acerca de melhor desempenho das edificações (LARCHER, 2005).

De acordo com Mello (2004), a seleção da tecnologia para habitações de interesse social busca simplificação e maior grau de padronização dos elementos construtivos e do projeto, devido à grande escala de produção e à busca pela redução dos custos.

Barbosa (1997) fez um levantamento das características físicas das tipologias construtivas de habitações populares em várias regiões do Brasil antes e depois da extinção do BNH. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados às Companhias de Habitações Populares (COHABs), tendo o retorno de 27 municípios Brasileiros, sendo Goiânia, um deles.

Foi questionada a área média de construção por unidade habitacional, bem como características das coberturas: tipo de material, espessura, inclinação, tipo de estrutura, existência e

comprimento de beiral; forros: existência, tipo de material, espessura e cor de forro; paredes: tipo de material constituinte e espessura de paredes, tipo de material, espessura e cor de revestimento, acabamento interno e externo das mesmas; e janelas: área média, tipo de material opaco e transparente, tipo de caixilho e existência e tipo de proteção solar de janelas (BARBOSA, 1997).

E conclui-se que uma tipologia construtiva representativa da habitação popular unifamiliar mais construída no Brasil pode ser descrita com as seguintes características: área de construção de aproximadamente 34,00 m²; cobertura em telha cerâmica vermelha, beiral com comprimento médio de 0,50 m, estrutura de madeira e a forma da cobertura em duas águas; forro é inexistente; paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos, acabamento interno e externo composto de emboço e reboco, com espessura média de 0,02m, e pintura branca dos dois lados; janelas com área média em torno 1,20m², sendo em sua maioria do tipo basculante, com caixilho de ferro, vidro simples e sem proteção (BARBOSA, 1997).

Segundo Barbosa (1997), as habitações populares produzidas pela COHAB em Goiânia sofreram poucas alterações das décadas de 60/70 para 80/90. A área média de construção aumentou de 41,40 m² para 46,70 m². A cobertura mudou o tipo de telha de fibrocimento para cerâmica, no entanto o tamanho do beiral se manteve com 0,30m, bem como o tipo de estrutura de madeira ou ferro e a inclinação com duas águas. O forro continua não existindo. E paredes e janelas se mantiveram com as mesmas características: alvenaria em tijolo cerâmico de 0,09m de espessura, acabamento interno e externo em reboco paulista pintado na cor branco gelo internamente e cores variadas externamente, com janelas basculantes de ferro com vidro, sem grades de proteção e sem sombreamento.

Atualmente, para a prática da produção de tantas habitações, a industrialização da construção torna-se uma saída eficiente, pois oferece rapidez, racionalização dos processos, pouco desperdício, alta qualidade e efetivo controle tecnológico (SAYECH, 2009).

Diferentes sistemas construtivos têm sido desenvolvidos por diversas empresas construtoras buscando atender esta demanda do mercado: habitações produzidas em série com rapidez, qualidade e sem desperdício:

- Sistemas construtivos pré-fabricados em concreto - Abrangem pilares, lajes, vigas, escadas, e uma série de elementos construtivos que podem ser produzidos no próprio canteiro de obras. Os painéis englobam as instalações elétricas e hidráulicas, e têm

função estrutural e de vedação, recebem as cargas das coberturas e das lajes e as transmitem à fundação. Esse tipo de sistema construtivo tem como principal benefício a produtividade, gerando diminuição dos custos (SAYECH, 2009).

- Sistema construtivo em alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos: painéis auto-portantes e estruturados com treliças de aço, com fechamento em tijolos cerâmicos. Permite racionalização e rapidez na execução das unidades habitacionais.
- Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos ou de concreto – Permite grande racionalização, modulação e liberdade construtiva. Os blocos têm função de vedar e estruturar.
- Sistema construtivo com aço leve – também conhecida com *light steel frame*. Permite racionalização na montagem e pouco desperdício. Os perfis de aço galvanizado são montados sobre um radier de concreto, e os fechamentos podem ser de placas cimentícias (SAYECH, 2009).

As novas tecnologias devem ser avaliadas e aprovadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) quando não existirem normas técnicas prescritivas relativas às mesmas. Entretanto, independente do sistema construtivo ser inovador ou não, a edificação deve garantir o desempenho adequado.

2.2 DESEMPENHO AMBIENTAL EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Segundo Spanenberg (2006), os estudos relacionados ao desempenho do ambiente construído iniciaram na metade da década de 70, no entanto no Brasil, os primeiros trabalhos acerca deste tema foram publicados apenas na metade da década de 80. Nos últimos anos, tem se publicado estudos voltados aos procedimentos metodológicos para avaliação de desempenho em habitações de interesse social.

O conceito de desempenho, segundo a Norma Brasileira NBR 15.575-1 (ABNT, 2008), consiste em avaliar o comportamento em uso dos edifícios, e determina critérios mínimos a serem seguidos visando assegurar a qualidade das construções.

2.2.1 Avaliação de desempenho ambiental

De acordo com Grigoletti (2007), a avaliação do desempenho ambiental de uma edificação consiste na verificação se as condições de um dado ambiente satisfazem ou não um conjunto de requisitos e critérios definidos em função das necessidades do usuário em relação ao conforto térmico, acústico e lumínico.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a avaliação de desempenho de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção (ABNT, 2005c). Em relação à edificação construída, a avaliação pode ser feita através de medições in-loco de variáveis representativas do desempenho, enquanto que na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou por meio da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

Segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2008a), os critérios para avaliação de desempenho consistem em especificações quantitativas dos requisitos expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados. A avaliação de desempenho busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir uma função, independentemente da solução técnica adotada.

De acordo com esta norma, as especificações de desempenho tratam de um conjunto de requisitos e critérios estabelecido para o edifício ou seus sistemas, sendo uma expressão das funções exigidas e que correspondem a um uso claramente definido, como por exemplo, habitação.

Para atingir esta finalidade, na avaliação do desempenho 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. Em função disso, a avaliação do desempenho exige o domínio de uma ampla base de conhecimentos científicos sobre cada aspecto funcional de uma edificação, sobre materiais e técnicas de construção, bem como sobre as diferentes exigências dos usuários nas mais diversas condições de uso.

Para se determinar os requisitos e critérios de avaliação do desempenho de um edifício, a norma tem como foco os usuários e suas exigências, ou seja, “o conjunto de necessidades do usuário do edifício habitacional a serem satisfeitas por este e seus sistemas de modo a cumprir com suas funções” [NBR 15.575 (ABNT, 2008a)]. Sendo assim, as necessidades dos usuários de um edifício habitacional estão relacionadas a itens de segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

a) Segurança

As exigências do usuário em relação à segurança compreendem os seguintes fatores: segurança estrutural, segurança contra o fogo e segurança no uso e na operação, e estão diretamente relacionados aos materiais empregados na concepção do edifício, bem como os sistemas construtivos escolhidos para sua construção.

A segurança estrutural está relacionada à estabilidade e resistência mecânica do edifício. A segurança contra o fogo consiste na limitação do risco de início e propagação do fogo, ou seja, segurança em caso de incêndio. E a segurança em uso relaciona-se a segurança na utilização e operação do edifício.

b) Habitabilidade

As exigências do usuário relacionadas à habitabilidade compreendem os seguintes fatores: estanqueidade, conforto ambiental, qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico.

Estanqueidade consiste na propriedade do edifício de ser estanque a gases, líquidos e sólidos.

O conforto ambiental se subdivide em conforto térmico, visual (lumínico) e acústico, e consiste em garantir a qualidade das condições internas do edifício, tais como controle da temperatura e umidade do ar e paredes; iluminação natural e artificial sem provocar ofuscamento na visão; e isolamento acústica de ruídos externos e entre ambientes.

Fatores que interferem diretamente na saúde, higiene e qualidade do ar, as quais estão relacionadas à pureza do ar e limitação de odores.

As exigências de funcionalidade e acessibilidade garantem aos usuários o uso adequado de espaços internos e externos e na ligação entre eles, visando manter a facilidade de aproximação ao edifício por meio de alternativas de acesso.

O conforto tátil e antropodinâmico consistem na garantia de qualidade do uso das superfícies e dos espaços, e estão relacionados à eletricidade estática, rugosidade, umidade e temperatura das superfícies, acelerações e vibrações, ergonomia.

Para a avaliação deste conjunto de exigências, além de se levar em consideração as características físicas do edifício, como materiais e sistemas construtivos, também é preciso

analisar o projeto arquitetônico, e, ainda, a influência das intempéries e do clima, em cuja região está localizado o edifício.

A disposição dos ambientes no edifício, as aberturas, a posição do edifício no terreno, a localização do terreno e seu entorno, fatores climáticos como: chuva, calor, frio, poluição sonora e do ar, são fatores que interferem no desempenho final da habitação.

c) Sustentabilidade

As exigências do usuário relacionadas à sustentabilidade compreendem os seguintes fatores: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental. E, tais exigências devem ser avaliadas tanto em fase de projeto, na concepção do edifício, quanto na fase pós-ocupação.

Durabilidade consiste na capacidade de conservação do desempenho ao longo da vida útil do edifício. De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2008a), é a capacidade do edifício ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas, até um estado limite de utilização.

E a manutenibilidade consiste na capacidade de manutenção do edifício ao longo da vida útil, por meio de reparos ou reposições visando garantir o desempenho inicialmente planejado. Segundo NBR 15.575 (ABNT, 2008a), é o grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente em ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sobre condições determinadas, procedimentos e meios prescritos.

O impacto ambiental deve ser analisado desde a concepção do projeto, durante sua construção e após sua apropriação, e está relacionado ao envolvimento do edifício com seu entorno.

2.2.2 Conforto térmico

O conforto ambiental, por estar diretamente associado à produtividade do indivíduo enquanto em seu ambiente de trabalho, e ao seu repouso quando em sua moradia, é um fator a caracterizar a qualidade da edificação (ROCHA, 2004). Segundo Frota e Schiffer (2001), o homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse.

Conforto térmico consiste na satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Segundo Spannenberg (2006), o conforto depende da relação entre o edifício e o ambiente térmico em que está inserido, resultante das condições climáticas de exposição.

Fatores como o sol, o vento e a umidade relativa são determinantes no conforto bioclimático. Segundo ROCHA (2004), a estreita associação entre construções, clima e vegetação influi na área urbana e são indicativos do conforto ambiental, que fazem parte do nosso patrimônio cultural, que durante séculos personalizou as cidades.

A edificação afeta microclima e o conforto térmico dos que a habitam. Todavia, fabricar o clima, isto é, criar condições artificiais para produzir conforto térmico é tecnicamente possível, porém há o custo da energia consumida pelos climatizadores artificiais, além de que o uso indiscriminado poderá criar ao longo do tempo edificações doentes – conseqüências negativas quando a questão do conforto térmico não é considerada no momento do projeto (ROCHA, 2004).

As condições climáticas comumente não interferem na temperatura interna do corpo humano devido ao fato do homem ser homeotérmico, pois a temperatura interna tende a ficar constante independente das condições do clima, variando entre 36,1 e 37,2°C, sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência (FROTA E SCHIFFER, 2001). As alterações só irão ocorrer quando a temperatura do ambiente ultrapassar limites nos quais o organismo não consegue equilibrar a temperatura, quer seja baixa ou alta temperatura.

O corpo humano não necessita de climatização artificial quando a temperatura e a umidade relativa do ar permanecerem entre 20°C e 30°C e 30% e 80%, respectivamente, como é ilustrado na Figura 2.18. No entanto, quando a temperatura está abaixo dos 20°C ou acima dos 30°C, e a umidade inferior a 30% ou superior a 80%, se faz necessário o uso de climatizadores artificiais para que o corpo humano entre novamente em equilíbrio.



Figura 2-3 – Diagrama do conforto térmico humano. (Fonte: ROCHA, 2004).

Segundo Roaf *et al.* (2009), para que se fique confortável, é preciso que o corpo humano mantenha, de forma constante, a temperatura de 37°C. E para garantir uma temperatura corporal constante é preciso que haja um equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e suas perdas térmicas. O calor produzido (de metabolismo – medido em watts por metro quadrado (W/m^2) de área de superfície corporal) está relacionado às atividades do indivíduo – quanto mais atividades, maior o calor. Existem quatro formas essenciais de perda térmica, como ilustrado na Figura 2.19.

- Convecção – perda térmica para o ar ou ganho de calor do ar. Isso depende da temperatura e da velocidade do ar junto à superfície do corpo (pele ou roupas).
- Radiação – perda térmica direta para o entorno ou ganho de calor do entorno. Isso depende da temperatura das superfícies do entorno (a temperatura radiante).
- Condução – perda térmica direta ou ganho térmico das superfícies em contato com o corpo, o que depende da temperatura da superfície. Na maioria dos casos, isso pouco contribui para a perda térmica.
- Evaporação – perda térmica para que ocorra a evaporação da umidade da pele. Depende da quantidade de água no ar (umidade) e da velocidade do ar junto ao corpo.

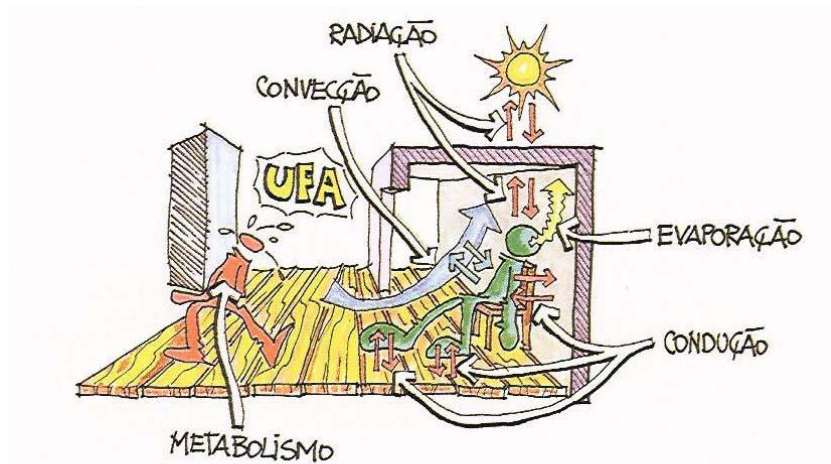


Figura 2-4 – Troca térmica entre o corpo humano e o meio.(Fonte: LAMBERTS *et al.*, 1997).

De acordo com Roaf *et al.*(2009) , abrir uma janela, mudanças na vestimenta, atividade e postura, além da movimentação do ar, são oportunidades de equilíbrio e alterarão da temperatura interna. Estas oportunidades de adaptação do meio interno não exercerão efeito direto sobre a temperatura de conforto, mas permitirão que os usuários mudem o clima interno para que ele fique de acordo com as suas necessidades.

O alcance das condições consideradas confortáveis é afetado pelas características da edificação e as oportunidades de adaptação individual dos usuários. Uma persiana promovendo sombreamento, um ventilador promovendo ventilação artificial, entre outras atividades se denominam “oportunidades adaptativas”, as quais consistem em quanto mais oportunidade os usuários tiverem de adaptar o ambiente ao seu gosto, menos chances terão de experimentar o ambiente térmico e a variedade de condições aceitáveis será maior.

O comportamento adaptativo real é uma mistura desses dois tipos de ação: alterar as condições de acordo com o conforto e alterar a temperatura de conforto de acordo com as condições prevalentes, ou seja, quanto maior a probabilidade de controlar o ambiente ou as necessidades dos usuários, menor será a probabilidade de estresse térmico.

No Brasil, a preocupação com o conforto térmico de habitações é recente, sobretudo nas chamadas habitações de interesse social. O calor em excesso afeta o desempenho das pessoas, causa inquietação, perda de concentração, aumento de suor, falta de ar, aumenta a impaciência e ansiedade.

Inércia Térmica

De acordo com Lamberts *et al.* (1997), em uma edificação as trocas de calor entre os meios exterior e interior tem como agente principal o envelope construtivo que envolve o ser humano, isto é, os fechamentos da construção: vedações e coberturas, e depende de onde o ar tem maior temperatura.

Ao conduzir o calor de um extremo para o outro, o material retém uma parte no seu interior em consequência de sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, e este pode ser devolvido ao interior quando a temperatura do ar for menor que a da superfície. Isto é o princípio da Inércia Térmica, propriedade que pode ser utilizada para melhoria do conforto térmico em um edifício (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Segundo Frota e Schiffer (2001), à inércia térmica estão associados dois fenômenos de grande importância para o comportamento térmico do edifício: o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. E, a inércia térmica depende das características térmicas da envolvente e dos componentes construtivos internos.

Uma parede apresenta maior ou menor inércia segundo seu peso e sua espessura. O amortecimento e o atraso serão tanto maiores quanto maior for a inércia. Contudo, os revestimentos influenciam no desempenho final do sistema construtivo, pois revestimentos isolantes reduzem as trocas de calor com a parede e reduzem sua inércia (FROTA e SCHIFFER, 2001).

2.2.3 Desempenho térmico

Segundo a NBR 15.575-1(ABNT, 2008), a edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso.

Sendo assim, o desempenho térmico de um edifício está relacionado à temperatura do ar interno, umidade relativa do ar interior, velocidade do ar interior, temperatura radiante média das superfícies interiores, nas diferentes estações do ano.

Desempenho térmico de uma edificação pode ser definido como o conjunto de características ou capacidades de comportamento e rendimento de uma edificação, em especial quando comparado às normas vigentes.

Grigoletti (2007) defende que para se garantir o desempenho térmico adequado deve-se conhecer algumas propriedades térmicas dos fechamentos da edificação, tais como condutividade térmica dos materiais, resistência térmica, absorvância das superfícies, coeficiente de emissividade, fator de calor solar, capacidade térmica, amortecimento e atraso térmico, bem como conhecer as condições climáticas do meio interno, como velocidade, direção e sentido dos ventos, temperatura do ar externo, umidade relativa do ar, temperatura de orvalho, intensidade de radiação solar, pois as propriedades térmicas dos materiais empregados no processo construtivo do edifício interferem diretamente no desempenho térmico final do mesmo.

Dessa forma, a NBR 15.575-1 (ABNT, 2008) apresenta critérios mínimos a serem seguidos a fim de garantir o desempenho térmico adequado da habitação, os quais podem ser atendidos por meio de diretrizes construtivas como controlar o tamanho de aberturas para ventilação em função da área do piso do cômodo, promover o sombreamento das aberturas em diferentes períodos do ano, conhecer a transmitância térmica do sistema construtivo e o atraso térmico dos materiais, bem como o fator de calor solar máximo admissível para fechamentos opacos (paredes e coberturas), e proporcionar estratégias de condicionamento térmico passivo.

De acordo com Siqueira *et al.*(2005), o desempenho térmico de edificações é um fator importante em habitações, notadamente naquelas destinadas a pessoas de baixa renda. Uma edificação projetada para o clima no qual está inserida torna-se confortável, além de economizar energia. A avaliação do desempenho térmico de uma edificação engloba a resposta do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo, onde a caracterização das condições climáticas locais é uma das etapas mais importantes. As condições de exposição da edificação ao clima são caracterizadas pelos valores locais horários da radiação solar, da temperatura e umidade relativa do ar e também pela velocidade predominante do vento. Nos métodos de avaliação do desempenho térmico, os dados climáticos são caracterizados pelos dias típicos de projeto, para os períodos de inverno e verão.

2.2.3.1 Propriedades térmicas dos materiais

Segundo a NBR 15.220-1/2 (ABNT, 2005), as propriedades térmicas dos materiais interferem no desempenho final do sistema construtivo proposto. As principais propriedades térmicas são:

- Condutividade térmica: é a propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de $1\text{W}/\text{m}^2$, quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro.
- Resistência térmica: é a diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário. É calculada em função da espessura do sistema construtivo (e) e da condutividade térmica do material (λ), valores fornecidos pela norma.

$$R = e / \lambda \quad (2.1)$$

- Absortância das superfícies: é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.
- Coeficiente de emissividade: Quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura.
- Transmitância térmica: é o coeficiente de transmissão de calor. É o inverso da resistência térmica total (R).

$$U = 1/R_T \quad (2.2)$$

- Capacidade térmica: consiste na quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. É calculada em função da condutividade térmica da camada (λ), da resistência térmica da camada (R), do calor específico do material da camada (c) e da densidade de massa aparente do material da camada (ρ).

$$C_T = \Sigma \lambda \cdot R \cdot c \cdot \rho = \Sigma e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (2.3)$$

- Fator solar: é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo. É calculado em função da transmitância térmica (U), da absortância à radiação solar (α), função da cor dada pela norma, e da resistência superficial externa (R_{se}).

$$FS_o = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se} \quad (2.4)$$

- Atraso térmico: é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor. O atraso térmico depende da capacidade térmica do componente construtivo e da ordem em que as camadas estão dispostas.

Para elementos heterogêneos, que é um componente formado por diferentes materiais superpostos em “n” camadas paralelas às faces (perpendiculares ao fluxo de calor), o atraso térmico varia conforme a ordem das camadas. NBR 15.520 (ABNT, 2005).

Nesses casos utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1} + B_2 \quad (2.5)$$

Onde:

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente;

B_1 é dado pela expressão: $B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$

B_2 é dado pela expressão: $B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot \rho \cdot c_{ext}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{ext} - \frac{R_T - R_{ext}}{10} \right)$

Onde

B_0 é dado pela expressão: $B_0 = C_T - C_{T_{ext}}$

Notas:

1- Nas equações acima, o índice "ext" se refere à última camada do componente, junto à face externa.

2- Considerar B_2 nulo caso seja negativo. (NBR 15.220, ABNT, 2005)

2.2.3.2 Condições Climáticas do Meio Externo

Frota e Schiffer (2001) defendem que adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. Dessa forma, cabe a arquitetura amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais

como os de calor excessivo, frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos.

As variáveis climáticas do meio externo que interferem no desempenho térmico dos espaços construídos são: oscilação da temperatura do ar e umidade relativa do ar, radiação solar incidente e, velocidade e direção dos ventos (GRIGOLETTI, 2007).

- Temperatura do ar externo: representa a temperatura do meio fluido ar. Influencia as trocas térmicas por convecção. A unidade de medida adotada no Brasil é graus Celsius (°C).
- Umidade relativa do ar: indica a relação entre a massa de vapor de água contida em uma determinada massa de ar. Influencia as trocas térmicas por evaporação. É uma grandeza adimensional indicada por porcentagem (%).
- Radiação solar: consiste na energia emitida pelo sol, que chega a Terra como ondas eletromagnéticas de forma direta ou difusa, absorvida e emitida pela atmosfera. Depende das condições atmosférica, latitude e altitude de um determinado local. Influencia as trocas térmicas por radiação. A unidade de medida é *watts* por metro quadrado (W/m²).
- Velocidade dos ventos: surge com o movimento do ar de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão. Influencia as trocas térmicas por convecção ou evaporação. A unidade de medida é quilômetros por hora (km/h) ou metros por segundo (m/s).

Lamberts *et al.* (1997), divide o clima em três escalas distintas, no entanto, indissociáveis: macroclima, mesoclima e microclima.

Em relação ao macroclima, as variáveis são quantificadas em estações meteorológicas, descrevendo as características gerais de uma região em termos de insolação, nebulosidade, temperatura, ventos, umidade e precipitação.

Já as escalas mesoclimáticas são observadas em nível mais próximo ao da edificação, podendo ser constituídas pela influência de litoral, campo, florestas, vales, cidades e regiões montanhosas, onde diversas variáveis, como vegetação, topografia, tipo de solo e a presença de obstáculos naturais ou artificiais, interferem nas condições locais do clima.

E o microclima é observado ainda mais perto da edificação, e dessa forma, pode ser concebido ou alterado pelo arquiteto. O estudo das variáveis destas escalas é fundamental para o

lançamento do projeto, pois uma série de particularidades climáticas do local pode induzir a soluções arquitetônicas mais adequadas ao conforto dos usuários (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

2.3 NORMAS E METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO

De acordo com Menezes (2006), visando garantir a qualidade e a segurança nos edifícios, protegendo o consumidor, entidades organizadas elaboram normas técnicas para serem obedecidas antes, durante e após o processo construtivo, por meio de procedimentos, padronização de processos, métodos de ensaios, entre outros.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem desenvolvido normas em parcerias com diversos comitês em diversas áreas. As normas que contemplam o estudo do desempenho térmico em edificações são a NBR 15.220 - Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) e a NBR 15.575 - Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2008).

Menezes (2006) cita que, em nível internacional, existem normas propostas pelas entidades: *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *American Society of Heating (ASHRAE), Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, *British Standards (BS)*, *International Organization for Standardization (ISO)*, Associação Mercosul de Normalização (AMN) e *Comité Européen de Normalisation (CEN)*.

Atualmente, havendo normas que definem os padrões de desempenho de edificações habitacionais, os profissionais envolvidos e a autoridade pública devem construir e fornecer habitações de interesse social seguindo estas normas técnicas (MENEZES, 2006).

Buscando subsidiar e fundamentar a investigação proposta, fez-se um estudo das normas sobre metodologias de avaliação do desempenho térmico de habitações.

2.3.1 NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações

Esta norma apresenta recomendações para avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social, recomendando limites mínimos de conforto térmico, por meio do Zoneamento

Bioclimático do país, o qual propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas, classificando-as quanto ao clima, como ilustrado na Figura 2.21.

De acordo com a NBR 15.220 – 1 (ABNT, 2005), Zonas Bioclimáticas consistem em regiões geográficas homogêneas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

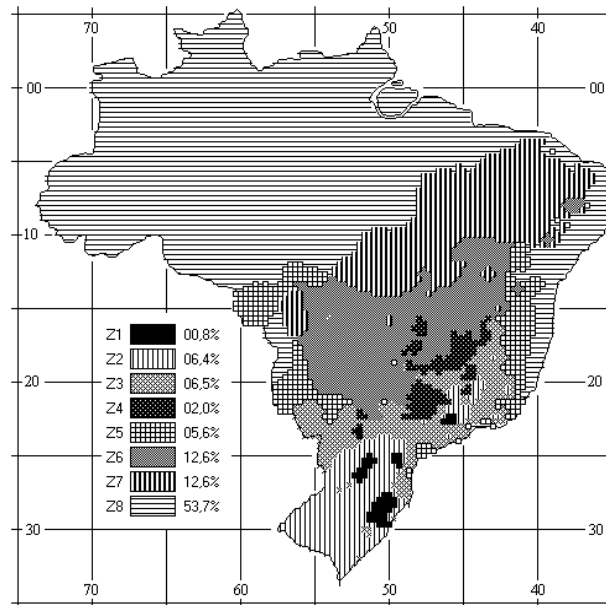


Figura 2-5 – Zoneamento bioclimático Brasileiro (Fonte: ABNT, 2005c)

Sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, esta norma contém 5 partes:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

Para cada uma das zonas, são apresentadas recomendações construtivas de adequação ao clima da região, visando à otimização do desempenho térmico das edificações (MENEZES, 2006),

tais como: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e cobertura, considerando-se transmitância térmica, atraso térmico e absorvância à radiação solar); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Ao identificar o local da edificação na zona bioclimática, são fornecidas as diretrizes construtivas. Para tal, encontra-se uma tabela com 330 cidades no Anexo A da referida Norma, cujos climas foram classificados, indicando-se a Zona Bioclimática na qual a cidade está inserida e as estratégias recomendadas. Goiânia encontra-se classificada na Zona Bioclimática 6.

A Norma também estabelece valores admissíveis para as características termofísicas de elementos construtivos para cada Zona Bioclimática: transmitância (U), atraso térmico (ϕ) e fator solar (FS).

2.3.2 NBR 15.575 – Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos

Esta norma fixa parâmetros para verificar o comportamento da edificação em uso, definindo informações a serem contidas em projeto, além de permitir avaliar se uma tecnologia nova está de acordo com as necessidades de uso das edificações brasileiras e estabelecendo parâmetros que servem para aplicação do Código de Defesa do Consumidor.

De acordo com a NBR 15.575-1 (ABNT, 2008), normas de desempenho são estabelecidas buscando atender exigências dos usuários, que, neste caso, referem-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

O foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. A forma de estabelecimento do desempenho é comum e pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais permitem a mensuração do seu cumprimento (ABNT, 2008).

Sob o título geral “Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos”, esta norma contém 6 partes:

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Esta norma considera exigências dos usuários o conjunto de necessidades do usuário do edifício habitacional a serem satisfeitas por este (e seus sistemas) de modo a cumprir com suas funções (ABNT, 2008a). Estas exigências são divididas em tópicos como segurança, habitabilidade e sustentabilidade, e estes subdivididos traduzindo na forma de critérios as necessidades dos usuários.

A esses fatores, somam-se as condições de exposição da edificação e os critérios para avaliação de desempenho de sistemas construtivos, chegando às respostas técnicas possíveis e desejáveis.

O edifício habitacional é dividido em 14 elementos construtivos para análise: fundação, estrutura, paredes internas em contato direto com o solo, fachada, cobertura, divisórias internas, pisos internos, sistemas hidráulicos-sanitários, elétricos, de gás, de telecomunicações, de condicionamento ambiental, de transporte, segurança e proteção.

Em relação ao desempenho térmico, a edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na NBR 15220-3 (ABNT, 2005) e considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso (ABNT, 2008).

Dessa forma, estabelece três procedimentos alternativos para avaliação da adequação de habitações, nas oito diferentes Zonas Bioclimáticas, como ilustrado na Figura 2.22:

- a) Procedimento 1 – Simplificado: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas, nos documentos:

- Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas;

- Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Coberturas.

b) Procedimento 2 – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos neste documento, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício.

c) Procedimento 3 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos neste documento, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

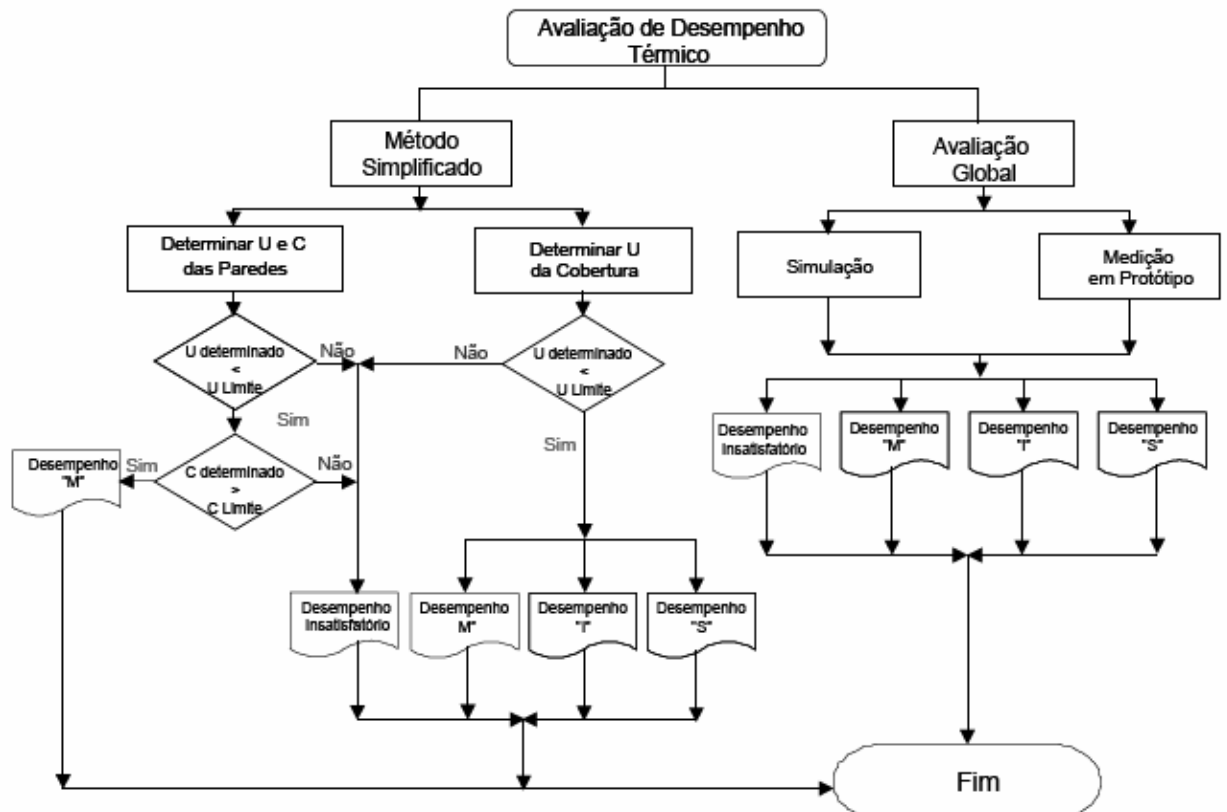


Figura 2-6 – Fluxograma dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico da edificação

(Fonte: ABNT, 2008a)

A avaliação o desempenho térmico do edifício pode ser feita por um dos três procedimentos. Considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo da fachada, cobertura e piso, uma edificação que não atender aos requisitos desta norma, quando avaliada pelo primeiro procedimento, pode ser avaliada por um dos outros (ABNT, 2008).

2.3.3 Outras normas ou recomendações

A ASHRAE 55-2004 consiste em uma norma americana muito utilizada para estudos de conforto térmico, por ser bastante abrangente, incluindo informações sobre isolamento das vestimentas, medições dos períodos e localizações, desconforto com correntes de ar (MENEZES, 2006). Considera a temperatura efetiva (TE) como índice para definir limites, no entanto, distingue as zonas de conforto para o verão e para o inverno.

Segundo Menezes (2006), esta norma especifica uma zona de conforto com limites constantes para temperatura do ar e umidade, na carta psicrométrica, mantidos por sistema mecânico, considerando pessoas em atividade sedentária. Este sistema foi desenvolvido para edifícios de escritórios com ar condicionado, mas também pode ser usada na avaliação de edifícios residenciais.

De acordo com Barbosa (1997), existem alguns problemas decorrentes da utilização da norma ASHRAE, quando se trata de edifícios sem ar condicionado, pois a escala de temperatura efetiva da ASHRAE é normalmente vista como um padrão para o ambiente interno de espaços com ar condicionados, sendo mais usada em habitações de países com climas temperados. Sua aplicação em países de clima tropical não é considerável, devido aos costumes de vestimentas e à aclimação.

A Norma ISO 7730 (1994) aplica-se à avaliação de ambientes térmicos moderados. Dessa forma, através de parâmetros físicos de um ambiente, tais como: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar, bem como os parâmetros pessoais como atividade desempenhada e vestimenta utilizada pelas pessoas, conhecidos ou medidos, a sensação térmica para o todo pode ser estimada pelo cálculo do índice do voto médio estimado (PMV).

Segundo Menezes (2006), esta norma estabelece critérios para levantar a sensação de conforto térmico em ambientes, através do PMV (índice que estima o valor médio dos votos de um grupo de pessoas na escala de sensação térmica) e o PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas com o conforto térmico do ambiente).

CAPITULO 3

METODOLOGIA DA PESQUISA

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter descritivo, pois visa levantar e descrever as características de habitações de interesse social por meio da análise dos sistemas construtivos em relação ao desempenho térmico, levando em consideração o entorno e as exigências dos usuários, estabelecendo relações entre a realidade e as normas técnicas brasileiras.

Quanto a sua natureza, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para aplicação prática, direcionados à solução de problemas relacionados ao conforto térmico das habitações.

Quanto à forma de abordagem, pode ser classificada como qualitativa, pois, apesar de utilizar dados quantitativos, busca-se conhecer a realidade das habitações em empreendimentos de interesse social, analisando os resultados e apresentando informações que subsidiem outros estudos.

Dessa forma, foi realizado um estudo de caso, buscando caracterizar o desempenho térmico das habitações de interesse social na cidade de Goiânia, e o empreendimento escolhido para análise foi o Residencial Real Conquista, localizado na região sudoeste deste município.

Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica, buscando subsidiar a instrumentação e coleta de dados, como ilustrado no fluxograma, Figura 3.1.

Em seguida foi feita uma pesquisa documental, por meio de entrevistas com representantes da diretoria técnica de projetos e obras da Agência Goiana de Habitação (AGEHAB), visando levantar dados referentes ao processo de implantação e caracterização do empreendimento em estudo e dados da política habitacional no estado de Goiás.

Em conjunto com esta etapa foi feita a coleta de dados com foco no desempenho térmico das habitações.

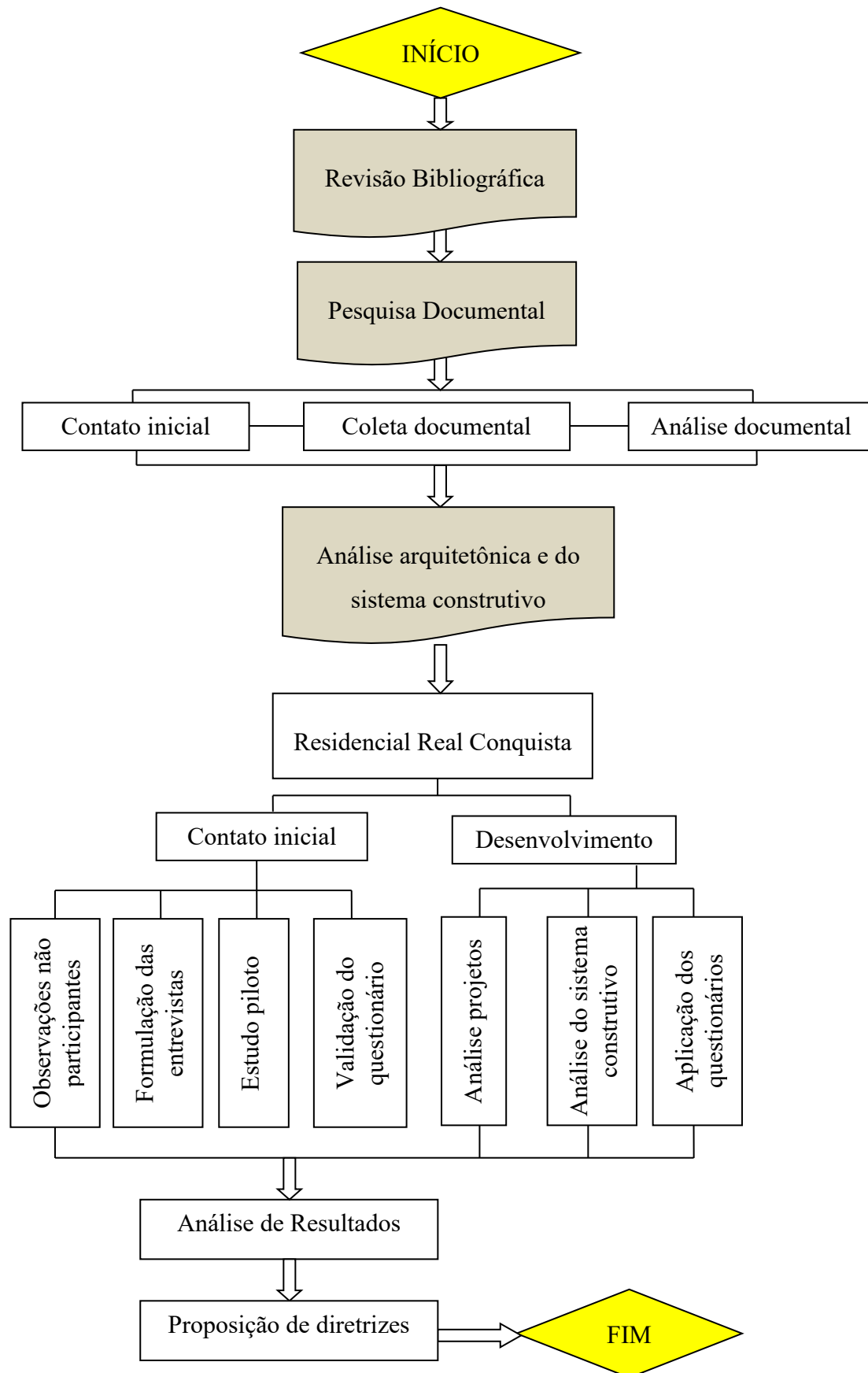


Figura 3-1 – Fluxograma da pesquisa

O levantamento de dados foi referenciado pelas diretrizes das normas técnicas brasileiras NBR 15.220 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2008), para subsidiar as análises arquitetônicas dos projetos, buscando verificar as propriedades térmicas dos sistemas construtivos, com base no método simplificado proposto pela norma brasileira e, em complemento foram realizadas entrevistas com os moradores.

A NBR 15.575 (ABNT, 2008a) estabelece três procedimentos alternativos para avaliação da adequação de habitações às oito diferentes Zonas Bioclimáticas:

- Procedimento 1 – Simplificado: verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas Partes 4 e 5, para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente;
- Procedimento 2 – Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na Parte 1 da Norma, por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício;
- Procedimento 3 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na Parte 1 da Norma, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Esta norma permite avaliar o desempenho térmico do edifício por um dos três procedimentos. Levando-se em consideração que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo da fachada, cobertura e piso, uma edificação que não atender aos requisitos ao ser avaliada por um procedimento, pode ser avaliada por um dos outros métodos.

Devido às dificuldades encontradas no desenvolvimento da pesquisa em seguir o Procedimento 2, em relação à aquisição e utilização do programa de simulação *EnergyPlus*, e o Procedimento 3, em relação à realização das medições no local, optou-se em realizar a avaliação das habitações seguindo orientações do Procedimento 1, o qual propõe uma avaliação simplificada do sistema construtivo, como ilustrado na Figura 3.2.

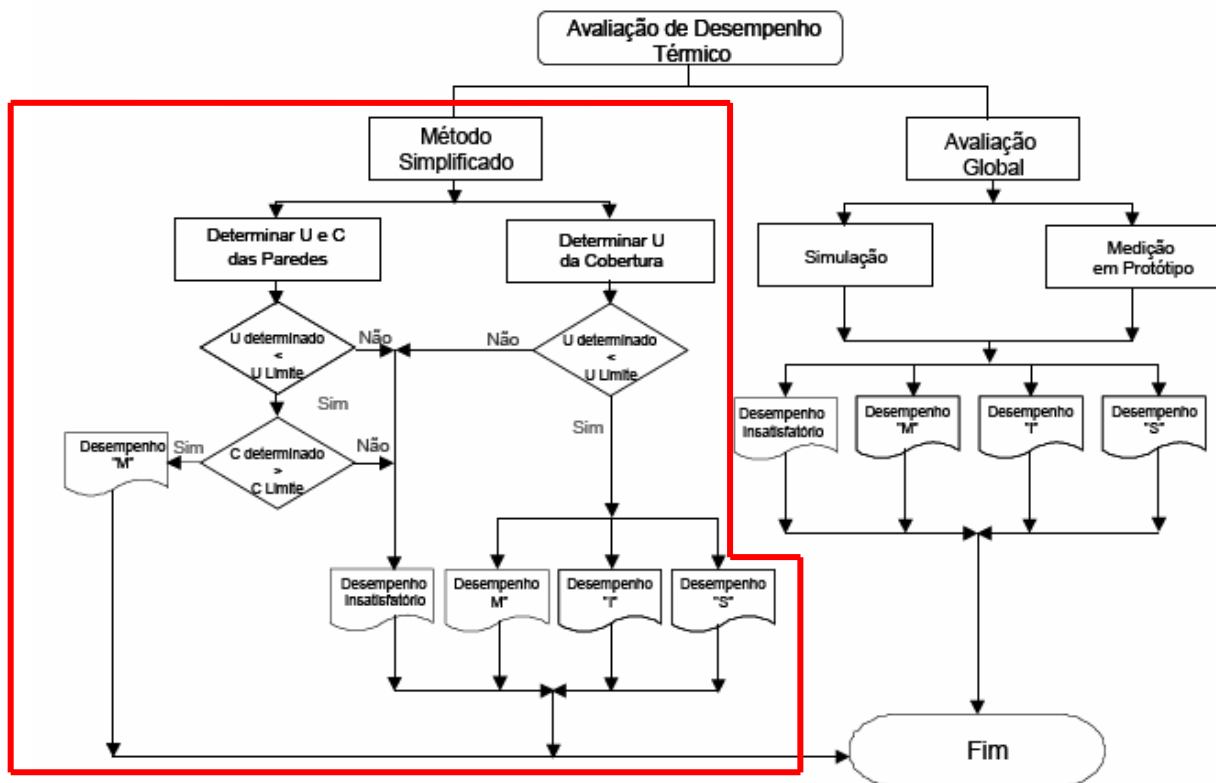


Figura 3-2 – Fluxograma da metodologia de avaliação de desempenho térmico segundo NBR 15.575 (Fonte: ABNT, 2008a)

Com base nos resultados coletados, foi possível caracterizar o desempenho dos sistemas construtivos utilizados, propondo diretrizes construtivas para melhorias no sistema construtivo, buscando a tecnologia construtiva mais adequada ao clima da região, bem como a verificação dos níveis de desempenho fixados pelas normas como garantia de satisfação das exigências dos usuários em relação ao conforto térmico.

3.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados teve como objetivo a verificação da conformidade dos sistemas construtivos com as recomendações das normas brasileiras NBR 15.220 - Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), e NBR 15.575– Desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ABNT, 2008).

3.1.1 Análise de projeto arquitetônico

Foram realizadas análises de projeto dos dois sistemas construtivos utilizados, visando o atendimento ou não dos requisitos de desempenho térmico propostos pela NBR 15.220 (ABNT,

2005), a qual propõe diretrizes construtivas de acordo com a Zona Bioclimática em que a habitação está localizada, e pela NBR 15.575 (ABNT, 2008), que propõe critérios mínimos de desempenho conforme as propriedades térmicas dos materiais.

Para a formulação das diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática Brasileira, a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) apresenta parâmetros para tamanho das aberturas com foco na ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

3.1.2 Análise das propriedades térmicas do sistema construtivo

Foram realizados cálculos das propriedades térmicas dos dois sistemas construtivos por meio do *software* Transmitância (LABEEE/UFSC, 2004) versão 1.0, que é uma ferramenta computacional desenvolvida para auxiliar na aplicação dos métodos de cálculos das propriedades térmicas de componentes construtivos propostos pela norma NBR 15.220 (ABNT, 2005b), tais como transmitância térmica, resistência térmica, capacidade térmica, fator solar e atraso térmico.

O *software* Transmitância executa os cálculos das propriedades térmicas conforme os dados de entrada, como ilustrado na Figura 3.3. Inicialmente, define-se o fluxo de calor: horizontal ou descendente, em seguida o *software* identifica a resistência superficial interna e externa. Definindo a superfície externa, o *software* identifica a absorvância para radiação solar e a emissividade para radiações.

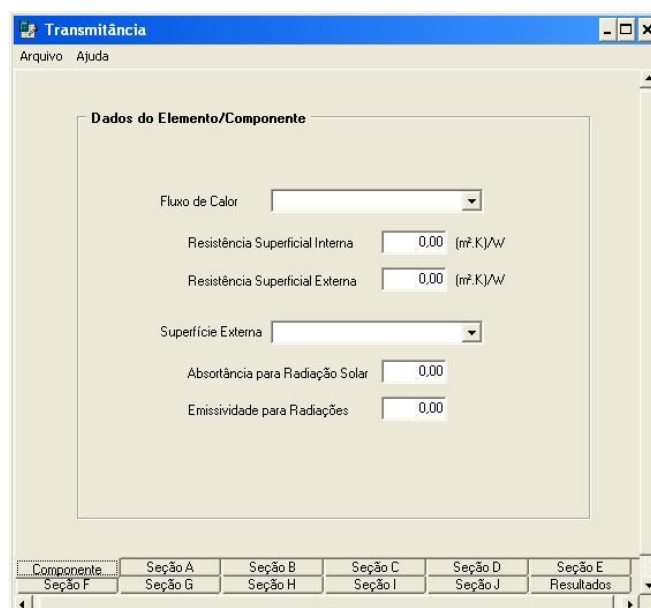


Figura 3-3– Interface inicial Software Transmitância

A partir dos dados iniciais, lançam-se os dados da composição da vedação, dados da seção (altura, comprimento e espessura), bem como os dados de cada seção, como ilustrado na Figura 3.4. Por exemplo: a seção A é composta por argamassa, bloco cerâmico, argamassa, dessa forma deve-se informar as propriedades de cada material: densidade de massa aparente, condutividade térmica, calor específico (conforme dados contidos nos anexos da NBR 15.220-2:2205) e espessura da camada. Calcula-se, então, a área, a resistência térmica e a capacidade térmica da seção.

	λ	ρ	c	e
<input type="checkbox"/> A1	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A2	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A3	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A4	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A5	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A6	0,00000	0	0,000	0,000
<input type="checkbox"/> A7	0,00000	0	0,000	0,000

Figura3-4 – Interface para lançamento dos dados no *Software* Transmitância

Ao calcular todas as seções do sistema, gera-se os resultados do sistema, como ilustrado na Figura 3.5. Como resultados, além da área são calculados: capacidade térmica, transmitância térmica, resistência térmica, fator solar e atraso térmico.

São gerados dois relatórios de cálculo, um com os dados das seções e outro com o resumo das propriedades térmicas do sistema.

Com os resultados em mãos é possível verificar se o sistema construtivo em análise atende os requisitos das normas brasileiras conforme a Zona Bioclimática em que está inserida a cidade de Goiânia.

Devido à imprecisão dos resultados obtidos na utilização do *software* Transmitância ao se repetir os procedimentos de cálculos, e para verificação dos resultados, os cálculos foram refeitos utilizando as equações sugeridas pela norma NBR15220(2005b). Dessa forma, pode-se confirmar os reais valores das propriedades térmicas de cada sistema construtivo analisados.

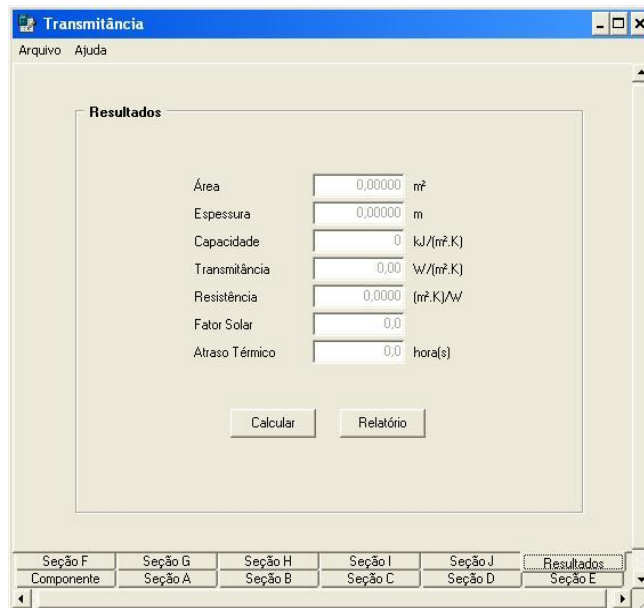


Figura3-5 – Interface final com os resultados no *Software* Transmitância

3.1.3 Entrevista estruturada

Foram realizadas entrevistas com moradores, visando compreender melhor suas perspectivas e experiências como usuários, e com representantes da AGEHAB, buscando informações complementares em relação à implantação do empreendimento.

Para o dimensionamento da amostra para aplicação da entrevista juntos aos usuários, foi utilizada a metodologia proposta por Granja *et al.* (2009), utilizada em uma pesquisa de satisfação para clientes de empreendimentos de habitação de interesse social em Campinas – SP.

A fórmula escolhida visa fazer uma estimativa de proporção populacional finita, em que se conhece o tamanho da amostra (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2002). Trata-se de uma amostragem aleatória estratificada, pois se atribuiu um número a cada unidade habitacional e fez-se a seleção aleatória, conforme a disponibilidade dos moradores, desprezando o conhecimento prévio da população. Também se subdividiu em dois subgrupos: moradores de unidades habitacionais construídas pelo sistema construtivo de alvenaria convencional e pelo sistema pré-fabricado. Sendo a amostra proporcional à extensão de cada subgrupo.

Sendo assim, a amostra foi obtida da Equação 3.1.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p) \cdot N}{(N-1)\epsilon^2 + [Z^2 \cdot p \cdot (1-p)]} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Sendo:

n = Tamanho da amostra a ser entrevistada;

$Z = 1,96$, corresponde ao número de desvios padrão da distribuição normal com base no nível de significância adotado de 95%;

$p = 50\%$, corresponde à proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria a ser estudada. Este valor foi determinado considerando que não existem estimativas anteriores de nenhum dos atributos de valor selecionados;

$N = 1521$, corresponde ao tamanho do universo a ser estudado, ou seja, quantidade total de unidades habitacionais;

$\varepsilon = 7\%$, corresponde ao erro máximo aceitável de estimação.

Aplicou-se a equação para cada subgrupo: habitações de alvenaria convencional (212 unidades) e habitações em alvenaria pré-fabricada (1309 unidades). Dessa forma, chegou-se ao resultado de 102 usuários de unidades habitacionais em alvenaria convencional e 170 usuários de unidades habitacionais em alvenaria pré-fabricada.

Para a classificação e análise dos dados foi utilizada a escala de *Likert*, a qual consiste em um instrumento de medição a ser utilizado para coleta de informações por meio de questionários objetivos, baseados em categorias de classificação (ALEXANDRE *et al.*, 2003).

De acordo com Alexandre *et al.* (2003), as categorias de classificação devem ser em números pares, como por exemplo 1-4, sendo (1) muito satisfeito, (2) satisfeito, (3) pouco satisfeito e (4) insatisfeito, pois dessa forma se conduz os respondentes a marcarem a direção em que estão inclinados.

3.2 ESTUDO PILOTO

Foi feito um estudo piloto para teste da entrevista a ser aplicada e de equipamentos para medições, visando caracterizar os usuários e verificar as condições de conforto térmico, segundo os parâmetros propostos pela norma NBR 15.575 (ABNT, 2008).

Desse estudo foi possível observar que os moradores, em sua maioria, são analfabetos ou semi-analfabetos, com nível de escolaridade baixo, como mostra detalhamento no capítulo IV.

Dessa forma, o questionário foi complementado com observações não participantes, buscando objetividade nas respostas e com foco na percepção do usuário em relação às condições de conforto térmico da unidade habitacional.

Foram realizadas ainda medições no local da temperatura do ar e da umidade do ar interno e externo, utilizando as recomendações da norma ISO 7726, (1998) - Ergonomia do ambiente térmico: instrumentos para medição de grandezas físicas, a qual embasa a norma NBR 15.575 (ABNT, 2008), visando verificar a troca térmica entre os ambientes.

Foram escolhidas 6 unidades habitacionais por amostra intencional, dentre as quais, foram escolhidas 2 amostras pintadas com tinta na cor branca, 2 na cor verde, e duas casas na cor creme, considerando a disponibilidade dos moradores.

As medições foram feitas nos dias 4, 5 e 6 de setembro de 2010, o horário entre 14:00 e 14:30h, dia com sol, temperatura ambiente em torno de 35° e umidade relativa do ar entre 18% e 22%.

De acordo com NBR 15.575-1 (ABNT, 2008), a avaliação do desempenho térmico de edificações, por medições feitas no local, deve ser em edificações em escala real (1:1), e com instrumentos adequados, para se medir a temperatura e a umidade do ar no centro dos recintos de longa permanência: dormitórios e salas, seguindo as especificações de equipamentos e montagem dos sensores, apresentadas na ISO 7726 (1998).

Os equipamentos utilizados para as medições foram: um Termo-higro-anemômetro Digital Portátil modelo THAR-185, marca *Instrutherm* (Figura 3.6a), para medir a temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos; e um Termômetro Infravermelho modelo TI890, marca *Instrutherm* (Figura 3.6b), para medir a temperatura de superfície interna e externa.



(a) (b)
Figura 3-6 – Equipamentos para medições do estudo piloto. a) Termo-higro-anemômetro Digital Portátil modelo THAR-185, marca Instrutherm. b) Termômetro Infravermelho modelo TI890, marca Instrutherm. (Fonte: www.instrutherm.com.br)

A ISO 7726:1998 especifica índices mínimos de temperatura e umidade que garantem as condições de conforto térmico no ambiente, os quais variam conforme a época do ano. Dessa forma, orienta-se que para o período de medição o dia tomado para análise deve corresponder a um dia típico de verão ou de inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes. Recomenda-se, como regra geral, trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia (NBR 15.575:2008).

Para efeito da avaliação por medição, o dia típico é caracterizado unicamente pelos valores da temperatura do ar exterior medidos no local, conforme a localização da habitação. Segundo orientações da norma NBR 15.575 (ABNT, 2008), a cidade de Goiânia possui temperatura máxima de 34,6°C no verão e mínima de 9,6°C no inverno.

Os resultados obtidos nas medições deste estudo piloto serão apresentados no capítulo seguinte.

CAPITULO 4

ANÁLISE DOS DADOS

4. ESTUDO DE CASO

O empreendimento escolhido para estudo de caso foi o Residencial Real Conquista, localizado na cidade de Goiânia, no estado de Goiás. Trata-se de um empreendimento de aproximadamente cinco anos de ocupação e ainda está em fase de implantação.

Localizado na região sudoeste de Goiânia, como ilustrado nas Figuras 4.1 e 4.2, o empreendimento foi financiado com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) em parceria com os Governos Estadual e Municipal.

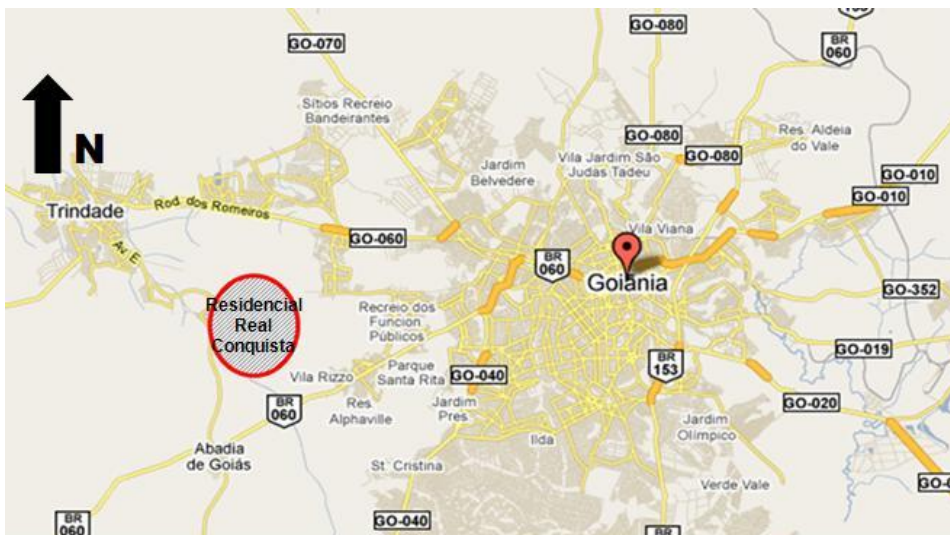


Figura 4-1 Mapa de localização do Residencial Real Conquista (Fonte: adaptação Google Maps)



Figura 4-2 Mapa de localização do Residencial Real Conquista (Fonte: adaptação Google Maps)

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento de interesse social Residencial Real Conquista foi criado para abrigar famílias oriundas de uma área invadida no Setor Parque Oeste Industrial, na cidade de Goiânia. Ao ser decretado, por determinação judicial, a desocupação da área, algumas famílias foram encaminhadas para um acampamento no Parque Grajaú, também em Goiânia, e outras ficaram alojadas em ginásios da cidade.

A construção das habitações tem sido gerenciada pela Agência Goiana de Habitações (AGEHAB) e, segundo informações da agência, até o momento foram entregues 1.521 unidades habitacionais das 2.470 unidades programadas, como ilustra Figura 4.2. (AGEHAB, 2010).

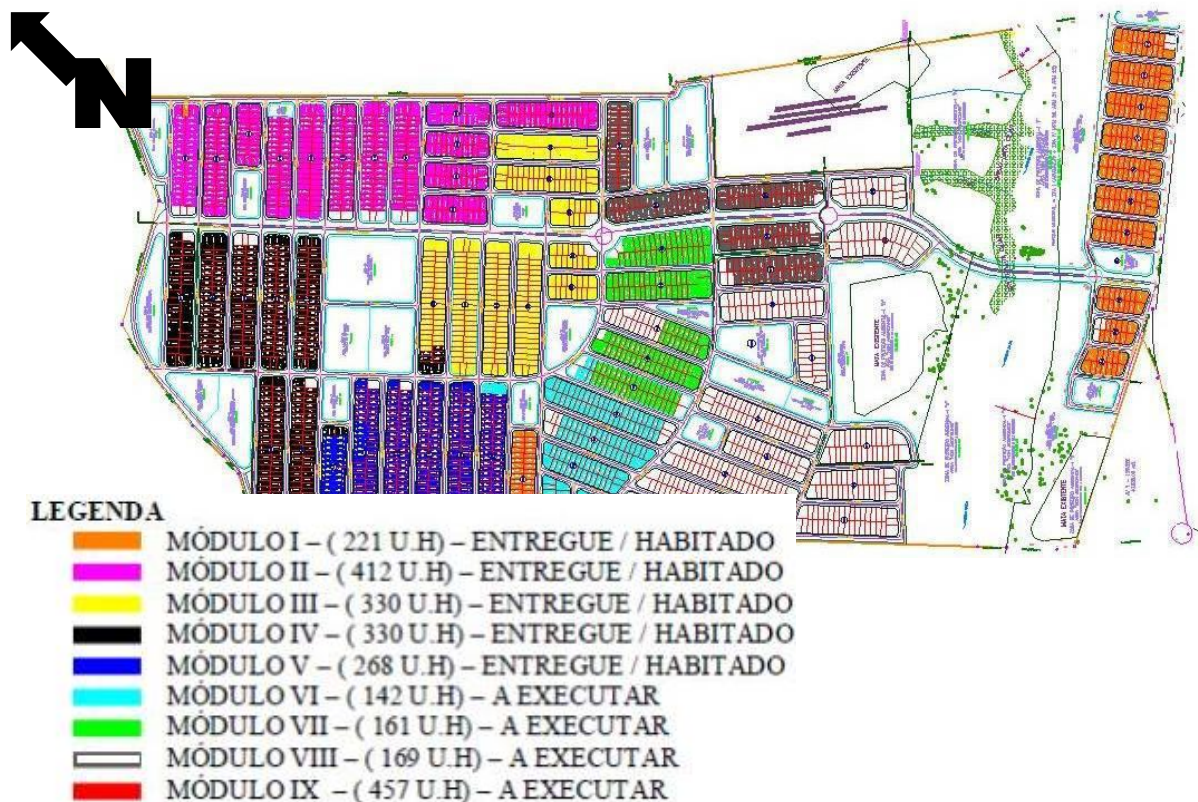


Figura 4-3- Implantação do Residencial Real Conquista (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010)

De acordo com representantes da diretoria técnica da AGEHAB¹, o projeto foi definido pela equipe técnica da própria agência, composta por arquitetos e engenheiros, e, em seguida, por

¹ Entrevista realizada junto a representantes da diretoria técnica da AGEHAB.

meio de licitações, terceirizou-se a construção das habitações para uma empresa, cujo sistema construtivo escolhido foi o Jetcasa.

Segundo AGEHAB, o sistema Jetcasa é um processo industrializado no qual o desperdício de material é mínimo, reduzindo o custo da obra em até 30%. A rapidez de execução do processo permite a construção de até 120 casas por mês. Em uma área livre no loteamento foi instalada a Fábrica de Casas, onde são produzidas as peças pré-fabricadas que serão montadas no local da unidade habitacional.

As 212 primeiras unidades habitacionais foram construídas com alvenaria convencional, e as unidades seguintes foram construídas pelo sistema construtivo pré-fabricado proposto pela empresa terceirizada. No entanto, o projeto com área total construída de 40,16m², é padrão e independente do sistema construtivo utilizado, como ilustrado nas Figuras 4.3; 4.4a e 4.4b; 4.5a e 4.5b.

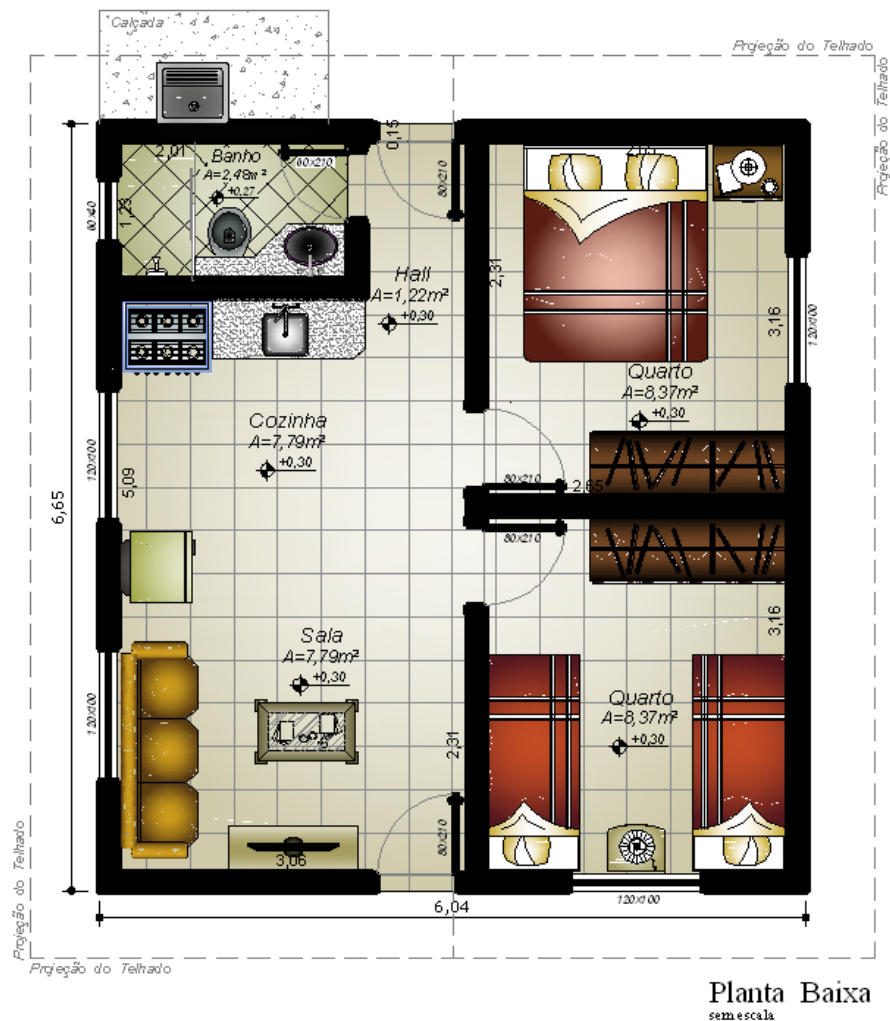


Figura 4-4 – Planta padrão para habitações do Residencial Real Conquista
(Fonte: Documentos AGEHAB, 2010)

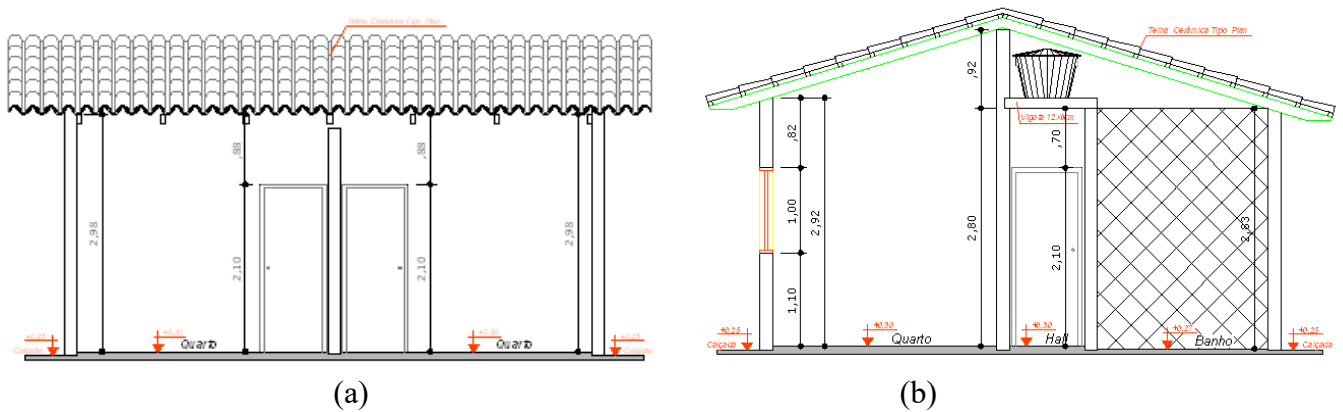


Figura 4-5- Cortes internos das habitações do Residencial Real Conquista. (a) Corte longitudinal (b) Corte Transversal. (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010)

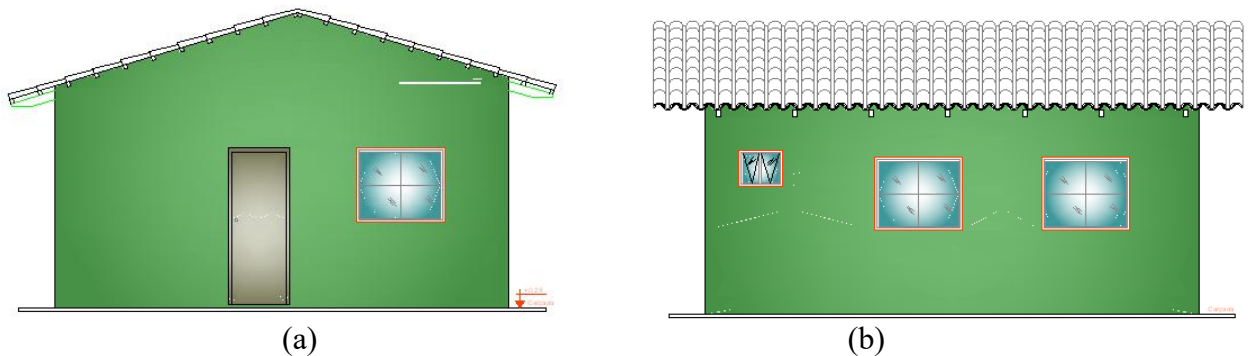


Figura 4-6- Fachadas das habitações do Residencial Real Conquista. (a) Fachada Frontal (b) Fachada Lateral. (Fonte: Documentos AGEHAB, 2010)

As unidades habitacionais no Residencial Real Conquista são pintadas nas cores branca, creme e verde, conforme orientações da equipe técnica da AGEHAB. As esquadrias externas são de ferro, sendo na sala/cozinha com vidro e nos quartos tipo veneziana. Como a parede pré-fabricada finalizada possui 11 cm de espessura, e as esquadrias em geral possuem 15 cm, é feita uma borda em torno das esquadrias no lado externo para dar melhor acabamento, como ilustrado na Figura 4.6.



Figura 4-7 – Unidade habitacional finalizada no Residencial Real Conquista

As unidades habitacionais são entregues com piso de cimento rústico, sem forro e com as peças sanitárias instaladas: vaso sanitário e lavatório no banheiro, pia na cozinha e um tanque, instalado no lado externo posterior da habitação.

A seguir detalha-se o processo de execução do sistema em alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos, produzido pela empresa Jetcasa, em virtude de parte do objeto de estudo de caso ser produzido com este sistema construtivo.

4.1.1 O Sistema Construtivo de alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos

O método consiste na fabricação de painéis auto-portantes e estruturados com treliças de aço e o fechamento é executado com bloco cerâmico de oito furos. Os painéis já saem da linha de produção rebocados e com toda a tubulação elétrica e hidráulica embutidas, faltando apenas a montagem e aplicação dos acabamentos na obra (JETCASA, 2010).

O procedimento de execução de alvenaria pré-fabricada com blocos cerâmicos é originário da técnica *tilt-up* que consiste na concretagem dos painéis de vedação de uma construção sobre sua laje de piso, ou ainda em uma laje separada destinada a este fim e então içá-los e posicioná-los com a ajuda de um guindaste.

Processo de pré-fabricação

De acordo com Jaime *et al.* (2009), a fábrica de alvenaria pré-moldada é montada próxima ao local de montagem e projetada conforme a expectativa de produção do construtor. São executados tablados de concreto armado com gabaritos, onde serão executados os painéis, como ilustrado na Figura 4.8.

As superfícies desses tablados devem ser perfeitamente desempenadas e sarrafeadas. O local de armazenamento dos painéis prontos a serem levados para a obra devem sempre ocupar posição estratégica de forma que não interrompa o trânsito.



Figura 4-8 – Fábrica de casas no Residencial Real Conquista

São necessários equipamentos específicos e ferramentas para a execução do sistema, tais como pórtico rolante, formas metálicas, pá, peneira, alicate, peneira, pincel, rolo, colher de pedreiro, desempenadeira, girica, padiola, betoneira, chave Phillips, aparelho de solda, prumo, nível, trena, e equipamentos de segurança individual e coletivos.

O material empregado para levantar as paredes é o básico: cimento, areia, brita, cal/aditivo, bloco cerâmico, aço, tubos e conexões para instalações elétricas e hidráulicas, e todos os materiais ficam dispostos no canteiro de obras da fábrica, como ilustrado nas Figuras 4.9a e 4.9b; 4.10a e 4.10b.



(a)



(b)

Figura 4-9 – Canteiro de obras. (a) Armazenagem de agregados. (b) Armazenagem dos blocos cerâmicos.



Figura 4-10 – Canteiro de obras. (a) Armazenagem das treliças de aço. (b) Armazenagem de tubos.

Antes de iniciar a montagem dos painéis pré-fabricados, é necessário preparar as formas com aplicação de desmoldante e regulagem dos perfis metálicos sobre a superfície, como ilustrado na Figura 4.11.



Figura 4-11 – Formas dos painéis. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Os painéis pré-fabricados são contornados por treliças de aço, amarrados por vergalhões soldados às treliças, conforme detalhamento de projeto. Segundo Jaime *et al.* (2009), esta armadura é capaz de suportar os carregamentos e esforços preestabelecidos dentro dos limites de tensões e deformações previstas para içamento e trabalho normal do painel ocasionado pelo cotidiano.

São soldadas chapas metálicas em “L” nas laterais dos painéis para posterior fixação de painel com painel e ganchos para içamento.

Em seguida, são montados os painéis com blocos cerâmicos vazados de 8 furos quadrados, com dimensões de 9 x 19 x 19cm e resistência à compressão média de 1,5 MPa, preparados com diferentes tamanhos e posicionados conforme modulação dos painéis, guiados sobre a superfície destinada a cada painel na fábrica, como ilustrado na Figura 4.12.



Figura 4-12 – Montagem dos blocos cerâmicos. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Após a montagem dos blocos cerâmicos, são feitas as instalações de água fria e elétrica, conforme detalhamento em projeto dos módulos, como ilustrado na Figura 4.13. Cada parede é considerada um módulo, sendo detalhados conforme projeto de arquitetura e projetos complementares.



Figura 4-13 – Montagem dos kits de água fria. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Montado o painel, é feita a concretagem das nervuras. O concreto utilizado com cura inicial média de 7 dias $f_{ck}=25\text{MPa}$, preenche as nervuras e espaçamento entre blocos cerâmicos, como ilustrado na Figura 4.14.



Figura 4-14 – Concretagem. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Após a concretagem das nervuras, os painéis são chapiscados com rolo e rebocados. Esta etapa não tem função estrutural (JAIME *et al.*, 2009), constituindo apenas um revestimento semelhante ao processo convencional, porém sendo executado na horizontal, como ilustrado na Figura 4.15.



Figura 4-15 – Revestimento horizontal de argamassa. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Jaime *et al.* (2009) orienta que o controle tecnológico deve ser observado em todas as etapas para que não ocorram manifestações patológicas futuramente. A execução do reboco neste sistema evita desperdícios de materiais, pois como os painéis são executados sob uma bancada nivelada e com fôrma no esquadro, isso há uma garantia de um reboco padronizado com espessuras bem definidas tornando o processo mais econômico.

Após o término do revestimento em argamassa e cura dos painéis por sete dias, realiza-se a desforma dos painéis, que consiste apenas na retirada das formas (metálicas), que os envolvem, facilitado pela aplicação do desmoldante no início do processo.

Após a desforma dos painéis executa-se o içamento dos mesmos, por meio dos pontos já previstos na fabricação e encaixados os ganchos do pórtico. De acordo com Jaime *et al.* (2009), a disposição dos ganchos deve ser planejada antes do içamento para evitar perda de tempo e alterações na locação dos ganchos.

Depois de encaixados os ganchos, inicia-se o içamento mecanicamente, controlado por um operário treinado para a função. O içamento retira o painel da forma e o posiciona na vertical, como ilustrado na Figura 4.16.



Figura 4-16 – Içamento dos painéis.

Considera-se que esta é a pior condição de carregamento, pois o içamento é influenciado por uma série de fatores que devem ser considerados no projeto, como por exemplo: peso próprio; o arranque sofrido pelo painel quando este é separado da superfície onde foi concretado devido à aderência com a laje de piso; e, a variação da inclinação do painel em relação ao plano

horizontal que altera os esforços solicitantes no painel. Em geral, a situação crítica ocorre quando o ângulo está em torno de 30°.

Dispostos na vertical, os painéis são chapiscados com rolo e rebocados na face que estava apoiada na horizontal, durante a execução do painel. Da mesma forma, esta etapa não tem função estrutural, constituindo apenas um revestimento semelhante ao processo convencional, como ilustrado na Figura 4.17.



Figura 4-17 – Revestimento vertical de argamassa

Prontos, os painéis são armazenados verticalmente, sobre apoios, evitando o contato direto com o solo, como ilustrado na Figura 4.18, e aguardam até serem transportados ao local de montagem da unidade habitacional.



Figura 4-18 – Armazenamento dos painéis.

Para retirar os painéis da estocagem e colocá-los no caminhão que irá transportá-los ao local de montagem se faz necessário o uso do pórtico rolante da fábrica e o descarregamento dos painéis na obra é realizado por caminhão *munk*.

Os painéis, quando transportados, devem se encontrar na posição vertical levemente inclinado apoiando-se em cavaletes, formando uma inclinação de 6% a 8% em relação à vertical e devem ser devidamente amarrados, como ilustrado na Figura 4.19.



Figura 4-19 – Transporte dos painéis.

Montagem da unidade habitacional

Os painéis são apoiados sobre a fundação devidamente projetada para resistir às cargas atuantes. A fundação nas unidades habitacionais do Residencial Real Conquista é tipo estaca executada a trado, escavada no solo até encontrar apoio firme, aproximadamente 80cm de profundidade (JAIME *et al.*, 2009). As vigas baldrame são executadas com canaletas de concreto armadas, como ilustrado na Figura 4.20, e sobre elas são apoiados os painéis, fazendo a ligação com argamassa de assentamento.



Figura 4-20 – Fundação.

O primeiro painel é escorado temporariamente até que o segundo seja soldado a ele e os demais soldados sucessivamente. Os três componentes de ligação metálicos dispostos nas laterais dos painéis são soldados a cada 70 cm com auxílio de uma barra de aço de 10 mm de diâmetro tipo CA-25, e distância de 1 a 3 centímetros entre painéis, como ilustrado na Figura 4.21.



Figura 4-21 – Junção dos painéis. (Fonte: JAIME *et al.*, 2009)

Estes componentes de ligação metálicos recebem pintura prévia de *primer* anticorrosivo antes de serem introduzidos nos painéis. Após a execução da solda, aplica-se uma demão reforçada de fundo anticorrosivo à base de resina sintética.

As juntas são preenchidas com argamassa, aplicada externamente, antes da pintura, como ilustrado na Figura 4.22. Em seguida, executa-se a montagem do telhado, com estrutura de madeira e telha cerâmica, instalam-se as esquadrias, para finalizar com a pintura e dar os acabamentos finais internos.



Figura 4-22 – Montagem dos painéis.

4.1.2 Avaliação do desempenho térmico do sistema pré-fabricado segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) avaliou o desempenho térmico de uma unidade habitacional térrea isolada, construída com painel Jetcasa. Foram analisados dois dormitórios com paredes externas e internas em painéis de blocos cerâmicos de 9 cm de espessura, revestidos com 1cm de argamassa em ambos os lados, pé direito de 2,60 m, cobertura em laje maciça de concreto com 4 cm de espessura e telhado em telhas cerâmicas tipo “portuguesa” de espessura 2 cm. Considerou-se a orientação da janela variável (Norte, Sul, Leste e Oeste), mantendo-se fixa a sua posição relativa às paredes, pressupondo-se, portanto, rotações sucessivas da edificação como um todo.

As condições climáticas adotadas nas análises representam dias típicos de projeto, para o período de verão e para o período de inverno, na zona climática que inclui a cidade de São Paulo.

Os resultados consideram o desempenho térmico da edificação satisfatório para a condição de inverno, com nível de desempenho classificado como “B” em todas as situações consideradas. Para a condição de verão, o desempenho térmico depende da cor das superfícies externas, das condições de sombreamento das janelas e de ventilação dos ambientes, como mostrado na Tabela 2.1.

Tabela 4.1– Níveis de desempenho térmico

Período	Nível de desempenho	Condição
VERÃO	A	Condições de conforto atendidas durante todo o dia.
	B	Situação intermediária de conforto: não ocorre o nível A, porém o valor máximo diário da temperatura do ar interior não ultrapassa o valor máximo diário da temperatura do ar exterior.
	C	Situação não desejável de conforto: não ocorre o nível A e o valor máximo diário da temperatura do ar interior ultrapassa o valor máximo diário da temperatura do ar exterior.
INVERNO	A	Condições de conforto atendidas durante todo o dia.
	B	Situação intermediária de conforto: não ocorre o nível A, porém a temperatura do ar interior é sempre maior que a temperatura mínima de referência igual a 12° C.
	C	Situação não desejável de conforto: a temperatura do ar interior apresenta algum valor menor que a temperatura mínima de referência igual a 12° C.

(Fonte: IPT, 2003)

O desempenho térmico atinge o nível “B” em praticamente todas as condições analisadas quando a cor da superfície externa das paredes é clara, com exceção da situação em que a janela, sem sombreamento, está voltada para Oeste e o ambiente não está ventilado, apresentando neste caso desempenho térmico nível “C”.

Quando a cor da superfície externa das paredes é média ou escura o desempenho térmico é nível “C” em praticamente todas as condições analisadas, com exceção de situações em que a janela tenha sombreamento ou orientação leste ou sul, e o ambiente esteja ventilado, assim apresenta desempenho térmico nível “B”.

A conclusão do IPT foi de que, para o sistema de parede e cobertura em avaliação, o desempenho térmico é satisfatório, classificado como nível “B”, desde que a superfície externa das paredes receba pintura em cores claras e seja garantido um sombreamento das janelas e a ventilação dos ambientes durante o período de verão (VILLAR, 2005).

4.1.3 Resultados do estudo piloto

Fazendo um comparativo com os resultados obtidos a partir das medições feitas no estudo piloto, pode-se perceber que a diferença entre a temperatura externa e interna das unidades habitacionais investigadas oscila entre 2 a 3°C a mais ou a menos. E a temperatura de superfície externa chegou a 10°C a mais que a temperatura de superfície interna, como ilustrado no Gráfico 4.1.

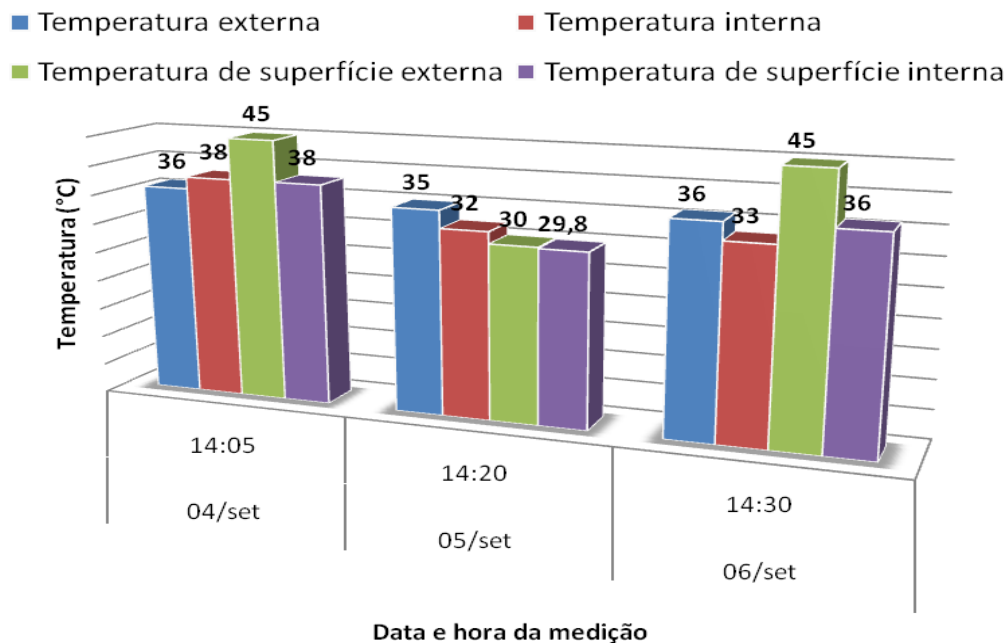


Gráfico 4.1 – Comparativo entre as temperaturas internas e externas do ar e da superfície das alvenarias pré-fabricadas com blocos cerâmicos.

Não foi possível realizar as medições em habitações com o sistema construtivo em alvenaria convencional, pois não havia, na época, unidades habitacionais vazias. As medições foram feitas apenas em habitações com o sistema pré-fabricado, por haverem, na época, unidades vazias, porém, por não estarem prontas não era seguro deixar os equipamentos no local.

Segundo orientações da norma brasileira NBR 15.575 (ABNT, 2008), para manter o conforto térmico nos dias quentes, a temperatura interna deve ser no mínimo 2°C menor que a temperatura externa da habitação. E como se pode perceber, o sistema pré-fabricado atendeu em dois dias de medições. No entanto, precisaria ser feita a média das temperaturas por meio de medições de hora em hora por três dias consecutivos, segundo orientações da norma.

Ao verificar a velocidade dos ventos, pode-se perceber que quanto maior a temperatura interna nas unidades habitacionais, menor a velocidade dos ventos, como ilustrado no Gráfico 4.2, ou seja, sem ventilação a temperatura interna gera desconforto.

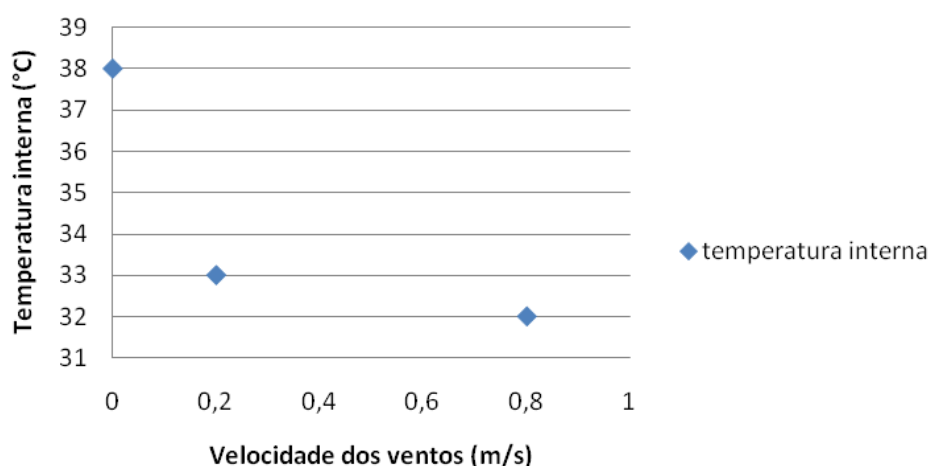


Gráfico 4.2 – Relação entre a temperatura interna da habitação e velocidade dos ventos no interior da habitação.

Embora pudesse se observar que havia ventilação cruzada nas unidades habitacionais, durante as medições o equipamento não registrava valores, ficando por alguns momentos no marco 0,0. Dessa forma, não foi possível registrar muitos dados no período medido.

A mesma relação acontece com a comparação entre temperatura interna e umidade relativa do ar. Quanto maior a temperatura interna menor a umidade relativa do ar no interior das unidades habitacionais, como ilustrado no Gráfico 4.3.

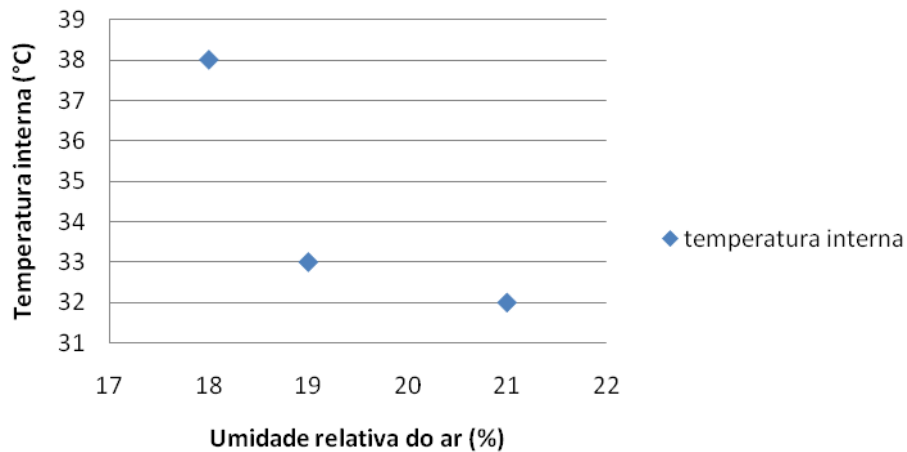


Gráfico 4.3 – Relação entre a temperatura interna da habitação e umidade relativa do ar no interior da habitação.

Como as medições foram feitas no período de seca, mês de Setembro, a umidade relativa do ar estava muito baixa, entre 18% e 21%, e em compensação a temperatura do ar estava alta, entre 32°C e 38°C. Este é o período mais desconfortável do ano para os habitantes desta região, por isso a necessidade de estratégias de resfriamento evaporativo, além da ventilação seletiva, nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa.

Ao se comparar as temperaturas de superfície das paredes externas com frente para o Norte em relação às cores das habitações, pode-se perceber que a cor branca possui os menores índices, como ilustrado no Gráfico 4.4.

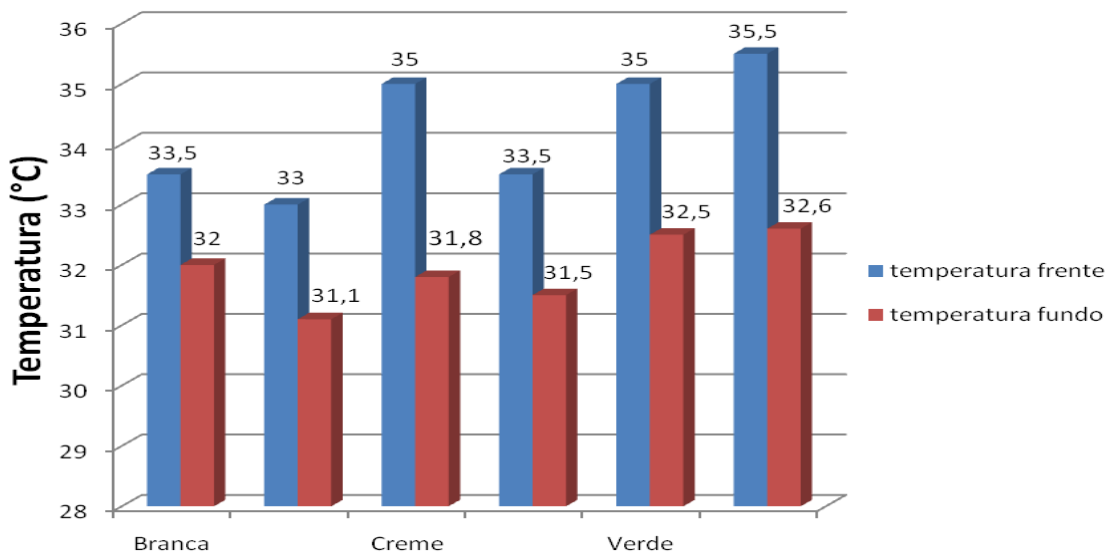


Gráfico 4.4 – Relação entre temperatura e cor da casa

Para a realização do estudo piloto encontraram-se muitas dificuldades em realizar as medições segundo as orientações da NBR 15.575 (ABNT, 2008), pois seriam necessários três dias consecutivos, com periodicidade de medições realizadas de hora em hora. Para tal, seria necessário deixar o equipamento nas unidades habitacionais, instalado no centro dos ambientes de longa duração, a uma altura de 1,20m, o que seria inviável por se tratarem de residências e já estarem ocupadas ou em fase de construção.

Dessa forma, optou-se por avaliar o conforto térmico a partir apenas do projeto, dos dois sistemas construtivos empregados, e relacionar estas informações com a percepção dos usuários, buscando verificar qual sistema construtivo é mais indicado para a região de Goiânia em relação ao seu desempenho térmico.

4.2 ANÁLISE DE DADOS

Segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2005), o Brasil compreende 8 zonas bioclimáticas, sendo que a região onde está situada a cidade de Goiânia é classificada como Zona Bioclimática 6, como ilustrado nas Figuras 4.23 e 4.24.

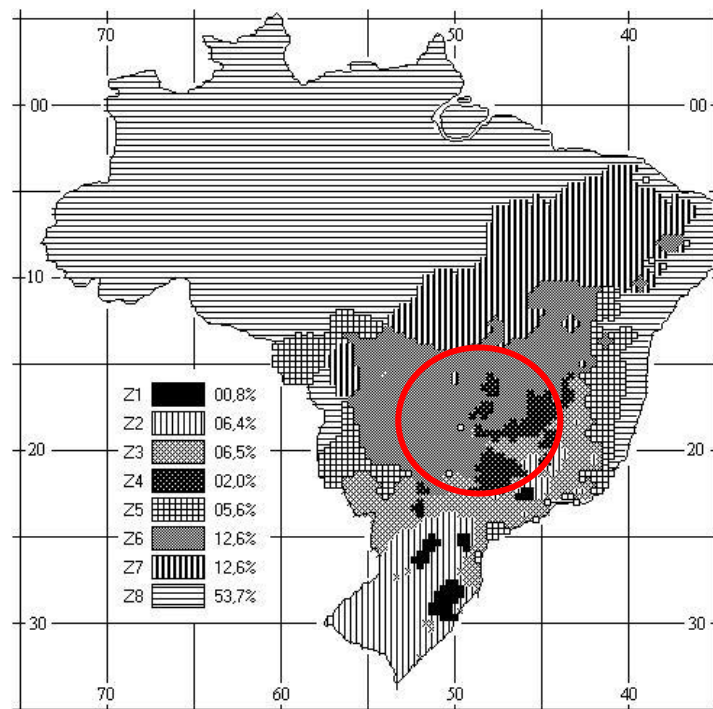


Figura 4.23– Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Fonte: NBR 15.220:2005)

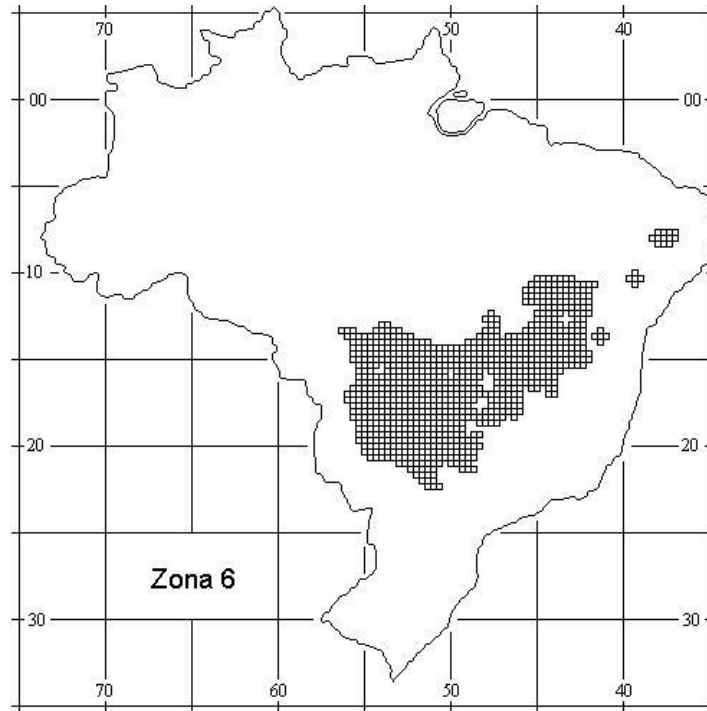


Figura 4.24 – Zona Bioclimática 6 (Fonte: NBR 15.220:2005)

A avaliação do desempenho térmico segundo as normas NBR 15.220 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2008) pode ser feita por meio da avaliação do projeto arquitetônico, com base nos cálculos das propriedades térmicas dos sistemas construtivos, buscando verificar determinados parâmetros conforme cada zona bioclimática para a formulação de diretrizes construtivas, estabelecendo critérios como tamanho das aberturas para ventilação, formas de proteção das aberturas, tipos de vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo. No entanto, esses parâmetros não têm caráter normativo, apenas orientativo.

4.2.1 Avaliação do Projeto Arquitetônico

A NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) orienta que, para a zona bioclimática 6, a habitação possua aberturas para ventilação médias e sombreadas, com área entre 15% e 25% da área de piso do ambiente, como ilustrado na Tabela 4.1.

Tabela 4.2- Parâmetros de aberturas para ventilação

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

Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

Já a NBR 15.575 (ABNT, 2008) orienta que as aberturas de habitações inseridas na Zona Bioclimática 6 devam ser médias com área maior ou igual a 8% da área do piso, como ilustrado na Tabela 4.2.

Tabela 4.3- Parâmetros de aberturas para ventilação

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação A		
	% da área do piso ⁽¹⁾		
	Zonas 1 a 6	Zona 7	Zona 8
	Aberturas médias	Aberturas pequenas	Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 8$	$A \geq 5$	$A \geq 15$

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

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2008)

Os resultados mostram que as habitações do Residencial Real Conquista atendem em partes as duas normas, como ilustrado na Tabela 4.3. As aberturas da Sala/Cozinha atendem ambas as normas, excedendo o limite mínimo de área. Já as aberturas dos quartos e do banheiro não atendem os parâmetros da NBR 15.220 (ABNT, 2005c), no entanto, atendem a NBR 15.575 (ABNT, 2008).

Tabela 4.4- Resultados da avaliação das aberturas

Ambiente	Área de piso (m ²)	Área total das aberturas (m ²)	Normas Brasileiras	
			15.220 (2005)	15.575 (2008)
			15 a 25% Área do Piso	8% Área do Piso
SALA COZINHA HALL	16,81	5,76	$2,52 < A < 4,20$	1,34
QUARTOS	8,38	1,20	$1,26 < A < 2,10$	0,67
BANHEIRO	2,49	0,32	$0,37 < A < 0,62$	0,20

Tanto a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) quanto a NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), orientam que as aberturas devam ser sombreadas e permitir que o usuário tenha o controle do sombreamento e escurecimento. No entanto, as aberturas das habitações no Residencial Real Conquista são sombreadas apenas nos quartos, pois são do tipo veneziana, e o beiral do telhado é de apenas 40cm, não possibilitando assim o sombreamento das aberturas. Os moradores no processo de apropriação promovem o sombreamento por meio de cortinas no interior da habitação.

Além do tamanho e sombreamento das aberturas, a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) orienta que para as vedações externas devem ser paredes pesadas e a cobertura leve e isolada. Dessa forma deveriam ter propriedades térmicas que atendessem os valores sugeridos pela norma, como ilustrado na Tabela 4.4.

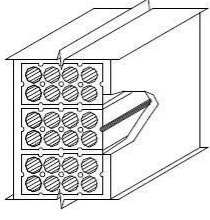
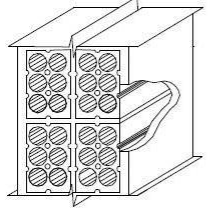
Tabela 4.5 Parâmetros das propriedades térmicas para cada tipo de vedações externas

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	FS _o $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	FS _o $\leq 4,0$
	Pesada	$U < 2,20$	$\varphi > 6,5$	FS _o $< 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U < 2,00$	$\varphi < 3,3$	FS _o $< 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30$.FT	$\varphi \leq 3,3$	FS _o $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	FS _o $\leq 6,5$

Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

A NBR 15.220 – 3 (ABNT, 2005) apresenta modelos de vedações externas com as propriedades térmicas para análise de sistemas construtivos similares. Dessa forma, analisando apenas o tipo de vedações e as propriedades térmicas para Zona Bioclimática 6, o sistema construtivo para atender as características de paredes pesadas deveria ter no mínimo uma espessura de 26cm, como ilustra Tabela 4.5, e a cobertura deveria, no mínimo, ter um forro de laje mista com 12cm de espessura, como ilustra a Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Transmitância térmica, Capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes



Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm	1,61	232	5,9
	Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	1,52	248	6,5

(Fonte: NBR 15.220-3:2005)

As unidades habitacionais produzidas pelo sistema construtivo de alvenaria convencional possuem paredes com espessura de 15cm, e as produzidas pelo sistema Jetcasa possuem paredes

com espessura de 11cm. Em ambos os sistemas construtivos não possuem forro. Dessa forma, destaca-se que nenhum dos dois sistemas construtivos atende os critérios sugeridos pela norma.

Tabela 4.7 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{t(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6

Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

O forro, segundo orientações da norma, deveria ser de laje com espessura de 12cm, mas o uso do forro de madeira, segundo Lamberts *et al.*(1997) também promove melhoraria no desempenho térmico da cobertura, diminuindo o fator de transmitância térmica.

Segundo Lamberts *et al.* (1997), dentre as principais soluções construtivas de uso corrente no Brasil a que mais se aproxima das exigências da norma para este contexto geográfico é alvenaria com paredes de tijolo com 6 furos assentados deitados com espessura 17cm, e a cobertura com forro de pinus com 1cm de espessura.

A NBR 15.575 (ABNT, 208) orienta que a adequação de paredes deve ser por meio da avaliação dos valores das propriedades térmicas: transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas da habitação, visando o desempenho térmico mínimo para cada zona climática. O método para esta avaliação segue parâmetros de cálculos conforme procedimentos apresentados NBR 15220-2 (ABNT, 2005), que será apresentado no próximo tópico.

Segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2005), as habitações inseridas na Zona Bioclimática 6 devem promover estratégias de condicionamento térmico passivo para o verão e para inverno diferentemente, como ilustrado na Tabela 4.7.

Tabela 4.8 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 6

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos H, J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

De acordo com a referida norma, em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada por meio da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido por meio do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar (ABNT, 2008c

).

Nas unidades habitacionais do Residencial Real Conquista não há projeto de paisagismo integrado com a produção das habitações. No entanto, os moradores ao se apropriarem do terreno buscam o uso de vegetações como forma de delimitação do espaço, como ilustrado na Figura 4.25.



Figura 4.25 – Unidades habitacionais com vegetações .

Segundo a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), as sensações térmicas podem ser melhoradas por meio da desumidificação dos ambientes, obtida por meio da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.

A ventilação cruzada é obtida por meio 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 (ABNT, 2005c).

As unidades habitacionais do Residencial Real Conquista possuem ventilação cruzada na sala/cozinha por terem duas janelas e duas portas, conforme projeto arquitetônico. No entanto, nos quartos não possuem ventilação adequada, o que pode ser comprovado pela análise do tamanho das aberturas, as quais atendem em partes aos requisitos propostos pelas normas brasileiras.

Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas por meio 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.

Dessa forma, a adoção de paredes internas pesadas contribui para manter o interior da edificação aquecido. Fazer uso de estratégias passivas, conforme orientações das normas brasileiras em relação ao clima, no qual está inserido, proporciona maior conforto aos moradores, e diminui gastos energéticos para resfriamento da habitação.

4.2.2 Análise das propriedades térmicas do sistema construtivo

Segundo as normas brasileiras NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), a edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas, e considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso.

Sendo assim, para se avaliar o atendimento ou não dos requisitos de desempenho térmico, estabelecem-se parâmetros para as propriedades térmicas do sistema construtivo.

As propriedades térmicas avaliadas foram: transmitância térmica e capacidade térmica para paredes externas para cada tipo de sistema construtivo empregado no Residencial Real Conquista, e transmitância térmica e absorvância térmica para coberturas.

De acordo com a NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), os níveis mínimos (M) de desempenho são obrigatórios para o atendimento de cada requisito. Considerando a possibilidade de melhoria

da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S). Recomenda-se que o construtor ou incorporador informe o nível de desempenho dos sistemas que compõem o edifício habitacional, quando exceder ao nível mínimo (M).

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas para habitações inseridas na Zona Bioclimática 6 dependem da absorptância à radiação solar da superfície externa da parede, como ilustrado na Tabela 4.8.

Tabela 4.9 – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica ⁽¹⁾ U $W/m^2.K$		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha^{2) \leq 0,6}$	$\alpha^{2) > 0,6}$
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
¹⁾ valores de transmitância térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de $0,13 \text{ m}^2.k/W$ e a resistência superficial externa com valor de $0,04 \text{ m}^2.k/W$.		
²⁾ α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2008)

A absorptância está relacionada ao tipo de acabamento e, no caso de pintura, da cor do acabamento. Para as cores das habitações do Residencial Real Conquista, branca, amarela e verde, os índices são 0,2, 0,3 e 0,4, respectivamente, todos menores que 0,6, valor de referência para a transmitância térmica da Zona Bioclimática 6 (ABNT, 2005b).

Os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (CT) das paredes externas para habitações inseridas na zona bioclimática 6 são maiores ou igual à $130 \text{ kJ}/\text{m}^2.K$, como ilustrado na Tabela 4.9.

Tabela 4.10 – Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT) $\text{kJ}/\text{m}^2.K$	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6
$\geq 2,45$	≥ 130

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2008)

Os cálculos foram feitos utilizando o *software* Transmitância (LABEEE/UFSC, 2004), versão 1.0, ferramenta computacional desenvolvida para auxiliar na aplicação dos cálculos das propriedades térmicas de componentes construtivos propostos pela norma NBR 15.220-2 (ABNT, 2005).

Para avaliação do sistema construtivo selecionou-se a parede que mais se repete no projeto arquitetônico: painel de alvenaria com vão para uma porta, como ilustrado na Figura 4.26. As

dimensões se mantiveram tanto para painel pré-fabricado quanto para painel de alvenaria convencional, alterando-se apenas a composição do material e a espessura do painel.

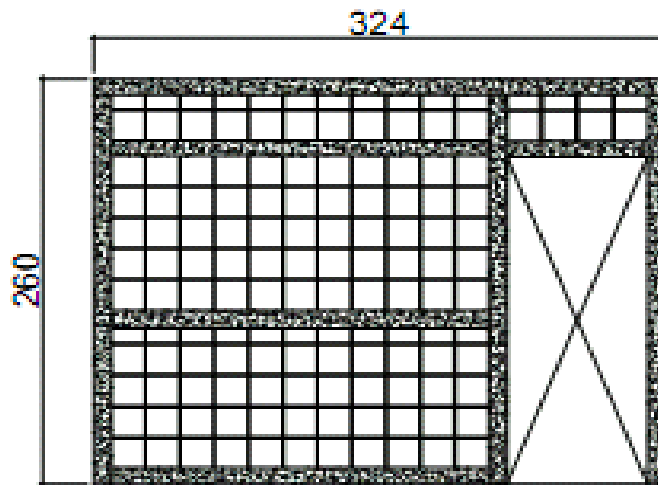


Figura 4.26 – Painel de alvenaria pré-fabricada, sem escala.

Os resultados comprovam que tanto o painel de alvenaria pré-fabricado quanto o painel de alvenaria convencional não atendem os parâmetros da NBR 15.220-3 (ABNT, 2008), no entanto, atendem a NBR 15.575-4 (ABNT, 2005), como ilustrado na Tabela 4.10.

Quanto à transmitância térmica, nenhum sistema construtivo atende a NBR 15.220-2 (ABNT, 2005), no entanto, atendem a NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), pois possuem parâmetros diferentes. Já quanto à capacidade térmica, o sistema convencional atende a NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), mas o sistema pré-fabricado não atende.

Quanto ao fator solar, as habitações brancas e amarelas dos dois sistemas atendem a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), mas as habitações verdes não atendem. E em relação ao atraso térmico, nenhuma habitação atende a norma.

Em relação à avaliação da cobertura, a NBR 15.575-5 (ABNT, 2008) orienta que tenha a isolamento térmica da cobertura, e que a mesma apresente valores de transmitância térmica e absorvância à radiação solar das coberturas da habitação que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

Propriedade térmica	Alvenaria Jetcasa			Alvenaria Convencional			Normas Brasileiras	
	Parede branca	Parede amarela	Parede verde	Parede branca	Parede amarela	Parede verde	15.220	15.575
Transmitância térmica (W/m ² .K)	2,46	2,46	2,46	2,43	2,43	2,43	≤ 2,20	≤ 3,7
Capacidade térmica (kJ / m ² .K)	97,25	97,25	97,25	167,15	167,15	167,15	-	≥ 130
Resistência térmica (m ² .K)/W)	0,4064	0,4064	0,4064	0,4113	0,4113	0,4113	-	-
Fator solar (%)	1,96	2,95	3,93	1,94	2,91	3,88	≤ 3,5	-
Atraso térmico (Horas)	2,8	2,8	2,8	3,5	3,5	3,5	≥ 6,5	-
Absortância térmica	0,20	0,30	0,40	0,20	0,30	0,40	-	-

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das coberturas devem considerar o fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas em que estão inseridas (ABNT, 2008e), como ilustrado na Tabela 4.11.

Tabela 4.12 – Transmitância térmica de coberturas

Transmitância Térmica ¹⁾ (U) W/m ² K		Nível de desempenho
Zonas 1 a 7	Zona 8 ²⁾	
$U \leq 2,30$	$U \leq 2,30$ FV	M
$U \leq 1,50$	$U \leq 1,50$ FV	I
$U \leq 1,00$	$U \leq 1,00$ FV	S

¹⁾ Valores de transmitância térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,17 m²K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m²K/W.

²⁾ Na Zona Bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas em estado natural (não pintadas e não esmaltadas), mesmo que a cobertura não tenha forro.

Fonte: NBR 15.575-5 (ABNT, 2008)

Segundo a NBR 15.575-5 (ABNT, 2008), em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m²K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

Em relação à absorvância à radiação solar das coberturas, para o nível de mínimo de desempenho (M) não há exigências, como ilustrado na Tabela 4.12.

Tabela 4.13 – Critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absorvância das superfícies externas

Absorvância (α = coeficiente adimensional) Zonas bioclimáticas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	Nível de desempenho
Sem exigência	M
$0,6 < \alpha \leq 0,40$	I
$\alpha \leq 0,25$	S

Fonte: NBR 15.575-5 (ABNT, 2008)

Os resultados comprovam que a cobertura das unidades habitacionais do Residencial Real Conquista não atende ao índice de transmitância térmica segundo as normas brasileiras, no entanto atende em relação ao índice de absorvância à radiação solar, como ilustrado na Tabela 4.13.

Tabela 4.14 – Resultados dos cálculos das propriedades térmicas das coberturas

Propriedade térmica	Cobertura de telha cerâmica	Normas Brasileiras	
		15.220	15.575
Transmitância térmica (W/m ² .K)	4,11	≤ 2,00	≤ 2,30
Absorvância à radiação solar	0,75	-	sem exigência
Fator solar (%)	12,3	≤ 6,5	-
Atraso térmico (Horas)	0,7	≥ 3,3	-

De acordo com a NBR 15.575-5 (ABNT, 2008), a edificação deve cumprir os requisitos de transmitância e capacidade térmica de paredes, transmitância e absorvância da cobertura, sombreamento das aberturas e área de ventilação, como um todo.

4.2.2 Entrevista com moradores do Residencial Real Conquista

As entrevistas realizadas com os moradores do Residencial Real Conquista tiveram como objetivo compreender melhor as perspectivas e experiências dos mesmos como usuários,

servindo de subsídio para uma comparação entre o desempenho térmico dos dois sistemas construtivos empregados nas construções das unidades habitacionais.

Para tanto, foram aplicados no total 272 questionários (Apêndice A), sendo 170 para moradores de unidades habitacionais produzidas em alvenaria pré-fabricada e 102 para moradores de unidades habitacionais produzidas em alvenaria convencional. A escolha das unidades a serem entrevistadas foi realizada aleatoriamente, conforme a disponibilidade de participação dos moradores.

Inicialmente, foi feita uma caracterização dos moradores, buscando identificar a quantidade de moradores na habitação, a renda salarial de cada família, nível de escolaridade, quanto tempo residem na unidade habitacional e, ainda, a percepção em relação ao tamanho da unidade habitacional, para em seguida verificar as condições de conforto térmico percebidas por eles.

A maioria das famílias entrevistadas é oriunda da área invadida no setor Parque Oeste Industrial, localizado na cidade de Goiânia, como ilustra o Gráfico 4.5, por terem prioridade de aquisição das habitações, sabendo que o Real Conquista foi criado para suprir esta demanda. As outras famílias são oriundas de outras áreas invadidas na cidade, de outras cidades no Estado de Goiás e de outros Estados Brasileiros.

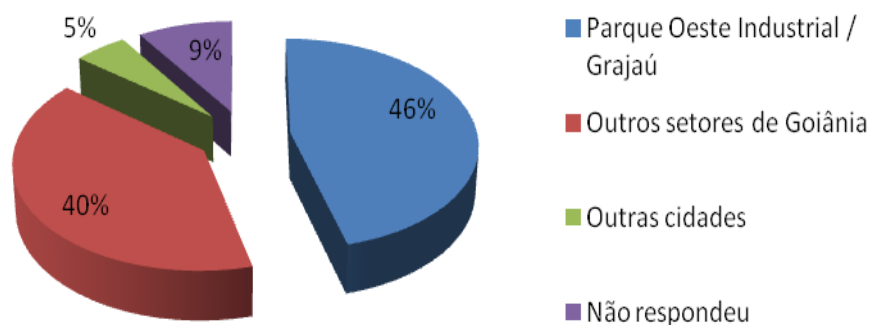


Gráfico 4.5 – Origem dos moradores

Os moradores já estão inseridos no Residencial Real Conquista a pelos menos 6 anos, como ilustra o Gráfico 4.6. Pode se perceber que o tempo de moradia na unidade habitacional interfere na percepção do usuário em relação ao conforto térmico. A percepção de um morador que tem menos de um ano na moradia é diferente do morador que já está inserido neste contexto desde

o início da implantação do setor. Por ainda não ter passado por diferentes situações climáticas, tende a avaliar melhor a unidade habitacional do que um morador que reside a mais tempo.

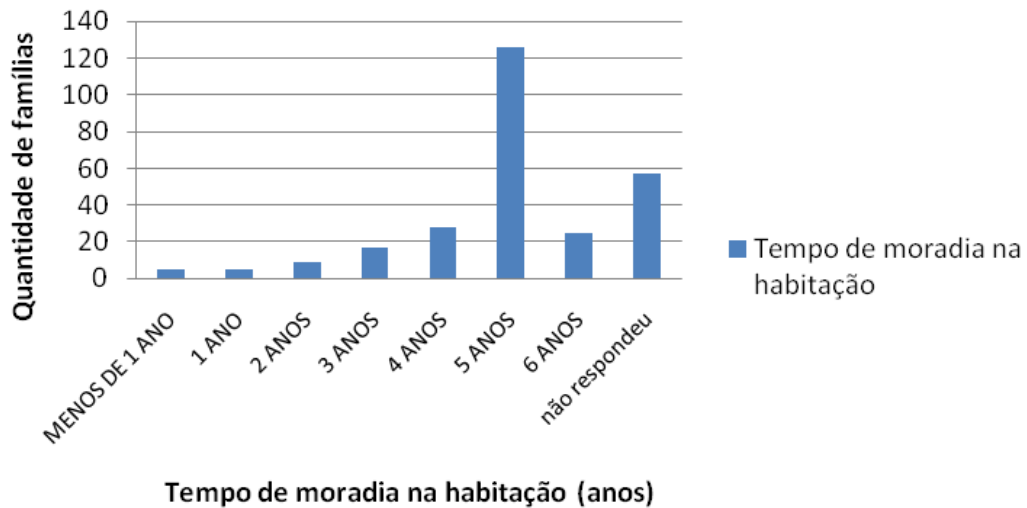


Gráfico 4.6 – Tempo de moradia no Residencial Real Conquista

Os entrevistados se dividem em relação ao tamanho da unidade habitacional, da amostragem total, 51% consideram suficiente para abrigar a família, no entanto, 49% dos usuários relataram a dificuldade de comportar toda família na mesma unidade habitacional, como ilustra o Gráfico 4.7. E, quando são questionados em relação aos ambientes especificamente, percebe-se que a grande maioria encontra-se insatisfeita, como ilustra Gráfico 4.8, isto se deve a quantidade de pessoas por unidade habitacional, que varia de 1 pessoa por habitação a até 9 pessoas por habitação, como ilustra o Gráfico 4.9.

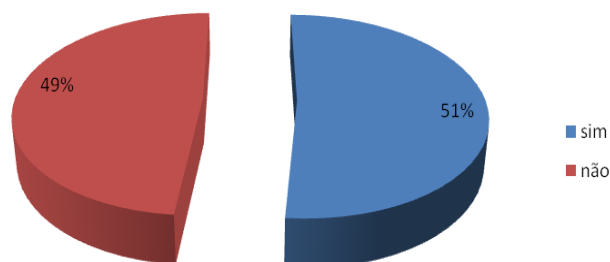


Gráfico 4.7 – Tamanho da casa suficiente para abrigar a família

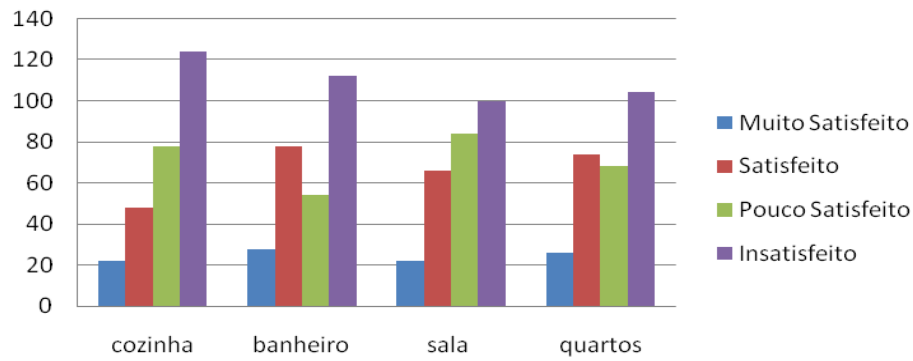


Gráfico 4.8 – Nível de satisfação quanto ao tamanho dos ambientes

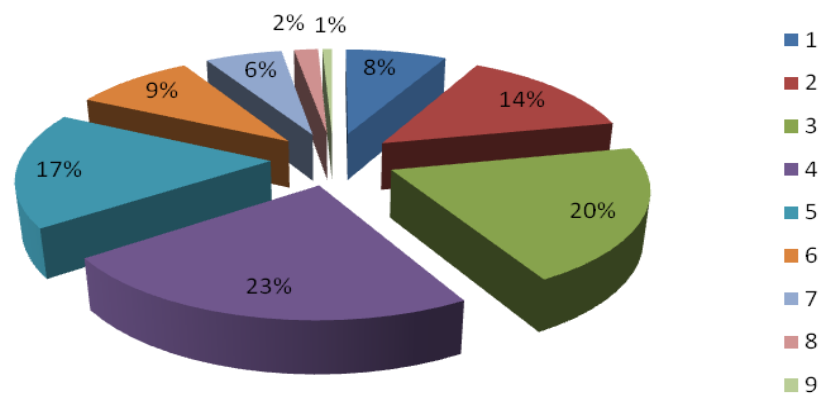


Gráfico 4.9 – Quantidade de moradores por unidade habitacional

Os quartos e a cozinha são os ambientes que mais deixam os moradores insatisfeitos. Observa-se que não conseguem comportar tudo que precisam nos quartos, e a disposição dos ambientes com sala e cozinha integradas não agrada a grande maioria dos moradores. Dessa forma, quando fazem alguma modificação na habitação, é justamente neste ambientes, acrescentando a cozinha no fundo e/ou mais um quarto.

Quando questionados em relação ao conforto térmico das habitações, os moradores das unidades habitacionais em alvenaria convencional consideram ótima a temperatura no verão, mas péssima no inverno, como ilustra o Gráfico 4.10. Isso se dá devido à ventilação dos ambientes, a qual também é considerada boa, tanto na sala/cozinha como nos quartos, como ilustra o Gráfico 4.11.

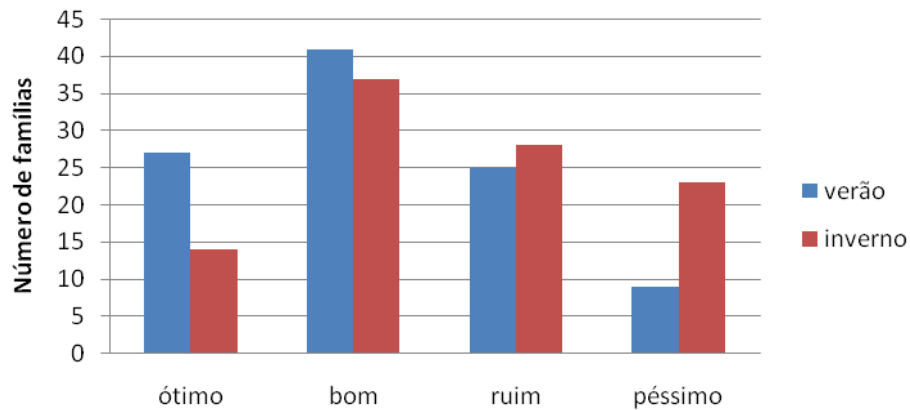


Gráfico 4.10 – Conforto térmico – Alvenaria convencional

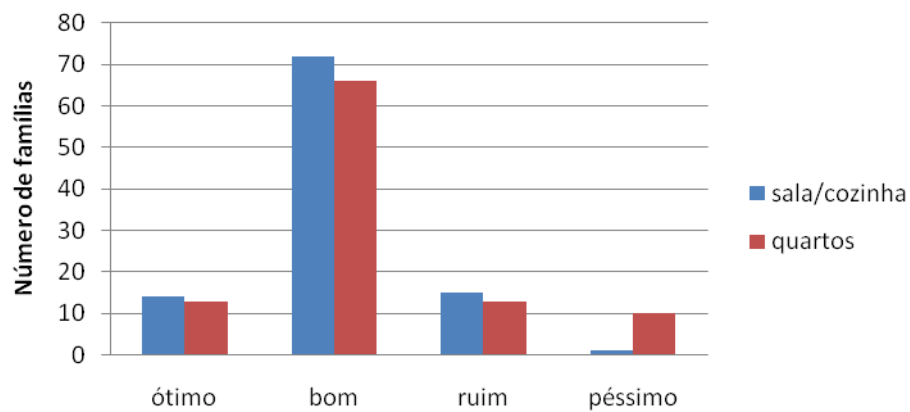


Gráfico 4.11 – Ventilação dos ambientes – Alvenaria convencional.

Já os moradores das unidades habitacionais em alvenaria pré-fabricada consideram a temperatura no verão ruim e, no inverno, boa, como ilustra o Gráfico 4.12. Isso, mesmo considerando a ventilação dos ambientes boa tanto no verão quanto no inverno, como ilustra o Gráfico 4.13.

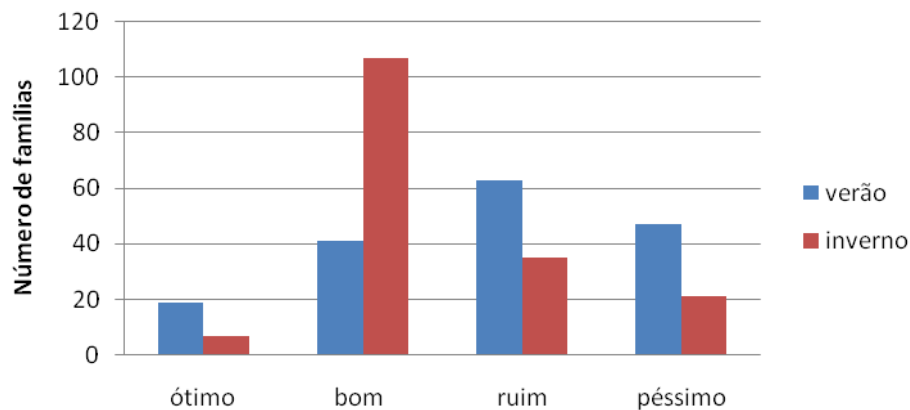


Gráfico 4.12 – Conforto térmico – Alvenaria pré-fabricada

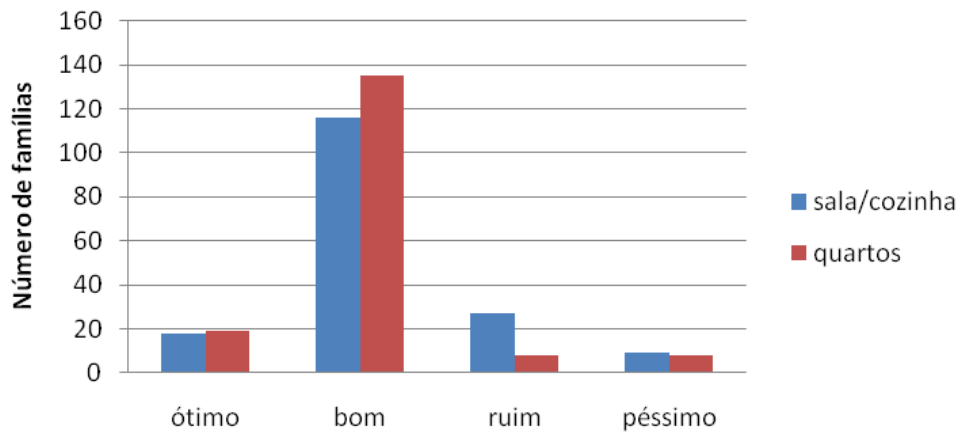


Gráfico 4.13 – Ventilação dos ambientes – Alvenaria pré-fabricada.

Observando as habitações durante a execução das entrevistas pode-se perceber que a grande maioria dos moradores usa cortinas como estratégias de sombreamento das aberturas e não utiliza ventilador ou ar condicionado como oportunidades adaptativas, devido à boa ventilação dos ambientes, e considera o tamanho das aberturas suficiente para esta ventilação.

A boa ventilação dos ambientes é comprovada pelos focos de umidade nas habitações. Da amostragem total, em 52% das unidades habitacionais há focos de umidade, enquanto que em 48% não há focos de mofo ou bolor, como ilustra o Gráfico 4.14. E, quando há focos de mofo ou bolor, encontra-se geralmente na parte externa das habitações, como ilustra o Gráfico 4.15, nos muros e na parte inferior das paredes externas próximas a viga baldrame, provavelmente por falta de impermeabilização.

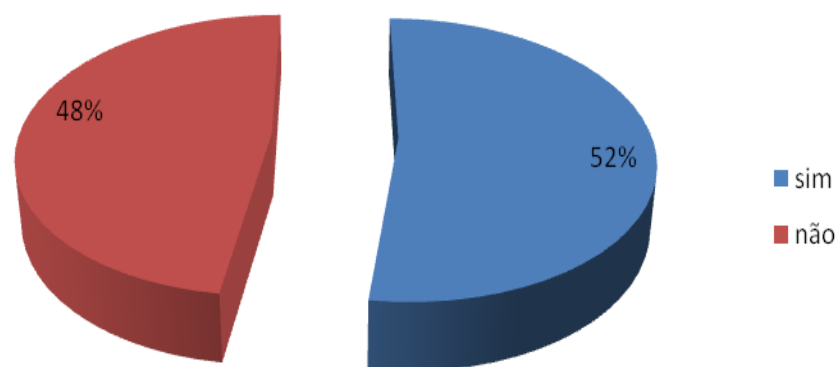


Gráfico 4.14 – Unidades com focos de umidade

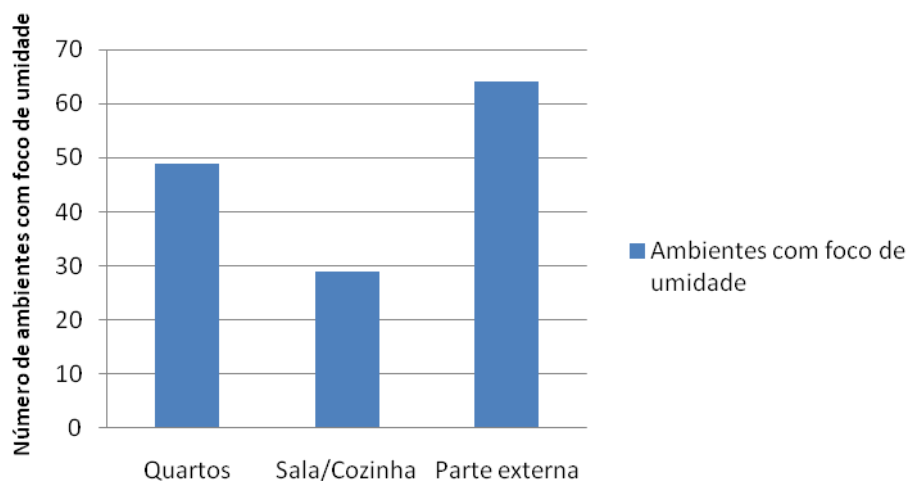


Gráfico 4.15 – Ambientes com foco de umidade

A ventilação dos ambientes é constante, mesmo quando são feitas as modificações nas unidades habitacionais, pois da forma como são apropriadas não se isola a ventilação cruzada promovida nos ambientes originalmente.

Constatou-se também que no inverno a grande maioria usa agasalho dentro de habitação e na hora de dormir usa cobertor, o que comprova que durante o inverno independente do sistema construtivo, a temperatura interna é desconfortável, tanto para habitações de alvenaria convencional quanto para alvenaria pré-fabricada.

CAPITULO IV CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos na coleta de dados, pode se identificar que ambos os sistemas construtivos utilizados na construção das habitações do Residencial Real Conquista, alvenaria convencional e alvenaria pré-fabricada, não possuem desempenho térmico adequado para as condições climáticas de Goiânia, segundo os requisitos estabelecidos nas normas brasileiras NBR 15.220 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2008)

De acordo com estas normas brasileiras, as aberturas do ambiente integrado sala/cozinha das habitações no Residencial Real Conquista atendem os parâmetros propostos, promovem a ventilação cruzada e, em relação à porcentagem da área do piso, o valor real ultrapassa o valor de referência. No entanto, não possuem sombreamento, e o beiral de 40 cm não é suficiente para promovê-lo. Percebe-se que independente do sistema construtivo empregado na construção da habitação, quando esta fachada recebe radiação solar intensa durante o dia, mesmo com a ventilação adequada, o desconforto entre os moradores ocorre.

Já as aberturas dos quartos e banheiros não atendem a NBR 15.220, entretanto atendem a NBR 15.575, pois possuem parâmetros diferentes. Destaca-se que os quartos e banheiros das habitações do Real Conquista não possuem ventilação cruzada e nem sombreamento. Dessa forma, o desconforto entre os moradores é maior nestes ambientes.

Segundo as normas brasileiras, o Selo Azul da Caixa e o Selo AQUA Brasileiro, as habitações de regiões quentes, caso de Goiânia, necessitam de sombreamento como estratégia de resfriamento dos ambientes durante todo o ano. Sugere-se o uso de elementos de proteção fixos ou móveis que possam ser seletivos para inverno e verão, se necessário; e para tanto, o paisagismo torna-se um modo eficiente de sombreamento, que pode ser usado de forma contínua ao longo do ano ou também seletivo, por meio da especificação de plantas com folhagem intermitente.

O sombreamento age como uma técnica de resfriamento passivo, não permitindo que a radiação solar direta penetre no ambiente durante as horas de maior aquecimento ao longo do dia.

Além de promover sombreamento, o paisagismo planejado de forma eficiente dentro do projeto possui um papel significativo na redução do efeito de ilha de calor dentro das zonas urbanizadas, produzido pelas áreas abertas com pavimentação impermeável, como no caso do Residencial Real Conquista. Pode ser uma estratégia efetiva para sombreamento tanto na edificação de forma integrada ou externa a unidade habitacional, quanto para locais descobertos, como estacionamentos, caminhos, praças, ou para áreas de convívio e lazer públicas ou privadas, oferecidas pelo empreendimento.

Soluções que visam o resfriamento passivo da arquitetura promovem, também, a redução do consumo de energia, favorecendo a sustentabilidade econômica do empreendimento.

Este tipo de solução pode ser feita em fase de projeto ou como adaptação do empreendimento. É importante o uso de espécies vegetais nativas, adequadas ao clima da região e ao uso da edificação, de modo a favorecer a permanência vegetal e evitar danos aos elementos construtivos. E, para tanto, é importante envolver os moradores no processo de plantio e conservação da vegetação.

Em relação às propriedades térmicas dos sistemas construtivos utilizados no Residencial Real Conquista, tanto alvenaria convencional quanto a alvenaria pré-fabricada atendem em partes as normas brasileiras, salvo que os parâmetros das propriedades térmicas avaliados referem-se à transmitância térmica e à capacidade térmica das paredes e à transmitância térmica das coberturas.

Quanto à transmitância térmica, os dois sistemas não atendem a norma NBR 15.220, no entanto, atendem a NBR 15.575, pois possuem parâmetros diferentes. Vale ressaltar que quanto maior a transmitância térmica da parede, menor a resistência térmica da mesma, e, dessa forma, o calor é transmitido mais rapidamente ao interior dos ambientes. Para diminuir a transmitância térmica do sistema deve-se aumentar a resistência térmica das camadas que constituem o sistema, tais como reboco, argamassa, tijolos, entre outros.

Em relação à capacidade térmica das paredes, o sistema convencional atende a norma NBR 15.575-4 (ABNT, 2008), no entanto, o sistema pré-fabricado não atende. Observa-se que, sendo a capacidade térmica, a quantidade de calor que um determinado corpo deve trocar para que a temperatura sofra uma variação unitária, quanto mais calor for trocado com o meio, mais variações unitárias ocorrerão no sistema.

Para se melhorar as propriedades térmicas dos sistemas construtivos, deve-se propor alterações nos materiais que os compõem e/ou alterar a posição dos blocos cerâmicos aumentando a espessura da parede. Observa-se que quanto maior a espessura do sistema, maior a resistência térmica e menor a transmitância térmica, e da mesma forma, quanto menor a condutividade térmica, maior a resistência térmica. Aumenta-se a resistência térmica do sistema ou aumentando sua espessura, ou utilizando materiais com baixa condutividade térmica, tais como isolantes térmicos.

Quanto à transmitância térmica das coberturas das habitações do Real Conquista, estas também não atendem as normas brasileiras, ultrapassando o limite mínimo proposto. Isto aumenta a sensação de desconforto no interior, pois é por meio da cobertura que se tem o maior ganho térmico da edificação. É um componente que está exposto à radiação solar de forma mais prolongada e constante.

Para se melhorar o desempenho das coberturas é necessário observar os materiais utilizados na sua composição: tipo de acabamento, a cor e os tipos de cobertura, se possui forro com câmaras de ar, ventiladas ou não e com aplicação de isolantes térmicos e tipos de telhas.

No Residencial Real Conquista as unidades habitacionais possuem telhados com duas águas, telha cerâmica vermelha, e não possuem forros. Segundo orientações da norma, as habitações deveriam ter forro tipo laje com espessura de 12 cm. Algumas unidades habitacionais instalaram forros de gesso e pvc, e o calor foi o mesmo e, em alguns dias, mais quente do que as unidades sem forro. Dessa forma, a solução não seria apenas instalar um forro, mas deveria se promover a ventilação entre o forro e a cobertura.

Em relação à percepção dos usuários percebe-se que a insatisfação em relação ao tamanho da unidade habitacional é elevada, principalmente entre as famílias com mais de quatro componentes. Os quartos não são em número suficientes e possuem dimensões reduzidas. A integração entre sala e cozinha não agradou, conforme a opinião dos usuários, mas promovem boa ventilação devido a disposição das janelas que permitem uma ventilação cruzada.

Tanto os moradores das unidades habitacionais em alvenaria convencional quanto em alvenaria pré-fabricada reclamam do calor em excesso no verão e do frio à noite no inverno. No entanto, o índice de insatisfação entre os moradores das unidades pré-fabricadas é maior. Isso se dá devido às propriedades térmicas dos sistemas.

Embora, os índices de transmitância térmica sejam próximos entre os dois sistemas construtivos, é a capacidade térmica que os diferencia, pois é ela que permite a variação de temperatura entre o meio externo e o interno, tornando o ambiente das habitações em alvenaria convencional mais apropriado as condições climáticas da região, do que das habitações em alvenaria pré-fabricada.

No entanto, vale ressaltar que independente do sistema construtivo é necessário o sombreamento das aberturas e a ventilação seletiva nos ambientes para que se tenha o conforto térmico adequado em habitações onde a radiação solar é direta nos ambientes de longa permanência.

Essas foram as recomendações do IPT, ao validar o sistema pré-fabricado Jetcasa: sombreamento garantido das janelas e ventilação dos ambientes no verão. Caso contrário, o valor máximo diário da temperatura do ar interior ultrapassa a valor máximo diário da temperatura do ar exterior.

Ao se observar a percepção dos usuários em relação ao conforto térmico das habitações e, confrontar com a avaliação do projeto e das propriedades térmicas, percebe-se que nem sempre uma reflete as observações da outra. O elevado nível de satisfação de alguns usuários é justificado pela precária situação da moradia anterior, além do fato de ser uma moradia legalizada e própria.

Outro fator que interfere na percepção dos usuários é o nível de escolaridade. Infere-se que quanto menor o grau de escolaridade, menor a visão crítica do espaço em que habita, e maior o nível de satisfação do morador. Dessa forma, é preciso levar em consideração o contexto social, cultural e econômico dos moradores, ao se avaliar a habitação quanto a percepção do usuário.

Na verdade, a percepção do usuário visa subsidiar a comparação entre a avaliação do projeto e os parâmetros das propriedades térmicas das habitações. Um bom exemplo é a questão do sombreamento como estratégia de resfriamento passivo, sugerido pelas normas, e uma das diretrizes propostas para melhoria do desempenho térmico do empreendimento. Em muitas habitações essa técnica de resfriamento já acontece por iniciativa dos moradores, na tentativa de se apropriar do espaço.

5.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Para se realizar a pesquisa, encontrou-se dificuldades em refinar a metodologia, por isso durante o estudo piloto aplicou-se questionários testes para promover perguntas mais objetivas e que fossem relevantes à pesquisa.

Para realizar as medições durante o estudo piloto confrontou-se com os procedimentos sugeridos pelas normas, os quais reforçavam a necessidade da permanência dos equipamentos nos ambientes das unidades habitacionais analisados e, por se tratar de unidades habitacionais tornou-se inviável. Além da necessidade de troca das baterias, as quais duravam apenas 10 horas de medições.

A pesquisa documental na AGEHAB foi dificultada pela troca de dirigentes e, pela falta de registro e arquivamento de informações na agência, em relação ao empreendimento em estudo. Algumas pessoas da equipe técnica saíram da agência, e os novatos não tinham todas as informações anteriores arquivadas.

Não era o foco da pesquisa comparar as habitações do Real Conquista com outras habitações de outros países, no entanto, seria relevante conhecer o processo de avaliação de desempenho térmico em habitações de empreendimentos em outros países, para possibilitar a comparação de diferentes sistemas construtivos e resultados com relação ao conforto. Entretanto, não foi possível encontrar disponível muitas referências em torno do assunto, apenas em edifícios destinados a outras finalidades diferentes de habitações de interesse social.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o desempenho térmico das habitações por meio de simulações e medições no local, segundo orientações das normas brasileiras.
- Analisar o conforto acústico e lumínico das habitações do Residencial Real Conquista.
- Avaliação pós-ocupação do Empreendimento de Interesse Social Residencial Real Conquista.
- Diretrizes construtivas para adaptação do empreendimento a certificações ambientais, como o Selo Caixa Azul e o Selo AQUA Brasileiro.

REFERÊNCIAS

AGEHAB, **Agência Goiana de Habitação**. Disponível em: www.agehab.go.gov.br Acesso em: Abril, 2010.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a. 7p

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b. 21p

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c. 23p

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008a. 58p.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008b. 53p.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 5 Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008c. 55p.

ABIKO, A.K. & ORNSTEIN, S.W. (Editores). **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. Coletânea Habitar/FINEP. São Paulo, 2002 . 373p.

ALEXANDRE, J.W.C; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A.P.; ARAUJO, A.M.S; BATISTA, M.J. Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela

qualidade total através da teoria da resposta ao item. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil. **Anais...** Ouro Preto: ENEGEP, 2003. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0201_0741.pdf. Acesso em Abril, 2010.

BAIARDI, Yara Cristina Labronici. Análise arquitetônica de unidades habitacionais de interesse social em uma perspectiva comparada. In: Reunião Anual da SBPC, 58ª. 2006, Florianópolis. Disponível em; http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_1328.html. Acesso em out. 2009

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997, 374f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997..

BONDUKI, N. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, n°. 01, p. 70-104, 2008. Disponível em: http://www.usjt.br/arq.urb/numero_01/artigo_05_180908.pdf. Acesso em: Maio, 2009.

CUNHA, E. M.; ARRUDA, A.M.V.; MEDEIROS, Y. **Experiências em Habitação de Interesse Social no Brasil**. Secretaria Nacional de Habitação. Ministério das Cidades. Brasília, 2007.

DIÁRIO DO SENADO FEDERAL. _____. n° 34163, quinta-feira 30 de outubro de 2003.

FCAV: FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação. Edifícios habitacionais - Processo AQUA**. Versão 1. São Paulo, 2010. 99p

FJP: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO CENTRO DE ESTATÍSTICA. **Déficit Habitacional no Brasil 2005**. Belo Horizonte, 2006. 120p

GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. ; PINA, S. A. M. G.; FONTANINI, P. S. P.; BARROS, L. A. F.; PAOLI, D.; JACOMIT, A. M.; MAÇANS, R. M. R. A natureza do valor desejado na habitação social . **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009.

GRIGOLETTI, G. de Campos. **Método de avaliação de desempenho higrotérmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social para Porto Alegre – RS**. 2007, 264f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

GUERRA, G.M.; KERN, A.P.; GONZÁLEZ, M.A. Empreendimentos de Habitação de Interesse Social: o desafio na relação área/custo. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.14, p.51-58, Outubro, 2009.

HERRERA, L. I. e FERREZ, S. A. Calidad del habitat humano: barrio, vivienda y gestión. In: X Congreso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción. 2009. Valparaíso, Chile. **Anais...** Valparaíso: CONPAT, 2009. Artigo técnico. CD-ROOM

IPT: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**, São Paulo, 2010.

ISO: INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION. **ISO 7726**. Ergonomics of thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. Geneve, Switzerland, 1998.

JAIME, G. H. A.; SILVA, J. C.; REZENDE, R. D; **Descrição e avaliação pós-ocupação do processo construtivo utilizando painéis cerâmicos pré-fabricados no setor Residencial Real Conquista em Goiânia-GO**. Monografia (Graduação em Tecnologia em construção de Edifícios), Instituto Federal de Goiás. Goiânia, 2009. 51f.

JETCASA, **Jetcasa Sistema Construtivo Industrializado**. Disponível em: www.jetcasa.com.br. Acesso em Abril, 2010.

JORNAL OPÇÃO. **Habitação em Goiânia**. Disponível em: <http://jornalopcao.com.br.asp?secao=Manchete&idjornal=249>. Acesso em Agosto, 2009.

JONH, V. M. e PRADO, R. T. A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2010.203p.

JORGENSEN, Tine H.; REMMEN, Arne; MELLADO, M. Dolores. Integrated Management Systems E Three Different Levels Of Integration. *Journal of Cleaner Production*. V.14, p.713e722, 2006.

LABEEEE/UFSC. **Transmitância**, versão 1.0. Florianópolis: LABEEEE/UFSC, s.d. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>. Acesso em: Março/2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores. São Paulo, 1997.

LARCHER, José Valter Monteiro. **Diretrizes visando a melhoria de projetos e soluções contrutivas na expansão de habitação de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MELLO, C. W. **Avaliação de sistemas construtivos para habitações de interesse social**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2004. 172f

MENEZES, M. S. **Avaliação de desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo - RS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006. 130f

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Secretaria Nacional de Habitação: **Déficit Habitacional no Brasil 2007**. Brasília, 2009, 129 p. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/noticias/ines-magalhaes-apresenta-numeros-do-deficit-habitacional>>. Acessado em Março de 2010.

MIRON, Luciana Inês Gomes. **Gerenciamento dos requisitos dos clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: proposta para o Programa Integrado Entrada da Cidade em Porto Alegre / RS**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. 350f

NETO, Maria de Fatima Ferreira. **Investigação sobre isolamento sonoro de partições entre unidades habitacionais em edifícios residenciais e a relação com a inteligibilidade da fala**. 2009. 243f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009

NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J.S.; SAMPAIO, M. M. A.; MUSIS, C.R.; OLIVEIRA, A. S. Análise da Eficiência Térmica de Duas Habitações de Padrão Popular em Cuiabá-Mt: Uma contribuição para o meio ambiente. **UNICIÊNCIAS**, v.10, 2006.

OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MUSIS, C. R.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S. Avaliação do Conforto Térmico de Habitações De Interesse Social em Cuiabá - Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, v.12, 2008.

PLANO NACIONAL DE HABITAÇÃO – PLANHAB. Plano Nacional de Habitação. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/secretaria-de-habitacao/planhab>. Acesso em Julho, 2009.

POVEDA, I.M.M. **Sistema de control de calidad para viviendas de interes social**. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escola de Ingenieria em Construcción, 2003.

REFFAT, Rabee M. and HARKNESS², Edward L. Environmental Comfort Criteria: Weighting and Integration. **Journal of Performance of Constructed Facilities**. Vol.15, n.3. August, 2001. p.104-108.

REFFAT, Rabee M. and HARKNESS², Edward L. Expert System for Environmental Quality Evaluation. **Journal of Performance of Constructed Facilities**. Vol.15, n.3, p.109-114. August, 2001

ROAF, S; CRICHTON, D; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas - Um guia de sobrevivência para o século XXI**, 1 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

ROCHA, A. M. **Avaliação das condições de conforto térmico ao calor em edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí-RS**. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Ang%C3%A9lica-Melissa-Rocha.pdf>>. Acesso em: Novembro/2010

ROMERO, M. A. e ORNSTEIN, S.W. **Avaliação pós-ocupação. Métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Coleção Habitare/ FINEP. Porto Alegre, 2003. 296p.

SAYECH, S. Habitação de interesse único. **Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, Edição Especial, n. 186, p. 78-83, setembro, 2009.

SILVA, G.H.P. **Cheque moradia – Agência Goiana de Habitação. Estado de Goiás**. [s.l.], [s.n.].

SILVA, Maria Angélica Covelo; SOUZA, Roberto de. **Gestão do processo de projeto de edificações**. O nome da Rosa: São Paulo, 2003.

SIMOES, Fausto. **Introdução à arquitetura bioclimática – Primeiro os conhecimentos, depois os equipamentos**. Ordem dos Arquitectos – Curso de Formação, 2010 Disponível em: <http://arquitectologia.org/OABioclimatica_Mar2010_Part12.pdf>. Acesso em Novembro/2010.

SIQUEIRA, T. C. P. A.; AKUTSU, M.; LOPES, J. I. E.; SOUZA, H. A. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S037044672005000200007&script=sci_abstract&lng=PT .Acesso em Novembro/2010

SOUZA, R. **Sistemas de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: PINI, 1995.

SPANNENBERG, Mariane Gampert. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudo de caso em Marau-RS**. 2006, 180f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

THOMAZ, E. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção**. São Paulo: PINI, 2001.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Técnicas de amostragem para auditorias**. Brasília: TCU, Secretaria Adjunta de Fiscalização, 2002. Disponível em; <<http://www.ticontrôle.gov.br/portal/pls/portal/docs/720318.PDF>>. Acesso em Maio/2010.

TOLEDO, M.A e FRICKE, G.T. **Avaliação do desempenho térmico de unidade habitacional de interesse social**. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/CD/99.pdf>. Acesso em_01/11/2009.

APÊNDICE A

CARACTERIZAÇÃO DO MORADOR –Rua: _____ Casa: _____
 ALVENARIA CONVENCIONAL JET CASA

Quantas pessoas moram nesta casa? _____

Qual a ocupação do chefe de família? _____

Escolaridade do chefe de família? _____

Analfabeto Ensino fundamental incompleto Ensino fundamental completo Ensino médio incompleto
 Ensino médio completo (outra _____)

Renda familiar: até1SM 1SM 2SM 3SM 4 SM (outra _____)

Origem da família: bairro _____ cidade _____ UF _____

Primeiro morador da unidade habitacional? _____ Quanto tempo reside nela? _____

Como você considera esta moradia em relação às moradias anteriores? pior igual melhor muito melhor
 Porquê?

ASPECTOS AVALIADOS	CONCEITOS			
	Muito Satisfeito	Satisfeito	Pouco Satisfeito	Insatisfeito
	😊 ↗	😊 ↗	😐 ↘	😞 ↘

1. Qual a sua satisfação em relação à sua casa				
a) O tamanho da casa?				
b) O tamanho da cozinha?				
c) O tamanho da sala?				
d) O tamanho do banheiro?				
e) O tamanho dos quartos?				
f) A disposição dos cômodos de sua casa? (Sala e cozinha integrada)				
g) Segurança da moradia?				
Por quê?				
2. O tamanho da casa é suficiente para abrigar toda a família?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
3. Nos quartos cabe tudo que vocês precisam?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
4. Está satisfeito com a área externa da casa?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
5. Você fez alguma reforma na sua casa?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
6. Em que cômodo?				

ASPECTOS AVALIADOS	CONCEITOS			
	Ótimo	Bom	Ruim	Péssimo
	😊 ↗	😊 ↗	😐 ↘	😞 ↘

CONFORTO LUMÍNICO				
7. Como é a iluminação natural da sua casa durante o dia?				
8. Você precisa acender alguma luz durante o dia?		<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
9. Em qual ambiente?				

ASPECTOS AVALIADOS	CONCEITOS			
	Ótimo	Bom	Ruim	Péssimo

CONFORTO TÉRMICO				
10. Como é a temperatura da sua casa no verão?				
11. Como é a temperatura da sua casa no inverno?				
12. Como é a ventilação na sala/cozinha da sua casa?				
13. Como é a ventilação nos quartos?				
14. O tamanho das janelas é suficiente para ventilação?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
15. Você precisa usar ventilador no verão?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
16. Você usa agasalho dentro de casa no inverno?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
17. Você usa cobertor para dormir no inverno?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
18. Você já percebeu focos de umidade/ mofo ?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
19. Onde há focos de mofo/bolor?				

- Na casa há alguma estratégia de sombreamento das aberturas? Qual?

- Qual a cor da pintura externa?

