



Elizabeth Maceira Antelo Vasquez

**Análise do conforto ambiental em projetos de habitações
de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental

Orientador: Prof. Celso Romanel

Coorientador: Prof. Emil de Souza Sánchez Filho

Rio de Janeiro
Junho de 2017



Elizabeth Maceira Antelo Vasquez

**Análise do conforto ambiental em projetos de habitações
de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e
Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo assinada.

Prof. Celso Romanel

Orientador

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio

Prof. Emil de Souza Sánchez Filho

Coorientador

UFF

Prof. Simone Feigelson Deutsch

UNIRIO

Prof. Orlando Celso Longo

UFF

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 08 de junho de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Elizabeth Maceira Antelo Vasquez

Graduou-se em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ em 1987. Pós graduou-se em Gestão Ambiental pela Escola Politécnica da UFRJ em 2009. Atuou na área de projetos da Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (Comando da Aeronáutica – Ministério da Defesa). Arquiteta na área de habitação da Caixa Econômica Federal desde 2011.

Ficha Catalográfica

Vasquez, Elizabeth Maceira Antelo

Análise do conforto ambiental em projetos de habitações de interesse social segundo a NBR 15.575:2013 / Elizabeth Maceira Antelo Vasquez; orientador: Celso Romanel; coorientador: Emil de Souza Sánchez Filho. – 2017.

156 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental – Teses. 3. Conforto ambiental. 4. Habitação de interesse social. 5. NBR 15575:2013. 6. Desempenho habitacional. I. Romanel, Celso. II. Sánchez Filho, Emil de Souza. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. IV. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Ao Prof. Celso Romanel, meu orientador, por me oferecer a oportunidade de realizar esta pesquisa ao me aceitar no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental.

Ao Prof. Emil de Souza Sánchez Filho, meu coorientador, pelo apoio no trabalho de pesquisa e paciência durante estes meses de convivência.

Aos professores Orlando Celso Longo e Simone Feigelson Deutsch que participaram da comissão examinadora pelas considerações e sugestões.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia da PUC-RJ pelos ensinamentos e ajuda.

À Caixa Econômica Federal pelo incentivo concedido, que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa.

Às GIHAB RJ, NT, CM e VR por contribuir para o meu crescimento profissional, e em especial aos técnicos que colaboraram com esta pesquisa.

Aos meus pais, Juan e Julia, pela dedicação e apoio na luta diária.

Ao meu marido, Ramon, e aos meus filhos, Victor e Ana Tereza, por cederem seu tempo de convívio para que pudesse desenvolver este trabalho.

A todos, Muito Obrigada!

Resumo

Vasquez, Elizabeth Maceira Antelo; Romanel, Celso (Orientador); Sánchez Filho, Emil de Souza (Coorientador). **Análise do conforto ambiental em projetos de habitações de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**. Rio de Janeiro, 2017. 156 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Em vigor desde Julho de 2013, a NBR 15575:2013 agrupa indicadores de desempenho que remetem a um modelo de moradia adequada. Com um novo conceito de construção, valoriza a atividade de projetos e o envolvimento de toda cadeia produtiva, proporcionando um salto na qualidade das edificações. Devido às características de projeto das habitações destinadas a população considerada de baixa renda, atender ao desempenho mínimo estabelecido pela NBR 15575 representará uma elevação no padrão dessas edificações. Com a proposta de padrão mínimo de desempenho, a norma de desempenho rompe o paradigma de que a qualidade das habitações deve corresponder unicamente ao padrão econômico dos usuários. Em busca de melhoria da qualidade das habitações populares, este trabalho visa avaliar o conforto ambiental nos projetos habitacionais do PMCMV – Faixa 1, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A pesquisa aborda os requisitos de conforto ambiental presentes na NBR 15575 – desempenho térmico, acústico e lumínico – face aos sistemas construtivos componentes da envoltória da edificação.

Palavras-chave

Conforto ambiental; habitação de interesse social; NBR 15575:2013; desempenho habitacional.

Extended Abstract

Vasquez, Elizabeth Maceira Antelo; Romanel, Celso (Advisor); Sánchez Filho, Emil de Souza (Co-advisor). **Analysis of environmental comfort in social housing projects according to NBR 15.575:2013**. Rio de Janeiro, 2017. 156 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As a means of solving the housing deficit caused by the rapid growth of the urban population, public authorities have been promoting over the last few decades actions aimed at encouraging the production of popular housing projects. Currently, the federal government, by means of a national housing policy, is focusing investments on what is called the Band 1 of the program My House, My Life (in Portuguese, Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV), which aims to create mechanisms to encourage the production and purchase of new housing units by families with monthly income of up to R\$ 1,800.00. Launched in 2009, the program contracted more than 4.2 million housing units until February 2017.

With that in mind, the construction of popular housing has proven committed to meeting the demand for quantity but is inefficient regarding design and construction quality. Although, for most beneficiaries, the buildings represent an evolution in their housing pattern, basic requirements of appropriate housing are depreciated. With solutions usually focused on construction speed and scale economy, a rationalization of space production prevails. Other aspects are left in the background, such as: environmental comfort criteria, functionality, proper location and even, in some cases, construction quality.

Providing the market with quality environments is as important as supplying the housing demand, mainly under the perspective of the future resident. The quality of a building results in the welfare of the user promoted by the living conditions, and the architectural design is the way to develop these conditions.

In force since July 19, 2013, NBR 15575:2013 groups performance indicators that refer to an adequate housing model. With a new concept of

construction, it values the design activity and the involvement of the entire productive chain, providing a leap in the quality of buildings. Due to the design characteristics of housing made for low income population, meeting the minimum performance established by NBR 15575:2013 will represent an elevation in the standard of these buildings. Proposing a minimum level of performance, this standard breaks the paradigm according to which housing quality should correspond solely to the economic standard of users.

In face of the current housing production for low income population, this study raises the hypothesis that the environmental comfort parameters of the production destined for the PMCMV – Band 1 in the metropolitan region of Rio de Janeiro (RMRJ) are below the minimum limits set by NBR 15575:2013.

This study addresses the improvement of the quality of popular housing, particularly regarding living conditions, incorporated by the architectural design. The purpose of this study is to analyze the environmental comfort conditions in the construction of social housing, especially those produced for the Band 1 of the PMCMV in RMRJ, based on the criteria described by the performance standard. The study seeks to identify what attributes should be observed in design practice so that the buildings produced for the low-income population meet the environmental comfort criteria prescribed by the performance standard.

A literature review was carried out in order to gather information to contextualize the research. Firstly, the study establishes a parallel between the urbanization process in Brazil and the evolution of the housing deficit. Then, there is a brief description of state production in order to provide the reader with an overview of the policies regarding social housing, considering the historical aspects, design, construction and user satisfaction, followed by a diagnosis of the current production in the RMRJ.

Secondly, the study addresses the new design paradigms promoted by the search for sustainable development. It deals with the environmental comfort theory considering thermal, acoustic and lighting performance and presents the main design strategies linked to user comfort and health, and to energy efficiency.

Concluding the contextualization, the concept of performance and the performance standard's development dynamics are presented. Then, the next part of the study presents the criteria considered in the assessment of the thermal, acoustic and lighting performance of the housing structures.

The case study is carried out to verify the hypothesis. The case study allowed the consideration of the practical application of the NBR 15575:2013 Standard and to highlight the design solutions practiced by verifying compliance regarding thermal, acoustic and lighting performance.

The construction projects studied here were selected considering the elements that occurred most frequently in studies about the current production of social housing in the RMRJ. All units include a living room, two bedrooms, a bathroom, a kitchen and a laundry area, meeting the minimum specifications of the program. The most common housing typology is that of the "apartment" within condominiums with blocks of 3, 4 or 5 floors, representing more than 80% of the contracted units. The sample features five types of constructive systems, they are: conventional constructive system (beam-pillar), concrete walls framed on site, structural masonry with concrete blocks, structural masonry with ceramic blocks and innovative constructive system. The system that produced reinforced concrete walls framed on site was the most used one, with an incidence above 80%. The second most used system was structural masonry with ceramic blocks.

Given that the external construction material is decisive in providing environmental comfort and that the exposure and use conditions are determining factors in construction performance, the parameters used for the definition of the models were: location, typology and external construction system. The analysis considers the objects of study still in the design phase. Project A adopts the external sealing with concrete walls framed on site and Project B adopts structural masonry with ceramic blocks. Both projects are organized as condominiums with five-floor blocks in the same geographical region. These two models were chosen for having similar characteristics and, therefore, enabling comparisons.

For a housing project to meet user requirements, it is necessary to understand the exposure and use conditions to which the project will be exposed. The exposure conditions required by the standard for the evaluation of thermal, acoustic and lighting comfort are the identification of the Bioclimatic Zone of the city in which the project is to be implemented and the noise class to which the housing construction is exposed.

The thermal performance evaluation of the sealing has two requirements: suitability of external walls and ventilation openings. Regarding the first requirement, the maximum permissible value of thermal transmittance (U) and the

minimum permissible value of thermal capacity (CT) of the external walls were determined. The second requirement concerns ventilation openings in prolonged permanence areas – living rooms and bedrooms – which must have a total area that meets either the minimum requirements of the local legislation or the values adopted in the standard when there is no legal requirement in the place of implantation. As for the roofing system, it must have thermal transmittance (U) and solar radiation absorption that provide an appropriate thermal performance to the bioclimatic zone.

In the second stage of the analysis, if the values of transmittance and thermal capacity are not reached, the designer should evaluate the building as a whole, considering each environment as a thermal zone through the computational simulation method. In this case, during summer, the thermal conditions inside prolonged permanence areas must always be equal to or better than the external ones in the shade for a typical day of this period. In winter, the thermal conditions inside prolonged permanence areas should always be better than those of the external environment, on a typical day of winter.

External air noise, internal air noise and impact noise should be considered to evaluate the acoustic performance of housing buildings. The standard defines parameters for the housing unit to provide acoustic insulation between the interior and exterior of the units, between internal common areas and private units, and between the different autonomous units but does not establish limits for the acoustic insulation between the rooms in the same unit. The insulation levels required for each system in order to ensure acoustic comfort conditions are indicated.

For the evaluation of the lighting performance of housing buildings, the norm defines parameters for both natural lighting and artificial lighting. Two methodologies are proposed to evaluate lighting performance: simulation, with the calculation of the general illuminance levels and on site measurement, with the establishment of the daylight factor, in addition to project premises aimed at orienting good lighting performance.

Project A, made of concrete walls framed on site, has not reached the minimum level of thermal performance on a typical winter day for the prolonged permanence areas, however, the methodology indicated by the standard for the simulation did not consider the building's real use, since internal sources of heat

were not accounted for and air renewal was considered to happen every hour, something that hardly occurs during cold weather, since the user tends to keep the window closed.

The minimum ventilation requirements for the rooms of the two projects were not met. In this case, the environment's geometry limited window positioning. The window frames occupied the only area that is in contact with the exterior and in order to reach the required dimensions the window sill quota was lowered. Some solutions could have been adopted in the window model to reach the minimum ventilation area, such as the opening of the lower part with the installation of a balustrade to promote safety or a substitution for rotating windows that allow 100% of opening.

Project B, made of structural masonry with ceramic blocks, has not reached the minimum level for the acoustic performance of the internal wall between the autonomous units. However, given that this index has a safety margin, a flawless construction may meet the minimum requirements. For that to happen, it is necessary to consider, for example, fully filled vertical and horizontal joints, the geometry of blocks and the direction of holes.

In both projects, in the external vertical sealing where there are windows, the blocks that are closer to the source of noise do not meet the minimum level of acoustic performance. It is observed that the greater the area of contribution of the sill on the wall the higher the sill's reduction index should be, proving the relevance of the sill in the external sealing systems.

The slabs between floors meet the minimum parameters for insulation against air noises, but no conclusive studies were found in the case of impact noises for the systems proposed.

During results analysis, it was observed that the deficiencies found may be corrected with design revision and substitution of materials.

The study has shown that several factors have a strong influence on the final performance of the building: the characteristics of materials – thickness, density, color; the execution of services; the orientation of the building; the layout, dimension and sealing of window sills. Therefore, a single variable does not account individually for the building's performance. Thus, designers must make an assessment of all the characteristics and develop their project based on them.

At the end of this study it was possible to conclude: that the external material is the main element influencing the attainment of the environmental comfort requirements of NBR 15575:2013, and the window sill is a determining element in the system; that the attempts of implementing buildings with sustainable elements are scarce concerning regulations related to thermal, acoustic and lighting performance; and that the performance assessment of constructive systems can contribute to improving the quality and detailing of the projects.

Keywords

Environmental comfort; social housing; NBR 15575:2013; housing performance.

Sumário

1	Introdução	19
1.1	Tema	19
1.2	Justificativas	21
1.3	Objetivos	22
1.3.1	Objetivo geral	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
1.4	Metodologia	23
1.5	Estrutura dos Capítulos	25
2	Desenvolvimento das Habitações de Interesse Social	26
2.1	Situação atual do déficit habitacional	26
2.2	Habitações de Interesse Social	30
2.3	Diagnóstico da produção destinada a Faixa 1 – PMCMV	42
2.4	Produção do Programa Minha Casa, Minha Vida na Região Metropolitana do Rio de Janeiro	47
3	Qualidade do ambiente construído	51
3.1	Princípios do conforto ambiental	54
3.1.1	Conforto térmico	55
3.1.2	Conforto acústico	59
3.1.3	Conforto lumínico	62
3.2	Estratégias de projeto	63
3.2.1	Eficiência energética	75
3.2.2	Conforto e saúde do usuário	75
3.3	Avaliação de conforto ambiental	77
4	Construção da Norma de Desempenho – Edificações Habitacionais	79
4.1	Conceito de desempenho no Brasil e elaboração da Norma	79
4.2	Características e estrutura da Norma	80
4.3	Identificação dos critérios e metodologias para atender os requisitos de desempenho térmico, acústico e lumínico	83
4.3.1	Desempenho térmico	84

4.3.2	Desempenho acústico	89
4.3.3	Desempenho lumínico	94
5	Aplicação prática da NBR 15575:2013 na construção de habitações de interesse social	100
5.1	Aspectos da escolha dos sistemas amostrais	100
5.2	Características dos sistemas construtivos	104
5.2.1	Paredes de concreto armado moldadas in loco	104
5.2.2	Alvenaria estrutural	111
5.3	Condições de exposição	118
5.4	Avaliação dos sistemas escolhidos a partir de critérios e metodologias da NBR 15575:2013	119
5.4.1	Desempenho térmico	121
5.4.2	Desempenho acústico	125
5.4.3	Desempenho lumínico	128
6	Análise dos resultados	132
6.1	Desempenho térmico	132
6.2	Desempenho acústico	133
6.3	Desempenho lumínico	136
6.4	Recomendações e diretrizes para projetos	137
7	Considerações finais	139
7.1	Conclusões	139
7.2	Recomendações	142
8	Referências	143
	Anexo 1	149
	Anexo 2	155

Lista de siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANSI – American National Standards Institute

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers

BNH – Banco Nacional da Habitação

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

COHAB-MG – Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais

DATEC – Documento de Avaliação Técnica

FAR – Fundo de Arrendamento Residencial

FJP – Fundação João Pinheiro

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

IAP – Institutos de Aposentadoria e Pensões

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PMCMV – Programa Minha Casa, Minha Vida

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNHR – Programa Nacional de Habitação Rural

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

SFH – Sistema Financeiro de Habitação

SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

Lista de figuras

Figura 1.1 – Inter-relação entre os temas abordados.	23
Figura 1.2 – Metodologia da pesquisa.	24
Figura 2.1 – Aglomerados subnormais RMRJ.	27
Figura 2.2 – Conjunto da Vila Operária, Av. Salvador de Sá – RJ.	31
Figura 2.3 – Vila Operária Marechal Hermes.	32
Figura 2.4 – Conjunto Pedregulho - Arquiteto Affonso Eduardo Reidy.	33
Figura 2.5 – Distribuição das favelas, em 1960, no Município do Rio de Janeiro.	34
Figura 2.6 – Distribuição dos Conjuntos Habitacionais construídos pelos Institutos de Previdência, no Município do Rio de Janeiro.	35
Figura 2.7 – Fazenda Botafogo.	37
Figura 2.8 – Mapa dos deslocamentos das remoções no Rio de Janeiro.	43
Figura 2.9 – Condomínio PMCMV no Município.	44
Figura 2.10 – Condomínio Trio de Ouro no Município de Belford Roxo.	44
Figura 2.11 – Rede de reserva e abastecimento de água potável.	46
Figura 2.12 – Pavimentação e iluminação pública.	46
Figura 2.13 – Banheiro com acessibilidade para PNE.	46
Figura 2.14 – Estação de tratamento de esgoto.	46
Figura 2.15 – Sistema de contra incêndio e iluminação de emergência.	46
Figura 2.16 – Apartamento com revestimento cerâmico.	46
Figura 2.17 – Frequência das unidades contratadas por município.	48
Figura 2.18 – Frequência do sistema construtivo por tipologia.	49
Figura 2.19 – Frequência do sistema construtivo por ano.	49
Figura 3.1 – Índice esquemático do bioclima.	65
Figura 3.2 – Carta Bioclimática.	66
Figura 3.3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	66
Figura 3.4 – Edifícios com plantas diferentes com a mesma área coberta.	68
Figura 3.5 – Edifício com menor carga térmica solar.	68

Figura 3.6 – Exemplo de sombreamento com cobogó e brise.	69
Figura 3.7 – Exemplo de sombreamento com vegetação.	70
Figura 3.8 – Ventilação cruzada para ambiente e cobertura.	71
Figura 3.9 – Ventilação cruzada.	71
Figura 3.10 – Barreira antirruído.	74
Figura 3.11 – Exemplos de proteção acústica.	74
Figura 4.1 – Exigências dos usuários.	83
Figura 4.2 – Procedimentos para avaliação do desempenho térmico de habitações propostos pela NBR 15575:2013.	85
Figura 5.1 – Planta de implantação do Empreendimento A.	102
Figura 5.2 – Planta de implantação do Empreendimento B.	102
Figura 5.3 – Planta do pavimento tipo do Empreendimento A.	103
Figura 5.4 – Planta do pavimento tipo do Empreendimento B.	103
Figura 5.5 – Execução simultânea dos serviços.	105
Figura 5.6 – Velocidade de construção (2680 unidades em um ano).	110
Figura 5.7 – Eliminação da camada de revestimento interna e externa.	110
Figura 5.8 – Colocação da 1ª fiada e pavimento aguardando laje.	116
Figura 5.9 – Içamento de lajes e alvenaria pronta para receber revestimento.	116
Figura 5.10 – Dia típico de verão.	123
Figura 5.11 – Dia típico de inverno.	124
Figura 5.12 – Iluminância Empreendimento A em Abril às 09:30 h.	129
Figura 5.13 – Iluminância Empreendimento A em Abril às 15:30 h.	129
Figura 5.14 – Iluminância Empreendimento A em Outubro às 09:30 h.	129
Figura 5.15 – Iluminância Empreendimento A em Outubro às 15:30 h.	129
Figura 5.16 – Iluminância Empreendimento B em Abril às 09:30 h.	129
Figura 5.17 – Iluminância Empreendimento B em Abril às 15:30 h.	129
Figura 5.18 – Iluminância Empreendimento B em Outubro às 09:30 h.	130
Figura 5.19 – Iluminância Empreendimento B em Outubro às 15:30 h.	130
Figura 5.20 – Fator de luz diurna para o Empreendimento 1.	130
Figura 5.21 – Fator de luz diurna para o Empreendimento 2.	131

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Unidades financiadas para o mercado popular e por diferentes períodos	36
Tabela 2.2 – Resumo das fases e faixas por renda familiar do PMCMV	39
Tabela 2.3 – PMCMV – Fase 3	40
Tabela 2.4 – Estimativa de contratação para o PMCMV em 2017	41
Tabela 3.1 – Níveis de ruído para conforto acústico de acordo com a finalidade do ambiente	60
Tabela 3.2 – Diferença dos níveis de pressão sonora	62
Tabela 3.3 – Radiação solar sobre superfícies verticais no Rio de Janeiro (em kWh/m DIA)	68
Tabela 4.1 – Classes de ruído relativas às áreas de construção	84
Tabela 4.2 – Transmitância térmica de paredes externas	86
Tabela 4.3 – Capacidade térmica de paredes externas	86
Tabela 4.4 – Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar	86
Tabela 4.5 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica	87
Tabela 4.6 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	88
Tabela 4.7 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno	88
Tabela 4.8 – Intelegibilidade; capacidade de entendimento do que se está falando em voz alta no recinto adjacente	89
Tabela 4.9 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo	91
Tabela 4.10 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas	91
Tabela 4.11 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo	92
Tabela 4.12 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes	93
Tabela 4.13 – Critérios de diferença padronizada de nível	94

ponderada, D_nT,w	
Tabela 4.14 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$	94
Tabela 4.15 – Níveis de iluminação natural	95
Tabela 4.16 – Fator de luz diurna para os diferentes ambientes da habitação	96
Tabela 4.17 – Nível de iluminação geral para iluminação artificial	98
Tabela 5.1 – Resultado dos valores de transmitância térmica e capacidade térmica dos sistemas de vedação vertical externa e das coberturas	122
Tabela 5.2 – Dados climáticos utilizados no EnergyPlus v8.6	123
Tabela 5.3 – Aberturas para ventilação dos Empreendimentos A e B	124
Tabela 5.4 – Resultado dos valores de redução sonora para paredes com abertura	126
Tabela 5.5 – Ruídos aéreos – resultado dos valores indicativos do índice de redução sonora ponderado	127
Tabela 5.6 – Ruídos de impacto – Valores indicativos do índice de pressão sonora de impacto	128
Tabela 6.1 – Tabela para definição da classe de ruído	134

1

Introdução

1.1

Tema

Quando efetivas, as políticas para construção de habitações de interesse social (HIS) visam a diminuir o déficit habitacional, atendendo as pessoas que não conseguem adquirir um imóvel devido à faixa de renda e condições impostas pelo mercado imobiliário. Porém, mesmo sendo a moradia um direito social garantido pela Constituição Federal e outros regramentos nacionais e internacionais, as políticas habitacionais praticadas têm sido ineficientes em combater adequadamente o déficit habitacional.

As políticas direcionadas à construção de Habitações de Interesse Social têm papel fundamental na criação de cidades sustentáveis, quando conjugam critérios urbanísticos e arquitetônicos com programas sociais. No Brasil, as políticas habitacionais são de iniciativa pública, marcadas por períodos descontínuos de produção.

Estudos recentes sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), principal programa nacional de habitação que visa promover a produção de unidades habitacionais para a população considerada de baixa renda, demonstram que ainda há muito a ser feito para melhorar a qualidade das habitações oferecidas.

A partir da análise de nossos estudos de caso, parece possível afirmar que a produção habitacional através do PMCMV apresenta tanto avanços quanto problemas do ponto de vista dos padrões internacionais estabelecidos para a efetivação do direito à moradia adequada. (ROLNIK *et al.*, 2015)

Vale observar que o elevado grau de satisfação não implica uma aceitação total e sem indicações de pontos críticos do PMCMV. O conjunto das respostas, ao contrário, indica uma melhora geral das condições de vida dos beneficiários, mesmo considerando que o conforto da moradia não seja o ideal, que o entorno e a localização dos empreendimentos tenham inadequações e que o custo de vida com despesas ligadas ao domicílio (exceto aluguel) tenha crescido. (BRASIL, 2014)

Com 83,09% do déficit habitacional urbano brasileiro concentrados nas famílias com renda de até três salários mínimos (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2016, p. 35), o Governo Federal tem concentrado os investimentos na chamada Faixa 1 do PMCMV – que tem como finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e compra de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda mensal de até R\$ 1.800,00. Segundo o Ministério das Cidades, com sete anos de existência, o Programa já contratou mais de 4 milhões de unidades habitacionais, sendo mais de 2,6 milhões de unidades entregues nesse período.

Dessa forma, a produção de moradias populares tem se mostrado empenhada em atender à demanda com relação à quantidade produzida, porém ineficiente quanto à qualidade de projeto e de construção. Ainda que, para a maioria dos beneficiários, as edificações representem uma evolução no padrão de moradia, requisitos básicos da moradia adequada são depreciados. Com soluções normalmente voltadas à velocidade de construção e economia de escala, parâmetro ditado pelo mercado imobiliário¹, prevalece uma racionalização da produção do espaço. São deixados em segundo plano: critérios de conforto ambiental, funcionalidade, localização adequada e, em alguns casos, até mesmo a qualidade da construção. De acordo com Raquel Rolnik (2009), Relatora Internacional do Direito à Moradia Adequada do Conselho de Direitos Humanos da ONU (2008–2014), “a grande demanda, em contraponto à baixa renda da população que necessita dessas habitações, faz com que no geral essas moradias tenham baixa qualidade, tanto no seu projeto quanto na sua execução”.

Em vigor desde julho de 2013, a NBR 15575:2013, agrupa indicadores de desempenho que remetem a um modelo de moradia adequada. Com um novo conceito de construção, valoriza a atividade de projetos e o envolvimento de toda cadeia produtiva, proporcionando um salto na qualidade das edificações.

Devido às características das habitações destinadas a população de baixa renda, onde o limite do orçamento é determinante nas diretrizes de projeto e nas especificações de materiais e serviços, atender ao desempenho mínimo estabelecido pela NBR 15575:2013 representa uma elevação no padrão dessas edificações. No entanto, tal benefício é acompanhado de um acréscimo no custo

¹ A maioria dos empreendimentos contratados é proposta pelas construtoras ou pela parceria Construtora–Prefeitura, o que determina uma grande interferência do setor da construção civil nas soluções adotadas.

da construção, devido às adequações necessárias para atender aos novos requisitos e a vida útil recomendada e pela necessidade dos fornecedores adaptarem-se as novas regras, por meio de pesquisas, ensaios e certificações para seus produtos.

A necessidade de buscar soluções de projeto com baixo impacto nos custos de construção e que atendam o binômio desempenho-sustentabilidade apresentado pela Norma de Desempenho reforça a importância de uma arquitetura baseada no conceito de bioclimatismo. Caracterizada pela integração entre o edifício e as condicionantes locais e tendo por objetivo o conforto ambiental, essa arquitetura incorpora à habitação tecnologias passivas que proporcionam um melhor desempenho térmico e lumínico, exigências dos usuários traduzidas em requisitos na Norma de Desempenho. A Norma de Desempenho aborda, ainda, outros requisitos que contribuem para o conforto ambiental, caso do desempenho acústico, funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico.

O tema que norteia esta pesquisa é a melhoria da qualidade das habitações populares produzidas, incorporada por meio do projeto arquitetônico.

Sendo assim, levantam-se as seguintes questões: quais decisões de projeto podem influenciar o desempenho habitacional de forma que se traduza em conforto para o morador? Visando a aplicação prática da Norma de Desempenho, que atributos devem ser observados na prática de projetos para que as edificações produzidas para a população de baixa renda atendam aos critérios de conforto ambiental?

A partir desses questionamentos, e diante da hipótese de que os parâmetros de conforto ambiental da produção destinada a PMCMV – Faixa 1, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, estejam aquém dos limites mínimos estabelecidos pela NBR 15575:2013, esta pesquisa abordará as variáveis relativas ao desempenho térmico, acústico e lumínico presentes na Norma de Desempenho, frente aos sistemas construtivos mais utilizados na construção dessas habitações.

1.2

Justificativas

A temática mostra-se relevante diante da necessidade de suprir o déficit habitacional com moradias de qualidade e aptas a atender às exigências dos

usuários. Devido ao volume de unidades produzidas e recursos alocados pelo poder público nos últimos anos, os benefícios provenientes de uma arquitetura fundada no conforto ambiental – conforto e saúde para o usuário e eficiência energética – alcançarão uma escala representativa nos três pilares do desenvolvimento sustentável – econômico, social e ambiental.

O resultado da pesquisa poderá nortear as análises de propostas de habitações de interesse social, com novas diretrizes para a qualidade e sustentabilidade dos projetos, e as informações geradas poderão servir de fundamento para a atuação técnica das empresas do setor de construção.

1.3

Objetivos

1.3.1

Objetivo geral

Em busca de melhoria da qualidade das habitações destinadas a população de baixa renda, este trabalho objetiva avaliar o conforto ambiental, nos projetos habitacionais do PMCMV – Faixa 1, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, mediante critérios da Norma de Desempenho. A pesquisa aborda as variáveis do conforto ambiental presentes na NBR 15575:2013 – desempenho térmico, acústico e lumínico – impactantes na escolha dos sistemas construtivos componentes da envoltória da edificação. A Figura 1.1 apresenta a inter-relação entre os temas a serem abordados.

1.3.2

Objetivos específicos

- a) Analisar a problemática da qualidade das habitações destinadas à população de baixa renda.
- b) Analisar o conceito de conforto ambiental: importância da envoltória da edificação, benefícios energéticos e para a saúde do usuário.

- c) Analisar a construção da Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais e o conceito de desempenho habitacional.
- d) Identificar os critérios para a adequação das novas construções de HIS aos requisitos de desempenho térmico, acústico e lumínico presentes na Norma de Desempenho.
- e) Apresentar as considerações que devem ser incorporadas aos projetos para que as edificações destinadas à população de baixa renda apresentem desempenhos mínimos de conforto ambiental.



Figura 1.1 – Inter-relação entre os temas abordados.

1.4

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho está representada na Figura 1.2.

Através do estudo da evolução da produção da habitação popular – considerando os aspectos históricos, de projeto, construção e satisfação dos usuários – chegou-se à questão da pesquisa: qualidade das habitações populares.

A revisão bibliográfica reuniu informações para contextualizar o trabalho quanto à evolução do processo de urbanização e do déficit habitacional; a teoria do conforto ambiental e ao conhecimento das referências de desempenho dos edifícios. Como fontes de citação, foram levantadas matérias de autores consagrados nos temas abordados, além de normas, dissertações de mestrado, anais de congressos e trabalhos realizados por entidades nacionais e internacionais

conceituadas como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Fundação João Pinheiro (FJP), a Caixa Econômica Federal (CAIXA), a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) a Organização das Nações Unidas (ONU) e seus departamentos.

Para verificação da hipótese foi realizado estudo de caso. O estudo de caso serviu para ponderar sobre a aplicação prática da Norma NBR 15575:2013 e evidenciar as soluções de projeto praticadas, verificando a conformidade ou não à questão de desempenho. A seleção dos empreendimentos para os estudos de caso levou em consideração os dois sistemas mais consolidados no mercado de construção de habitações de interesse social, tais como alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas *in loco*, que contam com normalização técnica prescritiva. Os dois modelos foram escolhidos por apresentarem características semelhantes e assim permitir a comparação.

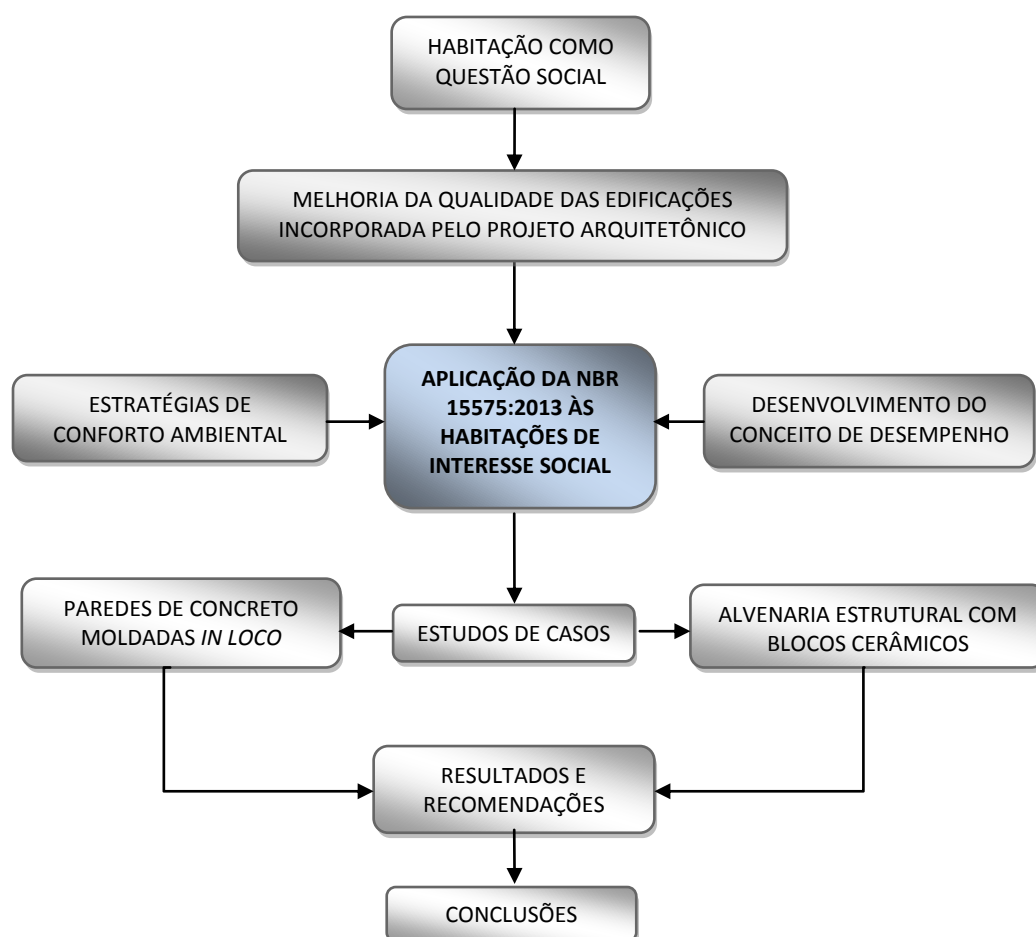


Figura 1.2 – Metodologia da pesquisa.

1.5

Estrutura dos Capítulos

A pesquisa está estruturada em sete capítulos, descritos a seguir.

No presente capítulo faz-se a introdução do tema em estudo, justificando o assunto escolhido, expondo os objetivos e apresentando um resumo do método empregado. A delimitação do problema é formulada por meio de uma expressão do pensamento na forma interrogativa.

No segundo capítulo é apresentado um paralelo entre o processo de urbanização no Brasil e a distribuição do déficit habitacional. É feita, ainda, uma breve descrição sobre a produção estatal a fim de situar de forma genérica o leitor com relação às políticas de habitações de interesse social, encerrando com o diagnóstico da produção atual.

O terceiro capítulo apresenta os novos paradigmas de projeto promovidos pela busca ao desenvolvimento sustentável. A revisão bibliográfica apresenta os principais estudiosos sobre a influência do clima nas edificações, em especial para o clima tropical. Aborda a teoria do conforto ambiental considerando o recorte do desempenho térmico, acústico e lumínico e apresenta as principais estratégias de projeto atreladas ao conforto e saúde do usuário e à eficiência energética.

No quarto capítulo é introduzido o conceito de desempenho e a dinâmica do desenvolvimento da norma de desempenho. São relacionados os critérios de avaliação das condições de desempenho térmico, acústico e lumínico das edificações habitacionais.

O quinto capítulo contém a descrição dos objetos do estudo de caso, com ênfase na descrição dos sistemas construtivos selecionados. Os estudos de caso foram feitos para evidenciar as práticas de projetos atuais, buscando-se identificar como a questão de desempenho foi considerada.

O capítulo seis discute os resultados obtidos com a aplicação dos critérios definidos na norma e quais as modificações necessárias nesses processos para atender as condições de desempenho mínimo.

Encerrando a parte textual, o capítulo sete apresenta a conclusão, e é acompanhado das recomendações para futuros estudos. Por fim situam-se as referências bibliográficas e os anexos citados ao longo do texto.

2

Desenvolvimento das Habitações de Interesse Social

2.1

Situação atual do déficit habitacional

Entre o fim do período colonial até o final o século XIX, o índice de urbanização pouco se alterou no Brasil, entre os anos de 1890 e 1920 cresceu aproximadamente 3% e foi somente no período entre 1920 e 1940 que o Brasil viu sua taxa de urbanização triplicar, chegando a 31,24% (SANTOS, 2009, p. 25 *apud* RUBIN, 2013). Os efeitos da rápida urbanização foram imediatamente sentidos e levaram às primeiras atuações no tratamento da questão social da moradia nas grandes cidades.

Nas décadas seguintes o Brasil manteve o intenso processo de urbanização, chegando em 2010 com 84,36% da população morando nas cidades (IBGE, 2014). Porém, essa urbanização acelerada não se deu de forma uniforme por todo país. Duas características distintas podem ser destacadas: a concentração da população em grandes aglomerados urbanos e a expansão no número de pequenos municípios. De acordo com a Nota Técnica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2014, 55,8% dos brasileiros viviam em apenas 5,4% dos municípios brasileiros, apesar do número de municípios ter passado de 1.574, em 1940, para 5.570, em 2014 (IBGE, 2014, p. 6).

Esse processo de urbanização, associado à falta de investimentos na infraestrutura das cidades e a ausência de planejamento do uso do solo, gerou graves problemas habitacionais. Moradias precárias, de baixa qualidade construtiva, sem infraestrutura e saneamento básico, ocupando desordenadamente áreas de risco, proliferaram pelos grandes aglomerados urbanos.

De maneira geral, o processo de urbanização brasileira reflete, entre outros aspectos, a dificuldade de acesso ao solo urbano e sobretudo de incorporação de parcelas da população, que passaram a habitar o espaço urbano de maneira precária, frequentemente em áreas impróprias para moradia. (Demanda futura por moradias, p. 7)

O resultado da urbanização acelerada veio expresso em números no Censo Demográfico de 2010: 11,4 milhões de pessoas vivendo em 6.329 aglomerados subnormais² situados em 323 municípios. 88,2% desses domicílios estão concentrados em Regiões Metropolitanas com mais de 1.000.000 de habitantes, sendo 59,3% nas Regiões Metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belém, Salvador e Recife (IBGE, 2013).

A RMRJ é responsável por acolher 14,9% dos domicílios situados em aglomerados subnormais de todo total nacional, o que representa 1.702.073 de pessoas, ou 14,4% da população da RMRJ, vivendo em situação precária (IBGE, 2011 e 2013). As manchas vermelhas no mapa da Figura 2.1 representam a localização dos aglomerados subnormais na RMRJ³, de acordo com o Censo Demográfico de 2010.



Figura 2.1 – Aglomerados subnormais RMRJ.

Fonte: Censo Demográfico 2010: Aglomerados Subnormais – Informações Territoriais (IBGE, 2013).

² Nomenclatura utilizada pelo IBGE que engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, rещaccas, mocambos, palafitas, entre outros.

Para o IBGE, aglomerado subnormal é o conjunto constituído por 51 ou mais unidades habitacionais caracterizadas por ausência de título de propriedade e pelo menos uma das características abaixo:

- irregularidade das vias de circulação e do tamanho e forma dos lotes e/ou
- carência de serviços públicos essenciais (como coleta de lixo, rede de esgoto, rede de água, energia elétrica e iluminação pública). (IBGE, 2013)

³ Os Municípios de Rio Bonito e Cachoeiras de Macacu foram integrados a RMRJ em Dezembro de 2013.

Fica evidente, neste contexto, a falta de políticas de ordenamento do solo urbano e a carência de moradias adequadas no país. O crescimento exponencial da população e a ocupação desordenada das cidades induzem ao uso de instrumentos de intervenção, pelo poder público, destinados a assegurar a função social da propriedade urbana e a preservação do meio ambiente, tão afetado pelas ocupações irregulares.

Os números apresentados a seguir, relativos ao déficit habitacional do país e do Estado Rio de Janeiro, são da Fundação João Pinheiro (FJP, 2016), conhecidos pela maior difusão e confiabilidade e por servirem de instrumento aos órgãos públicos para elaboração da política habitacional (Demanda Habitacional, p. 22). Para elaboração dos estudos, a Fundação utiliza as bases de dados produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e provenientes das Pesquisas Nacionais de Amostra de Domicílios – PNAD.

O conceito de déficit habitacional está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias, seja para reposição de estoque ou incremento de estoque. O déficit por reposição de estoque refere-se às moradias que em razão de sua precariedade ou desgaste trazido pelo tempo precisam ser repostas. O déficit por incremento de estoque contempla os domicílios improvisados e a coabitação forçada, indicando claramente a necessidade de novas moradias.

No entanto, para a apresentação da composição do cálculo do déficit habitacional, a FJP (2016, p. 19) optou por retirar do quadro-síntese a separação conceitual por reposição de estoque e incremento de estoque, de modo a tornar mais clara a apresentação do que de fato é calculado. Para o cálculo do déficit habitacional são considerados quatro componentes: habitações precárias, considerados os domicílios rústicos e improvisados; coabitação familiar, consideradas as condições de ocupação das famílias conviventes e dos moradores de cômodos; ônus excessivo com aluguel e adensamento excessivo em domicílios alugados.

Em 2014 o déficit habitacional estimado correspondia a 6,068 milhões de domicílios, dos quais 5,315 milhões, ou 87,6%, localizados nas áreas urbanas. O quadro torna-se mais preocupante quando o foco passa a ser a faixa de renda, onde 83,9% do déficit habitacional urbano estão concentrados na faixa de até 3 salários mínimos (FJP, 2016, p. 31 e 36).

Do total do déficit habitacional, em 2014, 40% localizavam-se na região Sudeste, o que corresponde a 2,425 milhões de unidades. Os valores absolutos do déficit habitacional no Estado do Rio de Janeiro, 460 mil, correspondem a 7,7% do total nacional. Na Região Metropolitana estão expressivos 306 mil, todos na área urbana, o equivalente a 67% do total do déficit, enfatizando a importância da metrópole na composição do índice. Ao se considerar a faixa de renda, 87,7% do déficit habitacional na RMRJ, cerca de 268.967 domicílios, correspondem a faixa de 0 a 3 salários mínimos (FJP, 2016, p. 31 e 36).

O ônus excessivo com aluguel tornou-se, desde 2011, o componente de maior peso na composição do déficit habitacional, seguido pela coabitação familiar. Em 2014, 48,2% do total do déficit habitacional está associado a esse componente, o que em número absoluto representa 2,926 milhões de famílias urbanas no país. Na região Sudeste, 1,476 milhão de famílias, 50,4% do déficit total de famílias urbanas associadas a esse componente, comprometem mais de 30% de sua renda com o custo da habitação (FJP, 2016, p. 21 e 43).

As políticas públicas para habitação visam a diminuir o déficit habitacional, atendendo as pessoas que não conseguem adquirir um imóvel devido à faixa de renda e condições impostas pelo mercado imobiliário. Porém, o direito à moradia não pode ser visto apenas como uma opção de abrigo. Precisa e deve interagir com os demais direitos humanos, ser inserido num contexto mais abrangente contribuindo e respondendo aos anseios do homem, cumprindo sua função social.

A ONU, desde a publicação da Declaração Universal dos Direitos Humanos em 1948, reconhece a moradia como um direito fundamental ao homem, e, por intermédio de seus organismos, propaga e ajuda a esclarecer a sua importância. Dentre os vários textos produzidos, destaca-se o Comentário nº 4 do Comitê sobre os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais, que elenca os componentes do direito à moradia adequada:

- › Segurança da posse: a moradia não é adequada se os seus ocupantes não têm um grau de segurança de posse que garanta a proteção legal contra despejos forçados, perseguição e outras ameaças.
- › Disponibilidade de serviços, materiais, instalações e infraestrutura: a moradia não é adequada, se os seus ocupantes não têm água potável, saneamento básico, energia para cozinhar, aquecimento, iluminação, armazenamento de alimentos ou coleta de lixo.
- › Economicidade: a moradia não é adequada, se o seu custo ameaça ou compromete o exercício de outros direitos humanos dos ocupantes.

- › Habitabilidade: a moradia não é adequada se não garantir a segurança física e estrutural proporcionando um espaço adequado, bem como proteção contra o frio, umidade, calor, chuva, vento, outras ameaças à saúde.
- › Acessibilidade: a moradia não é adequada se as necessidades específicas dos grupos desfavorecidos e marginalizados não são levados em conta.
- › Localização: a moradia não é adequada se for isolada de oportunidades de emprego, serviços de saúde, escolas, creches e outras instalações sociais ou, se localizados em áreas poluídas ou perigosas.
- › Adequação cultural: a moradia não é adequada se não respeitar e levar em conta a expressão da identidade cultural (UNITED NATIONS, 1991).

A seguir serão verificadas as ações implantadas pelo poder público visando promover a produção de moradia para a população de baixa renda.

2.2

Habitações de Interesse Social

Este estudo não pretende detalhar as nuances políticas e econômicas das políticas de habitação social, mas destacar o que foi produzido pelo poder público desde que a carência de moradia adequada foi reconhecida como uma questão social.

Os efeitos da rápida urbanização, aumento da população urbana em contraponto a falta de infraestrutura e equipamentos urbanos, foram sentidos primeiramente durante a Revolução Industrial na Europa, mais precisamente na Inglaterra no início do século XVIII, chegando ao Brasil no final do século XIX e início do século XX. Rubin e Bolfe (2014, p.202), citam, além do aumento da industrialização, o “processo de substituição da mão de obra escrava pelo trabalho livre” como influencia no aumento da população urbana nesse período.

Na habitação, esses efeitos foram sentidos na alta dos aluguéis, aumento de construções clandestinas, favelas e especulação imobiliária (AZEVEDO; ANDRADE, 1982, p. 16). Proliferaram os cortiços, habitações coletivas de aluguel agrupadas e concentradas, com cômodos mal ventilados e iluminados e instalações sanitárias de uso comum.

Por meio de uma grande campanha de higienização, teve início a interferência direta do Estado na área da habitação. O poder público instituiu uma série de leis e incentivos fiscais para inibir a propagação de moradias inadequadas, promover o saneamento básico e incentivar o mercado a suprir a demanda por

habitações. Em algumas das maiores cidades, como o Rio de Janeiro, a política urbana adotada vislumbrava, ainda, o embelezamento da cidade, medida que resultou na estratificação do espaço urbano empurrando a população de baixa renda para os subúrbios e encostas dos morros. O fato foi destacado por Maricato (2000) e Abreu (2003):

As reformas urbanas, realizadas em diversas cidades brasileiras entre o final do século XIX e início do século XX, lançaram as bases de um urbanismo moderno à moda da periferia. Eram feitas obras de saneamento básico e embelezamento paisagístico, implantavam-se as bases legais para um mercado imobiliário de corte capitalista, ao mesmo tempo em que a população excluída desse processo era expulsa para os morros e as franjas da cidade (MARICATO, 2000).

Atraindo grande quantidade de força de trabalho e não oferecendo espaços para a sua reprodução, a Reforma Passos viabilizou então o desenvolvimento de sua própria negação – ou seja, a proliferação de um hábitat que já vinha timidamente se desenvolvendo na cidade e que, por sua informalidade e falta de controle, simbolizava tudo o que se pretendeu erradicar da cidade. Este hábitat foi a favela (ABREU, 2003).

Na primeira tentativa oficial de melhorar a qualidade das habitações, os cortiços foram demolidos e as casas construídas não foram suficientes. Apesar de manifestar preocupação com a questão habitacional, a resposta do Estado durante esse período foi marcada por estímulos à iniciativa privada que prestigiava a população abarcada pelo mercado de trabalho. A exceção foi a construção pelo poder público, em 1906, de 120 unidades habitacionais sobrepostas, agrupadas em três conjuntos localizados na Avenida Salvador de Sá e Rua São Leopoldo, no Rio de Janeiro (Figura 2.2). Para Bonduki (1998, p. 71), a iniciativa foi “... uma resposta política às fortes críticas que o governo de Pereira Passos vinha sofrendo por ter despejado milhares de pessoas para a abertura da Avenida Central ...”.



Figura 2.2 – Conjunto da Vila Operária, Av. Salvador de Sá – RJ.

Fonte: O Globo 12/03/2013. Fotógrafo: Pedro Kirilo. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/rio/vila-operaria-se-deteriora-enquanto-aguarda-reforma-7822680>.

Como resultado da produção da época destaca-se os conjuntos de moradias oferecidos pelas empresas aos seus funcionários/operários e os empreendimentos realizados pela iniciativa privada destinados, preferencialmente, à locação. Inicialmente dispostas em fila não apresentavam recuo frontal ou lateral, com as inovações higienistas casas geminadas duas a duas foram erguidas (Figura 2.3).



Figura 2.3 – Vila Operária Marechal Hermes.

Fonte: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp103114.pdf>. Acesso em: 07/08/2016.

Em busca da origem da habitação social no Brasil, Bonduki (1998, p. 13, 14 e 127) identificou a Lei do Inquilinato de 1942, o Decreto-Lei 58 – que regulamentou em 1938 a venda de lotes a prestação e a criação de órgãos federais ou regionais de produção de habitação como as Carteiras Prediais do IAP em 1938, a Fundação da Casa Popular em 1946 e o Departamento de Habitação Popular do Distrito Federal como processos que, apesar de adotados no mesmo período, não fizeram parte de uma política habitacional planejada, mas apresentaram em comum o reconhecimento da responsabilidade do Estado na provisão habitacional. “A produção direta ou financiamento de moradias, a regulamentação do mercado de locações e a complementação urbana da periferia” foram uma resposta a crise da habitação nos anos 1940, reconhecida como uma questão social (BONDUKI, 1998, p. 14).

A origem da produção estatal da moradia foi marcada pela atuação dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAP) e da Fundação da Casa Popular, “primeiros órgãos federais que atuaram no setor de habitação social” (BONDUKI, 1998, p. 99). Apesar da Fundação da Casa Popular ter sido criada exclusivamente

para resolver o problema de habitação, os IAP destacaram-se com relação à quantidade produzida. A distribuição dessa produção deu-se de forma desigual, privilegiando os grandes centros urbanos, principalmente o Rio de Janeiro, Distrito Federal na época (BONDUKI, 1998, p. 129).

A produção desse período foi influenciada pelo Movimento Moderno, tanto na concepção quanto na produção. Marcada pela orientação construtiva adotada pelos IAP – “construir conjuntos habitacionais, em vez de casas individuais” (FINEP-GAP, 1985 p. 54) – e pela adoção, por parte dos arquitetos envolvidos, dos conceitos de produção concebidos pelo Movimento Moderno – “edificação em série, com padronização e pré-fabricação” (BONDUKI, 1998, p. 15) – iniciou-se a construção dos grandes condomínios habitacionais com serviços públicos e equipamentos próximos a moradia, onde se destacavam ainda preocupações funcionais relacionadas ao controle da luz e da ventilação e a facilidade de circulação.

Dentre as realizações do período, destaca-se a construção, em 1952, do Conjunto Pedregulho (Figura 2.4) com 328 unidades que “tornou-se mundialmente famoso por incorporar com grande criatividade os princípios da arquitetura moderna à solução de um conjunto habitacional para as camadas populares” (FINEP – GAP, 1985, p. 66).



Figura 2.4 – Conjunto Pedregulho - Arquiteto Affonso Eduardo Reidy.

Fonte: au.pini.com.br. Disponível em:
<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/235/-historia-em-detalhe-299896-1.aspx>.

No entanto, o ideal arquitetônico e urbanístico não perdurou e o resultado econômico prevaleceu, gerando ao final do período dos IAP em 1964 “o empobrecimento gradativo dos projetos habitacionais” (BONDUKI, 1998, p. 135). Características essenciais de projeto foram deixadas de lado para dar lugar à produção em série.

Como a produção da época destinava-se ao trabalhador formal, ficavam excluídos dessa política os trabalhadores urbanos sem carteira assinada, que tinham como opção habitacional a favela, pela proximidade com o mercado de trabalho, e os loteamentos periféricos, viabilizados pela expansão do sistema ferroviário e construção de novas rodovias. “O período se conclui, assim, com a dupla tendência da questão habitacional, que irá marcá-la a partir de então: favelas e loteamentos periféricos” (Habitação Social..., 2007, p.55).

Os mapas apresentados a seguir, retirados do clássico estudo sobre a evolução urbana do Rio de Janeiro realizado por Maurício de Abreu, servem para ilustrar a tendência das ocupações formais e informais até 1964. Os pontos pretos representam, na Figura 2.5, a localização das favelas e, na Figura 2.6, a localização da produção habitacional dos Institutos de Previdência.

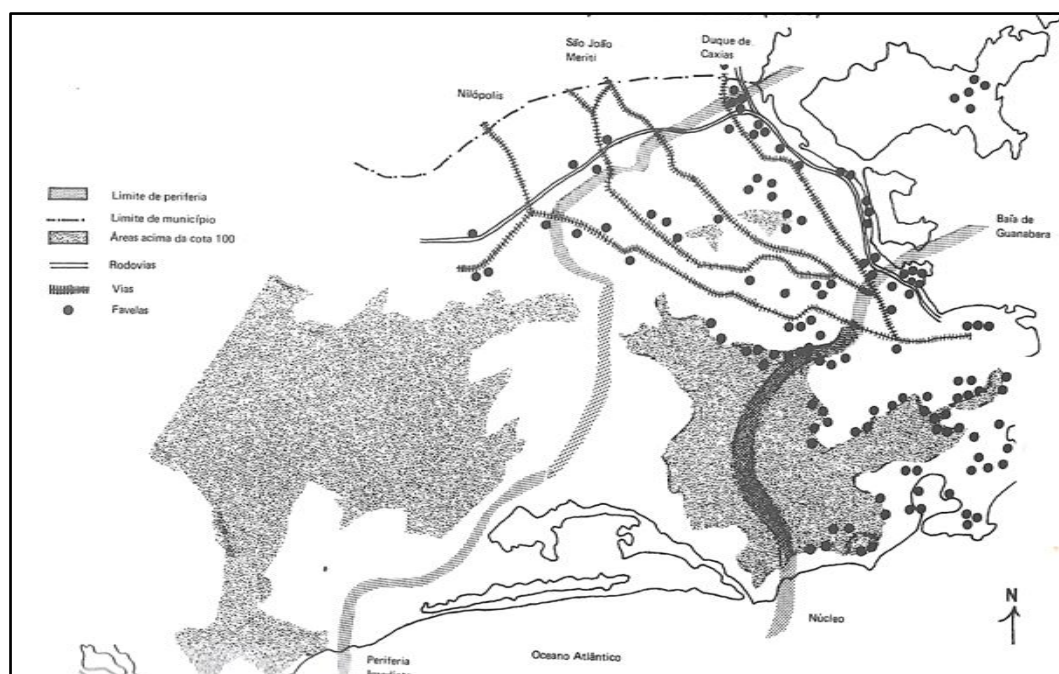


Figura 2.5 – Distribuição das favelas, em 1960, no Município do Rio de Janeiro.

Fonte: Abreu, 2013, p. 128

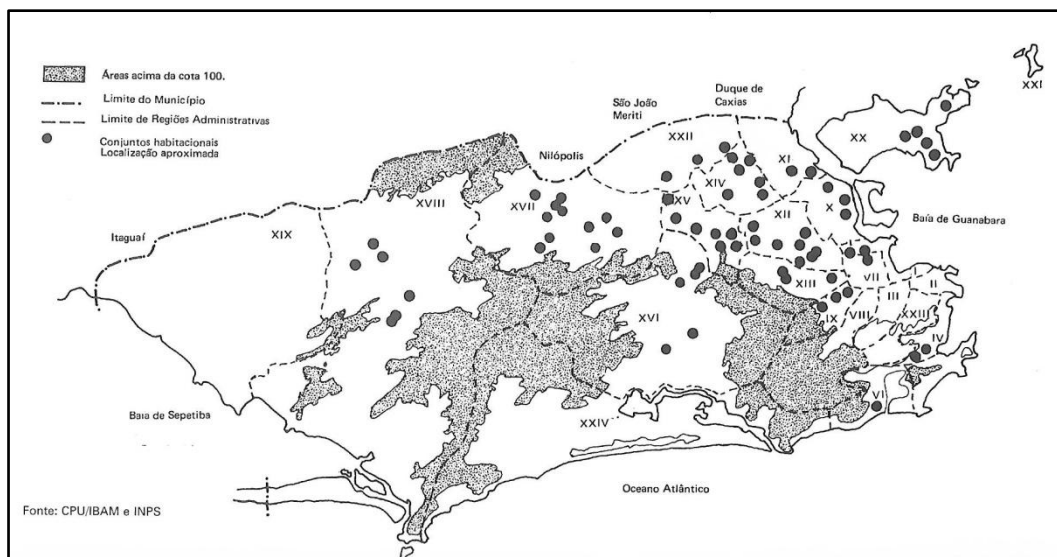


Figura 2.6 – Distribuição dos Conjuntos Habitacionais construídos pelos Institutos de Previdência, no Município do Rio de Janeiro.

Fonte: Abreu, 2013, p. 120

Com a chegada do governo militar ao poder, em 1964, a Fundação da Casa Popular é extinta. A casa própria é vista como uma forma de atrair o apoio político das massas urbanas e a construção em massa como indutora da economia (FINEP, 1985, p. 88). Neste cenário foi editada a lei nº 4380/64, que instituiu, entre outras medidas, o Sistema Financeiro de Habitação – SFH, o Banco Nacional de Habitação – BNH e a correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social. Implantou-se, pela primeira vez no Brasil, uma política de abrangência nacional com objetivos definidos para a habitação. Com a nova política, cunhou-se também o termo ‘habitação de interesse social’, que passou a ser usado como sinônimo de moradia popular, disposto no primeiro artigo da referida Lei:

Art. 1º O Governo Federal, através do Ministro de Planejamento, formulará a política nacional de habitação e de planejamento territorial, coordenando a ação dos órgãos públicos e orientando a iniciativa privada no sentido de estimular a construção de **habitações de interesse social** e o financiamento da aquisição da casa própria, especialmente pelas classes da população de menor renda. (Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, grifo nosso)

A preocupação com a questão social da habitação veio expressa nos artigos 11 e 12, com a maior fração dos financiamentos destinada à moradia popular.

Art. 11

I – no mínimo 70% deverão estar aplicados em habitações de valor unitário inferior a 60 vezes o maior salário-mínimo mensal vigente no país;

Art. 12

I – no mínimo 60% dos recursos deverão estar aplicados em habitações de valor unitário inferior a 100 vezes o maior salário-mínimo mensal vigente no país; (Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964)

No entanto, um ano após sua edição, os incisos tiveram sua redação alterada, passando a vigorar com a seguinte redação:

Art. 11

I - em habitações de valor unitário inferior a 100 (cem) vezes o maior salário-mínimo mensal, vigente no País, uma percentagem mínima dos recursos a ser fixada, bienalmente, pelo Banco Nacional de Habitação, em função das condições do mercado e das regiões, e por instituição ou tipo de instituição;

Art. 12

I - no mínimo 60% (sessenta por cento) dos recursos deverão estar aplicados em habitações de valor unitário inferior a 300 (trezentas) vezes o maior salário-mínimo mensal vigente no País; (Redação dada pela Lei nº 4.864, de 29 de novembro de 1965).

Ainda assim, nos primeiros anos (1964-1969), 40% das habitações financiadas foram destinadas a faixa de menor renda. “Entretanto, o elevado índice de inadimplência dos mutuários de baixa renda nos seus primeiros anos de atuação (1964-1969) fez com que, a partir de 1970, diminuíssem consideravelmente os investimentos nesse setor.” Mas, esse período não durou muito. A partir de 1975, com investimentos direcionados para a faixa mais alta do mercado popular (três a cinco salários), a produção ganhou dinamismo e atingiu seu melhor resultado, conforme apresentado por Azevedo e Andrade (1982, p. 90, 99 e 130) na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Unidades financiadas para o mercado popular e por diferentes períodos

ANOS	UNIDADES	%
1964-1969	178.227	17,7
1970-1974	76.746	7,7
1975-1980	749.911	74,6
TOTAL	1.004.884	100,0

Fonte: AZEVEDO e ANDRADE, 1982, p. 99

Até o final de sua vigência, em 1986, a política habitacional do BNH financiou 4,8 milhões de habitações, sendo que, apenas, 20% dos financiamentos foram destinados a população de baixa renda. Assim como no período anterior, a

produção foi voltada ao mercado apto a arcar com os custos das habitações e a atender aos objetivos econômicos. Para MEDEIROS (2010), a difusão dos recursos em desenvolvimento urbano como saneamento, transporte, comunicação, educação e cultura, desarticulada da produção habitacional, ajudou a afastar ainda mais as ações do banco dos objetivos sociais. Para Azevedo e Andrade (1982, p. 129) o fracasso da política de habitações populares pode ser medido pelo aumento das moradias precárias e pela expansão do mercado informal.

Adaptada ao interesse do setor produtivo – baixar os custos da produção –, a produção da época foi marcada pela criação de grandes condomínios implantados principalmente na periferia, onde os terrenos eram mais baratos. Os empreendimentos eram caracterizados, ainda, pela verticalização e separação de usos (Figura 2.7).



Figura 2.7 – Fazenda Botafogo.

Fonte: <https://coelhoneto.wordpress.com>. Acesso em 07/08/2016.

A produção em escala foi marcada pela padronização, racionalização do espaço e experimentação de processos de construção inovadores com características industrializadas. Na pretensão de reduzir o tempo e o custo das construções, o período foi marcado por uma série de experimentos no campo da tecnologia que acabaram se tornando um problema na qualidade das habitações

devido à falta de avaliações prévias de desempenho. Segundo Maricato e Pedrosa (1991), estudos elaborados principalmente pelo Instituto de Pesquisas Técnicas (IPT) e a Escola Politécnica da Universidade Estadual de São Paulo apontaram a má qualidade dos edifícios em relação à segurança, conforto e saúde do usuário. Os problemas mais frequentes encontrados nas pesquisas foram: rachaduras nas paredes, infiltração de água através das lajes de cobertura e paredes e falhas nas instalações elétricas e sanitárias.

A extinção do BNH, em 1986, pôs fim ao órgão gestor da política habitacional. Coube a Caixa Econômica Federal (CAIXA) a administração do passivo, do ativo, do pessoal e dos bens do BNH. Para Bonduki (2008, p. 75, 76) e Santos (1999, p.19), o período que sucedeu a extinção do BNH foi marcado pela inconstância com relação à gestão federal da questão habitacional, passando a responsabilidade por vários órgãos o que causou descontinuidade nas ações, situação que perdurou até 2003 com a criação do Ministério das Cidades.

Com o fim do BNH e a crise econômica dos anos 80, exceto por ações municipais e estaduais isoladas, a década de 1990 não apresentou uma produção significativa para a população de baixa renda, aumentando a faixa da população sem condições de acesso formal a moradia e a situação crítica das áreas ocupadas pela população de baixa renda. No que tange as realizações do período, destacam-se novas propostas como a urbanização e titulação de assentamentos informais e a construção de moradias novas por mutirão e autogestão (BONDUKI, 2008, p. 75 a 78; Habitação Social..., 2007, p. 77).

Em Janeiro de 2003 foi criado o Ministério das Cidades com a finalidade de instituir uma política de desenvolvimento urbano, integrando as políticas setoriais urbanas, habitação, saneamento e transporte -, em consonância com estados e municípios e participação da sociedade, e a missão de combater a desigualdade social e a promover a sustentabilidade ambiental. E, em 2005, com a Lei 11.124, foram criados o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) e do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS), integrando todos os programas destinados à habitação de interesse social de todas as esferas de governo (Ministério das Cidades, 2013?). Estava lançado um novo paradigma para o planejamento da política habitacional no Brasil.

Porém, a pouca efetividade do Ministério das Cidades e a crise internacional que se apresentara em 2008 levaram o governo a apostar, mais uma

vez, no “potencial econômico da produção de habitação em massa” (Minha Casa..., 2015, p. 16), incentivando a atividade imobiliária, que passou a ser vista como meio de alavancar o crescimento econômico e o nível de empregos.

Assim foi lançado em 2009 o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), com o objetivo de incentivar a produção e a aquisição de novas unidades habitacionais; a requalificação de imóveis urbanos; a produção e a reforma de habitações rurais. Orientado a famílias com renda mensal de até dez salários mínimos, o programa destinava 40% da meta inicial a famílias com renda de até três salários mínimos, mediante aporte do governo federal de 70% de todo o investimento, numa tentativa de manter o foco social e evitar a repetição dos erros das políticas anteriores (Minha Casa..., 2015, p. 17).

A produção deveria ser distribuída pelos Municípios, com prioridade para aqueles com mais de 100 mil habitantes e excluindo aqueles com menos de 50 mil habitantes, na proporção da distribuição do déficit habitacional. Com a meta inicial de 1.000.000 de contratações alcançada foi lançada em 2011 a 2ª fase do programa com a meta de contratação de mais 2.000.000 de unidades, a ser alcançada em 2014.

Ao longo do programa foram inseridos alguns ajustes: além de desconsiderar o salário mínimo como indicador das faixas de renda, garantindo que os maiores subsídios atendam as menores faixas de renda,

... autorizou-se a produção em municípios com menos de 50 mil habitantes – o que não era previsto inicialmente –, incorporaram-se especificações mínimas para os projetos e para as construções, estabeleceram-se parâmetros para o trabalho social, e definiram-se metas e responsabilidades federativas para a implantação dos equipamentos públicos que deveriam acompanhar os empreendimentos. Organizaram-se critérios públicos para habilitação de entidades populares que tivessem interesse (experiência e condições técnicas) em produzir habitação, autorizaram-nas a comprar a terra antes que todo o empreendimento estivesse viabilizado e devidamente licenciado (Minha Casa..., 2015, p. 18).

A Tabela 2.2 apresenta um resumo da meta de unidades habitacionais do PMCMV, de acordo com as fases e faixas de renda familiar até 2014.

Tabela 2.2 – Resumo das fases e faixas por renda familiar do PMCMV

Fase do programa	Faixa	Renda familiar mensal	Modalidades	Unidades Habitacionais
Fase 1 - PMCMV1 (Abril 2009 a Junho 2011)	Faixa 1	0 - 3 salários	FAR	não especificada
			FDS (Entidades)	30.000
			Rural (PNHR)	s/ espec.
	Faixa 2	3 - 6 salários	FGTS	400.000
Faixa 3	6 - 10 salários	FGTS	200.000	
Fase 2 - PMCMV2 (Junho 2011 a Dezembro 2014)	Faixa 1	até R\$ 1600,00	FAR	860.000
			FDS (Entidades)	60.000
			Rural (PNHR)	60.000
			Oferta Pública	220.000
	Faixa 2*	R\$ 1.600,01 a R\$ 3.275,00	FGTS	600.000
Faixa 3*	R\$ 3.275,01 a R\$ 5.000,00	FGTS	200.000	

(*) Os valores das faixas 2 e 3 foram alterados em meados de 2012. Originalmente o valor limite da faixa 2 era de R\$ 3.1000,00 e o da faixa 3, de R\$ 3.100,01 a R\$ 5.000,00.

Fonte: Informações retiradas do Relatório Minha Casa... E a Cidade? (2015, p. 19, 20 e 22).

Os anos de 2015 e 2016 foram marcados pelo baixo número de contratações: nesta época foram efetivadas apenas operações na modalidade FAR vinculadas ao PAC, Entidades e PNHR.

A 3ª fase do programa foi lançada em Março de 2016 em meio às incertezas econômicas e políticas do Governo e apresentou como inovação nova divisão para as faixas de renda (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – PMCMV – Fase 3

Fase do programa	Faixa	Renda familiar mensal	Característica
Fase 3 - PMCMV3 (a partir de Março 2016)*	Faixa 1	até R\$ 1.800,00	Até 90% de subsídio do valor do imóvel. Pago em até 120 prestações mensais de, no máximo, R\$ 270,00, sem juros
	Faixa 1,5	até R\$ 2.350,00	Até R\$ 45.000,00 de subsídio, com 5% de juros ao ano, para financiamento de imóveis até R\$ 135.000,00, dependendo da sua localização
	Faixa 2	até R\$ 3.600,00	Até R\$ 27.500,00 de subsídio, com 6% a 7% de juros ao ano
	Faixa 3	até R\$ 6.500,00	8,16% de juros ao ano

(*) No caso dos agricultores familiares e trabalhadores rurais a renda anual da família deve ser até R\$ 78.000,00.

Fonte: Ministério das Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>. Acesso em: 25/02/2017.

Em Fevereiro de 2017, o Ministério das Cidades informa a estimativa de contratação de 170 mil novas unidades habitacionais para a Faixa 1 a partir de Março de 2017 (Tabela 2.4). Na ocasião é comunicado, ainda, o aumento dos limites da renda familiar das faixas 1,5, 2 e 3 e as novas taxas de juros.

Tabela 2.4 – Estimativa de contratação para o PMCMV em 2017

Fase do programa	Faixa	Renda familiar mensal	Modalidade	Unidades Habitacionais
Fase 3 - PMCMV3 (a partir de Março 2017)	Faixa 1	até R\$ 1800,00	FAR	100.000
			RURAL (PNHR)	35.000
			FDS (ENTIDADES)	35.000
	Faixa 1,5	até R\$ 2.600,00	FGTS	60.000
	Faixa 2	até R\$ 2.600,00	FGTS	380.000
		até R\$ 3.000,00		
		até R\$ 4.000,00		
	Faixa 3	até R\$ 7.000,00	FGTS	
		até R\$ 9.000,00		

Fonte: Caixa Econômica Federal
<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550>

Os imóveis da Faixa 1 deverão ter novas especificações, adequadas à Norma de Desempenho da ABNT, gerando maior conforto térmico e acústico, com uso de esquadrias com sombreamento, maior espessura das paredes, lajes e acréscimo de 2m² na planta das unidades habitacionais.

Segundo o Portal Minha Casa Minha Vida, até Fevereiro de 2017 foram contratadas 4.219.366 unidades habitacionais e foram entregues 2.632.953. Apesar da grande repercussão nacional e internacional, o PMCMV até o momento não logrou 100% de êxito. Apesar da grande produção, o programa contratou em cinco anos 80% do contratado pelo BNH em 22 anos, a comparação com as políticas praticadas anteriormente é inevitável. Segundo Cefis (2015):

A produção habitacional brasileira já vivenciou uma enorme variedade de fontes de recursos confiadas a diversas instituições públicas que cometeram os mesmos equívocos: favorecimento de segmentos sociais, segregação residencial, extensão horizontal das cidades e comprometimento das economias urbanas.

A seguir será realizada uma análise da produção do PMCMV – Faixa 1 que contemplará um panorama da situação atual dos projetos e construções e a opinião dos usuários.

2.3

Diagnóstico da produção destinada a Faixa 1 – PMCMV

Caminhando para a implantação da 3ª Fase, o Programa tem sido alvo constante de avaliações, inclusive de organismos internacionais, sendo as mais abrangentes incentivadas pelo próprio gestor do Programa, o Ministério das Cidades. Os estudos são unânimes em apontar a satisfação, com ressalvas, dos beneficiários (KOWALTOWSKI *et al.*, 2013; BRASIL, 2014; ROLNIK *et al.*, 2015), resultado atribuído as condições precárias da moradia anterior.

A boa receptividade dos beneficiários com relação à nova moradia acontece, em grande parte, devido às melhores condições de salubridade. As unidades habitacionais são providas de infraestrutura básica como rede de água potável, esgotamento sanitário, pavimentação, drenagem, iluminação pública, e coleta de lixo, condições normativas para acesso ao Programa. Também a unidade habitacional apresentou uma boa aceitação, principalmente, após a inclusão nas Especificações Mínimas do Programa de revestimento cerâmico para o piso e condições de acessibilidade universal.

Com relação à localização do empreendimento, as pesquisas apontam que, apesar do déficit habitacional estar concentrado nos municípios polo das regiões metropolitanas, a produção na Faixa 1 foi direcionada para os municípios periféricos (Minha Casa..., 2015, p. 60). Segundo United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT, 2013, p. 39), o acesso e a acessibilidade da terra tem sido um grande desafio para o programa: forte demanda no setor imobiliário gerou processos especulativos e tendências inflacionárias que influenciaram os preços de terra, com o impacto afetando, principalmente, os projetos visando às famílias mais pobres. A implementação dos empreendimentos em áreas mais afastadas do núcleo desses municípios periféricos – áreas de expansão ou ‘periferia da periferia’ – causa grandes deslocamentos entre os polos geradores de emprego e a moradia e dificulta o acesso ao lazer, transporte público, equipamentos públicos, serviços e comércio, uma vez que essas áreas nem sempre estão consolidadas. Esse deslocamento foi mais significativo principalmente para os reassentados de maneira involuntária (Minha Casa..., 2015, p. 60).

... as unidades do PMCMV vêm viabilizando amplos processos de remoção e de reassentamento, provendo moradia a populações que as perderam em processos

de implementação de projetos de urbanização favelas, eliminação de áreas de risco ou de grandes obras de infraestruturas, em áreas normalmente mais bem situadas quando comparadas aos locais de implementação dos empreendimentos do Programa (Minha Casa..., 2015, p. 60).

Esse sentimento de segregação espacial aparece impresso na imagem publicada no livro SMH 2016: Remoções no Rio de Janeiro Olímpico (Figura 2.8), que apresenta os deslocamentos causados pelas remoções no Município do Rio de Janeiro. O Município do Rio de Janeiro – município núcleo da região metropolitana de mesmo nome – apresentou-se como uma exceção, mantendo parte importante da produção destinada à Faixa 1 do PMCMV no seu perímetro, porém isso não foi suficiente para proporcionar a inclusão social dos moradores.

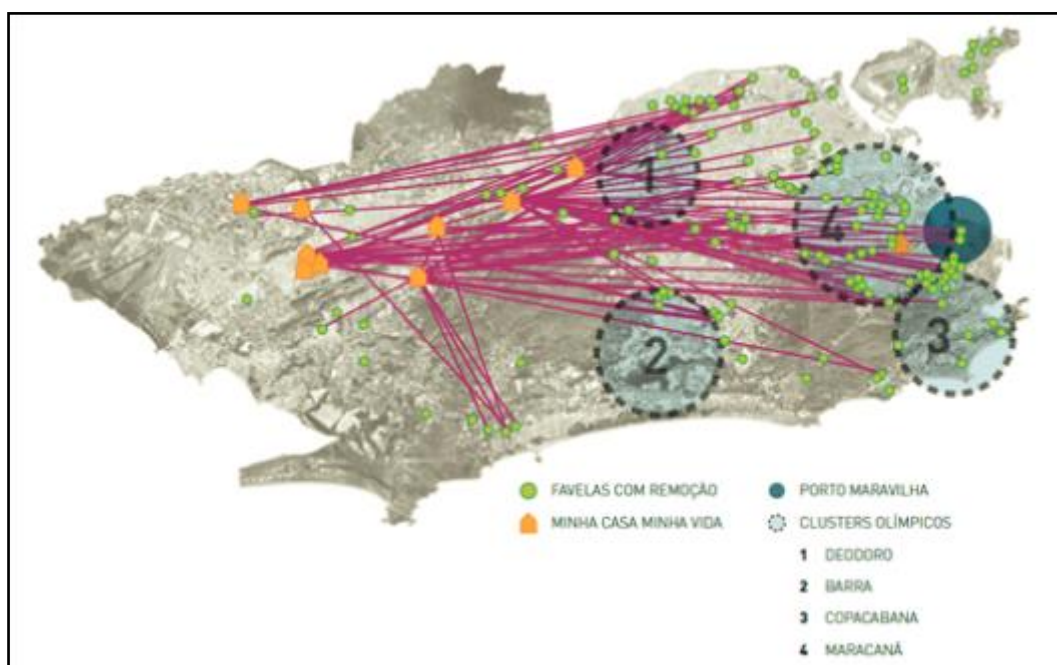


Figura 2.8 – Mapa dos deslocamentos das remoções no Rio de Janeiro.

Fonte: SMH 2016: Remoções no Rio de Janeiro Olímpico (Favelas com remoções X empreendimentos do Minha Casa, Minha Vida)

A produção da Faixa 1 do PMCMV não se afastou muito do que vinha sendo ofertado em outros tempos para a população de baixa renda. Tendo como características principais a padronização dos projetos e o grande porte dos empreendimentos, nem o limite imposto pelo Programa no número de unidades contíguas – inicialmente 500 e depois 300 unidades por empreendimento – foi suficiente para impedir a implantação de complexos com mais de 2000 unidades, completamente indiferentes aos aspectos locais. Com a justificativa de margens de

lucro mais estreitas, os projetos traziam a implantação de vários condomínios contíguos no intuito de ganhar na escala da produção. O padrão da produção, conduzido pelos interesses das grandes construtoras, culmina na produção de grandes condomínios com repetição de tipologia, tanto de casas, nos municípios menores, como de apartamentos para as áreas metropolitanas (Figura 2.9 e Figura 2.10).



Figura 2.9 – Condomínio PMCMV no Município.

Fonte: <http://www.nortonsussuarana.com.br/2015/07/contratos-com-indicios-de-fraudes-sao.html>



Figura 2.10 – Condomínio Trio de Ouro no Município de Belford Roxo.

Fonte: http://projetoiguacupaclotexv.blogspot.com.br/2015_03_01_archive.html

No novo morar, além do custo com deslocamento, o morador terá que arcar com as taxas de serviços como água, luz e condomínio, além da própria prestação. Neste caso, a percepção de melhoria da qualidade de vida é abatida pelo aumento do custo de vida na nova moradia.

Em vários empreendimentos investigados constatou-se que a taxa de condomínio representa valores superiores ao pagamento da parcela da moradia que, como já referido, foi amplamente subsidiada. Na nova moradia, as famílias também passaram a pagar por serviços urbanos como água, energia, gás e internet, que em muitos casos eram, anteriormente, acessados de maneira irregular, ajudando a ampliar as despesas associadas à moradia. (Minha Casa..., 2015)

Os critérios de projeto impostos pelo Programa, especialmente com relação à disponibilidade de infraestrutura básica, dimensões mínimas da unidade e especificações mínimas para as instalações e materiais de construção, não foram suficientes para atender aos elementos imprescindíveis da moradia adequada. Ao contrário, as propostas apresentaram projetos segregadores seja na escala do condomínio, limitando a conectividade como o entorno, seja no arranjo interno das unidades, que não atende a todos os tipos de núcleos familiares que compõe o conjunto de beneficiários.

Verifica-se ainda uma forte tendência, principalmente entre as grandes construtoras, na utilização de sistemas construtivos chapas como alvenaria estrutural e paredes de concreto moldadas *in loco*, – conhecidos por inviabilizar definitivamente qualquer adequação com relação ao leiaute das unidades. Conforme dito anteriormente, esses sistemas ganham a atenção dos empreendedores por imprimir maior velocidade ao processo de produção, economia de material e mão de obra e por se adequarem a repetição de tipologia.

Poucos conceitos qualitativos foram incorporados visando o conforto e bem estar do morador. Exceto pelos itens obrigatórios, como a acessibilidade das áreas comuns e das unidades habitacionais, paisagismo mínimo e aquecimento solar na tipologia casa, não foram verificados esforços no sentido de adotar benefícios provenientes de estudos de orientação, uso de tecnologias regionais e de estratégias sustentáveis.

De modo geral, técnicas construtivas, arranjos espaciais e programas das unidades, desempenho e conforto ambientais e padrão de implantação não correspondem às diversidades urbanas, bioclimáticas, sociais, culturais, tecnológicas das regiões, municípios ou dos bairros (Minha Casa..., 2015, p. 62).

As figuras abaixo trazem exemplos de benfeitorias em empreendimentos do PMCMV (Figura 2.11 a Figura 2.16).



Figura 2.11 – Rede de reserva e abastecimento de água potável.



Figura 2.14 – Estação de tratamento de esgoto.



Figura 2.12 – Pavimentação e iluminação pública.



Figura 2.15 – Sistema de contra incêndio e iluminação de emergência.



Figura 2.13 – Banheiro com acessibilidade para PNE.



Figura 2.16 – Apartamento com revestimento cerâmico.

2.4

Produção do Programa Minha Casa, Minha Vida na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

O retrato da produção habitacional apresentado a seguir teve origem na lista de empreendimentos, de caráter ostensivo, disponibilizada pela Caixa Econômica Federal, que contempla os empreendimentos contratados pela empresa para a Faixa 1 do PMCMV até novembro de 2016. Desde 2011, o Banco do Brasil divide a gestão operacional do programa com a Caixa Econômica Federal, porém sem uma contratação expressiva. De acordo com informações divulgadas no sítio do banco, em março de 2016 a carteira contratada pelo Banco do Brasil chegava a 430 mil unidades em todas as faixas do Programa Minha Casa Minha Vida, sendo 170 mil na Faixa 1. Até novembro de 2016 a Caixa Econômica Federal contratou 1,380 milhão de unidades habitacionais para a Faixa 1.

A opção por reunir apenas os empreendimentos contratados pela Caixa Econômica Federal está apoiada, em princípio, pela representatividade quantitativa: quando analisado o número de unidades contratadas por cada empresa. E, em segundo lugar, pela dificuldade de acesso aos dados, uma vez que nem todas as informações estão disponíveis em sistemas ostensivos ao público. As informações sobre a tipologia e o sistema construtivo foram levantadas junto aos técnicos das Gerências de Habitação do Rio de Janeiro, Niterói e Volta Redonda para complementar a lista fornecida pela Caixa Econômica Federal.

Desde o início do PMCMV, até novembro de 2016, foram contratadas na RMRJ 77.413 unidades habitacionais da Faixa 1, sendo 32.714 unidades habitacionais localizadas no município núcleo. Seis municípios da RMRJ não foram contemplados com unidade habitacionais: Guapimirim, Itaboraí, Mesquita, Nilópolis, Paracambi e Rio Bonito. A Figura 2.17 apresenta a frequência da contratação por município.

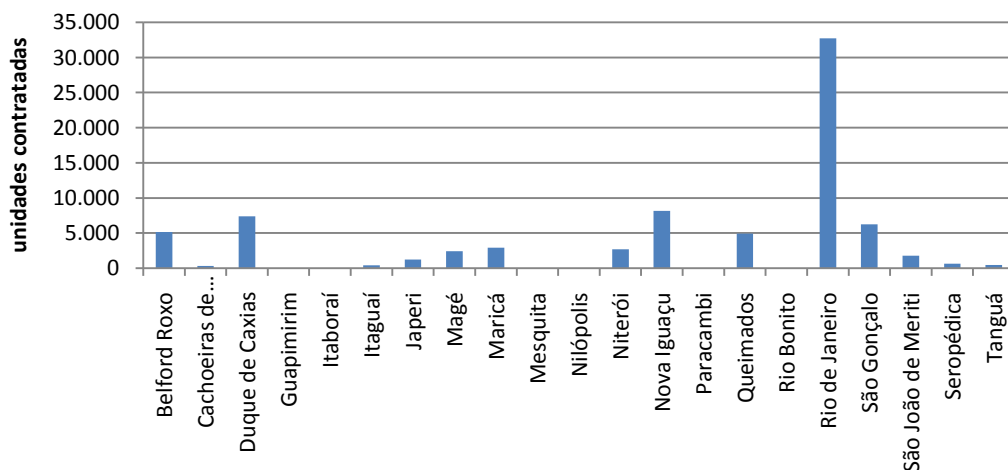


Figura 2.17 – Frequência das unidades contratadas por município.

A produção contratada, apesar de expressiva, cobre apenas 28,78% do déficit habitacional correspondente a faixa de 0 a 3 salários da RMRJ apresentado no capítulo 2.1 – 268.967 domicílios.

Os empreendimentos contratados estão implantados em condomínio, com o número de unidades habitacionais entre 40 e 500. Porém constatou-se que vários desses condomínios foram implantados de forma contígua, formando conglomerados de mais de 2.000 unidades habitacionais.

A tipologia habitacional mais frequente é “apartamento” implantado em condomínios com blocos de 03, 04 ou 05 pavimentos, representando mais de 80% das unidades contratadas. As casas, sobrepostas e térreas, também implantadas em condomínios, completam o total das unidades contratadas. Todas as unidades são compostas de sala, 02 quartos, banheiro, cozinha e área de serviço, especificação mínima do programa.

A amostra apresenta cinco tipos de sistema construtivo, são eles: sistema construtivo convencional (viga-pilar), paredes de concreto armado moldadas *in loco*, alvenaria estrutural com blocos de concreto, alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e sistema construtivo inovador. O sistema que consiste na produção de paredes de concreto armado moldadas *in loco* foi o mais utilizado, com uma incidência superior a 80%. A Figura 2.18 apresenta a frequência dos tipos de sistema construtivo por tipologia.

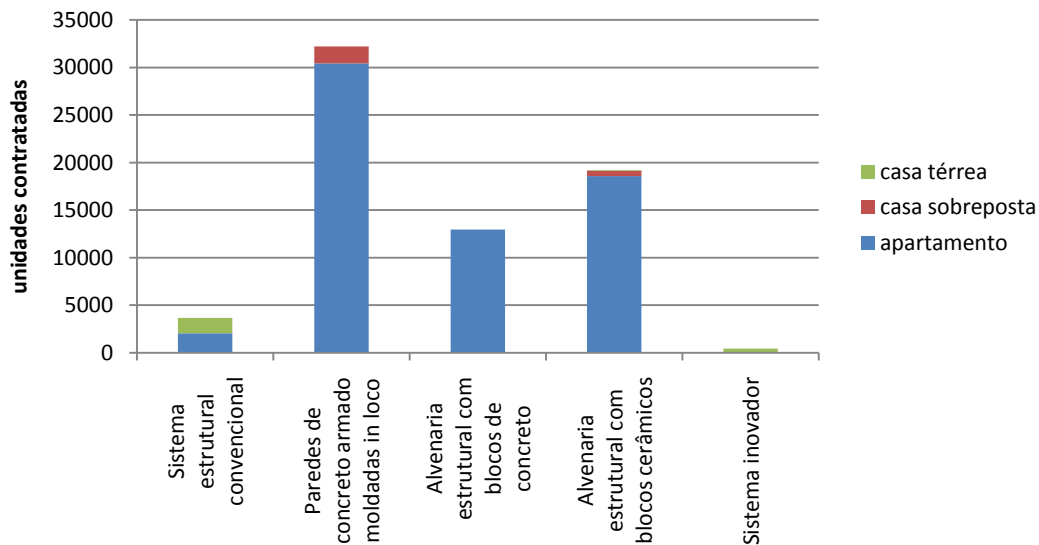


Figura 2.18 – Frequência do sistema construtivo por tipologia.

Quando analisamos a escolha do sistema construtivo ao longo do tempo, constatamos que as edificações construídas em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos predominaram no início do programa (Figura 2.19). Após a publicação da norma de paredes de concreto em maio de 2012, a influência do marco normativo torna-se evidente, o sistema que já vinha sendo aplicado mediante critérios estabelecidos em diretrizes técnicas dobrou de volume. Este assunto é abordado com mais detalhes no capítulo 5.2.1.

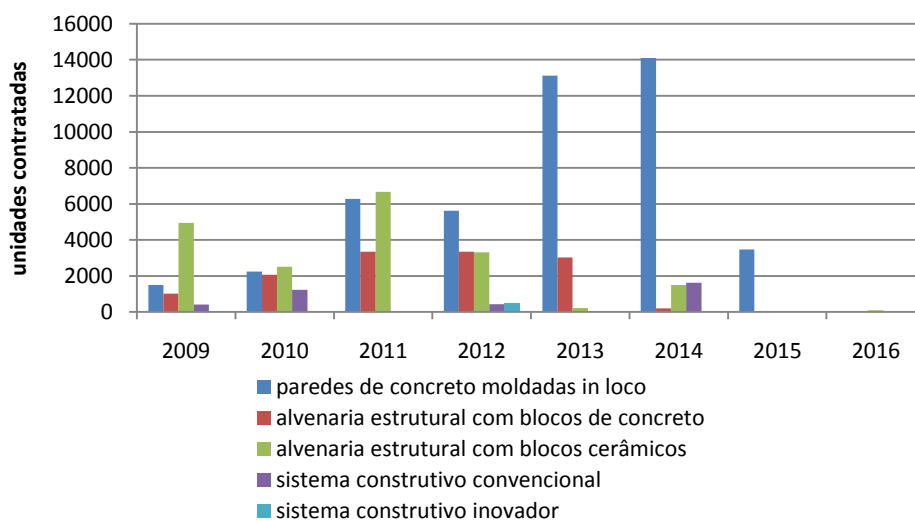


Figura 2.19 – Frequência do sistema construtivo por ano.

A planilha com o levantamento dos empreendimentos contratados para o PMCMV – Faixa 1, pela Caixa Econômica Federal, na RMRJ pode ser consultada no Anexo 1.

3

Qualidade do ambiente construído

O homem está constantemente evoluindo e buscando melhorias na sua qualidade de vida. No entanto, a caça ao progresso mostrou-se prejudicial ao seu habitat natural. Nos anos 60, a constatação, pelos cientistas, dos problemas relacionados ao equilíbrio ecológico e o esgotamento dos recursos não renováveis do planeta resultou no estabelecimento dos primeiros padrões de qualidade ambiental e na ideia do desenvolvimento sustentável. Prontamente, a indústria da construção civil foi identificada como a atividade humana com maior impacto no meio ambiente. Desde os anos 70, o ambiente construído vem sendo alvo de críticas pela influência negativa exercida sobre o habitat natural não apenas durante a construção, como durante a operação/uso e desmonte final de suas obras.

As construções, que até o início do século XX apresentavam adaptações ao clima e a cultura local, foram substituídas por modelos globalizados que se mostram aptos para adequar-se a qualquer implantação por meio do uso de modernas tecnologias sem, no entanto, importar o futuro dos recursos usados para prover tal artifício. A industrialização no canteiro de obras passou a ser vista como aceleradora da construção, tornando-a mais produtiva e barata. O fato de os construtores preocuparem-se principalmente com o custo final da obra tornou a produção despreocupada com a qualidade ambiental e o conforto dos usuários.

Estatisticamente, a população urbana passa 90% do tempo em áreas internas e isso demanda construções, gerando trabalho e riqueza, mas também impacto negativo ao meio ambiente e a saúde do usuário.

As edificações são responsáveis por 40% da emissão dos gases efeito estufa, por 40% do consumo de energia elétrica, por 30% da geração de resíduos e, no Brasil, por 20% do consumo de água. Somado a isso, o setor de construção civil consome 40 a 50% dos recursos naturais (UNEP/SBCI, 2006). Além de contribuir para as mudanças climáticas em escala global, a construção afeta o clima das cidades, contribuindo na formação das ilhas de calor. As ilhas de calor

umentam o consumo de energia para resfriamento dos edifícios, e o desconforto dos que não dispõem de condicionamento artificial.

No Brasil, com as avaliações do impacto ambiental, constatou-se que a indústria da construção é a atividade humana que exerce mais impacto sobre o meio ambiente – notadamente no setor habitacional – e que, nos últimos anos, cresceu o número de pesquisas que visam a reduzi-lo. (VILLA, 2013, p. 115)

Visando a melhoria do desempenho ambiental, os edifícios são alvo de pesquisas de novos conceitos e ações no planejamento, na produção e no uso das novas construções. O desafio de suprir o aumento da demanda por edifícios tem sido visto como a oportunidade de apresentar soluções voltadas para o desenvolvimento sustentável. "Em nenhum outro lugar a implementação da 'sustentabilidade' pode ser mais poderosa e benéfica do que na cidade" (ROGER e GUMUCHDJIAN, 2013, p. 5).

Na arquitetura, a mudança de paradigma iniciada pelos ambientalistas e apoiada pela busca de novos posicionamentos sociais tomou a forma de edifício verde, arquitetura ambiental, arquitetura bioclimática, arquitetura sustentável. No fundo, trata-se da mesma ideia, a arquitetura buscando contribuir para a preservação do planeta. Nessa busca ganha destaque a arquitetura bioclimática que, além dos benefícios ambientais, conjuga soluções voltadas para o conforto do usuário. Essa arquitetura "se diferencia da arquitetura comum pela recuperação de parâmetros arquitetônicos que haviam sido esquecidos no tempo" (CORBELLA, 2011, p.). O projeto norteado por diretrizes bioclimáticas leva em conta o clima e o conforto do usuário para definição dos elementos da envoltória. Corbella e Yannas (2003, p. 37) definem, assim, o objetivo do projeto de Arquitetura Bioclimática:

prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação da menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição.

De acordo com Kowaltowski e Labaki (1993), o projeto arquitetônico ainda em sua fase de concepção define o desempenho de um edifício em termos de conforto de seus usuários. Elementos como a forma, o volume, a orientação, a distribuição dos espaços, parâmetros de dimensionamento e localização de aberturas, aliados ao entorno natural, determinam em grande parte o desempenho térmico de edifícios sem equipamento de condicionamento mecanizado. Já na fase

de definição do projeto arquitetônico, o refinamento dos detalhes, a escolha dos materiais de construção e a implantação de equipamentos específicos são usados para assegurar um nível desejado de conforto luminoso, acústico e térmico.

No caso das habitações de interesse social, projetadas usualmente sem a participação do morador e visando a construção da maior quantidade de unidades pelo menor custo, elementos de projeto que levam a um melhor desempenho ambiental nem sempre são considerados. Porém, mesmo sendo a função social o foco das construções habitacionais, algumas ações em prol da sustentabilidade podem ser observadas na recente política habitacional, conforme relatório do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP, 2014, p.) sobre políticas públicas, programas e iniciativas de construção sustentável na América Latina, que destaca dois marcos da situação nacional atual:

- › o Brasil está entre os dez países do mundo com maior número de projetos com certificação LEED⁴, porém comparado com a produção nacional o número de edifícios verdes é mínimo;
- › as estratégias para o desenvolvimento de habitações de interesse social integram conceitos de sustentabilidade como eficiência energética e manejo de água.

O relatório ressalta ainda a oportunidade de converter o crescimento do déficit habitacional e o impacto econômico e ambiental da construção e operação das habitações sociais em fator de planejamento de construções sustentáveis.

Também as instituições acadêmicas nacionais tem se mostrado preocupadas com a continuidade das políticas sociais no Brasil e a qualidade das construções. Diversos professores e alunos de universidades do Estado do Rio de Janeiro divulgaram um abaixo-assinado⁵ com considerações sobre a produção de habitações de interesse social no País. O documento apresenta uma lista de 15

⁴ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. Disponível em <http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>

⁵O texto, datado de 13 maio de 2016, é assinado por integrantes das universidades Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Santa Ursula (USU), UNIGRANRIO e Estácio de Sá e apresenta as reflexões do Seminário e Exposição da Produção Universitária em HIS.

itens contendo as preocupações e posição face à situação atual do País, dentre elas destacamos:

... a importância de pensar a gestão futura dos empreendimentos e políticas, para a redução de custos as famílias beneficiadas, observando as questões de conforto ambiental, eficiência energética, sustentabilidade e bioclimatismo.

Diante do exposto, é possível destacar algumas questões pertinentes a qualidade das construções:

- › garantir condições básicas de habitabilidade nas habitações de interesse social é uma meta a ser atingida;
- › padrões arquitetônicos, baseados no entendimento das condições do entorno e do clima, devem ser implementados nas construções, em todas as faixas de renda, promovendo ambientes mais saudáveis e sustentáveis;
- › prevalece o consenso quanto à oportunidade de converter a demanda por novos edifícios num planejamento ambientalmente sustentável.

Acolher essas questões pressupõe, entre outras ações, promover as condições de conforto ambiental nos edifícios.

As próximas seções apresentam uma revisão teórica dos parâmetros intrínsecos ao conforto ambiental e as principais estratégias arquitetônicas a serem observadas visando à adaptação das edificações, em especial, ao clima tropical que atinge grande parte do país e a região onde está implantado o nosso objeto de estudo. Ganha destaque, ao final, a lista de benefícios incorporados a essa adaptação.

3.1

Princípios do conforto ambiental

O conceito de conforto ambiental está ligado às condições básicas de habitabilidade. Uma moradia não é adequada se não garantir a proteção contra o frio, a umidade, o calor, a chuva, o vento e o ruído (UNITED NATIONS, 1991).

A moradia é o principal instrumento que nos permite satisfazer as exigências de conforto adequadas. Modifica o entorno natural e nos aproxima das condições ótimas de habitabilidade. Deve filtrar, absorver ou repelir os elementos do meio ambiente segundo influenciem benéfica ou negativamente no conforto do ser humano. O critério ideal para o desenho de um refúgio em equilíbrio com

respeito ao meio ambiente seria o que cobrisse satisfatoriamente todas as necessidades fisiológicas humanas. (OLGYAY, 2016, p. 16)

Assim, a edificação torna-se o principal meio de assegurar o equilíbrio entre exterior e interior e propiciar a sensação de satisfação e bem estar ao ser humano. Para obter o equilíbrio, é necessário conhecer as necessidades humanas, identificar as condições do entorno e entender o comportamento dos materiais.

Corbella e Yannas (2003, p. 30) ressaltam a subjetividade da sensação de bem estar do ser humano na definição do conforto ambiental: “uma pessoa está confortável quando se sente neutra com relação ao ambiente físico e pode observar ou sentir um fenômeno sem preocupação ou incomodo”.

A sensação de conforto envolve condições subjetivas e objetivas. A condição fisiológica, o uso, os contextos sócio-culturais são variáveis que devem ser observadas, mas onde não cabe ao arquiteto intervir.

A ciência do conforto ambiental envolve o conhecimento dos fenômenos relacionados às condições térmicas, acústicas e lumínicas. Situações de projeto que exploram adequadamente os princípios de cada uma dessas áreas contribuem para o conforto ambiental dos usuários. Apesar de a interação entre os fenômenos ser latente, principalmente na percepção final do usuário, por uma questão sistemática, o enfoque será dado separadamente.

3.1.1

Conforto térmico

A condição de conforto térmico está relacionada à satisfação com os aspectos climáticos do ambiente. Representa a interação entre as variáveis climáticas e os aspectos pessoais do homem, variando quanto aos padrões culturais e de comportamento. O conhecimento dos fenômenos de troca de calor, aos quais está submetido o ambiente construído, ganha grande importância na concepção do projeto, pois ajuda a promover e manter o conforto interno.

São cinco os meios como o ambiente construído realiza trocas térmicas com o entorno: radiação, condução, convecção, evaporação e condensação. As trocas ocorrem devido à diferença de temperatura entre os corpos, variando o meio em que se propaga e o estado de agregação no qual se encontram os

elementos. Os corpos trocam calor quando apresentam temperaturas diferentes, sendo que a transmissão ocorre sempre do mais quente para o mais frio.

Quando a troca é acompanhada pela mudança de temperatura, o calor envolvido no processo recebe o nome de calor sensível. É o caso das trocas por radiação, condução e convecção. Trocas térmicas onde a temperatura permanece constante fazem uso do chamado calor latente, caso da evaporação e da condensação, onde a energia transmitida serve para transformar o estado de agregação no qual a matéria se encontra.

Radiação – é a transmissão de calor, em forma de ondas eletromagnéticas, entre dois corpos sem contato e que estejam com diferentes temperaturas. Os principais coeficientes envolvidos são os coeficientes de absorção (α) e de emissividade (ϵ) dos materiais. A absorção ou emissão de ondas eletromagnéticas decorre, ainda, da geometria e das características do material de revestimento das superfícies.

Condução – a transmissão de calor ocorre entre dois corpos em contato, ou dois pontos no mesmo corpo com temperaturas diferentes. Além da distância entre os pontos e a diferença de temperatura, influencia na condução a capacidade térmica do material para conduzir mais ou menos energia térmica. Existem materiais bons condutores, como os metálicos e materiais maus condutores de calor como o ar.

Convecção – a transmissão de calor ocorre entre dois corpos, em temperaturas diferentes, sendo um em estado sólido e outro em estado fluido (líquido ou gás). Na natureza, os principais responsáveis pelas trocas por convecção são os ventos (convecção forçada). Influenciam na troca a velocidade e o sentido do fluido. Quando não há vento, a troca de energia térmica denomina-se convecção natural. Isso ocorre quando o ar aquecido fica mais leve e sobe, deixando lugar para outra massa de ar mais fria, produzindo um fluxo ascendente. O fluxo horizontal é mais influenciado pelo sentido do fluido. Este fenômeno garante a manutenção da qualidade do ar que respiramos.

Condensação – a troca térmica advém da mudança de estado gasoso para líquido. Existe um limite na capacidade do ar em armazenar a água. Quando este nível é ultrapassado, o vapor se condensa passando para o estado líquido. É acompanhada de um dispêndio de energia e pode se tornar uma patologia nas edificações.

Evaporação – como a condensação, a evaporação também advém de uma mudança de estado, mas desta vez ao contrário, do estado líquido para o gasoso. A energia para esta troca varia segundo a umidade do ambiente e a velocidade do ar.

Para estabelecer a interação entre o clima e o ambiente construído é necessário, ainda, conhecer os principais elementos que compõe as características climáticas e afetam o conforto humano: temperatura do ar, radiação solar, movimento do ar e umidade. “Esses elementos aparecem combinados a todo o momento, dificultando assim a determinação de sua importância relativa na interação térmica” (OLGYAY, 2016, p. 32). Sendo assim, para se obter uma construção climaticamente equilibrada, as variáveis deverão ser estudadas em conjunto de modo a avaliar o seu desempenho na habitação.

A radiação solar corresponde à quantidade de energia térmica proveniente do Sol que chega a superfície da Terra. A radiação solar pode ser dividida em direta e difusa. A radiação direta é a parcela que atinge diretamente a Terra. A parcela difusa é aquela que sofre um espalhamento, tendo sua direção alterada (LAMBERTS *et al.*, 2014, p. 75). “Um céu muito nublado pode apresentar uma parcela de radiação difusa maior que a parcela direta, enquanto o céu claro, sem nuvens, apresenta uma parcela maior da radiação direta” (LAMBERTS *et al.*, 2016, p.31).

O valor da radiação solar varia na escala espacial e temporal. Na escala temporal temos as variações anuais em função do movimento de translação da Terra em torno do Sol e as diárias em função do movimento de rotação da Terra. Na escala espacial, o afastamento em relação à linha do Equador – latitude – determina a quantidade de energia solar que incide em cada ponto.

Em latitudes mais baixas (locais mais próximos ao Equador), o sol tem comportamento mais parecido nos dois solstícios, sendo o número de horas de sol diário mais semelhante. Em latitudes mais elevadas os dias são bem mais longos nos meses de verão que nos meses de inverno, tornando estas estações mais distintas. (LAMBERTS *et al.*, 2014, P. 73).

“A temperatura do ar depende da quantidade de calor ganho ou perdido pela superfície da Terra e do movimento das massas de ar” (CORBELLA e CORNER, 2011, p. 21). Sendo assim, a variação anual da temperatura reflete a variação da energia solar incidente ao longo do ano. As temperaturas variam pouco durante o ano na região dos trópicos, enquanto em latitudes mais elevadas

grandes diferenças de temperatura são observadas entre verão e inverno. Também a variação diurna da temperatura reflete a variação da energia solar ao longo do dia. A variação da temperatura depende, ainda, das condições do céu. Em dias com céu aberto há maior variação térmica, enquanto em dias nublados essa margem é inferior.

O movimento do ar é resultante da diferença da radiação solar que incide sobre a superfície da Terra. A diferença de temperatura entre as camadas do ar “provoca o seu deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado) para a área de menor pressão (ar quente e leve)” (LAMBERTS *et al.*, 2014, p. 79).

A umidade decorre de uma mistura de ar seco com vapor d'água, “resultante da evaporação da água contida nos mares, rios, lagos e na terra, bem como da evapotranspiração dos vegetais” (LAMBERTS *et al.*, 2014, p. 80).

As variações topográficas naturais, como lagos, rios, montanhas, vales, serras determinam maiores ou menores ganhos de calor e, conseqüentemente, determinam alterações na temperatura, umidade e velocidade dos ventos.

A altitude é um dos fatores de maior influência sobre a temperatura e os ventos. Enquanto a temperatura, de maneira geral, diminui quando aumenta a altitude, a velocidade do vento aumenta. A radiação solar em grandes altitudes, devido à vegetação esparsa, tende a aumentar (MASCARÓ, 1991, p. 28)

Regiões marítimas tendem a influenciar mais fortemente as temperaturas locais, tanto máximas quanto mínimas, do que regiões afastadas de massas d'água (MASCARÓ, 1991, p. 30).

A influência da massa d'água nos ventos depende da hora do dia. No verão, o vento tende a se direcionar da costa para o interior, quando o ar que sobe da terra aquecida é substituído pelo ar fresco que vem da água, provocando brisas locais. Os ventos tendem a se dirigir da terra para a água, quando a água está mais quente que a terra (MASCARÓ, 1991, p. 30).

No verão, a vegetação absorve a radiação solar e com seu processo de evapotranspiração pode esfriar a temperatura do ar, além de produzir sombras agradáveis (OLGYAY, 2016, p. 74).

Em áreas urbanas as grandes superfícies de asfalto e concreto tendem a absorver e armazenar mais calor do que a vegetação e a terra. Também a densidade e altura dos edifícios contribuem para reduzir a circulação dos ventos, enquanto a concentração de fontes de calor e poluição (ar condicionado, indústrias, sistemas de mobilidade *etc.*) termina por contribuir para a alteração do

clima dessas regiões, formando ilhas de calor. As cidades e as superfícies realizadas pelo homem tendem a elevar as temperaturas, já que a maioria dos materiais utilizados é absorvente (OLGYAY, 2016, P. 51).

3.1.2

Conforto acústico

Nos últimos tempos com o aumento do ruído, principalmente nos centros urbanos, o conforto acústico tem sido cada vez mais exigido pelos usuários das edificações. Para que um ambiente construído tenha conforto acústico é necessário que as pessoas escutem bem e o nível de ruído de fundo seja adequado à função ou a finalidade do ambiente.

Para Corbella e Yannas (2003 p. 36), um ambiente está confortável quando o som produzido no ambiente não está alterado por elementos que o absorvem demais ou por superfícies que o refletem causando reverberações ou interferências e o ruído produzido em outros locais não interfere com o som que se deseja escutar.

Para Barroso-Krause (2005, p. 37) o desconforto gerado pelo ruído está ligado a falhas na comunicação: “o ruído incomoda quando: impede a recepção de uma informação desejada; impede a emissão de uma mensagem; está dissociado visualmente de sua fonte.”

A NBR 10152:1987 (Versão corrigida 1992) – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos – estabelece os níveis de ruído para conforto acústico de acordo com a finalidade do ambiente (Tabela 3.1).

Para evitar ou solucionar os problemas decorrentes do ruído deve-se identificar as fontes de ruído existentes no entorno do edifício e verificar as fontes que serão criadas pelo próprio projeto. Atingir o bem estar acústico pressupõe: a exclusão ou o amortecimento do ruído externo; a redução do som que passa de um ambiente para outro e o aumento da qualidade do som no ambiente projetado. (CORBELLA e YANNAS, 2003 p. 249).

Identificadas as fontes, é necessário classificá-las de acordo com o seu modo de propagação: ruído aéreo (propagado pelo ar) ou de impacto (propagado

pelo corpo sólido – vibração), pois cada uma exigirá um tratamento acústico específico.

Tabela 3.1 – Níveis de ruído para conforto acústico de acordo com a finalidade do ambiente

NBR 10125/1987 - Tabela 1	dB(A)	NC
HOSPITAIS	35 - 45	30 - 40
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, C. Cirúrgicos	40 - 50	35 - 45
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
ESCOLAS		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
HOTÉIS		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, C. Cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
RESIDÊNCIAS		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
AUDITÓRIOS		
Salas de Concerto, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de Conferência, Cinemas, Salas de Múltiplo Uso	35 - 45	30 - 35
RESTAURANTES		
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
ESCRITÓRIOS		
Salas de Reuniões	30 - 40	25 - 35
Salas de Gerência, Projetos e Administração	35 - 45	30 - 40
Salas de Computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de Mecanografia	50 - 60	45 - 55
IGREJAS E TEMPLOS		
Cultos Meditativos	40 - 50	35 - 45
LOCAIS PARA ESPORTE		
Pavilhões fechados para espetáculos e Atividades Esportivas	40 - 50	40 - 60

Fonte: Tabela 1 da NBR 10152 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos as edificações.

O controle de ruídos pode ser feito na fonte, no percurso ou no receptor. O controle na fonte envolve atividades de modificações do projeto, realocação ou substituição de equipamentos e ações mecânicas (isolamento acústico, abafadores

e confinamento). O ruído de impacto deve ser tratado na fonte, descolando a fonte da estrutura, isolando os meios. O controle no percurso é feito pela introdução de barreiras entre a fonte e o receptor. O controle no receptor envolve as ações de controle administrativo (limitar a duração da exposição) e a utilização de equipamentos de proteção individual.

Para o tratamento acústico é necessário conhecer algumas características da propagação do som e propriedades dos materiais de construção. Os obstáculos, naturais ou construídos, interferem na qualidade e quantidade do som emitido pela fonte e percebido pelo usuário (BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 39), sendo importante conhecer como ocorrem alguns desses fenômenos.

O som se propaga em ondas. Quando o som encontra um obstáculo, dependendo da natureza do material, a energia sonora pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Superfícies mais duras, rígidas e planas são mais refletivas e superfícies mais macias, fibrosas e porosas são mais absorventes. A energia sonora pode ainda ser difratada através de frestas ou contornando obstáculos. O eco e a reverberação são consequências da reflexão do som.

Para obter um bom isolamento sonoro é conveniente verificar o índice de redução sonora proporcionado pelo material. No caso de paredes simples ou homogêneas, quanto mais “pesado” (ou denso) for o obstáculo, menor será a quantidade de energia sonora transmitida. Este tipo de parede obedece a Lei da Massa: o isolamento aumenta 4 dB a cada vez que a massa superficial da parede é dobrada (BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 43).

Já paredes compostas com material absorvente colocado entre painéis rígidos, dependendo da distância entre os elementos e as condições de conexão, apresentam ótimo desempenho como isolantes, ainda que o conjunto seja “leve”.

A atenuação do ruído pela distância varia de acordo com o tipo de propagação. Para fontes de ruído pontuais (por exemplo, britadeiras, liquidificador) o nível de intensidade sonora resulta em uma redução de 6 dB⁶ cada vez que a distância fonte/receptor é dobrada (6dB/dd). No caso das fontes de ruído lineares (por exemplo: rodovias, ferrovias) o ruído decai 3 dB a cada vez que a distância fonte/receptor é dobrada (3dB/dd). A redução de 10 dB equivale a sentir metade da sensação sonora.

⁶ Decibel (dB) é a unidade adimensional utilizada para exprimir a relação entre dois valores de pressão, intensidade ou potência sonora.

Para o cálculo da “soma de decibéis” de mais de uma fonte aplica-se a Tabela 3.2, referente ao valor que deve ser acrescido de acordo com a diferença de decibéis entre as fontes. A duplicação da fonte sonora corresponde a um acréscimo de 3 dB. No caso de duas fontes sonoras próximas, com níveis sonoros com uma diferença maior que 10 dB, o nível sonoro global equivale ao nível da maior fonte (BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 39).

Tabela 3.2 – Diferença dos níveis de pressão sonora

Δ NPS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
acréscimo	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	0

Fonte: BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 39

3.1.3

Conforto lumínico

O conforto lumínico está relacionado com condições visuais adequadas. Ter um bom nível de iluminação para que as pessoas possam exercer suas atividades, sem ofuscamento e contraste, evitando riscos de acidentes e à saúde visual, é fundamental para o conforto visual. O iluminação pode ser proporcionado por fonte natural ou artificial, ou da composição das duas, e deverá atender as exigências da atividade a ser desenvolvida.

A NBR 15575-1:2013 estabelece os critérios mínimos de iluminação natural e artificial para as dependências das edificações habitacionais, porém não trata das particularidades das diferentes atividades a serem realizadas nos diferentes ambientes. A NBR ISO/CIE 8995-1:2013 especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. Esta Norma cancela e substitui a NBR 5413:1992 e a NBR 5382:1985. Além de satisfazer os níveis de iluminação ditados pelas normas, é necessário evitar ofuscamento e grandes contrastes para que não haja desconforto ou cansaço visual (CORBELLA e YANNAS, 2003, p. 236). Problemas ocasionados por zonas de contraste elevado e de ofuscamento ocorrem geralmente quando há incidência solar direta, superfícies excessivamente refletoras ou visão do céu (BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 33).

A fonte da iluminação natural é o sol, sendo a radiação luminosa proveniente da abóbada celeste a fonte principal, e a radiação refletida dos elementos naturais e construídos a fonte secundária. A luz solar direta deve ser evitada devido a sua enorme capacidade luminosa e calorífica, a primeira resultando em ofuscamento e a segunda em aumento de carga térmica.

“A trajetória solar própria a cada latitude e as características locais de nebulosidade e fenômenos meteorológicos fazem com que a abóbada celeste pareça mais ou menos luminosa durante o dia, em todo o decorrer do ano” (MASCARÓ, 1991, p. 104). Logo, as exigências de iluminação natural do edifício são distintas de acordo com a região geográfica e a época do ano. “Nos trópicos se deve pensar na necessidade de controlar a luz que entra, para não iluminar demais e criar ofuscamento, altos contrastes ou um ingresso exagerado de radiação solar direta, que afeta o conforto térmico” (CORBELLA e YANNAS, 2003, p. 36).

O nível de iluminamento dentro de um cômodo varia de acordo com a radiação solar direta e indireta recebida do exterior. Características construtivas como localização e tamanho das aberturas e acabamento das superfícies ajudam a compor esse nível. Porém, o caráter variável da fonte natural, seja noite e dia ou dias mais luminosos e dias mais encobertos, e as dificuldades impostas pelo entorno, impedem a garantia de níveis desejáveis de iluminação, sendo necessário contar com o complemento de sistemas artificiais.

A iluminação artificial, assim como a natural, é acompanhada de um efeito térmico, faz uso de energias não renováveis e poluentes e acumula custos com o gasto energético. Para concepção do projeto, visando à melhor relação custo-benefício, é importante conhecer o local, as exigências para execução das tarefas e os tipos de iluminação disponíveis. Deve-se ressaltar que a boa distribuição de iluminâncias não é sinônimo de uniformidade e que o contraste e o padrão das sombras ideal dependem da tarefa visual (LAMBERT *et al.*, 2014, p. 57).

3.2

Estratégias de projeto

É tarefa do arquiteto a utilização máxima de todos os meios naturais para produzir uma vivenda o mais saudável e agradável possível, ao mesmo tempo

deverá buscar a economia nos custos, reduzindo ao mínimo a necessidade de ajudas mecânicas para o controle climático (OLGYAY, 2016, p. 23).

Segundo os princípios apresentados, a tarefa de projetar ambientes confortáveis reúne a compreensão de uma série de elementos que relacionados levam a estratégias a serem adotadas no projeto. A observação das condições climáticas e do entorno permite determinar a necessidade de ventilação, sombreamento, resfriamento, aquecimento, isolamento térmico e acústico para o efetivo conforto do usuário.

O caráter multidisciplinar dos projetos visando ao conforto ambiental foi apresentado por Olgay (2016, p. 10 e 11) em seus estudos na década de sessenta. Na busca por uma habitação com condições climáticas equilibradas, o pesquisador estabelece um processo baseado no conhecimento de diferentes disciplinas que começa com o levantamento das condições climáticas e termina com a arquitetura, passando por estudos biológicos e técnicos. O método visa adaptar o projeto de uma edificação aos requerimentos humanos e condições climáticas. O procedimento está baseado em um diagrama bioclimático que agrupa elementos como temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, estabelecendo uma zona de conforto para o ser humano.

O diagrama bioclimático (Figura 3.1) situa os problemas e descreve as medidas a adotar para resolvê-los, a fim de conseguir o nível de conforto humano adequado as diferentes condições climáticas (OLGYAY, 2016, p. 24).

Olgay orientou seu estudo por quatro regiões que definiu como quatro zonas climáticas principais dos Estados Unidos, e mediante um exercício prático dividiu as estratégias de projeto, para cada clima, em três grupos: a organização do conjunto, o desenho da edificação e os elementos construtivos. Apesar de terem sido pensadas para o Hemisfério Norte, durante muito tempo serviram de apoio para estudos em outras regiões, e até hoje formam a base dos estudos bioclimáticos.

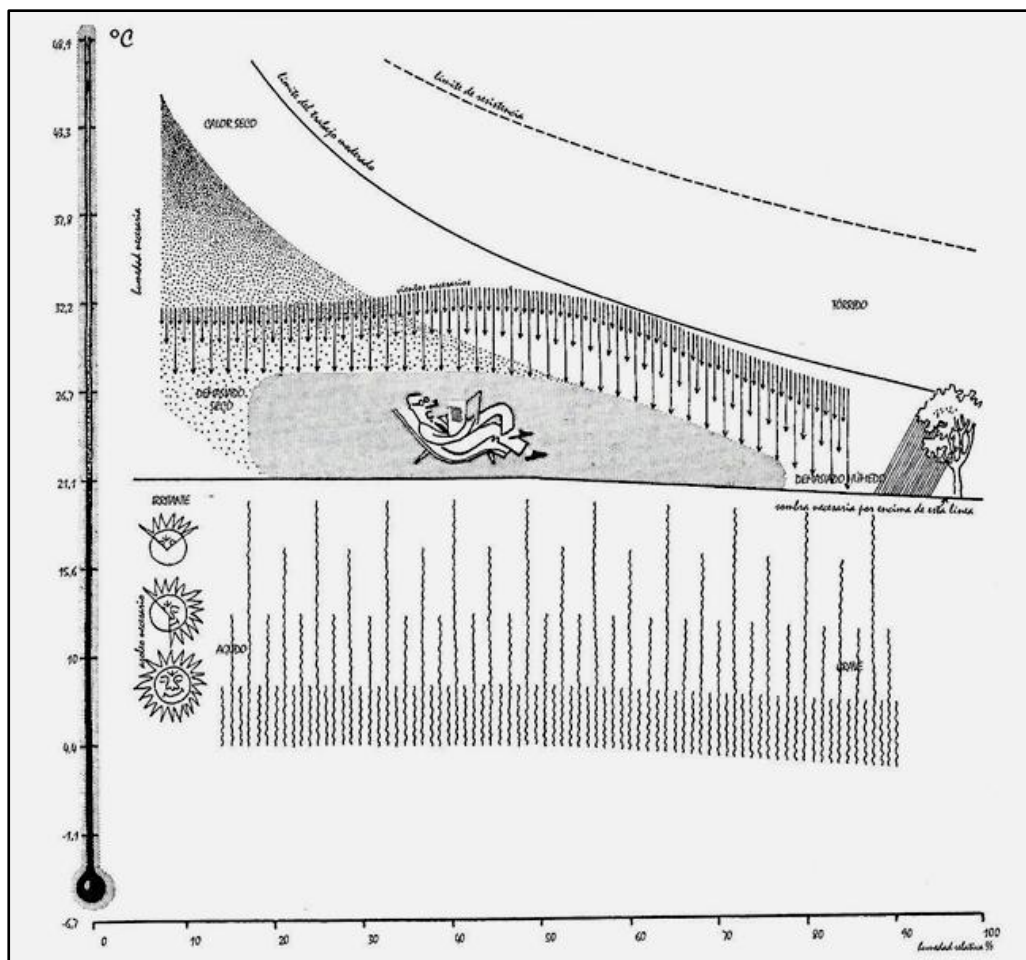


Figura 3.1 – Índice esquemático do bioclima.

Fonte: OLGAY, 2016, p. 23.

Desde então, uma das formas de iniciar a identificação das interferências necessárias para atingir o conforto ambiental é por meio do diagrama bioclimático. Com a avaliação da situação climática de uma região, num determinado intervalo, aplicada ao diagrama bioclimático, se obtém as características gerais de uma região (Figura 3.2).

A carta bioclimática [...] é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, o arquiteto poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar exterior podem ser traçados diretamente sobre a carta [...], onde são identificadas as zonas bioclimáticas [...] (LAMBERTS *et al.*, 2014, p. 85).



Figura 3.2 – Carta Bioclimática.

Fonte: LAMBERTS et al., 2014, p. 86.

A NBR 15220-3:2005 - Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social apresenta o estudo bioclimático brasileiro dividindo o país em 08 zonas climáticas (Figura 3.3).

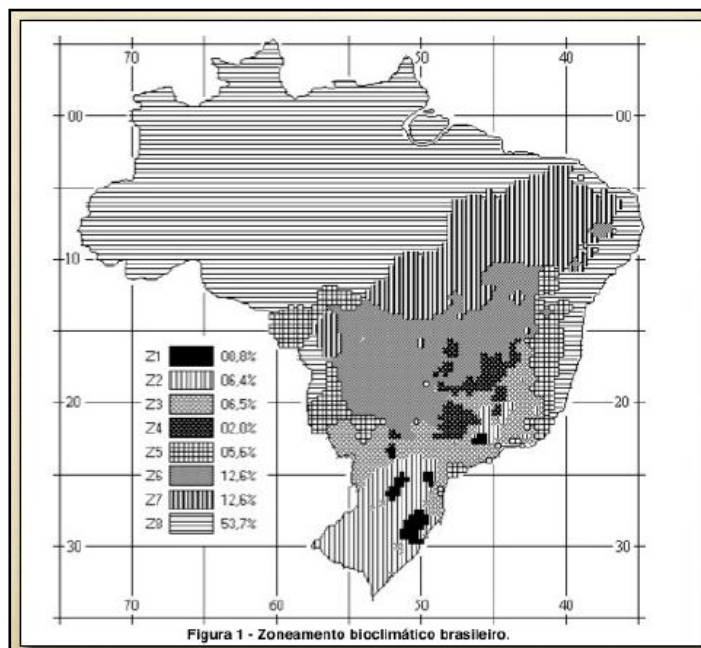


Figura 3.3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Fonte: NBR 15220-3, 2005, p.2.

Cada zona é representada por uma região geográfica com características homogêneas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. A Norma apresenta um conjunto de recomendações técnico-construtivas para cada uma das oito zonas (Anexo 2), visa otimizar o desempenho térmico das edificações por meio de sua melhor adequação climática. As diretrizes construtivas recomendadas relacionam-se à:

- › dimensões das aberturas para ventilação;
- › proteção das aberturas;
- › vedações externas (Tipos de cobertura, tipos de parede e piso);
- › estratégias de condicionamento térmico passivo.

Num clima quente e úmido, de acordo com Olgyay (2016, p. 52), o movimento do ar constitui o principal elemento para alcançar o conforto, se sobrepondo, inclusive, a orientação solar já que a sombra pode ser projetada de outras maneiras.

Já Corbella e Yannas (2003, p. 39) consideram o ganho de calor produzido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies dos ambientes construídos a principal causa do desconforto térmico num clima tropical, colocando a proteção da radiação solar como primeiro objetivo do projeto arquitetônico. Os autores definem cinco estratégias para atingir um bom nível de conforto em clima tropical úmido, são elas:

- a) controlar os ganhos de calor;
- b) dissipar a energia térmica do interior do edifício;
- c) remover a umidade em excesso e promover o movimento do ar;
- d) promover o uso da iluminação natural;
- e) controlar o ruído.

Os **acréscimos de calor** podem ocorrer pela radiação solar direta, que ingressa pelas aberturas, ou por condução da radiação absorvida pelas faces externas das paredes e telhados e emitida para o interior. A forma e a localização do edifício em relação ao sol revelam maior ou menor ganho de calor. A forma do edifício deve ser tal que as maiores paredes devem evitar as maiores cargas térmicas. A Tabela 3.3 apresenta a radiação solar incidente sobre superfícies verticais no Rio de Janeiro, com latitude 22° 54' S.

Tabela 3.3 – Radiação solar sobre superfícies verticais no Rio de Janeiro (em kWh/m DIA)

Fachada	Inverno	Verão
Norte	3,8	2
Leste/Oeste	2,4	3,4
Sul	1	2,4

Fonte: Adaptado de Corbella e Yannas, 2003, p. 21.

Dessa forma, para latitudes entre 12° e 30°, Corbella e Yannas (2003, p. 220) constatam que “a melhor forma para um edifício, do ponto de vista de diminuir a carga térmica produzida pela energia solar, é a que reduz a área exposta para L e O”. Assim, a forma alongada do edifício, com as maiores fachadas voltadas para a face Norte, que são frias no verão e quentes no inverno, é a mais apropriada.

Para exemplificar Corbella e Yannas (2003, p. 221) apresentam o estudo de simulação de energia solar recebida por quatro prédios com a mesma área construída e altura para um dia típico de verão em Porto Alegre (Figura 3.4). Os valores indicam uma redução de 20% da energia solar recebida com a simples modificação do posicionamento das maiores fachadas. Com algumas interferências como proteção do teto (teto ventilado e refletor), colocação de brises horizontais na parede N, verticais da S e vegetação no L e O a redução pode chegar a terça parte (Figura 3.5).

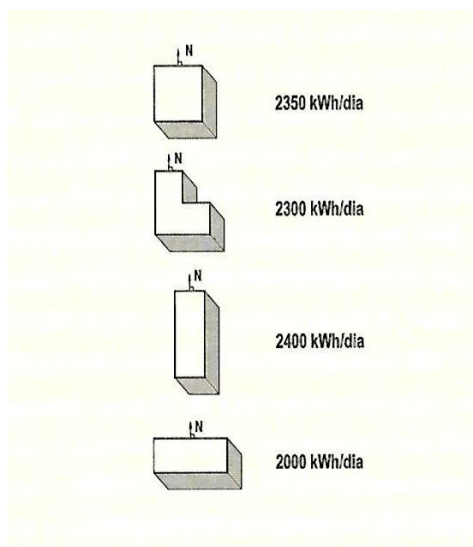


Figura 3.4 – Edifícios com plantas diferentes com a mesma área coberta.

Fonte: Figura A.2.30 em Corbella e Yannas, 2003, p. 221.

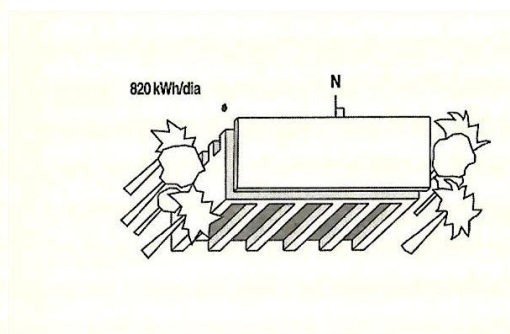


Figura 3.5 – Edifício com menor carga térmica solar.

Fonte: Figura A.2.31 em Corbella e Yannas, 2003, p. 221.

Para o controle dos ganhos de calor é necessário minimizar a energia solar que entra pelas aberturas e a absorvida pelas paredes externas e coberturas. A posição e tamanho das aberturas, a pintura com cores claras e a colocação de materiais isolantes térmicos nas superfícies mais castigadas pelo sol são recursos que devem ser explorados com a finalidade de atenuar o uso de sistemas de compensação térmica. Obstáculos naturais ou construídos serão importantes na obstrução da radiação direta, na produção de sombras e no resfriamento das faces externas. A arborização tem enorme potencial para o resfriamento do ambiente.

A massa térmica é a capacidade que alguns materiais têm de absorver calor e a velocidade com que este calor é liberado para o ambiente. Os materiais como tijolos, concreto e pedra têm uma massa térmica elevada, ou seja, são capazes de absorver, armazenar e liberar calor lentamente. Se forem empregados em regiões quentes, a alta temperatura durante a noite impede a perda de calor. Uma forma de amenizar este efeito é evitando a incidência de radiação solar com a instalação de brises, marquises e um paisagismo externo em frente a algumas destas aberturas (Figura 3.6 e Figura 3.7).

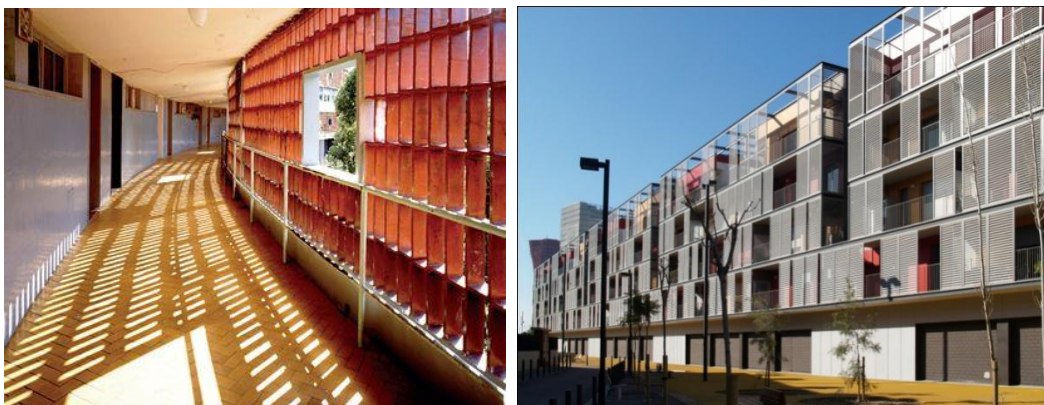


Figura 3.6 – Exemplo de sombreamento com cobogó e brise.

Fonte: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/235/historia-em-detalhe-299896-1.aspx>
<https://concursosdeprojeto.org/2012/12/23/conjuntohabitacional-barcelona/#jp-carousel-21590>
Acesso em: 09/04/2017



Figura 3.7 – Exemplo de sombreamento com vegetação.

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/541698661413241532/> Acesso em: 09/04/2017

Para **dissipar a energia térmica do interior do edifício** deverá ser promovida a circulação de ar. Para o cálculo do vento devem ser considerados diversos fatores: a diminuição da velocidade do vento em níveis próximos ao solo; a modificação dos fluxos de vento devido à topografia local e ao entorno imediato; e a avaliação do conforto – brisas agradáveis contra ventos indesejados. (OLGYAY, 2016, p. 41).

As aberturas deverão estar localizadas de forma a promover o movimento do ar no seu interior nos períodos esperados do dia, ou seja, quando a temperatura do ar exterior for menor que a do interior. Há que se considerar, ainda, a diferença de pressão para a localização das aberturas: haverá circulação de ar se houver diferença de pressão entre a abertura de entrada e de saída.

A diferença de temperatura do ar em distintas zonas do ambiente ajuda a promover a renovação ainda que não haja vento. Aberturas localizadas na parte superior de um cômodo promovem a saída do ar quente permitindo a entrada do ar mais frio por aberturas localizadas em uma zona mais baixa. Este dado torna-se relevante quando não há vento, mas se deseja a renovação do ar. Se o melhor posicionamento não puder ser alcançado vale a distribuição de elementos que ajudem a conduzir a circulação do ar dentro do edifício.

A cobertura funciona como mais um plano para trocas de calor. Para maior conforto e economia de energia deve-se pensar em tratamento térmico para a mesma e cores claras por serem mais refletivas. Para dissipar a energia térmica

vinda da cobertura pode-se ventilar o ático, uma vez que a temperatura interna do telhado é superior a externa (Figura 3.8).

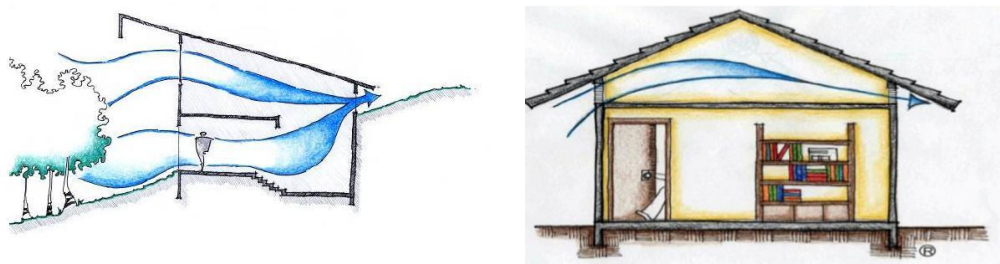


Figura 3.8 – Ventilação cruzada para ambiente e cobertura.

Fonte: <http://bioclimatismo.com.br/arquitetura-bioclimatica/estrategias-bioclimaticas/>
Acesso em 09/04/2017

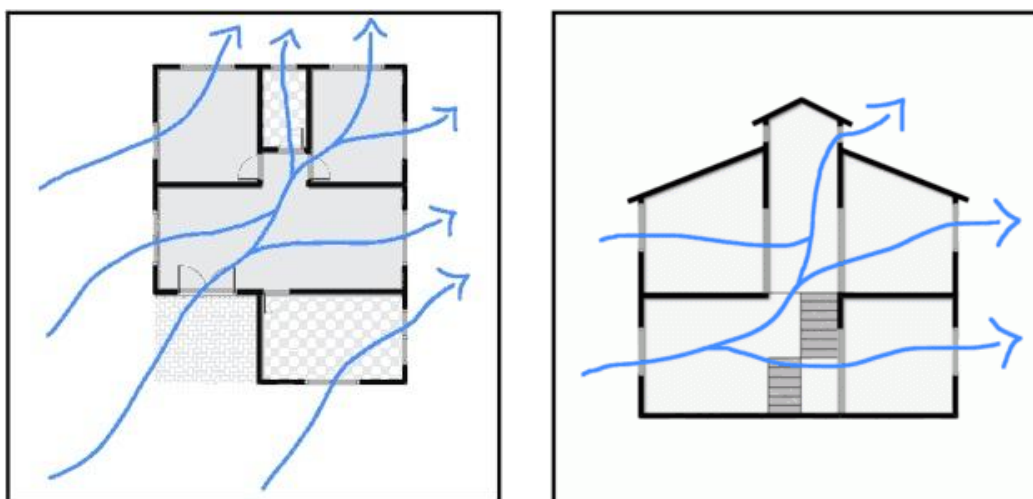


Figura 3.9 – Ventilação cruzada.

Fonte: <http://www.simplesdecoracao.com.br/2013/04/uma-casa-ou-apartamento-fresco-no-verao-quente-no-inverno/> Acesso em 09/04/2017

A promoção da **ventilação natural** irá proporcionar a renovação da camada de ar próxima à pele, a higienização do ambiente e a remoção do excesso de umidade dos ambientes proporcionando conforto térmico às pessoas que estejam em seu interior (Figura 3.9).

Regiões de topografia acidentada desviam o vento, alterando sua direção e velocidade, ou podem canalizá-lo, aumentando então sua velocidade. ...A rugosidade do solo pode ser formada pelo tipo de solo, pela vegetação ou pela cobertura urbana (edifícios), dependendo da escala de análise. Quanto maior a

rugosidade do solo, menor a velocidade do vento (LAMBERTS *et al.*, 2016, p.33).

A **utilização da iluminação natural**, em um país como o Brasil, que tem um alto índice de iluminação solar durante o ano, é encarada como um problema diretamente ligado à transmissão de calor ao interior do prédio, e por consequência, ao desconforto térmico. Daí a necessidade do estudo da orientação da edificação para que as aberturas sejam dimensionadas e posicionadas de maneira que a luz entre e a radiação solar direta seja barrada, pelos elementos de sombreamento fixos ou móveis e materiais de acabamento adequados. No caso dos centros urbanos deve-se considerar a alteração dos valores de luminosidade do céu pelas edificações próximas e pela poluição.

Para a concepção do projeto de iluminação natural deve-se levar em consideração a forma do edifício, a disposição dos ambientes e o tipo de tarefa a ser realizada. Nas edificações a iluminação natural pode ser zenital ou lateral. A iluminação lateral mostra-se eficiente próxima a abertura, porém perde sua ação com o aumento da distância até a janela. A iluminação zenital tende a ser mais uniforme, mas é necessário atenção com a orientação para evitar a radiação solar direta.

A localização da abertura na parede também irá contribuir com o melhor aproveitamento da luz externa. Aberturas com a borda superior próxima ao forro apresentam uma melhor iluminação em relação à profundidade do ambiente e ainda ganham um incremento da superfície refletora do forro. Para Mascaró (1991, p. 114), “a uniformidade da iluminação melhora notadamente quando a borda superior da janela está situada a uma altura pelo menos igual à metade da profundidade do local onde ela está”. A autora ainda ressalta o cuidado com os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho: além de não contribuírem para o cálculo da iluminação natural ainda podem colaborar com o aumento da carga térmica do ambiente.

A distribuição da luz natural no interior pode ser melhorada, ainda, por meio do acabamento das superfícies. Superfícies refletivas e com cores claras contribuem para o incremento da luz refletida e poderão atenuar o desconforto visual causado pelo ofuscamento e contrastes produzidos pela radiação solar direta.

Para compensar as áreas que não conseguem atingir um nível de iluminação natural adequado adota-se a iluminação artificial. As mesmas considerações seguidas para a iluminação natural com relação a ofuscamento e contraste devem ser atendidas na escolha do binômio luminária-lâmpada. Durante o dia, visando à economia de energia, a integração entre a iluminação natural e artificial deverá ser explorada com a previsão de circuitos independentes e sensores de presença.

Um projeto de iluminação artificial com o uso de lâmpadas e luminárias eficientes, adequadas ao uso, com baixo custo de instalação e manutenção e maior vida útil contribuirá para a economia de energia e redução dos custos.

O **controle do ruído** na edificação começa pelo estudo da implantação, buscando uma situação afastada das fontes de ruído como áreas de lazer e vias de tráfego. Conforme visto no item 3.1.2 essa solução mostra-se mais eficiente para fontes pontuais do que para fontes lineares. Porém, nos centros urbanos, esse desenho nem sempre é possível, o que torna a etapa de setorização dos ambientes uma valiosa ferramenta, permitindo ao projetista, por meio de uma escala dos níveis aceitáveis de ruído, hierarquizar a distribuição dos espaços internos. Não sendo possível afastar os ambientes mais sensíveis das fontes de ruído, o uso de barreiras naturais ou construídas ajudam a atenuar ou impedir a chegada do som (Figura 3.10 e Figura 3.11).

As fachadas devem ser pensadas de forma a promover a separação acústica por meio de sistemas de isolamento e a correta distribuição das aberturas. O estudo deve integrar as soluções térmicas e lumínicas das esquadrias para evitar conflitos, por exemplo, como os gerados pela necessidade de ventilação em zonas de via de tráfego movimentada. Elementos como brises e varandas poderão ajudar no direcionamento do ruído para fora da edificação, permitindo a passagem da iluminação natural e do vento.

Esquadrias são o ponto fraco da fachada: por serem, usualmente, fabricadas em materiais leves (lei da massa), quase sempre possuem elementos vazados (venezianas, grelhas) e pela dificuldade de “selar” as frestas entre a alvenaria e o caixilho e entre este e as folhas móveis (BARROSO-KRAUSE, 2005, p. 46).



Figura 3.10 – Barreira antirruído.

Fonte: <http://iabto.blogspot.com.br/2015/10/fundamentos-para-projetar-espacos.html> Acesso em 09/04/2017.



Figura 3.11 – Exemplos de proteção acústica.

<http://www.masterhousesolucoes.com.br/dicas-de-isolamento-acustico-para-paredes/> Acesso em 09/04/2017

Afastados os ruídos externos, a atenção se volta para os ruídos produzidos no interior da edificação, onde, mais uma vez, o partido adotado na distribuição dos ambientes será fundamental para a proteção do ruído. As áreas com maiores exigências de níveis de conforto acústico devem estar afastadas das áreas comuns e de maior circulação ou protegidas por paredes com capacidade de isolamento acústica. Com maior poder de atuação sobre a fonte de ruído, o projetista deve procurar soluções para os sistemas que provocam ruído como instalações hidráulicas, casas de máquinas, áreas de lazer. Para o ruído aéreo o controle é feito pela adoção de sistemas e revestimentos isolantes e para os ruídos de impacto

desacoplando a fonte de paredes e pisos, evitando que o ruído seja transmitido a toda estrutura.

As soluções que ajudarão a propiciar conforto térmico, as que permitirão gozar um conforto visual, e as que criarão um ambiente com conforto acústico, devem tratar-se em conjunto no projeto de arquitetura, que deverá dar uma resposta integrada aos problemas que se apresentarão em cada caso (CORBELLA e YANNAS, 2003, P.38).

3.2.1

Eficiência energética

O consumo de energia está presente em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, daí a necessidade, e a conveniência, em se administrar bem esse recurso. A partir do advento da arquitetura sustentável as estratégias visando ao conforto ambiental voltaram a mostrar sua relevância na etapa de projeto, sendo o conforto térmico, visual e acústico pontos de partida para a eficiência energética do ambiente. São focos com potencial de intervenção na edificação residencial, no sentido de economizar energia, os sistemas de iluminação, refrigeração, calefação e ventilação.

A economia do consumo de energia, gerada pelas estratégias passivas aplicadas à edificação, reflete na redução dos custos com sistemas ativos e sua manutenção e na diminuição de impactos ambientais negativos, advindos da construção de usinas geradoras e de emissões de gases de efeito estufa.

É importante lembrar que a relação entre pessoas, clima e edifícios é complexa e há casos em que o uso de uma estratégia pensada para gerar conforto pode potencializar o desconforto de outro aspecto. Por exemplo, uma abertura prevista para promover a iluminação e ventilação natural pode entrar em conflito com o controle de ruído ou com a quantidade de radiação no ambiente. Nesses casos, a eficiência energética pode balizar a decisão.

3.2.2

Conforto e saúde do usuário

Enquanto os benefícios ambientais decorrentes do conforto ambiental são bem conhecidos, o potencial do ambiente construído em contribuir com a saúde e

bem estar do usuário tem sido pouco explorado. Com 90% do tempo passado em áreas internas, o homem tem o ambiente construído como determinante para o desenvolvimento da saúde.

O conforto ambiental em edificações é essencial para alcançar o bem-estar físico e psíquico. Sem ele, diminuem os índices de produtividade e de satisfação no ambiente. Os efeitos benéficos das condições ideais de conforto humano podem ter impacto no desenvolvimento social e econômico com diminuição de custos com medicamentos e absenteísmo.

O corpo humano executa trocas de calor com o ambiente. Existe um nível ótimo para o fluxo de perda de calor, no qual a temperatura da pele se mantém perto de 35 °C e a pessoa se sente em neutralidade térmica, ou seja, em conforto térmico (CORBELLA E YANNAS, 2003, p. 30). As variáveis climáticas – temperatura, umidade, movimento do ar e radiação – atuam conjuntamente, afetando a perda de calor no homem. Quando há desequilíbrio no somatório dessas trocas, ocorre a sensação de desconforto: excesso de calor ou de frio, fadiga e, em casos mais extremos, tontura e desmaio.

Num clima tropical, sujeito a altos graus de temperatura e de umidade, construções mal ventiladas e sem proteção térmica podem resultar em condições micro climáticas piores que as do exterior, causando não só desconforto, mas doenças respiratórias relacionadas a fatores atmosféricos, como asma e bronquite. A ventilação ajuda a melhorar as condições térmicas e a eliminar microrganismos, gases tóxicos e odores, melhorando a qualidade do ar.

Na busca pela eficiência energética, vem-se resgatando nos últimos anos, em substituição a luz artificial, a utilização de iluminação natural nas edificações. A luz natural possui uma variabilidade e qualidade mais agradáveis que a proporcionada pela iluminação artificial, satisfazendo melhor a necessidade de conforto visual. Aberturas, em geral, proporcionam aos ocupantes o contato visual com o mundo exterior – cronológico e climático – e permitem também o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir uma sensação de bem-estar e um relacionamento com o ambiente maior no qual estamos inseridos.

A iluminação insuficiente pode causar mal estar físico, como fadiga e dor de cabeça, além de provocar erros e acidentes. Por isso, é fundamental para o

conforto do usuário que haja a opção de uma fonte de luz, seja natural ou artificial.

O ruído é visto pelos especialistas com um dos fatores mais nocivos a saúde humana. De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), o ruído é considerado um problema de saúde pública e uma das causas de poluição que mais afeta o planeta. O desconforto acústico, provocado pela intensidade do som e o tempo de exposição, gera uma série de patologias que pode causar desde cansaço até a perda de audição em casos extremos, passando pela diminuição da produtividade dos trabalhadores. Krause (2005) relaciona os sintomas referentes à exposição ao excesso de ruído em ordem crescente:

- › alterações na qualidade do sono;
- › falta de eficiência;
- › falta de concentração;
- › tensões e mudanças de comportamento;
- › fadiga mental;
- › perda temporária da audição;
- › perda permanente da audição.

Os efeitos das condições insatisfatórias de conforto ambiental são agravados nos assentamentos subnormais que, devido à grande densidade demográfica e a falta de critérios construtivos, constituem-se de construções precárias, mal ventiladas, sem isolamento e por vezes próximas a zonas de ruído intenso, como margem de ferrovias e rodovias. As pessoas vivendo nessas condições estão sujeitas a maiores riscos de saúde, uma vez que estão expostas ao desconforto por períodos mais longos.

3.3

Avaliação de conforto ambiental

A avaliação é uma ferramenta de gestão que permite verificar os níveis de conformidade em relação à legislação, normas existentes e critérios preestabelecidos, com o intuito de melhorar continuamente o desempenho.

O conforto ambiental parte de um sentimento e representa a satisfação do usuário em relação ao ambiente. A avaliação do conforto ambiental pela visão do

usuário tem julgamento subjetivo e é muito importante para validar os critérios quantitativos, após a ocupação.

No entanto, durante a concepção do projeto é necessário determinar parâmetros que permitam classificar o nível de conforto de uma edificação. Dessa forma, indicadores de desempenho tornam-se balizadores para a determinação do nível de conformidade do conforto ambiental proporcionado por uma edificação ainda na fase da escolha do partido arquitetônico.

Villa (2013, p. 116), em seus estudos sobre avaliação pós-ocupação (APO), observa o aumento de pesquisas dedicadas à avaliação de desempenho de edifícios no Brasil, citando como demonstração dessa consolidação a norma brasileira de desempenho para edifícios habitacionais, publicada em 2008 e revista em 2012.

Foi a primeira norma técnica brasileira a estabelecer parâmetros que permitem avaliar o desempenho de alguns dos sistemas que compõem as edificações habitacionais. Ela abrange, entre diversos outros aspectos, processos de projeto e especificação a fim de assegurar melhor padrão de qualidade aos edifícios residenciais (VILLA, 2013, p.116).

Nesse momento, a necessidade de oferecer ao morador um ambiente de qualidade converte a existência de marco normativo em garantia de desempenho mínimo da edificação. Em busca de qualidade nas construções, a legislação existente serve de norte, permitindo a implementação das condições mínimas de conforto ambiental.

4

Construção da Norma de Desempenho – Edificações Habitacionais

4.1

Conceito de desempenho no Brasil e elaboração da Norma

A evolução do conceito de desempenho habitacional no Brasil está ligada ao desenvolvimento de sistemas inovadores de construção, mais especificamente a falta de qualidade ou adequação as necessidades específicas (SALGADO, 1996, p.2; MITIDIARI FILHO, 1998, p.2; BORGES, 2008, p.38; LORENZI, 2013, p. 14). Os sistemas inovadores fazem parte da procura por soluções otimizadas na construção e, no Brasil, fizeram parte da produção habitacional principalmente para baixa renda.

Segundo Borges (2008, p.39) a necessidade de avaliar esses sistemas, principalmente no âmbito das habitações populares, levou o Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1981, a contratar o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) para a elaboração de pesquisas relacionadas à avaliação de sistemas construtivos inovadores. Com a extinção do BNH em 1986, os estudos nessa área ficaram latentes até serem retomados, em 1997, pela Caixa Econômica Federal (CAIXA), sucessora do BNH, que além de solicitar a revisão do trabalho realizado pelo IPT financiou, com o apoio da FINEP, o projeto de pesquisa Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações.

Com foco nos sistemas construtivos inovadores, iniciaram-se, no ano 2000, estudos para a edição de uma norma técnica que abordasse o assunto, e que tivesse como princípio fundamental o conceito de desempenho (BORGES, 2008, p.40). Porém, durante a elaboração, coordenador e consultores, atestaram a abrangência da Norma, que poderia ser aplicada a qualquer tipo de sistema construtivo, adotando esse caminho (BORGES, 2008, p.101).

A primeira versão da NBR 15575 foi publicada em 2008, com previsão para entrar em vigor em 2010, e era restrita a edificações habitacionais de até cinco pavimentos. Porém, vários setores da construção requisitaram novas discussões e tempo para se adequar às exigências, tendo sido a exigibilidade prorrogada para 2012 (BRASIL adota novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos, CBIC, 2013a, p. 3). Nesse período, foram realizadas várias reuniões, inclusive audiências públicas, que resultaram em milhares de sugestões de modificações. Com a revisão, a norma foi publicada em 19 de fevereiro de 2013, com exigibilidade a partir de 19 de julho de 2013. Mais abrangente e detalhada, vigora para todas as edificações habitacionais, sem limite ao número de pavimentos.

A entrada em vigor da NBR 15575:2013 representa uma conquista e um marco para a sociedade e para a construção habitacional no Brasil. O beneficiário final terá mais instrumentos de controle e o mercado imobiliário tende a ser mais constante. Porém a norma de desempenho é extensa, abrangendo diversos itens, e de difícil compreensão imediata.

Em geral, para as empresas que já se preocupam com a qualidade final de seus produtos, a norma de desempenho não trouxe grandes alterações de valores da construção como um todo. Houve maiores impactos econômicos naqueles que trabalham com a política do menor preço somente, já que a norma permite um patamar mínimo de qualidade a ser atendido. (Luiz Manetti, secretário da comissão de estudos da Norma de Desempenho de Edificações, a NBR 15575)

Após a vigência da NBR 15575:2013, surgiu uma alta demanda no mercado por profissionais qualificados, bem como instituições aptas a realizar os ensaios e testes para verificar se os sistemas atendem o desempenho mínimo exigido pela norma.

4.2

Características e estrutura da Norma

Diante da apresentação do novo conceito de construção, promovido pela NBR 15575:2013: Edificações Habitacionais – Desempenho, surge um novo parâmetro para a classificação do padrão das edificações. Em vigor desde 19 de julho 2013, a norma “estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais”. Com a proposta de interface entre os elementos da

edificação e seus sistemas, busca atingir níveis satisfatórios de desempenho e sustentabilidade ao longo de uma vida útil e impõe uma mudança de postura aos participantes de todas as fases do processo, sejam eles: projetistas, construtores, fornecedores e usuários. Além de incentivar o desenvolvimento tecnológico, essa norma estabelece um novo marco na importância da responsabilidade do usuário na manutenção do produto final. As responsabilidades ficaram distribuídas das maneiras a seguir descritas.

- › Salvo convenção escrita, cabe a incorporadora, seus prepostos e/ou projetistas envolvidos, dentro de suas respectivas competências, a identificação dos riscos previsíveis na época do projeto. Como riscos previsíveis exemplificam-se: presença de aterro sanitário na área de implantação do empreendimento, contaminação do nível freático, presença de agentes agressivos no solo e outros riscos ambientais.
- › O construtor ou incorporador deve elaborar o manual de operação uso e manutenção, ou documento similar, atendendo à NBR 14037:2011 e NBR 5674:2012, que deve ser entregue ao proprietário da unidade quando da disponibilização da edificação para uso, cabendo também elaborar o manual das áreas comuns, que deve ser entregue ao condomínio.
- › Os projetistas devem estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP) de cada sistema que compõe a norma além de especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido na norma.
- › Os fabricantes têm que caracterizar o desempenho de seus produtos de acordo com a norma.
- › O usuário ou seu preposto precisa realizar a manutenção, de acordo com o que estabelece a NBR 5674:2012 e o manual de operação, uso e manutenção, ou documento similar.

Aplicável as edificações habitacionais a NBR 15575:2013 promove uma revisão dos projetos bem como da especificação de materiais e serviços. A NBR 15575:2013 não se aplica a: obras já concluídas; obras em andamento na data da entrada em vigor dessa norma; projetos protocolados nos órgãos componentes até a data da entrada em vigor dessa norma; obras de reformas; *retrofit* de edifícios e edificações provisórias.

Composta de seis partes, a primeira é dirigida ao edifício como um todo e as demais são destinadas aos sistemas que compõe o edifício: sistemas estruturais,

sistemas de piso, sistemas de vedações verticais, sistemas de cobertura e sistemas hidrossanitários. As partes estão assim distribuídas:

Parte 1: Requisitos Gerais;

Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;

Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;

Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas e

Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A norma não define nem especifica como os sistemas devem ser construídos. O desempenho pode ser atingido de diversas maneiras, desde que se cumpram os requisitos e critérios com os métodos recomendados pela norma. Apresenta três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S), sendo o primeiro prescritivo e os demais opcionais. Os desempenhos devem ser atendidos individual e isoladamente pela própria natureza conflitante dos critérios de medição, por exemplo, desempenho acústico (janela fechada) versus desempenho térmico (janela aberta).

De um modo geral a avaliação de desempenho tem como objetivo atestar a conformidade das características técnicas e a satisfação do usuário, para tanto a norma estabeleceu um conjunto de exigências traduzidas em requisitos e critérios a serem atendidos. “As exigências elencadas na Norma de Desempenho, que serviram de base para o estabelecimento de requisitos e critérios, seguiram as diretrizes da ISO 6241⁷ (1984)” (BORGES, 2008), que estabelece o conjunto de fatores que uma edificação deve atender visando à segurança, habitabilidade e sustentabilidade. As exigências dos usuários são expressas pelos seguintes fatores

(
Figura 4.1):

⁷ A ISO (International Organization for Standardization), uma organização voltada à padronização em nível internacional, publicou sua diretriz ISO 6241, que definiu os conceitos de desempenho a serem atendidos.

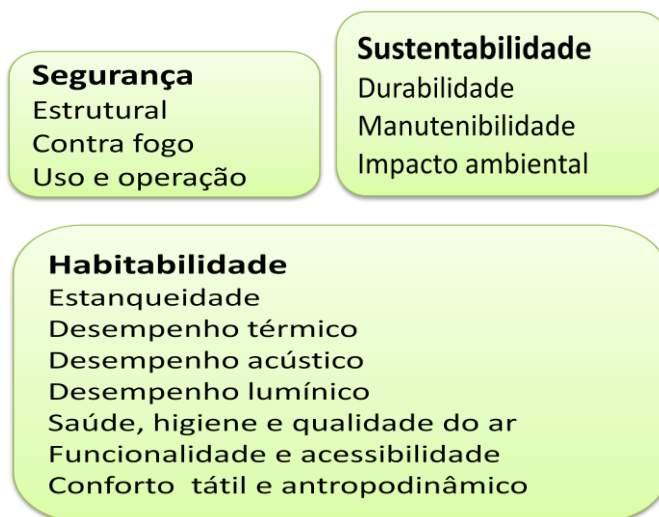


Figura 4.1 – Exigências dos usuários.

4.3

Identificação dos critérios e metodologias para atender os requisitos de desempenho térmico, acústico e lumínico

Para que um projeto de edificação habitacional atenda as exigências dos usuários é necessário conhecer as condições de uso e exposição, as quais o empreendimento está exposto. As condições de exposição, requeridas pela norma, para a avaliação do desempenho térmico, acústico e lumínico são a identificação da Zona Bioclimática da cidade em que ocorre o empreendimento e da classe de ruído a que está exposta a edificação habitacional.

A Zona Bioclimática da cidade do empreendimento deve ser determinada segundo a NBR 15220-3:2005, apresentada na seção 3.2. Essa norma apresenta dados para 330 cidades brasileiras, cujos climas foram classificados. Para as demais cidades, recomenda utilizar os dados climáticos de uma cidade com características climáticas semelhantes e na mesma Zona Bioclimática.

A classe de ruído do local do empreendimento é determinada segundo a NBR 15575-4:2013, em relação à área de construção (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Classes de ruído relativas às áreas de construção

Classe de ruído	Localização da habitação
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação

Fonte: NBR 15575-1:2013

Regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias necessitam de estudos específicos.

4.3.1

Desempenho térmico

A edificação habitacional deve reunir características que atendam aos requisitos de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na NBR 15220-3:2013.

Quanto à metodologia a ser aplicada para a avaliação do desempenho térmico a norma estabelece três procedimentos, sendo: dois aplicados na fase de projeto e um na edificação ou modelo construído que, por ter caráter meramente informativo, não se sobrepõe aos anteriores.

O primeiro é um procedimento mais simples, que consiste em verificar o cumprimento das diretrizes construtivas para os sistemas de vedação vertical e cobertura elencadas, respectivamente, nas partes 4 e 5 da NBR 15575:2013. Se, após a avaliação pelo processo simplificado, for verificado desempenho insatisfatório da edificação, o projetista deverá avaliar o desempenho pelo método da simulação computacional. Nesse caso serão analisados os requisitos de desempenho no verão e no inverno, onde serão verificadas as condições térmicas no interior da edificação. A norma recomenda o programa *EnergyPlus*⁸, porém é possível utilizar outros programas desde que validados pela ANSI/ASHRAE Standard 140. O terceiro procedimento, considerado pela norma como

⁸O *EnergyPlus* é um programa computacional, criado a partir dos programas BLAST e DOE-2 e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas.

informativo, consiste na realização de medições em edifícios e protótipos construídos. A Figura 4.2 apresenta a hierarquia dos procedimentos propostos pela Norma.

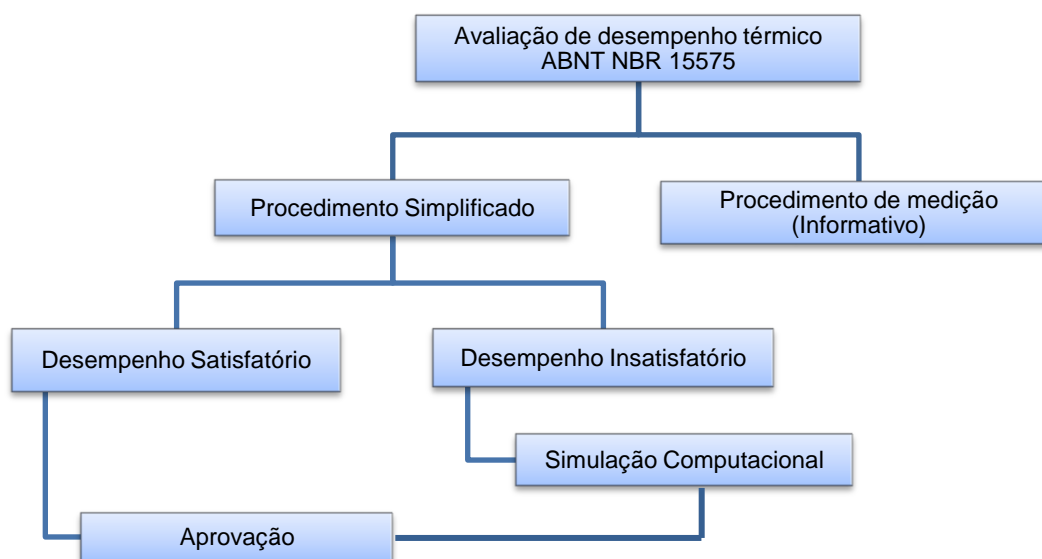


Figura 4.2 – Procedimentos para avaliação do desempenho térmico de habitações propostos pela NBR 15575:2013.

Adaptado de: Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras, 2015.

A primeira etapa da análise – procedimento simplificado – consiste em verificar se as condições técnico-construtivas, determinadas de acordo como zoneamento bioclimático definido na NBR 15220-3, estão sendo atendidas. A norma aborda separadamente os requisitos e critérios para cada sistema da envoltória que influencia o desempenho térmico da edificação habitacional.

A avaliação de desempenho térmico das vedações possui dois requisitos: adequação de paredes externas e aberturas para ventilação. Quanto ao primeiro requisito, foi determinado o valor máximo admissível para a transmitância térmica⁹ (U) e os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica¹⁰ (CT) das paredes externas (Tabela 4.2 e Tabela 4.3). No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, o cálculo da

⁹ Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; neste caso, dos vidros e dos componentes opacos das paredes externas e coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes (NBR 15575-1:2013).

¹⁰ Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema em kJ/(m².K) (NBR 15575-1:2013).

capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

Tabela 4.2 – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica - U W/m².K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α ≤ 0,6	α > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

NOTA α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: NBR 15575-4:2013 – Tabela 13

Tabela 4.3 – Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT) kJ/m².K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	sem requisito

Fonte: NBR 15575-4:2013 – Tabela 14

A segunda exigência diz respeito às aberturas para ventilação em ambientes de permanência prolongada – salas e dormitórios –, as quais devem ter área que atenda a legislação mínima do local da obra, ou os valores adotados na Tabela 4.4, quando não houver requisito legal para o local de implantação. Para o cálculo da área efetiva de ventilação devem ser desconsideradas as áreas de perfis, vidros ou qualquer outro obstáculo, bem como não são consideradas as áreas de portas internas.

Tabela 4.4 – Área mínima de ventilação em dormitórios e sala de estar

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

NOTA As áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

Fonte: NBR 15575-4:2013 – Tabela 15

Com relação ao sistema de cobertura, deve apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado à zona bioclimática (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância térmica - U W/m ² .K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de desempenho
U ≤ 2,3	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FT	U ≤ 1,5 FT	
U ≤ 1,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FT	U ≤ 1,0 FT	
U ≤ 1,0	α ≤ 0,6	α > 0,6	α > 0,4	α > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FT	U ≤ 0,5 FT	

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

Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.

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

Fonte: NBR 15575-5:2013 – Tabela 5.

Na segunda etapa da análise, caso não tenham sido atingidos os valores de transmitância e capacidade térmica, o projetista deve avaliar a edificação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica, pelo método da simulação computacional.

Para esta metodologia, a norma apresenta requisitos para o desempenho térmico no verão e no inverno. Para o verão, as condições térmicas do interior de recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), devem ser sempre iguais ou melhores do que as externas, à sombra para um dia típico do período (Tabela 4.6). No inverno, as condições térmicas do interior de recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, no dia típico de projeto de inverno, devem ser sempre melhores às do ambiente externo (Tabela 4.7).

Tabela 4.6 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

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

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

Fonte: Adaptado de NBR 15575-1:2013, Tabela E.1.

Tabela 4.7 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

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

$T_{i,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15220-3.

Fonte: NBR 15575-1:2013, Tabela E.2.

Para conjuntos habitacionais, a norma estabelece selecionar uma unidade habitacional com o maior número de paredes expostas e, no caso de edifícios multipiso, uma unidade do último andar com cobertura exposta. Deverá ser considerada sempre a implantação mais crítica do ponto de vista térmico e avaliados os cômodos de permanência prolongada (sala de estar e dormitórios).

No caso de ventilação, deve ser considerada uma taxa de 1 ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas). A unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para o verão, deve ser simulada novamente considerando, simultaneamente ou não, ventilação com taxa de 5 ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora do ambiente sala ou dormitório e sombreamento das aberturas, com dispositivo que corte pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente sala ou dormitório.

4.3.2

Desempenho acústico

A Norma define parâmetros, a partir de níveis admissíveis previstos na NBR10152 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos as edificações, para que a unidade habitacional apresente isolamento acústico entre o interior e o exterior das unidades, entre áreas comuns internas e unidades privativas e entre as unidades autônomas diferentes, mas não estabelece limites para a isolamento acústico entre cômodos de uma mesma unidade. Regulam-se assim os níveis de desempenho acústico dos sistemas de vedações verticais externas e internas, de coberturas e de pisos. Sendo assim, não são fornecidos parâmetros máximos de intensidade sonora para os ambientes, mas níveis de isolamento acústica que cada sistema deve atender a fim de garantir condições de conforto acústico. Também não são quantificados os níveis de ruído externos à edificação, tratados na NBR 10151:2000 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos as edificações. Segundo a NBR 15575-4:2013, a classe de ruído do empreendimento é determinada em relação ao entorno da construção.

A norma apresenta estimativa simplificada do grau de inteligibilidade/capacidade de entendimento que uma conversa em ambiente adjacente é percebida, em função da isolamento sonora (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 – Inteligibilidade; capacidade de entendimento do que se está falando em voz alta no recinto adjacente

Inteligibilidade/capacidade de entendimento do que se está falando em voz alta no recinto adjacente	Isolamento sonoro, DnT.w dB
Claramente audível: ouve e entende	35
Audível: ouve, entende com dificuldade	40
Audível: não entende	45
Não audível	≥ 50

Fonte: Adaptado da Association of Australian Acoustical Consultants, 2010.

Fonte: NBR 15575-4:2013, Tabela F.8, pag 56.

Devem ser considerados para avaliação do desempenho acústico da edificação habitacional os ruídos aéreos externos (tráfego, avião, trem, *etc.*), os ruídos aéreos internos (conversa, TV, música, *etc.*) e os ruídos de impacto (caminhamento, queda de objetos, arrastar de móveis, *etc.*). A norma estabelece, ainda, de forma não obrigatória, parâmetros para os ruídos dos sistemas hidrossanitários e de equipamentos prediais, como elevador, bombas, exaustores, sirenes *etc.*

Para verificação do isolamento acústico a norma elenca três métodos, sendo dois deles realizados em campo, para o sistema construtivo, e um método de precisão realizado em laboratório, que fornece valores de referência para projeto.

Nos ensaios realizados em laboratório os elementos da edificação (parede com janela, parede com porta, *etc.*), devem ser ensaiados separadamente para depois calcular o isolamento global do conjunto. Cabe aos fabricantes de sistemas construtivos apresentarem aos projetistas e aos construtores o desempenho de seus produtos medidos em laboratório.

Os métodos realizados em campo consistem de medições acústicas conforme procedimentos padronizados especificados em normas internacionais. O método de engenharia realizado em campo é a maneira mais precisa para caracterizar de forma direta o comportamento acústico do sistema, enquanto o método simplificado realizado em campo permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global quando não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter esse parâmetro.

Os sistemas de vedações verticais externas (paredes e coberturas) devem garantir desempenho adequado de isolamento acústico ao ruído externo aéreo. O desempenho mínimo adequado é exigido em função do ruído exterior existente no entorno do empreendimento. A Tabela 4.9 apresenta os limites normativos de isolamento acústico ao ruído aéreo, assim como define níveis de desempenho informativos, Intermediário e Superior, que proporcionam um maior conforto.

Tabela 4.9 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.

NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias, há necessidade de estudos específicos.

Fonte: NBR 15575-4:2013, Tabela 17 e Tabela F.9.

A Tabela 4.10 apresenta os índices de redução sonora para cada classe de ruído. O índice $D_{2nt,w}$ representa o isolamento aos ruídos aéreos medido no campo a 2 m do elemento que se está analisando e R_w representa o índice de redução sonora ponderado obtido em laboratório.

Tabela 4.10 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB ^(a)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

^(a) R_w com valores aproximados

Fonte: NBR 15575-4:2013, Tabela F.11.

Os sistemas verticais de vedação interna, que separam as unidades habitacionais autônomas e as áreas comuns de ambientes de unidades habitacionais, devem garantir um desempenho adequado de isolamento acústico com relação ao ruído aéreo. A Tabela 4.11 apresenta os limites normativos de isolamento acústico ao ruído aéreo, assim como define níveis de desempenho informativos, Intermediário e Superior, que proporcionam um maior conforto. O índice $D_{nT,w}$ representa o isolamento aos ruídos aéreos medido no campo. A Tabela 4.12 apresenta os índices de redução sonora para cada classe de ruído obtido em laboratório.

Tabela 4.11 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575-4:2013, Tabela F.10.

Tabela 4.12 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	R_w dB ^a	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

^a R_w com valores aproximados

Fonte: NBR 15575-4:2013, Tabela F.12.

Como os resultados de desempenho de isolamento acústico dependem das condições de contorno e de execução dos sistemas, os valores medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w) (CBIC, 2013b).

Os sistemas de piso, entre unidades autônomas, devem garantir não apenas o isolamento acústico dos ruídos aéreos, mas também o isolamento dos ruídos de impacto (caminhamento, queda de objetos, arrastar de móveis, etc.). O índice $D_{nt,w}$ representa o isolamento aos ruídos aéreos medido no campo e o índice

$L'_{nt,w}$ representa o nível de pressão sonora ponderado medido no campo, e tem seus limites estabelecidos conforme a Tabela 4.13 e a Tabela 4.14.

Tabela 4.13 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w

Elemento	DnT,w dB	Nível de desempenho
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

Fonte: NBR 15575-3:2013, Tabela E.2.

Tabela 4.14 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤ 55	S
Sistemas de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤ 45	S

Fonte: NBR 15575-3:2013, Tabela E.1.

4.3.3

Desempenho lumínico

Para avaliação do desempenho lumínico das edificações habitacionais a norma define parâmetros tanto para a iluminação natural quanto para a iluminação

artificial. Durante o dia, as dependências das edificações habitacionais, listadas na norma, devem receber iluminação natural conveniente, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através de recintos adjacentes. Para o período noturno, o sistema de iluminação artificial deve proporcionar condições internas satisfatórias para ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança.

Para avaliação do desempenho da iluminação natural são propostas duas metodologias: simulação, com o cálculo dos níveis de iluminância geral e medição *in loco*, com a determinação do fator de luz diurna¹¹, além de premissas de projeto que visam a orientar para o bom desempenho lumínico.

Com relação ao nível de iluminância geral por iluminação natural, para as dependências das edificações habitacionais, a norma estabelece os seguintes critérios, conforme Tabela 4.15:

Tabela 4.15 – Níveis de iluminamento natural

Dependência	Iluminância geral (lux) para os níveis de desempenho		
	M	I	S
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos (demais ambientes)	Não requerido	≥ 30	≥ 45

Fonte: NBR 15575-1:2013, Tabela E.3.

Essa Norma admite limites inferiores para as dependências dos edifícios multipisos situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua. Nestes casos, os níveis de iluminância podem ser inferiores aos valores especificados na tabela acima, desde que a diferença não ultrapasse 20% em qualquer dependência. Em qualquer situação, deve-se verificar e atender as condições mínimas requeridas pela legislação local.

¹¹ O Fator de luz diurna (FLD): parcela da luz difusa proveniente do exterior que atinge o ponto interno de medida. Razão percentual entre a iluminância interna no ponto de referência (centro do cômodo, a 0,75m de altura) e a iluminância externa disponível, sem incidência da radiação direta do sol. (CBIC, 2013b).

O cálculo deve ser realizado conforme apresentado na NBR 15215-3, para o plano horizontal, em períodos da manhã (9 h: 30 min) e da tarde (15 h: 30 min), para os dias 23 de abril e 23 de outubro e atendendo as seguintes condições:

- › considerar a latitude e a longitude do local da obra, supor dias com nebulosidade média (índice de nuvens 50%);
- › supor desativada a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais *etc.*);
- › simulações para o centro dos ambientes, na altura de 0,75 m acima do nível do piso.

Para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades. E para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso, considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares.

Em qualquer circunstância, considerar os eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e outros possíveis anteparos, desde que se conheçam o local e as condições de implantação da obra.

Os parâmetros para o fator de luz diurna foram definidos na norma, conforme disposto na Tabela 4.16:

Tabela 4.16 – Fator de luz diurna para os diferentes ambientes da habitação

Dependência	FLD (%) para os níveis de desempenho		
	M	I	S
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Área de serviço	≥ 0,50%	≥ 0,65%	≥ 0,75%
Banheiro Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos (demais ambientes)	Não requerido	≥ 0,25%	≥ 0,35%

Fonte: NBR 15575-1:2013, Tabela E.4.

A medição *in loco* deverá ser realizada com o emprego de luxímetro portátil, erro máximo de $\pm 5\%$ do valor medido, no período compreendido entre 9 h e 15 h, nas seguintes condições:

- 1) medições em dias com cobertura de nuvens maior que 50%, sem ocorrência de precipitações;
- 2) medições realizadas com a iluminação artificial desativada, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais, *etc.*);
- 3) medições no centro dos ambientes, na altura de 0,75 m acima do nível do piso.

As seguintes considerações ainda devem ser observadas:

- › para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades;
- › para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso, considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares;
- › na ocasião das medições não pode haver incidência de luz solar direta sobre os luxímetros, em circunstância alguma;
- › o fator de luz diurna é dado pela relação entre a iluminância interna e a iluminância externa à sombra.

Como premissas de projeto devem ser observadas a disposição dos cômodos, a correta orientação geográfica da edificação, os dimensionamentos e posição das aberturas, os tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidades e cores das paredes, tetos e pisos, inserção de poços de ventilação e iluminação, eventual introdução de domo de iluminação e a presença de obstáculos externos, como taludes, muros. Há ainda uma recomendação com relação à comunicação com o exterior que deverá ser provida de vãos com portas ou janelas, estas com altura de peitoril no máximo a 100 cm do piso interno e cota de testeira no máximo a 220 cm do piso interno.

Os diferentes ambientes da edificação devem ser providos de iluminação artificial conforme disposto na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Nível de iluminamento geral para iluminação artificial

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho (lux)		
	M	I	S
Sala de estar Dormitório Banheiro Área de serviço	≥ 100	≥ 150	≥ 200
Copa/cozinha	≥ 200	≥ 300	≥ 400
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos internos e cobertos	≥ 100	≥ 150	≥ 200
Garagens/estacionamentos descobertos	≥ 20	≥ 30	≥ 40

Fonte: NBR 15575-1:2013, Tabela E.5.

No caso da iluminação artificial a medição in loco deve seguir as seguintes condições:

- › realização de medições no período noturno (sem presença de luz natural), no plano horizontal, a $0,75 \pm 0,05$ m acima do nível do piso, com o emprego de luxímetro portátil com erro máximo de $\pm 5\%$ do valor medido;
- › medições sem qualquer entrada de luz externa (portas, janelas e cortinas fechadas);
- › medições realizadas com a iluminação artificial do ambiente totalmente ativada, sem a presença de obstruções opacas (por exemplo, roupas estendidas nos varais);
- › medições no centro dos ambientes;
- › medições nos pontos centrais de corredores internos ou externos à unidade;
- › para escadarias, medições nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance.

De acordo com a NBR 5382:1985¹², para o período noturno, calculando o nível de iluminamento para o plano horizontal sempre a 0,80 m acima do nível do piso, o método de cálculo deve atender as seguintes condições:

¹² A NBR ISO/CIE 8995-1:2013 especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho. Essa Norma cancela e substitui a NBR 5413:1992 e a NBR 5382:1985.

- 1) cálculo sem qualquer entrada de luz externa (portas, janelas e cortinas fechadas);
- 2) cálculo realizado com a iluminação artificial do ambiente totalmente ativada, sem a presença de obstruções opacas (por exemplo, roupas estendidas nos varais);
- 3) cálculos no centro dos ambientes;
- 4) cálculos nos pontos centrais de corredores internos ou externos à unidade;
- 5) para escadarias, cálculos nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance.

A norma não apresenta condições para a promoção da eficiência energética da iluminação artificial. Exceto pela recomendação da adoção de iluminação natural para minimizar o consumo de energia, não foram prescritas recomendações para adoção de sistemas que minimizem o consumo de energia, como minuterias, sensores de presença, e outros.

5

Aplicação prática da NBR 15575:2013 na construção de habitações de interesse social

5.1

Aspectos da escolha dos sistemas amostrais

O estudo de caso compreende dois empreendimentos escolhidos em meio à atual produção de HIS na RMRJ. A finalidade é avaliar o desempenho térmico, acústico e lumínico das unidades habitacionais com tipologia similar, porém compostas por sistemas construtivos distintos, mediante as mesmas condições de exposição e uso. A ideia é de que a avaliação ajude na escolha do projeto que melhor atenda as condições de conforto ambiental prescritas pela norma, portanto não serão considerados os custos e prazos de execução.

Embora os empreendimentos escolhidos estejam em construção, a análise é efetuada a partir das propostas de projeto e memorial descritivo, pois, além de investigar se as edificações do PMCMV atendem as exigências mínimas estipuladas pela norma, este trabalho objetiva, ainda, verificar se as propostas apresentadas compreendem as informações necessárias para proceder à análise com base nas metodologias recomendadas pela norma. Dessa forma são utilizadas as metodologias propostas na NBR 15575:2013 referentes à análise de projetos e simulação.

Sendo os elementos componentes da envoltória decisivos para o conforto ambiental, os parâmetros usados para a definição dos modelos foram: localização, tipologia e sistema construtivo para a envoltória. São avaliados dois sistemas construtivos distintos projetados para edificações com a mesma tipologia e implantados em ambientes com as mesmas condições geográficas. O estudo ficou restrito a dois casos, visto que prevalecem na produção atual dois tipos de sistemas construtivos para a envoltória e uma carência de modelos em torno da tipologia, uma vez que as propostas se limitam a atender as especificações mínimas do Programa. Para o Empreendimento A está prevista a vedação externa

em paredes de concreto moldadas *in loco* e para o Empreendimento B alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. Os sistemas escolhidos fazem parte dos chamados processos construtivos racionalizados, onde parte dos elementos é pré-fabricada e a montagem ocorre no local da obra, utilizando técnicas convencionais. Esses processos estão fundamentados na capacidade de elevar a produtividade e diminuir o desperdício e os custos.

A tipologia do Empreendimento A representa aproximadamente 37,06 % dos projetos da Faixa 1 do PMCMV construídos ou em construção na RMRJ, o que equivale a produção de 28.600 unidades habitacionais. Enquanto a tipologia do Empreendimento B atinge o percentual de aproximadamente 23,24 %.

Os modelos escolhidos são compostos por 15 blocos de cinco pavimentos, com 04 apartamentos por andar, totalizando 300 unidades por Condomínio. Cada apartamento é composto por sala, dois dormitórios, banheiro, cozinha e área de serviço, com área construída em torno de 42 m². Os ambientes possuem pé direito de 2,60 m, exceto pelo banheiro com altura de 2,30 m do piso ao forro.

O quadro resumo com as especificações dos projetos escolhidos, pertinentes a avaliação do desempenho, estão relacionados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 -- Resumo das especificações dos sistemas construtivos dos projetos avaliados

Especificações			Empreendimento A	Empreendimento B
Sistemas de vedações verticais	Externas	Parede	concreto moldado <i>in loco</i> , esp=10cm	alvenaria estrutural com bloco cerâmico, esp=14cm
		Revestimento	monocamada	chapisco e massa única
		Acabamento	pintura acrílica texturizada, cor bege claro	pintura acrílica texturizada, cor bege claro
	Internas	Parede	concreto moldado <i>in loco</i> , esp=10cm	alvenaria estrutural com bloco cerâmico, esp=14cm
		Revestimento	gesso	gesso
		Acabamento	pintura texturizada, cor branca	pintura PVA, cor bege claro
Sistemas de vedação horizontal	Piso		laje de concreto, esp=10cm	laje de concreto, esp=10cm
	Revestimento		piso cerâmico, cor bege claro	piso cerâmico, cor bege claro
Coberturas	Telha		estrutura metálica e telha de fibrocimento Espessura da telha: 6 mm	estrutura metálica e telha de concreto, cor natural Espessura da telha: 12mm
Aberturas	Portas		portas de madeira 0,80 x 2,10 cm (lxh)	portas de madeira 0,80 x 2,10 cm (lxh)
	Janelas		alumínio com vidro 3mm Sala: 2,34 m ² Dormitório: 1,68 m ²	alumínio com vidro 3mm Sala: 2,16 m ² Dormitório: 1,44 m ²

O ambiente considerado nas simulações é sempre o de permanência prolongada, com pior orientação. Foram consideradas na avaliação de desempenho as unidades localizadas no último pavimento, com orientação norte/nordeste no período do verão e sul/sudeste no período do inverno.

A Figura 5.1 e a Figura 5.2 apresentam o *croqui* das plantas de implantação dos empreendimentos e a Figura 5.3 e a Figura 5.4 as plantas baixas do pavimento tipo.

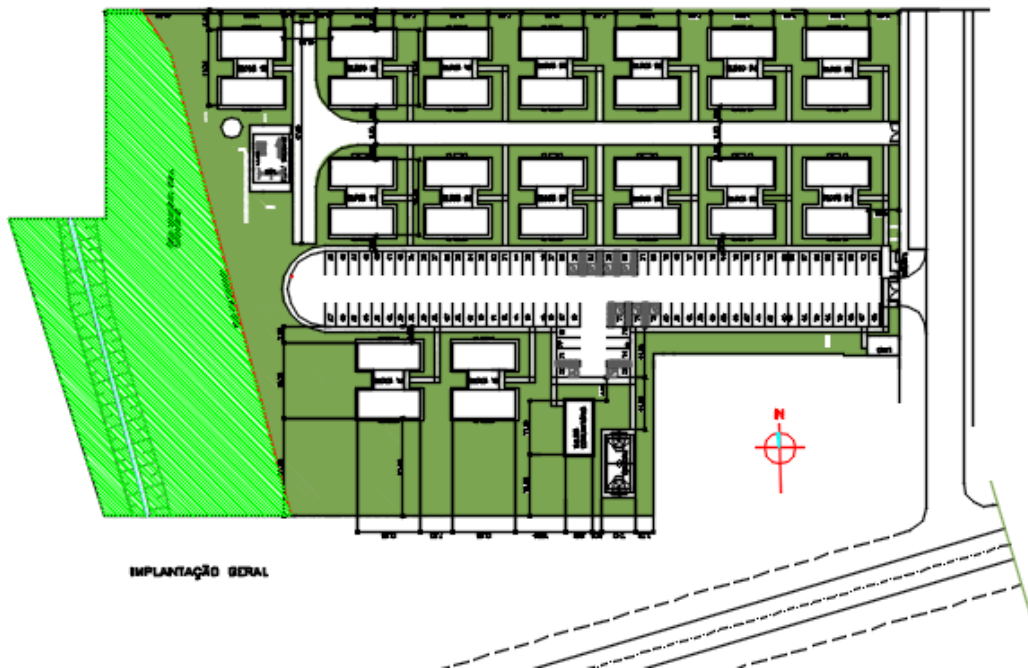


Figura 5.1 – Planta de implantação do Empreendimento A.

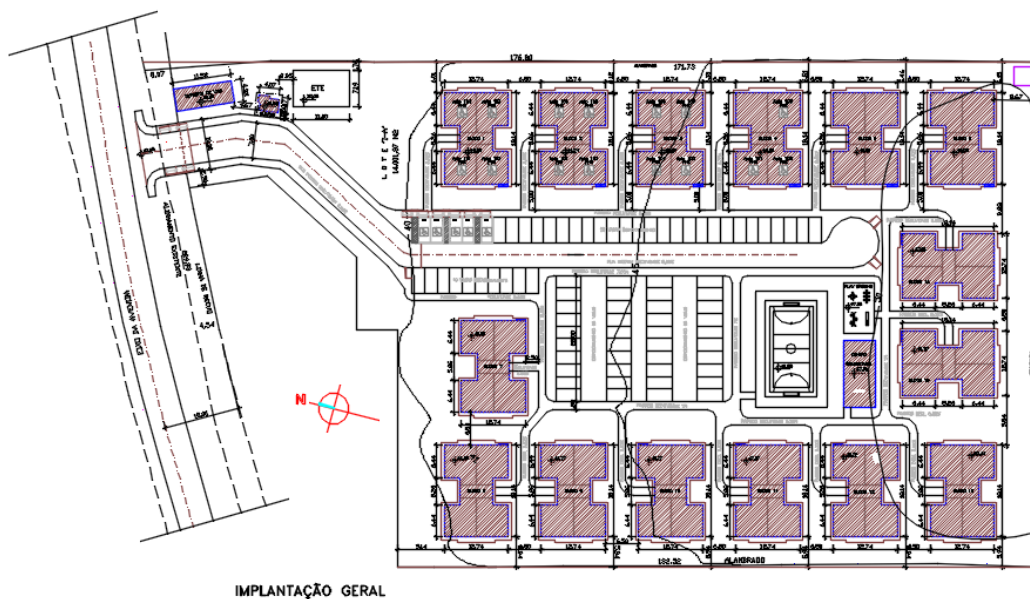


Figura 5.2 – Planta de implantação do Empreendimento B.

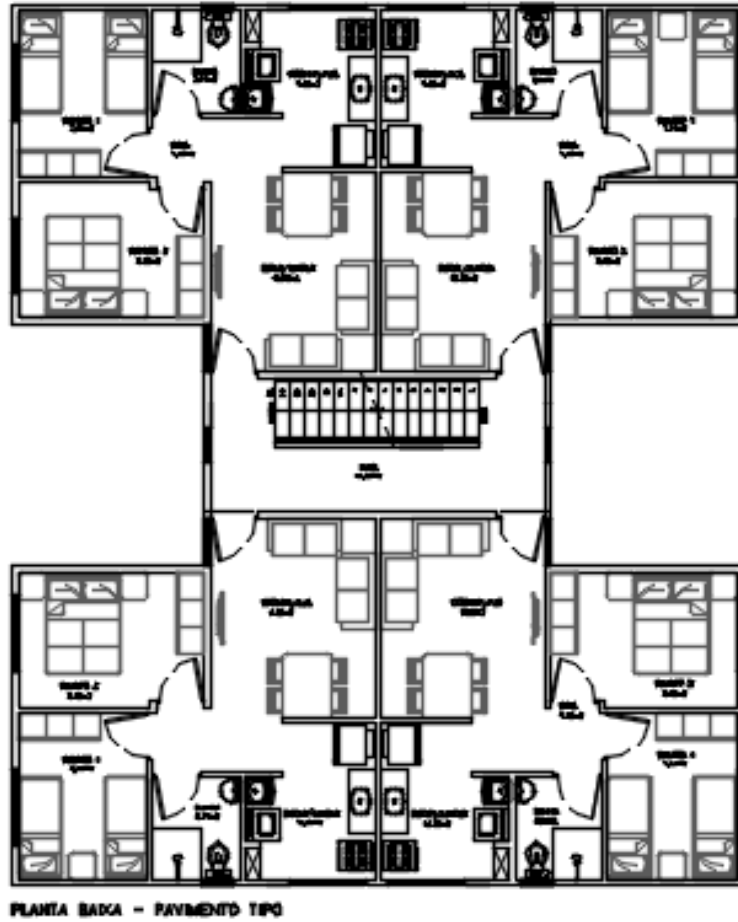


Figura 5.3 – Planta do pavimento tipo do Empreendimento A.

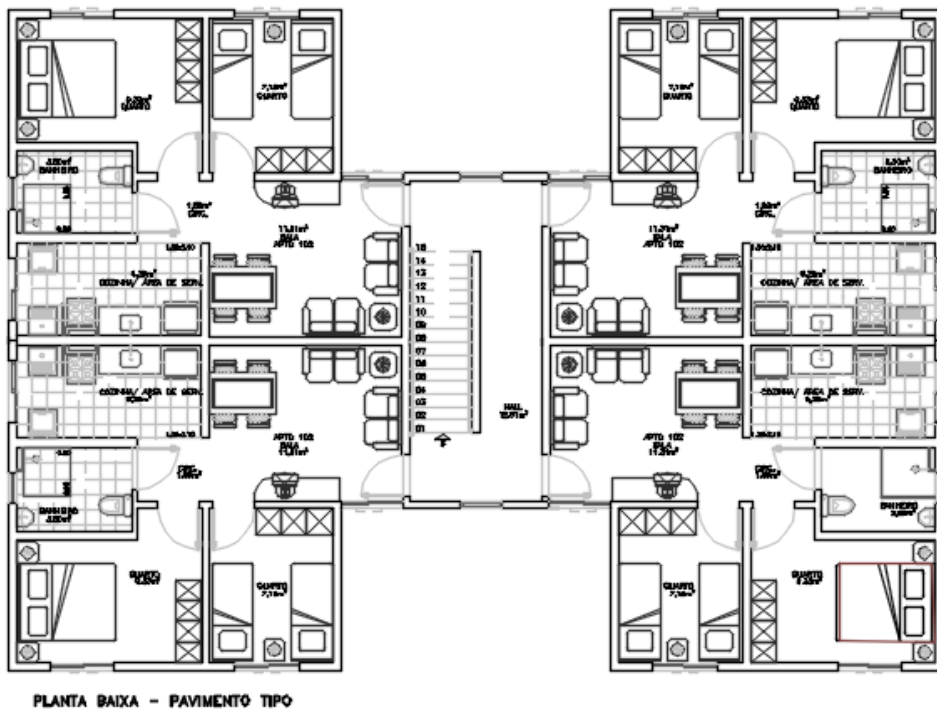


Figura 5.4 – Planta do pavimento tipo do Empreendimento B.

5.2

Características dos sistemas construtivos

5.2.1

Paredes de concreto armado moldadas *in loco*

O sistema construtivo consiste na moldagem *in loco* de elemento estrutural e de vedação, na mesma etapa. No processo “as vedações de concreto armado, que possuem também função estrutural, são moldadas *in loco* utilizando forma dupla e podem incorporar, durante o processo de produção, parte das instalações dos sistemas prediais e esquadrias” (SACHT, 2008, p. 51).

O subsistema de formas responde “pela geometria das estruturas de concreto e a qualidade de sua execução tais como o prumo, o nível, o esquadro e o alinhamento das paredes” (CBIC, 2011, p. 15). A montagem dos painéis admite desníveis mínimos quanto ao dimensionamento, já que após a desenforma as paredes estão aptas a receber acabamento, ou apenas um revestimento de pequena espessura. As formas podem ser de madeira, metálicas ou plásticas, sendo que, atualmente, as metálicas são as mais usadas, devido a sua durabilidade e precisão. Compõe, ainda, o conjunto de formas peças soltas, como passadores, cunhas e amarradores. Normalmente, em tipologias térreas e multipiso de até cinco pavimentos, o radier é usado como fundação ajudando no nivelamento das formas.

As paredes e lajes recebem armaduras com telas metálicas eletrossoldadas posicionadas no eixo das seções e as paredes recebem ainda reforços de telas ou barras nas bordas e nos vãos de portas e janelas. São usados espaçadores tanto na horizontal quanto na vertical para garantia do alinhamento da tela e do cobrimento de concreto definido em projeto. O concreto pode ser comum ou auto adensável e deve apresentar boa resistência inicial (a desenforma é realizada em poucas horas), boa trabalhabilidade com alta fluidez e baixa retração.

A fixação das esquadrias é realizada diretamente no concreto, antes ou depois da concretagem. As esquadrias podem ser de madeira ou metálicas e, em qualquer caso, a estrutura deve resistir às solicitações da concretagem por meio de sua rigidez ou de contraventamentos removíveis posteriormente (Manual Técnico para Implementação - Habitação 1.0 ®, ABCP, 2002, p. 47).

A colocação dos eletrodutos, das caixas elétricas e das tubulações hidrossanitárias é feita de acordo com o projeto, antes do lançamento da concretagem. A disposição das instalações hidrossanitárias demanda especial atenção para a espessura mínima da parede (10 cm). As instalações com tubos de diâmetro acima de 40 mm não são embutidas nas paredes, mas sim alojadas em shafts. Para a tubulação horizontal há ainda limite no comprimento do tubo. O sistema está representado na Figura 5.5.



Figura 5.5 – Execução simultânea dos serviços.

De acordo com Sacht (2008, p. 52), a Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais, COHAB – MG foi a primeira a ter um registro da utilização de um processo equivalente no Brasil. Em 1979, a COHAB – MG promoveu a construção de 46 unidades habitacionais no Conjunto Habitacional Carreira Comprida, em Santa Luzia – MG. Foram empregados na construção formas metálicas e concreto celular. Em 1980, a COHAB – MG utilizou o sistema na construção do Conjunto Habitacional Dr. Pedro Afonso Junqueira em Poços de Caldas – MG. Na ocasião as paredes não eram armadas e foi utilizado concreto convencional.

Nos anos 80 esse sistema também foi utilizado para a construção de habitações de interesse social nas cidades de Natal (RN) e Manaus (AM) (ABCP, 2002 *apud* SACHT, 2008, p. 53). Era uma época de grandes incentivos por parte do governo para a construção de obras públicas e residenciais – período dos

melhores resultados do BNH, conforme visto no capítulo 2.2 – que exigia que as obras fossem entregues o mais rápido possível.

No início da década de 90 novamente foram construídos edifícios de múltiplos pavimentos utilizando esse sistema em Manaus – AM, devido à escassez de componentes de alvenaria de boa qualidade no local (SACHT, 2008, p. 53).

A preferência brasileira pela alvenaria de blocos resultou na baixa demanda pelo produto. A técnica seguiu sendo utilizada por poucas construtoras no Brasil, em pequena escala e com procedimentos próprios (CORSINI, 2011). A tecnologia voltou a ganhar expressão com o crescimento do mercado imobiliário brasileiro especialmente desde o lançamento do PMCMV em 2007.

O produto inovador, ou uma inovação tecnológica, é entendido como um produto que ainda não possui normas técnicas que especifiquem suas características ou que definam procedimentos de projeto e execução (ANTAC, 2015, p. 5). E, sem a referência técnica, nenhum sistema construtivo obtém financiamentos ou participa de programas habitacionais públicos.

Sendo assim, os procedimentos precisavam ser aprovados por órgãos certificadores. Para isso, era acionado o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)¹³, do Ministério das Cidades. O SINAT é proposto para suprir, provisoriamente, lacunas da normalização técnica prescritiva, ou seja, para avaliar produtos não abrangidos por normas técnicas prescritivas. Órgãos avaliadores credenciados pelo Sistema analisam o método construtivo e, se aprovado, concedem um Documento de Avaliação Técnica (DATec). Os certificados são direcionados à empresa detentora do sistema e por vezes limitam a quantidade de unidades a serem produzidas.

Como orientação às empresas, o SINAT publicou, em julho de 2009, a Diretriz nº 001 – Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local, que inclui os requisitos e critérios de desempenho, bem como métodos de avaliação a serem adotados na avaliação técnica. Dentre os métodos de avaliação do produto destacamos os de avaliação de

¹³O Sistema Nacional de Avaliação Técnica é uma iniciativa de mobilização da comunidade técnica nacional para dar suporte à operacionalização de um conjunto de procedimentos reconhecido por toda a cadeia produtiva da construção civil, com o objetivo de avaliar novos produtos utilizados nos processos de construção, não abrangidos por normas técnicas prescritivas.

desempenho térmico, acústico e lumínico. Entre julho de 2009 e setembro de 2015 foram emitidos os seguintes DATec's, referentes a Diretriz nº 001 (Fonte: http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php):

- › DATec nº 001-A – Sistema Construtivo Sergus com Fôrmas tipo Banche, emitido em julho de 2009 (001) e setembro de 2011 (001-A) (Prazo de validade vencido).
- › DATec nº 002 – Sistema Construtivo SULBRASIL em Paredes de Concreto Armado Moldadas no Local, emitido em dezembro de 2010 (Prazo de validade vencido).
- › DATec nº 004 – Sistema Construtivo TENDA em Paredes de Concreto Armado Moldadas no Local, emitido em fevereiro de 2011 (Prazo de validade vencido).
- › DATec nº 005-B - Paredes maciças moldadas no local de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster - HOBRAZIL (Prazo de validade vencido)
- › DATec nº 006-A – Sistema construtivo TECNOMETTA em Paredes de Concreto Leve armado moldadas no local, emitido em setembro de 2011 (Documento suspenso).
- › DATec nº 010 – Sistema construtivo BAIRRO NOVO em paredes de concreto armado moldadas no local, emitido em março de 2012 (Prazo de validade vencido).
- › DATec nº 011 – Sistema construtivo CARRILHO em paredes de concreto armado moldadas no local, emitido em maio 2012 (Prazo de validade vencido).
- › DATec nº 026 – Paredes estruturais TECNOMETTA de concreto leve armado moldadas no local, emitida em setembro de 2015 (Prazo de validade vencido).

Com a força produtiva intensa, a emissão de seguidas diretrizes para avaliação técnica de um mesmo método construtivo e a comparação com outros sistemas estruturais, a necessidade de um referencial técnico predominou e fez entrar em vigor em maio de 2012 a NBR 16055:2012 (Parede de concreto moldada *in loco* para a construção de edificações – Requisitos Procedimentos). A norma trata tanto dos procedimentos construtivos quanto do dimensionamento e não limita qualquer geometria, seja em planta ou altura. Com a norma, desde que

seguido o indicado, não há necessidade da aprovação de um sistema próprio no SINAT.

Com a normatização o projeto estrutural ganha grande valor, com várias definições a serem seguidas (Corsini, 2011):

Características de projeto:

- › Concretagem simultânea de paredes e lajes (ou com especificação de ligação armada entre elas).
- › Uso de concreto comum ou autoadensável, com densidade normal de 2,0 tf/m³ a 2,8 tf/m³, com resistência característica à compressão aos 28 dias entre 20 MPa e 40 MPa.
- › Uso de telas soldadas distribuídas em toda a parede, com armaduras mínimas indicadas na norma.
- › A espessura mínima das paredes com altura de até 3 m deve ser de 10 cm. Permite-se espessura de 8 cm apenas nas paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser 1/30 do menor valor entre a altura e metade do comprimento equivalente da parede.
- › Para paredes de até 15 cm, pode-se utilizar uma tela centrada. Paredes com mais de 15 cm, assim como qualquer parede sujeita a esforços horizontais ou momentos fletores aplicados, devem ser armadas com duas telas.
- › A especificação do concreto para esse sistema construtivo deve estabelecer:
 - a) resistência à compressão para desenhos compatível com o ciclo de concretagem;
 - b) resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
 - c) classe de agressividade do local de implantação da estrutura conforme a NBR 12.655;
 - d) trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) ou pelo espalhamento do concreto (NBR 15.823-2).
- › O espaçamento máximo das juntas de controle deve ser determinado com dados de ensaios específicos (na falta desses ensaios, adotar o distanciamento máximo de 8 m entre juntas para paredes internas e 6 m para paredes externas).
- › Em face da dilatação da última laje, deve ser prevista uma junta de controle imediatamente sob essa laje.
- › Não se admitem tubulações horizontais, a não ser trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m (desde que este trecho seja considerado não estrutural). Não são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes.
- › Os projetos de fôrma, escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e os projetos de instalações devem ser validados pelo projetista de estrutura.
- › O modelo de análise estrutural de edifícios de paredes com vigas de fundação ou de transição deve considerar a flexibilidade relativa entre paredes e vigas.

De acordo com Corsini (2011) a norma também trata de pontos específicos que divergem de sistemas convencionais de construção e passam a ser importantes no dimensionamento e no processo construtivo da estrutura. Devido à característica tridimensional da parede de concreto as retrações e tensões ocorrem em cantos diferentes do que uma estrutura de pilar e viga, onde há uma série de vazios para acomodar as retrações. Também o concreto nas paredes moldadas *in*

loco tem características plásticas distintas do utilizado em vigas e pilares e, embora sendo ideal o uso do concreto autoadensável, a norma não limita a esse tipo.

O sistema é atraente, principalmente, por permitir a construção de um grande número de unidades em espaço reduzido de tempo (Figura 5.6). Porém, devido ao alto custo do subsistema de formas, a utilização do sistema é mais viável para empreendimentos de grande porte.

Em processos racionalizados é necessário manter o foco na logística, planejamento e controle da produção, devido aos ciclos de produção pré-estabelecidos e para o cumprimento de prazos (CBIC, 2011, p.13). A redução das etapas de serviço é responsável pela alta velocidade de construção e por proporcionar uma otimização do processo e diminuição do desperdício (Figura 5.7). Outras vantagens podem ser enumeradas:

- 1) baixa utilização de mão de obra. Com uma equipe de 20 homens, em apenas um dia, pode ser montada toda a estrutura das formas, malhas de ferro, elétrica, hidráulica, aberturas, além da concretagem de duas unidades habitacionais;
- 2) a parede é feita na sua espessura final e praticamente acabada, eliminando-se revestimento, somente a aplicação de textura já pode fornecer um bom acabamento final;
- 3) a execução simultânea de instalações elétricas e hidrossanitárias dispensa a necessidade de cortes posteriores nas paredes;
- 4) a diminuição do desperdício decorrente da racionalização e reutilização dos materiais contribui para melhorar os índices de desempenho ambiental.
- 5) por ser mono portátil, não há a necessidade de guias ou guindastes, reduzindo custos com equipamentos.



Figura 5.6 – Velocidade de construção (2680 unidades em um ano).



Figura 5.7 – Eliminação da camada de revestimento interna e externa.

Como desvantagens destacam-se:

- 1) o custo elevado para aquisição das formas geralmente impede a utilização do método construtivo em empreendimentos de médio e pequeno porte;
- 2) a inflexibilidade do sistema para o usuário, pois não podem ser realizadas modificações na construção, impedindo a ampliação de cômodos ou a modificação do posicionamento da instalação.

As principais patologias encontradas são:

- a) má gestão das formas de alumínio como falta de limpeza dos painéis após cada concretagem e perda de peças que comprometem a sequência de montagem, resultando em uma péssima aparência final do concreto;
- b) descolamento de revestimento cerâmico;

- c) o uso inadequado do desmoldante dificulta a hidratação do concreto e a aderência de revestimentos;
- d) fissuras a 45° e 90° causadas pela falta ou insuficiência de barras ou tela metálica de reforço nos vãos de portas e janelas ou projeto com quantidade incorreta de reforços.

A reutilização das formas está relacionada ao cuidado com o uso e a manutenção dispensada às peças do sistema podendo ir de 1.000 a 2.000 usos, com recomendação de retificação das formas a cada 250 usos, de acordo com alguns fabricantes do produto (FORSA, SH FORMAS, MILLS, SF SISTEMA).

O sistema construtivo da amostra resulta em paredes estruturais maciças de concreto, com espessura de 10 cm, armadas com telas metálicas eletrossoldadas (malha de 10 cm x 10 cm e diâmetro de 4,2 mm) posicionadas no centro das paredes e reforços de telas ou barras nas bordas e nos vãos de portas e janelas. As lajes são maciças, de concreto armado, com 10 cm de espessura. O processo adota formas metálicas de alumínio, reaproveitáveis, com peso aproximado de 20 kg/m² e resistência a pressão de aproximadamente 47 kN/m², projetadas para metade de um pavimento tipo (duas unidades habitacionais), considerando um dia de trabalho para o ciclo de produção (montagem de formas, armaduras, instalações e concretagem).

5.2.2

Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes são utilizadas, simultaneamente, como elementos de vedação e como elementos resistentes às cargas verticais de peso próprio e de ocupação e às cargas horizontais de vento (Universidade Corporativa Caixa).

O segundo sistema escolhido trata de uma das soluções mais antigas utilizadas na construção. Guiada pelo conhecimento empírico, a alvenaria estrutural esteve presente por milênios, fazendo uso dos mais variados tipos de blocos para a vedação e combinação de formas. Dos tijolos de barro seco ao sol à alvenaria de pedra, o material construtivo limitava o sistema estrutural fazendo com que as estruturas funcionassem basicamente à compressão absorvendo as solicitações horizontais devido ao peso próprio e de ocupação e às cargas horizontais devidas ao vento, por meio de contrafortes e arcobotante.

(MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 1 e 2). Elementos como cúpula, viga, pórtico, abóbada e o arco proporcionaram a verticalidade e a horizontalidade, maiores vãos internos, nas construções. Um dos exemplos mais expressivo do uso da alvenaria estrutural são as catedrais construídas na Idade Média, obras que até hoje impressionam pelo estado de conservação, qualidade e durabilidade (MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 1 e 2).

O sistema manteve-se em bases empíricas até o final do século XIX, dificultando a racionalização do processo executivo e limitando a organização espacial, tornando o processo lento e de custo elevado. Exemplo marcante tornou-se o edifício Monadnock, erguido entre 1889/1891 na cidade de Chicago (EUA), com 16 pavimentos, 65 metros de altura e paredes com 1,80 m de espessura no primeiro pavimento (MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 3).

No final do século XIX, com o advento do concreto armado, a alvenaria estrutural deixou de se apresentar atrativa do ponto de vista técnico e financeiro. A espessura das paredes e o tempo de produção, comparados as novas técnicas, desestimularam o uso da alvenaria estrutural. “O aparecimento do aço e do concreto tornou as obras mais versáteis em termos de produção, esbeltez e, principalmente, obtenção de grandes vãos, garantindo a chamada busca pela liberdade arquitetônica” (MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 3). Pode-se dizer que a Revolução Industrial contribuiu para do ciclo da alvenaria estrutural como método construtivo mais empregado desde a Antiguidade.

Esse quadro começou a ser revertido na década de 50, com os estudos realizados pelo professor Paul Haller na Suíça, devido à escassez de concreto e aço proporcionada pela Segunda Guerra Mundial. Haller conduziu uma série de testes em paredes de alvenaria culminando com o projeto de um prédio de 18 pavimentos, com espessuras de parede que variavam entre 30 e 38 cm. Novas pesquisas e novos métodos de cálculo causaram uma revolução no processo construtivo dando início a versão moderna do processo utilizado no passado.

Durante as décadas de 1960 e 1970 os estudos se concentraram na avaliação de efeitos causados por danos acidentais, devido a problemas verificados de colapsos progressivos em construções desse período. Os professores A. W. Hendry e B. P. Sinha da Universidade de Edimburgo, na Escócia, desenvolveram extensivo projeto de pesquisa que consistia num estudo sistemático dos perigos de explosão de gás e outros acidentes, que pudessem levar

à retirada abrupta de um elemento estrutural, mediante testes em escala real de prédios de alvenaria de 5 pavimentos (HENDRY, 1981 *apud* MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 5).

No Brasil, até o início do século XX, o emprego de paredes resistentes de alvenaria na estrutura suporte de edifícios era o mais utilizável, seguro e durável material estrutural e único aceito na estruturação de edificações de grande porte (SABBATINI, 2002, p. 5). O Teatro Municipal de São Paulo, inaugurado em 1911, é destaque da produção estruturada em alvenaria resistente.

Mas, foi no final da década de 60 que a alvenaria estrutural surgiu no Brasil como uma técnica de construção, por meio de uma produção que refletia uma arquitetura simples, com blocos de 4 pavimentos.

A construção em 1966 do Conjunto Habitacional Central Park Lapa, em São Paulo (SP), foi o marco inicial do emprego do bloco de concreto em alvenarias estruturais armadas no Brasil, com blocos de 4 pavimentos e paredes de espessura de 19 cm. Em 1972 foi construído no mesmo conjunto habitacional 4 prédios de 12 pavimentos cada, em alvenaria armada (MOHAMAD e RIZZATTI, 2013, p. 7).

Outros exemplos pioneiros foram:

- › 1970 – Edifício Muriti construído em São José dos Campos (SP), com 16 andares, em alvenaria armada de blocos de concreto.
- › 1977 – Edifício Jardim Prudência, pioneiro em alvenaria não-armada, construído em São Paulo (SP), com 9 pavimentos em blocos de concreto sílico-calcário, com paredes de 24 cm de espessura.
- › Década de 1990 – Edifício Solar dos Alcântaras, construído em São Paulo (SP), com 18 pavimentos em alvenaria armada, com blocos de concreto de 14 cm de espessura.

Mais uma vez o investimento promovido pelo BNH em moradias populares serviu para justificar o impulso tomado pela construção, neste caso com blocos de concreto, consolidado na década de 80 com o conjunto de normas técnicas oficiais para o sistema.

O setor ceramista não ficou alheio as novas demandas do mercado e algumas empresas brasileiras de cerâmica, notadamente no Sul, passaram a produzir blocos cerâmicos com dimensões modulares e furos na vertical que proporcionassem a passagem de instalações elétricas sem os rasgos comumente

feitos em obras. Em 1982, o setor firmou um convênio de assistência técnica com a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo e com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), para elaboração do texto para a normatização.

Sendo, atualmente, as principais normas para alvenaria estrutural:

- NBR 15961:2011– Alvenaria Estrutura – Blocos de concreto
 - NBR 15961-1:2011 – Parte: Projeto
 - NBR 15961-2:2011 – Parte 2: Execução e controle de obras
- NBR 6136/2006 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos
- NBR 10837:1998 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
- NBR 15270-2:2005 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e Requisitos
- NBR 15812:2010 – Alvenaria Estrutural – Blocos cerâmicos
 - NBR 15812-1:2010 – Parte 1: Projetos
 - NBR 15812-2:2010 – Parte : Execução e controle de obras

Com o lançamento do PMCMV em 2007, o interesse em alvenaria estrutural voltou a aumentar significativamente. O sucesso do processo em programas habitacionais deve-se, principalmente, ao melhor custo e a agilidade na execução, imprescindíveis em empreendimentos habitacionais de baixa renda.

A alvenaria é um componente rígido que ganha forma na obra, por meio da ligação de tijolos ou blocos por meio de juntas de argamassa. A alvenaria estrutural difere da tradicional por vir acompanhada de cálculo estrutural com fundamentação técnico – científica, tornando-se um processo construtivo racional (SABBATINI, 2002, p. 5).

Quanto ao processo construtivo as alvenarias estruturais podem ser classificadas em:

› Alvenaria estrutural não armada: emprega paredes de alvenaria suporte sem armação. Neste caso os reforços metálicos (barras, fios e telas) ocorrem apenas por necessidade construtiva em cintas, vergas, contravergas, na armação entre paredes e nas juntas horizontais com a finalidade de evitar fissuras localizadas.

- › Alvenaria estrutural armada: emprega paredes de alvenaria suporte com armadura passiva de aço. Caracterizam-se por terem os vazados dos blocos preenchidos com graute (um micro-concreto de grande fluidez) envolvendo barras e fios de aço.
- › Alvenaria estrutural parcialmente armada: emprega paredes de alvenaria suporte sem armação e com armação. Neste caso, a alvenaria estrutural é calculada como a não armada, porém, quando no dimensionamento surgem trechos da estrutura com solicitações que provoquem tensões acima das admissíveis, estes trechos são dimensionados como alvenaria armada (SABBATINI, 2012, p. 9).
- › Alvenaria estrutural protendida: emprega paredes de alvenaria suporte com armadura ativa (pré-tensionada).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo modular, onde a unidade básica modular é o bloco. Cabe ao projetista conhecer as diferentes famílias de blocos antes de definir a coordenação dimensional do projeto arquitetônico.

Num projeto em alvenaria estrutural a modulação ideal é aquela em que o módulo é igual à espessura da parede (unidade modular), não sendo necessária a criação de blocos especiais para ajustes das amarrações entre as paredes estruturais (MOHAMAD, RIZZATTI, 2013, p. 17).

A coordenação modular deve considerar as duas direções, vertical e horizontal, e deve ser compatibilizada com os vãos de portas e janelas (Figura 5.8). No traçado do projeto é fundamental, ainda, a observação da dimensão nominal do bloco – dimensão real mais a espessura da junta de assentamento. Qualquer ajuste posterior em obra prejudica a racionalização do processo, responsável pela velocidade da obra, e certamente incorrerá em custos adicionais.

Quanto ao material aplicado nos blocos usados em alvenaria estrutural, existem hoje, no Brasil, blocos cerâmicos, de concreto e silico-calcáreos. Os blocos para serem empregados em alvenaria estrutural devem atender as normas pertinentes e ser produzidos em uma planta industrial que garanta uma produção com adequado grau de uniformidade por meio do controle tecnológico contínuo, uma vez que são os principais responsáveis pela definição das características de resistência da estrutura. Os blocos respondem ainda pelo desempenho térmico e acústico das vedações verticais.

Compõe ainda o sistema construtivo a argamassa e o graute. A seguir a definição de cada componente, segundo Sabbatini (2002, p. 16, 17 e 18):

A argamassa de assentamento dos blocos deve promover uma adequada aderência entre blocos e auxiliar na dissipação de tensões, de modo a que sejam evitadas fissuras na interface bloco-argamassa e a garantir o desempenho estrutural e a durabilidade esperadas da parede de alvenaria.

O graute é um micro-concreto de grande fluidez usado para preenchimento dos vazados verticais que tem a função de: permitir que a armadura trabalhe conjuntamente com a alvenaria, quando solicitada; aumentar localizadamente a resistência à compressão da parede e impedir a corrosão da armadura.

Os componentes metálicos para reforço e distribuição de tensões complementam o sistema construtivo. A utilização dos componentes metálicos com função de reforço ocorre em todos os casos de alvenaria estrutural para ligações entre paredes, reforço de cintas, vergas, contravergas e coxins e como armadura de dissipação e distribuição de tensões. Em alvenarias estruturais armadas e parcialmente armadas os componentes metálicos atuam como armadura passiva de segurança contra a ruptura frágil (de modo a evitar o colapso catastrófico, sem aviso) (SABBATINI, 2012, p. 18).



Figura 5.8 – Colocação da 1ª fiada e pavimento aguardando laje.



Figura 5.9 – Içamento de lajes e alvenaria pronta para receber revestimento.

A qualidade da alvenaria estrutural depende da união do conhecimento estrutural, materiais de qualidade e processo adequado de construção (Universidade Corporativa Caixa). O conhecimento sobre comportamento da alvenaria estrutural está consolidado num compêndio de publicações e normas. Quanto aos materiais e aos processos de construção, os programas de qualidade e produtividade do setor da construção ajudam a monitorar e melhorar esses indicadores.

Porém, segundo Rizzatti *et al.* (2013, p. 40), a qualidade global de um sistema depende da aplicação conjugada dos princípios de construtibilidade e de desempenho durante a sua vida útil e, sendo a vida útil do edifício muito superior ao período de construção, as primeiras definições do projeto devem recair sobre as especificações de desempenho, para depois serem analisadas à luz do conceito de eficácia na execução.

Na fase de concepção de um projeto em alvenaria estrutural deve-se buscar a maximização de suas potencialidades, agregando eficiência por meio do emprego de todos os recursos técnicos possíveis (RIZZATTI *et al.*, 2013, p. 40).

Um dos princípios fundamentais do sistema construtivo em alvenaria estrutural é a indispensável interligação entre os vários projetos complementares, para que um não interfira nos outros, o que reverteria em prejuízo para o produto final. A ação da racionalização na fase de execução dos empreendimentos torna-se efetiva quando for aplicada coerentemente com um projeto desenvolvido segundo os mesmos princípios (Universidade Corporativa Caixa).

A principal vantagem da alvenaria estrutural é econômica. A economia no custo da obra é determinada pela racionalização do processo com a redução do consumo de materiais de construção e de resíduos de obra e a diminuição no tempo da construção (Figura 5.9).

Outras vantagens podem ser enumeradas:

- › simplificação das instalações, evitando rasgos nas paredes;
- › menor custo com revestimentos;
- › facilidade de encontrar ou de treinar mão de obra qualificada;
- › facilidade maior de detalhamento de projetos devido à modulação;
- › menor diversidade de materiais e mão de obra;
- › facilidade de coordenação e controle da obra;

- › flexibilidade arquitetônica pelas pequenas dimensões do bloco.

Como desvantagem a alvenaria estrutural apresenta:

- › restrições de possibilidades de mudanças não planejadas;
- › dificuldade de improvisações;
- › limitação de grandes vãos e balanços.

Para o empreendimento em análise, será utilizado o bloco estrutural cerâmico com 14 cm de espessura e 15 ou 18 MPa. A laje entrepisos e de cobertura será de concreto maciço, com 10 cm, concretada em pista apropriada no solo e içada após a cura adequada.

5.3

Condições de exposição

A RMRJ tem em sua extensão quatro Zonas Bioclimáticas. A área de implantação dos empreendimentos fica localizada na zona bioclimática 5, caracterizada pelo clima tropical com diminuição de chuvas no inverno e verões chuvosos com temperaturas altas. Para essa zona a NBR 15220-3:2015 recomenda a adoção das seguintes estratégias de condicionamento térmico passivo:

- › adoção de paredes pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido;
- › desumidificação dos ambientes obtida por meio da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes;
- › 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;
- › ventilação cruzada obtida com a circulação do ar pelos ambientes da edificação. Neste caso, deve-se atentar para os ventos predominantes da região para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Fevereiro é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 26,8 °C. A temperatura média em Julho é de 20,4 °C, a mais baixa durante o ano. Julho

é também o mês mais seco, com 42 mm de precipitação. A maioria da precipitação cai em janeiro, com uma média de 199 mm.

A região é caracterizada pela baixa densidade ocupacional, constituída de residências unifamiliares intercaladas com áreas de campo e pastagem, distante aproximadamente 15 km do centro urbano. O Empreendimento A está localizado ao longo de um curso d'água em terreno plano enquanto o Empreendimento B está implantado em terreno com aclive acentuado. Ambos estão cercados ao sul por Maciço com altitude em torno de 900 m.

Os empreendimentos estão localizados em rodovia Estadual com pavimentação simples. A via é caracterizada como arterial¹⁴, com ocorrência de tráfego pesado e alto nível de fluidez. A via encontra-se em estado regular, porém com sinalização deficiente. De acordo como plano diretor do Município há previsão de qualificação e ampliação deste eixo viário.

A definição da classe de ruído dá-se por meio da observação do entorno identificando a distância às áreas de ruído e a sua intensidade. Para definição da classe de ruído considerou-se o ruído de trânsito como predominante. A área dos empreendimentos corresponde à classe de ruído III, determinada segundo a Tabela 3, da NBR 15575-4:2013, em relação à área de construção.

5.4

Avaliação dos sistemas escolhidos a partir de critérios e metodologias da NBR 15575:2013

Para a avaliação dos sistemas escolhidos buscou-se na norma orientações para o tratamento dos critérios de desempenho térmico, acústico e lumínico ainda na fase de projeto. O assunto foi abordado nas Partes 1, 3, 4 e 5 da norma.

Além da norma de desempenho, foram apreciadas nesta análise publicações da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC e da Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, que visam auxiliar no entendimento da norma e sua metodologia.

¹⁴Via Urbana Arterial – caracterizada por interseções em nível, geralmente controladas por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade. (LEI Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997, Código de Trânsito Brasileiro, Anexo 1)

O primeiro conjunto de publicações foi distribuído pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, um representante político do setor que promove a integração da cadeia produtiva da construção em âmbito nacional e representa internacionalmente a indústria brasileira da construção. A primeira publicação da CBIC – Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à ABNT NBR 15575/2013 – foi apresentada em paralelo a divulgação da norma com o objetivo de “colocar à disposição de consumidores e produtores de habitações um guia prático que funcionará como leitura complementar à norma” (CBIC, 2013b, p. 7).

O guia contém o resumo dos diferentes critérios de desempenho, exemplos de disposições construtivas que atendam às exigências específicas e outras informações. O guia apresenta ainda dados técnicos/relação de produtos para os quais já foi realizada caracterização tecnológica (desempenho mecânico, isolamento acústica e outros) e relação de universidades, institutos, empresas de serviços tecnológicos e laboratórios de ensaios com capacitação técnica e operacional para realizar análises previstas no referido conjunto normativo.

Em 2015 a CBIC divulgou um compêndio com respostas às perguntas formuladas ao WebForum CBIC, entre Fevereiro/2014 e Fevereiro/2015, além de outras dúvidas apresentadas em diferentes ocasiões por técnicos de empresas construtoras e entidades filiados à CBIC. Como contribuição ao meio técnico, a segunda parte da publicação apresenta modelos de listas de verificações para orientação ao desenvolvimento de projetos, reunindo os principais pontos a serem checados.

Também em 2015, um conjunto de quatro cadernos, com caráter evolutivo, foi disponibilizado pela Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, gestor dos Programas de Habitação de Interesse Social, aos agentes participantes dos programas. O primeiro caderno, “Especificações de desempenho nos empreendimentos de HIS baseadas na NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho”, estabelece especificações compatíveis com a norma, para os empreendimentos que se enquadrem nos programas de Habitação de Interesse Social. O segundo caderno, “Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS”, tem por objetivo orientar e dar subsídios aos proponentes de projetos de empreendimentos, no âmbito de Habitações de Interesse Social, no que diz

respeito ao cumprimento das especificações do Programa. São apresentadas, neste documento, orientações para quem desenvolve empreendimentos, seja o empreendedor, sejam os projetistas, seja a empresa construtora, no atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15575:2013. O terceiro caderno “Orientações ao Agente Financeiro para Recebimento e Análise dos Projetos”, tem por objetivo apoiar o Agente Financeiro que opera na análise da conformidade da proposta às especificações. As informações contidas neste documento devem ser incorporadas aos procedimentos específicos de análise de propostas de cada Agente Financeiro. E o quarto caderno, “Catálogo de Desempenho de Sistemas Convencionais”, tem por objetivo apresentar e orientar a utilização de fichas técnicas para escolha de soluções de sistemas, subsistemas e elementos construtivos que atendam aos requisitos de desempenho estabelecidos na NBR 15575:2013.

Os dados apresentados neste documento resultam de relatórios técnicos cedidos, a pedido do Ministério das Cidades, por empresas, entidades e instituições do setor da Construção Civil, contendo resultados de ensaios e avaliações técnicas. Estes dados foram analisados pelo Comitê Técnico e grupo de especialistas composto para esta finalidade pelo Ministério das Cidades, com relação à metodologia de ensaio, características das amostras e resultados apresentados.

Todos os dados selecionados para compor as fichas deste documento representam o desempenho de amostras de subsistemas e elementos que foram ensaiados segundo as respectivas normas técnicas, conforme prevê a NBR 15575:2013.

5.4.1

Desempenho térmico

A partir da escolha da amostra foram aplicadas as metodologias para avaliação do desempenho térmico. Inicialmente foram determinados os parâmetros de isolamento térmico dos sistemas de fechamento vertical e da cobertura, de acordo com a NBR 15220:2005.

Os valores da transmitância térmica e capacidade térmica, para os sistemas verticais da amostra para o Empreendimento A foram fornecidos pela Tabela D.3

do Anexo D da NBR 15220-3:2005, que apresenta valores pré calculados para os sistemas mais usuais. Para as vedações verticais do Empreendimento B foram adotados os valores fornecidos pelo fabricante de blocos cerâmicos para paredes com características equivalentes.

Para o sistema de cobertura os dados são fornecidos pela Tabela B.3 do Anexo B da NBR 15220-2:2005. Os valores da transmitância térmica e capacidade térmica do Empreendimento A foram retirados do Anexo da Portaria Inmetro nº 50/2013 para sistema equivalente. A avaliação do desempenho da cobertura do Empreendimento B seguiu o roteiro apresentado no Anexo C da NBR 15220-2:2005. A Tabela 5.1 apresenta os resultados dos sistemas amostrais.

Tabela 5.1 – Resultado dos valores de transmitância térmica e capacidade térmica dos sistemas de vedação vertical externa e das coberturas

Descrição	U W/m ² .K		CT kJ/m ² .K		Fonte	
	Projeto	NBR	Projeto	NBR		
Paredes	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,4	≤ 3,7	240	≥ 130	CBIC
	Parede com junta de 1 cm de argamassa, revestimento externo de 2,5 cm (5 mm de chapisco + 2 cm de reboco) e revestimento interno de argamassa de gesso 1 cm.	2,1		147		Fornecedor
Coberturas	Telha de fibrocimento esp. = 6 mm Altura da cumeeira: 0,90 m Espessura da laje: 10 cm	2,06	≤ 2,3	233		Inmetro
	Telha de concreto Altura da cumeeira: 3,00 m Espessura da laje: 10 cm	2,05		264		Cálculo

Como, para o sistema de parede de concreto, não foram atingidos os valores de desempenho mínimo, a edificação deve ser avaliada como um todo, pelo método da simulação computacional. A medição foi efetuada em dois períodos, um no inverno e outro no verão, para unidade localizada no último pavimento com orientação solar norte e oeste para o verão e sul e leste para o inverno.

O clima do local onde serão implantados os Empreendimentos foi representado nas simulações com o arquivo climático com extensão epw, disponibilizado no sítio eletrônico do LabEEE (<www.labeee.ufsc.br>), para uma cidade na mesma zona bioclimática. A Tabela 5.2 apresenta o resumo dos dados.

Os materiais e sistemas construtivos foram levantados nos projetos e memoriais descritivos e suas propriedades foram configuradas com objetos do próprio programa, no caso dos vidros das janelas, informações dos fabricantes para a cobertura e do Inmetro para a vedação externa.

Tabela 5.2 – Dados climáticos utilizados no *EnergyPlus v8.6*

Estação	Temp. Max. °C	Amplitude diária °C	Temp. Bulbo Úmido °C	Pressão Atmosférica Pa	Nebulosidade décimos
Verão	35,8	5,1	19,8	100460	5
Inverno	22,8	11	12,5	102600	5

A variação da temperatura do ar conforme os critérios estabelecidos na NBR-15575 é apresentada na Figura 5.10 e na Figura 5.11, onde são mostrados as curvas de temperatura interna e externa obtidos pela simulação com o *EnergyPlus v8.6*, para o dia de projeto de verão e de inverno. Pode-se observar que a temperatura do ar interna é inferior à temperatura do ar externa, no horário mais quente do dia.

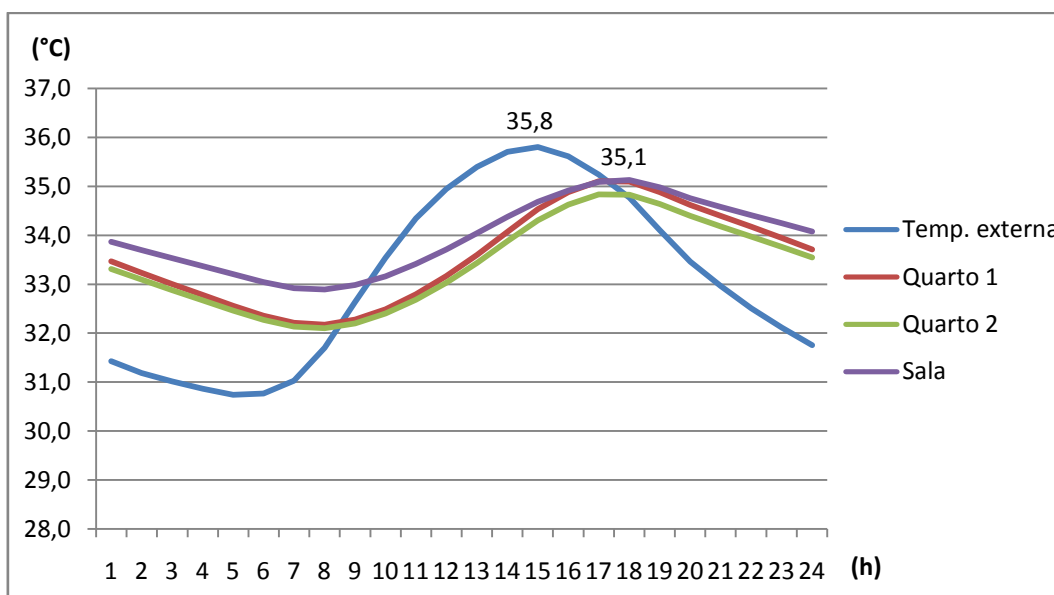


Figura 5.10 – Dia típico de verão.

Porém para o dia típico de inverno observou-se que a temperatura mínima nos quartos não alcançou o desempenho mínimo, sendo a diferença entre a temperatura mínima interna e a temperatura mínima externa menor do que 3 °C.

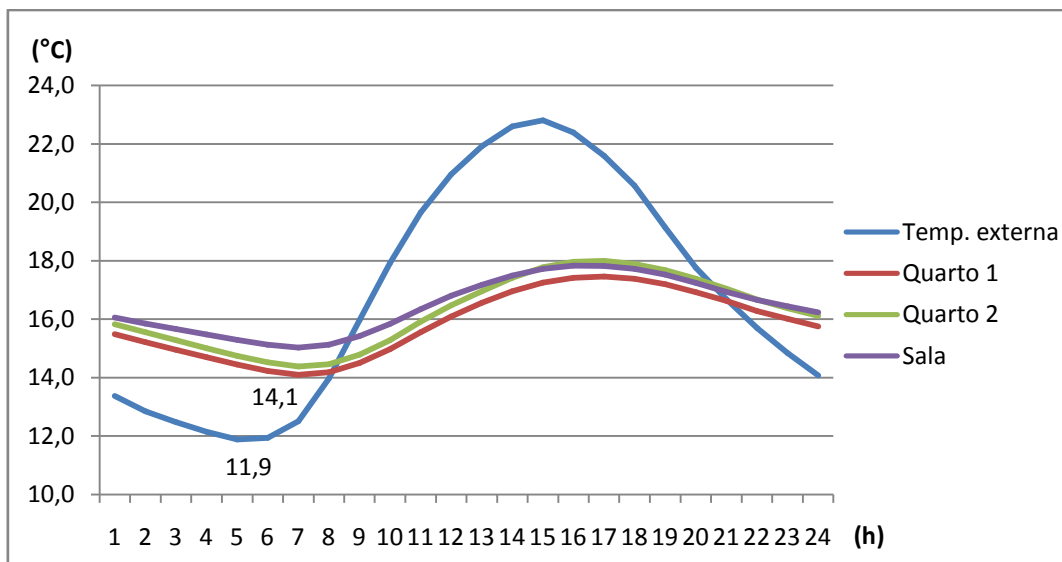


Figura 5.11 – Dia típico de inverno.

Posteriormente, seguiu-se o cálculo das aberturas para ventilação. Apesar das áreas das janelas acatarem as especificações mínimas do programa, a área para ventilação pode apresentar diferentes tamanhos, dependendo do modelo aplicado. Também neste parâmetro, o Empreendimento A ficou aquém do desejado para o desempenho mínimo, o que reforçou a necessidade de um estudo mais aprofundado para o sistema. A Tabela 5.3 apresenta os valores para as aberturas dos vãos. Em ambos os empreendimentos o vão para ventilação das salas é inferior ao previsto pela norma para o desempenho mínimo.

Tabela 5.3 – Aberturas para ventilação dos Empreendimentos A e B

Empreendimento	Área ambiente (m ²)	Dimensão janela (lxh)	Área de ventilação (m ²)	% da área do piso	
				Projeto	NBR
A	sala	0,90 m x 2,60 m h peitoril = 1,20 m	0,54	4,28	≥ 7
	dormitório 1	1,40 m x 1,20 m h peitoril = 1,10 m	0,84	11,29	
	dormitório 2	1,40 m x 1,20 m h peitoril = 1,10 m	0,84	9,74	
B	sala	1,20 m x 1,80 m h peitoril = 0,60 m	0,72	6,37	
	dormitório 1	1,20 m x 1,20 m h peitoril = 1,20 m	0,72	7,72	
	dormitório 2	1,20 m x 1,20 m h peitoril = 1,20 m	0,72	10,07	

NOTA Todas as áreas de ventilação são passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

5.4.2

Desempenho acústico

Para a avaliação do desempenho acústico na fase de projeto devem-se buscar os índices de redução sonora calculados em laboratório para os sistemas e elementos propostos nos memoriais descritivos e nos projetos, para as vedações externas e internas. De acordo com a NBR 15575:2013, cabe aos fabricantes apontarem o desempenho de seus produtos.

No entanto, as propostas apresentadas para análise não devem, por exigência do programa, indicar um único fabricante e sim uma lista com três opções equivalentes. Sendo assim, buscou-se aplicar os dados existentes no mercado para elementos e sistemas equivalentes aos propostos, uma vez que não constavam do memorial descritivo informações sobre os índices de redução sonora dos sistemas.

No momento são poucos os fornecedores que disponibilizam informação sobre o comportamento acústico de seus produtos. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2015, p. 104), construtoras, fabricantes e associações de produtores já realizaram ou vem encomendando ensaios de seus produtos que depois de analisados e tratados deverão compor o portal do Ministério das Cidades que está em construção.

Para determinar o valor do isolamento das paredes externas cegas e paredes internas entre unidades autônomas, os valores de redução sonora foram obtidos da tabela disponibilizada pelo guia orientativo para atendimento à NBR 15575/2013 da CBIC, (2013, p. 162), conforme Tabela 5.5. Porém, para as paredes com aberturas é necessário considerar, além dos valores de redução sonora das esquadrias e das paredes obtidos em laboratório, as respectivas áreas para calcular o isolamento global do conjunto.

Assim tem-se:

$$D_{2m,nT,w} = -10 \log \left(\frac{S_p 10^{-R_p/10} + S_e 10^{-R_e/10}}{S_t} \right) \quad (1)$$

onde

R_e – isolamento da esquadria;

R_p – isolamento da parede;

S_t – área total da parede;

S_e – área da esquadria;

S_p – área da parede.

Os valores de redução sonora para as esquadrias dos dormitórios dos Empreendimentos A e B foram obtidos dos catálogos de desempenho acústico dos fabricantes. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Resultado dos valores de redução sonora para paredes com abertura

Empreendimento A	parede de concreto				Empreendimento B	alvenaria estrutural			
	dormitório 1		dormitório 2			dormitório 1		dormitório 2	
	R_e	19	R_e	19		R_e	19	R_e	19
R_p	45	R_p	45	R_p	42	R_p	42		
S_t	8,06	S_t	6,50	S_t	9,36	S_t	6,24		
S_e	1,68	S_e	1,68	S_e	1,44	S_e	1,44		
S_p	6,38	S_p	4,82	S_p	7,92	S_p	4,80		
$D_{2m,nt,w}$	26	$D_{2m,nt,w}$	25	$D_{2m,nt,w}$	27	$D_{2m,nt,w}$	25		

De acordo com o Caderno de Orientações ao Proponente do Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015b), para se estimar com precisão o valor do isolamento sonoro que o sistema parede-porta de unidades distintas separadas pelo hall deve prover, além de conhecer o comportamento dos elementos envolvidos, é necessário o conhecimento das dimensões e da absorção sonora das superfícies do hall, para a determinação do nível de ruído gerado pela reverberação do som nesse ambiente.

Considerando-se um hall com volume da ordem de $25m^3$, com todas as suas superfícies revestidas apenas com argamassa e paredes com R_p de pelo menos 40 dB, as portas devem ter isolamento sonora, medida em laboratório, maior ou igual a 24 dB (Ministério das Cidades).

Os memoriais descritivos apresentados não especificam proteção acústica para as portas, considerando-se que serão utilizadas portas padrão normal. Uma porta normal apresenta uma redução menor que 20 dB. Neste caso, consideramos os valores indicativos do guia orientativo para atendimento à NBR 15575/2013 da CBIC (2013, p. 166) para porta lisa com núcleo oco, massa superficial de 9 kg/m^2 ,

sem nenhum tratamento nos encontros com o batente resultando em uma redução sonora de 18 dBA.

De acordo com o guia orientativo para atendimento à norma NBR 15575/2013 da CBIC (2013, p. 157), o isolamento ao som aéreo da cobertura é determinado apenas para casas térreas e sobrados. Para edifícios multipisos o cálculo é necessário apenas quando a laje for usada como cobertura e em lugares sujeitos a altos índices de ruído (proximidade de ferrovias, aeroportos, por exemplo). No caso dos empreendimentos em questão, além da cobertura, está prevista laje no último piso.

Para determinar o desempenho da laje entre pisos, calcula-se a isolação com relação ao ruído aéreo e ao ruído de impacto na laje. Para o ruído aéreo, para lajes de concreto armado com espessura de 10 cm em osso, a isolação acústica corresponde a cerca de 45 dB, conforme guia orientativo para atendimento à NBR 15575/2013 da CBIC (2013, p. 167). Esse valor atende ao respectivo critério para pequenos vãos, caso dos empreendimentos estudados, mas a situação pode se inverter para vãos maiores. Tanto no Empreendimento A como no B o revestimento cerâmico foi assentado diretamente sobre a laje, sem contrapiso. Neste caso, não foram obtidas informações seguras sobre o comportamento acústico de sistemas equivalentes, porém podemos inferir que bastaria a laje em osso para atingir o desempenho mínimo.

Na Tabela 5.5 estão relacionados os respectivos valores indicativos do índice de redução sonora R_w para os sistemas e materiais que compõe os Empreendimentos estudados.

Tabela 5.5 – Ruídos aéreos – resultado dos valores indicativos do índice de redução sonora ponderado

	Material / Sistema	Rw (dBA)		Fonte
		Projeto	NBR	
A	Parede externa cega	45	≥ 35	CBIC
	Parede interna entre unidades autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45	45 a 49	CBIC
	Piso separando unidades autônomas em pisos distintos	45	45 a 49	CBIC
B	Parede externa cega	42	≥ 35	CBIC
	Parede interna entre unidades autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	42	45 a 49	CBIC
	Piso separando unidades autônomas em pisos distintos	45	45 a 49	CBIC

Com relação ao ruído de impacto, também não foram encontradas informações sobre o comportamento acústico de sistemas equivalentes aos avaliados, ou seja, laje de concreto com espessura de 10 cm, sem contrapiso e com revestimento cerâmico. A laje de 10 cm sem contrapiso não atende os parâmetros mínimos da norma conforme apresentado na Tabela 5.6. Por se tratar de um fator extremamente importante em edificações multipisos, seria necessário medições em condições equivalentes para validar este requisito.

Tabela 5.6 – Ruídos de impacto – Valores indicativos do índice de pressão sonora de impacto

Material/Sistema	L'nT,w (dB)		Fonte
	Projeto	NBR	
Laje zero espessura 10 cm, sem manta e sem contrapiso	82	66 a 80	CBIC

5.4.3

Desempenho lumínico

Com base nas informações dos memoriais descritivos e projetos de arquitetura foi avaliada a iluminação natural dos objetos de estudo. Como as informações sobre o dimensionamento das esquadrias foram retiradas de projetos aprovados pela municipalidade, infere-se que atendem às condições mínimas de iluminação e ventilação requeridas pela legislação local.

Para verificação dos níveis de iluminamento dos ambientes dos Empreendimentos propostos foi utilizado o aplicativo *VELUX Daylight Visualizer 2*, que permite simular a iluminação natural em um ambiente a partir da latitude, orientação, dia do ano e nebulosidade para a luz difusa ou luz direta. O aplicativo apresenta ainda opção para inserir as informações sobre rugosidade e cor das paredes, tetos e pisos.

Os resultados estão representados numa escala de cores conforme a legenda. Da Figura 5.12 até a Figura 5.15 estão os resultados do Empreendimento A e da Figura 5.16 até a Figura 5.19 os resultados do Empreendimento B

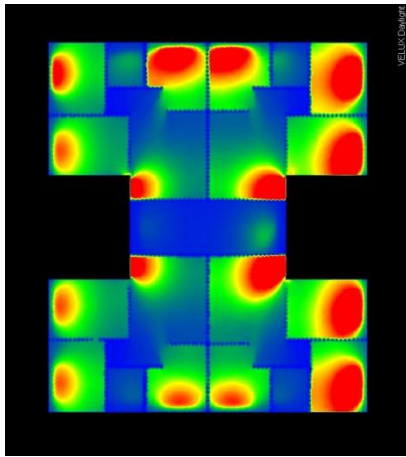


Figura 5.12 – Iluminância Empreendimento A em Abril às 09:30 h.

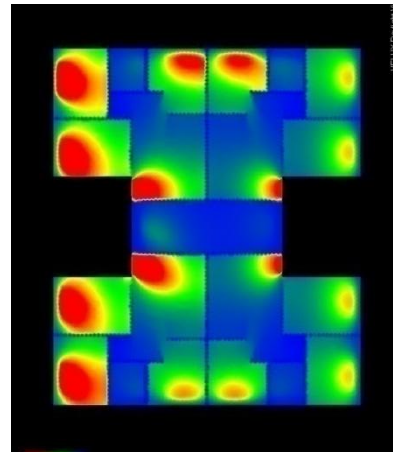


Figura 5.13 – Iluminância Empreendimento A em Abril às 15:30 h.

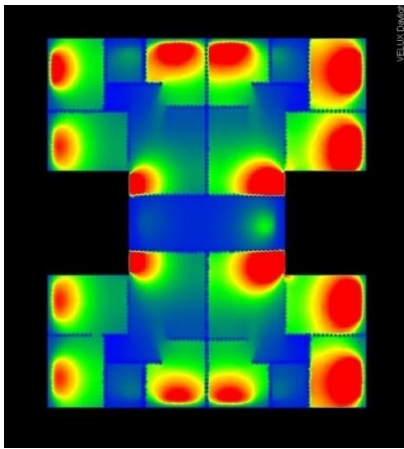


Figura 5.14 – Iluminância Empreendimento A em Outubro às 09:30 h.

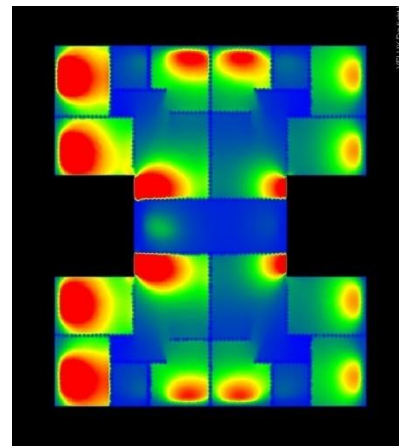


Figura 5.15 – Iluminância Empreendimento A em Outubro às 15:30 h.

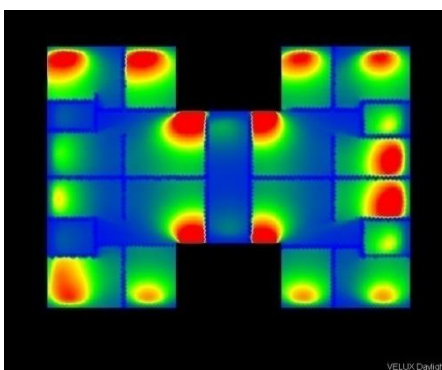


Figura 5.16 – Iluminância Empreendimento B em Abril às 09:30 h.

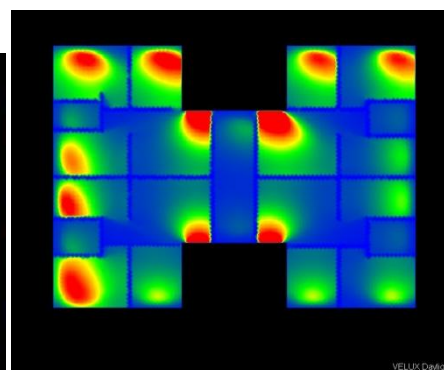


Figura 5.17 – Iluminância Empreendimento B em Abril às 15:30 h.

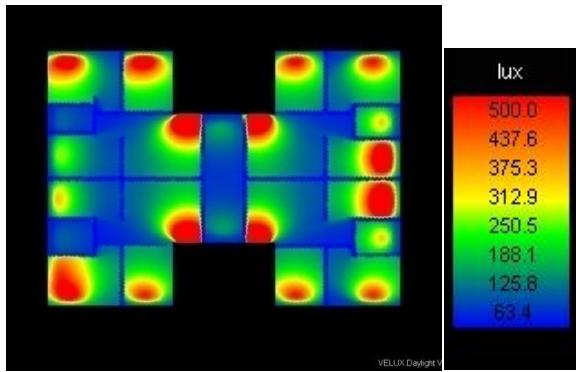


Figura 5.18 – Iluminância Empreendimento B em Outubro às 09:30 h.

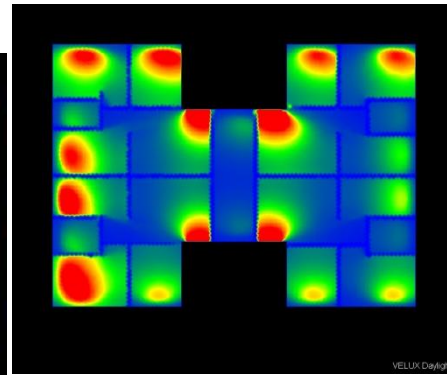


Figura 5.19 – Iluminância Empreendimento B em Outubro às 15:30 h.

Como essa análise está baseada em projeto, o fator de luz diurna foi testado por meio de simulação. O fator de luz diurna não depende da orientação, da hora, do dia ou do ano, pois considera um céu com distribuições constantes e uniformes (céu encoberto). O cálculo depende apenas da latitude e longitude. A avaliação do fator de luz diurna dos casos em estudo está representada na Figura 5.20 e na Figura 5.21. As cores da escala indicam o valor das isolinhas.

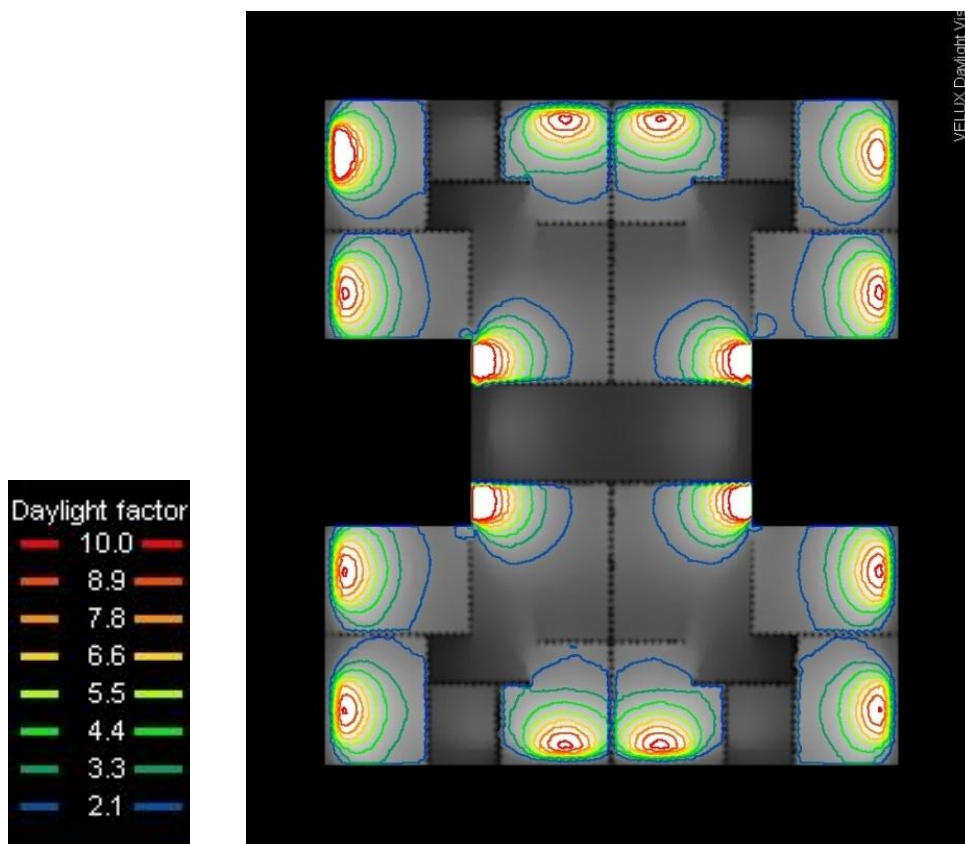


Figura 5.20 – Fator de luz diurna para o Empreendimento 1.

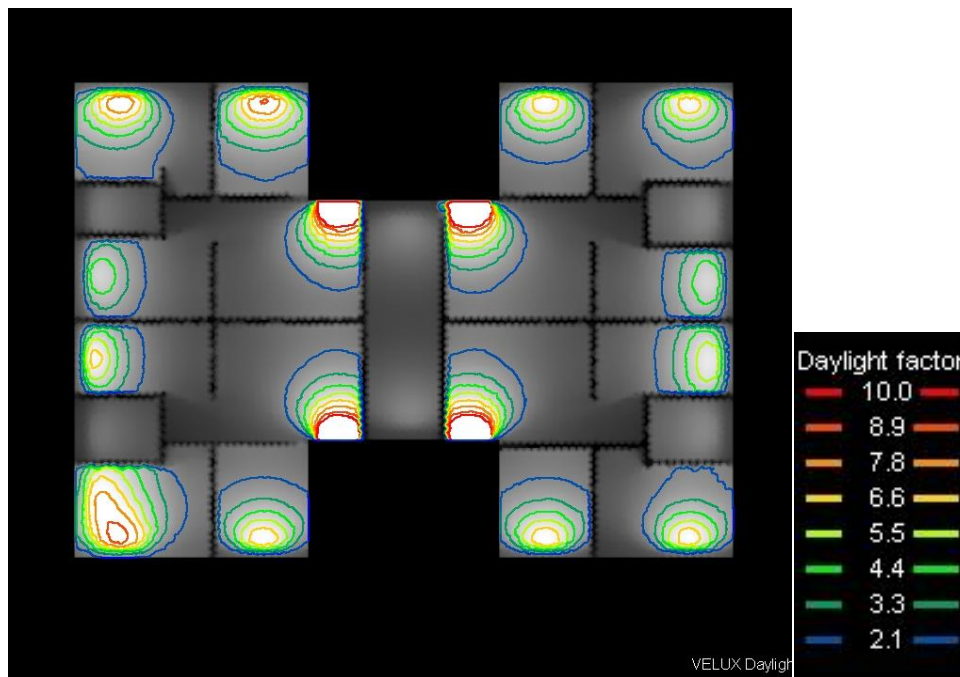


Figura 5.21 – Fator de luz diurna para o Empreendimento 2.

Para verificação da iluminação artificial foi analisado o projeto dos pontos de luz. Os projetos contemplam apenas um ponto de luz no centro de cada ambiente das unidades habitacionais e dois pontos no hall dos andares. O conjunto de especificações mínimas do PMCMV não aponta a quantidade ou potência das lâmpadas, mas recomenda que as áreas comuns sejam contempladas com lâmpadas fluorescentes com Selo Procel ou ENCE nível A no PBE. Sendo assim, a projeção foi realizada para uma lâmpada fluorescente instalada em *plafonier* com soquete (sem difusor). Devido ao tamanho dos ambientes constatou-se que uma única lâmpada instalada em cada cômodo atende a solicitação da norma com relação à iluminância mínima exigida. Verificou-se que a maior potência exigida é para as cozinhas e salas, entre 23 e 25 watts, no mínimo, dependendo do fluxo luminoso, para lâmpadas fluorescentes compactas.

6

Análise dos resultados

6.1

Desempenho térmico

Aplicando o procedimento simplificado previsto na norma, o desempenho térmico das vedações verticais externas e da cobertura do Empreendimento B foi considerado adequado. Cabe lembrar que esse procedimento não considera a existência de aberturas e orientação solar dos ambientes, ponderando apenas sobre as propriedades físicas dos materiais empregados nas vedações externas do sistema analisado.

O desempenho térmico do sistema construtivo utilizado no Empreendimento A foi considerado adequado com relação à solução apresentada para a cobertura, porém as vedações verticais externas apresentaram índice de transmitância térmica acima do prescrito pela norma para o desempenho mínimo, fazendo-se necessária a simulação computacional.

A simulação computacional define os valores de temperatura interna máxima diária para os recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, desconsiderando fontes internas de calor, como ocupantes, lâmpadas e equipamentos em geral. Para as zonas climáticas 2 e 5 a norma não apresenta modelo de dados climáticos além de não indicar o método para definição dos dias típicos de verão e inverno. Sendo assim, fica a cargo do avaliador encontrar dados confiáveis para elaboração da análise e a escolha do dia típico de projeto. Tal subjetividade faz com que a simulação seja resultado da interpretação do avaliador, dificultando determinar um padrão de análise.

No estudo apresentado para o Empreendimento A o sistema construtivo foi considerado adequado nos ambientes de longa permanência das habitações para o dia típico de verão. Para o dia típico de inverno, apenas a sala atendeu o critério de desempenho mínimo. Porém a simulação não considerou a realidade de uso da edificação, pois não foram ponderadas fontes internas de calor e foi aplicada uma

renovação de ar a cada hora, algo que dificilmente ocorre em clima frio onde o morador tende a manter a janela fechada.

Assim, numa comparação entre os dois sistemas construtivos, apesar de a alvenaria estrutural apresentar uma leve vantagem, o sistema de parede de concreto pode chegar ao limite mínimo sem que sejam necessárias interferências na arquitetura do modelo.

O critério para verificação da área de ventilação é a relação percentual entre a área do piso do ambiente e a área de abertura da janela que permite a livre circulação do ar. Apesar de atenderem as especificações mínimas do PMCMV e as exigências da municipalidade, as janelas projetadas para as salas não atingiram o parâmetro mínimo para ventilação prescrito na norma. Nesse caso a dimensão adequada não foi suficiente para promover a ventilação mínima, pois a geometria do ambiente limitou o posicionamento da janela. As esquadrias ocuparam o único trecho em contato com o exterior e para atingir a dimensão requerida tiveram a cota de peitoril rebaixada. Algumas soluções poderiam ter sido adotadas no modelo da janela para alcançar a área mínima de ventilação, como a abertura do pano inferior e instalação de guarda corpo para promover a segurança ou troca por esquadrias de giro que permite 100% de abertura do vão. A simplificação do modelo, nesse caso, tornou a esquadria inadequada ao atendimento da norma.

6.2

Desempenho acústico

A classificação proposta pela norma, por meio das classes de ruído, para enquadramento dos objetos de estudo não é muito clara, pois não quantifica os níveis de ruído e nem as distâncias às fontes. Dessa forma os empreendimentos analisados, por se situarem próximos a uma rodovia, foram enquadrados inicialmente com área na classe de ruído III.

De acordo com o segundo caderno do Ministério das Cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015b), orientado ao proponente, a empresa poderá caracterizar a classe de ruído do empreendimento a partir de uma tabela (Tabela 6.1), que apresenta o número médio de veículos por hora que circulam nas

vias lindeiras ao empreendimento, em função da velocidade máxima da via e da fração de veículos pesados presentes no fluxo de tráfego, nas seguintes condições:

- dia em condições climáticas normais (sem chuvas, ventos fortes, etc.);
- pista de tráfego seca, asfaltada e com o pavimento em bom estado de conservação; e
- proceder à contagem na via de maior volume de tráfego existente ao redor do local do empreendimento a uma distância de no máximo 100 m deste.

A contagem deve ser feita após se determinar o pior período de exposição, ou seja, o horário de maior tráfego no local. A contagem deve ser realizada durante pelo menos uma hora. O valor de contagem a ser utilizado para consulta à tabela deve ser a média de pelo menos, três contagens realizadas em dias distintos, no horário que apresentar o maior volume de tráfego.

Tabela 6.1 – Tabela para definição da classe de ruído

Classe de ruído	Sé leve			30% pesado		
	40 km	60 km	100 km	40 km	60 km	100 km
I	180	90	20	20	10	7
II	550	280	70	70	40	24
III	700	890	220	220	120	75

Observação: Valores válidos para vias asfaltadas e com o pavimento em bom estado de conservação.

Fonte: Especificações de Desempenho nos Empreendimentos de HIS baseadas na ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho – (Ministério das Cidades, 2015)

A fonte linear tem o ruído atenuado em 3 dB no dobro da distância. O Empreendimento A tem o bloco mais próximo da fonte de ruído implantado a 50 metros de distância e o Empreendimento B a 40 m de distância. Analisando-se a implantação dos blocos nos dois empreendimentos contata-se, tanto para o Empreendimento A como para o B, que os blocos que se encontram mais afastados da fonte de ruído terão uma atenuação superior a 3 dB em relação ao bloco mais próximo da fonte, pois se encontram à aproximadamente 150 m de distância da fonte. Ressalta-se ainda que as unidades térreas estão mais sujeitas a influência do ruído do entorno do que as unidades de andares superiores, assim como as unidades que tem sua frente voltada para a fonte de ruído.

As vedações externas sem abertura passam com folga nos limites estabelecidos pela norma para o índice de redução sonora, recebendo inclusive

classificação de desempenho superior e intermediário para os Empreendimentos A e B, respectivamente. No entanto as paredes com aberturas não alcançam o desempenho mínimo proposto. Verifica-se que quanto maior a área de contribuição da esquadria na fachada maior deverá ser o índice de redução da esquadria, determinando, conforme visto anteriormente, a relevância da esquadria nos sistemas de vedações externas. Os sistemas analisados poderiam ser aceitos para os blocos mais afastados da fonte de ruído, que pela distância e distribuição das esquadrias poderiam ser enquadrados em área de classe de ruído II, desde que assegurada a qualidade de execução do sistema, uma vez que não há margem de segurança para falhas na execução. Em projeção verificou-se que para atender ao nível de desempenho mínimo da classe de ruído III as esquadrias deveriam apresentar índice de redução de 22 a 24 dB.

Ressalta-se a importância em assegurar a qualidade de execução do sistema visto que, conforme apresentado pela CBIC (2015, p. 102),

falhas como frestas ao redor dos caixilhos; deformação dos caixilhos no momento de sua instalação; falhas no preenchimento de juntas entre painéis ou entre blocos em alvenarias e outras falhas de execução podem comprometer a isolamento sonora da fachada.

Quanto às vedações verticais internas, no caso dos dois empreendimentos analisados, não há paredes internas entre unidades autônomas ou entre a unidade autônoma e o hall onde um cômodo seja dormitório, o que pode ser visto como ponto positivo na distribuição dos ambientes. Quanto ao comportamento das paredes entre unidade autônomas, o Empreendimento A apresentou o índice de redução no limite mínimo estabelecido pela norma, mas o Empreendimento B falhou no atendimento ao nível de desempenho mínimo.

As lajes entre pisos atendem os parâmetros mínimos para a isolamento contra os ruídos aéreos, porém não foram encontrados estudos conclusivos para os sistemas propostos no caso dos ruídos de impacto. Como, quanto maior a compactidade do material maior a transmissão acústica resultante do ruído de impacto, sistemas monolíticos maciços como as paredes de concreto moldadas *in loco* apresentam desvantagem neste critério.

Na comparação entre os dois sistemas construtivos, verificou-se que não há diferença substancial no desempenho acústico dos sistemas apresentados. O Empreendimento B, em alvenaria estrutural, teve leve desvantagem com relação

ao desempenho acústico das vedações verticais internas para ruído aéreo, pois não atendeu o índice de redução mínimo, porém, ao se considerar que esse índice apresenta uma margem de segurança, uma construção sem falhas pode atender as exigências mínimas. Para que isso ocorra é necessário considerar, por exemplo, juntas verticais e horizontais totalmente preenchidas e a geometria dos blocos e direção dos furos. Nos demais critérios acústicos o comportamento foi similar para os dois empreendimentos, verificando-se a necessidade de mais estudos para as vedações externas com aberturas, com relação aos ruídos aéreos externos, e para as lajes de piso com relação ao ruído de impacto, uma vez que os sistemas construtivos propostos não atendem o desempenho mínimo para esses critérios.

6.3

Desempenho lumínico

A norma de desempenho estipula níveis requeridos de iluminância natural e artificial nas habitações, além de tecer recomendações sobre cotas de peitoris e testeiras para as janelas. Os parâmetros apresentados pela norma foram testados e todos os ambientes recebem iluminação natural direta nos níveis prescritos pela NBR 15575:2013 Parte 4.

As cotas dos peitoris dos dormitórios atendem as recomendações da norma e a localização da janela, quase centralizada na parede, auxilia na adequada distribuição da iluminância nos ambientes. No caso das salas, os dois empreendimentos apresentam cotas para os peitoris das janelas abaixo do recomendado pela norma. Dispostas no único trecho em contato com o exterior, um dos extremos da parede, a localização das janelas prejudica a correta distribuição da iluminação natural no ambiente. O segmento que apresenta maior iluminação fica atrás da porta de entrada, ou seja, uma área de passagem sem potencial para o desenvolvimento de atividades. Nas demais áreas de permanência prolongada a boa localização da janela fez com que níveis de desempenho intermediário e superior fossem alcançados.

Devido ao tamanho exíguo dos ambientes os níveis de iluminação artificial requeridos são facilmente atingidos. Uma única lâmpada no centro dos ambientes é capaz de prover um nível de iluminamento adequado a vários tipos de atividade.

Além de a norma brasileira tratar a iluminação residencial de uma maneira mais generalizada, sem considerar as especificidades das diferentes atividades que podem ser realizadas em cada ambiente, desconsidera a eficiência energética da iluminação das residências.

6.4

Recomendações e diretrizes para projetos

Diante dos resultados finais desta pesquisa, percebe-se a importância de definições conceituais de projeto, para as etapas de partido geral e estudo preliminar, buscando alcançar o conforto ambiental e atender a norma de desempenho. Sendo assim, reunimos neste capítulo algumas recomendações e diretrizes pertinentes as primeiras fases de projeto a ser implantado em clima tropical. Essas orientações são exemplificativas, e não exaustivas, e ajudam a esclarecer, ainda, as questões levantadas no início desta pesquisa.

Cada zona bioclimática do país requer diferentes soluções construtivas para se obter uma edificação com bom desempenho térmico. Por isso, primeiramente, deve-se identificar a zona bioclimática a que pertence o local do empreendimento, segundo a NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações - Parte 3. A seguir deve-se determinar o enquadramento do empreendimento segundo as classes de ruído previstas na NBR 15575:2013.

Definidas as condições de exposição da edificação, parte-se para a implantação do edifício no lote. Além de considerar as condições do entorno natural e construído, a locação deve considerar a orientação solar, os ventos dominantes e o ruído externo. Quanto ao aspecto geométrico dos edifícios, a planta de configuração retangular é a mais indicada, pois, definida a melhor orientação, as maiores faces devem ficar nessa direção, reduzindo a exposição a cargas térmicas ou ruídos indesejados.

Para o clima tropical, fachadas maiores devem ser orientadas para norte e sul. As aberturas nas faces leste e oeste, se necessárias, devem ter dimensões pequenas, mas suficientes para atender as áreas de ventilação previstas pela legislação municipal, e no mínimo atender ao requisito previsto na NBR 15575 - Parte 4 em função da zona bioclimática. Uma forma de amenizar os ganhos de

calor nestas faces é evitando a incidência de radiação solar com a instalação de brises, marquises e um paisagismo externo em frente a algumas destas aberturas. As esquadrias devem permitir a entrada de luz natural quando desejado.

A envoltória, composta pelas vedações verticais externas e cobertura, deve ser composta por elementos que, no conjunto, atendam aos requisitos de desempenho térmico e acústico segundo as condições de exposição. Assim, a transmitância térmica e a capacidade térmica do sistema escolhido para a vedação externa e o índice de redução sonora oferecido devem no mínimo atender ao requisito previsto na NBR 15575 – Partes 4 e 5 em função das condições de exposição.

As edificações em clima tropical requerem ventilação para resfriamento, para isto é necessário afastar as edificações, permitindo a circulação de ar entre elas, com controle para o vento. Deve ser promovida a ventilação cruzada por meio da circulação do ar pelos ambientes da edificação mantendo a qualidade do ar interior mais saudável e os ambientes mais confortáveis termicamente.

As condições de exposição, assim como as informações sobre os sistemas construtivos, especificação dos materiais e serviços e propriedades termo-acústicas dos materiais devem estar registradas no memorial descritivo de projeto.

7

Considerações finais

7.1

Conclusões

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, observou-se que os programas de habitação social, promovidos pelo poder público, contribuíram para o crescimento econômico do país, o desenvolvimento da indústria da construção civil e o avanço da tecnologia construtiva.

Como meio de solucionar o déficit habitacional ocasionado pela rápida urbanização, o poder público vem promovendo, ao longo das últimas décadas, ações visando o incentivo à produção de moradias populares. Além do benefício social, esses planos têm efeitos positivos sobre a atividade econômica, o emprego e a arrecadação de tributos.

Porém, o reconhecimento dos avanços alcançados foi suficiente para resolver parcialmente o problema habitacional em números, mas não em qualidade. Modelos baseados na segregação sócio espacial do morador e o desconhecimento das necessidades reais do usuário levaram a uma produção nem sempre eficiente.

Tão importante quanto suprir a demanda habitacional é atender o mercado com ambientes de qualidade, principalmente sob a ótica do morador. A qualidade de uma edificação é resultado do bem estar do usuário, promovido pelas condições de habitabilidade, segurança, sustentabilidade, acessibilidade, localização, adequação cultural, entre outras. Os estudos de qualidade das edificações apresentam o projeto arquitetônico como caminho para o desenvolvimento destas condições.

Nesse contexto o conforto ambiental assume importância como um dos elementos essenciais a saúde e ao bem estar do morador. Uma arquitetura comprometida com o uso de soluções passivas para o alcance do conforto térmico, lumínico e acústico proporciona vantagens tanto para o usuário, promovendo conforto e saúde, como para o meio ambiente, evitando-se o desperdício de

recursos naturais e prevenindo-se a poluição resultante da geração e do uso de energias convencionais. O projeto arquitetônico pautado no conforto ambiental induz, ainda, à eficiência energética, proporcionando uma diminuição de custos de manutenção e operação para o morador.

A indústria da construção civil, por sua vez, visando atender a demanda habitacional foi levada a desenvolver sistemas construtivos capazes de otimizar os prazos e os custos de construção. A racionalização dos recursos tende a afetar principalmente obras de padrão mais simples, onde a busca da redução de custos é um fator determinante no valor final do produto. A tendência aos sistemas construtivos inovadores levou os órgãos financiadores a promover estudos que comprovassem o desempenho das novas propostas.

Os estudos visando criar metodologias para avaliação do desempenho de sistemas construtivos inovadores culminaram, em 2008, com a publicação da NBR 15575 – Edifícios Habitacionais – Desempenho. Num primeiro momento a norma era orientada às edificações habitacionais de até cinco pavimentos visando principalmente proteger a população de baixa renda, para a qual os sistemas construtivos estavam sendo direcionados. Essa concepção foi alterada em 2013 com a revisão da norma, que passou a vigorar para todas as edificações habitacionais.

A norma estabelece uma referência com base nos requisitos para o desempenho mínimo ao longo da vida útil para os elementos principais de qualquer edificação habitacional. A NBR 15575:2013 apresenta ainda dois níveis opcionais de desempenho: intermediário e superior. A filosofia de avaliar o desempenho das habitações tem por objetivo conhecer previamente o comportamento em uso de componentes, elementos e sistemas construtivos que compõem as edificações. Com a aplicação da norma, espera-se uma mudança de paradigma na arte de projetar uma habitação. A partir de análises prévias de desempenho é possível aplicar medidas corretivas na fase de projeto aumentando a qualidade do produto final.

Visando contribuir para a melhoria da qualidade das habitações destinadas a população de baixa renda, o objetivo principal desta pesquisa foi alcançado por meio do estudo de caso que permitiu avaliar o conforto ambiental em habitações de interesse social, segundo a NBR 15575:2013. A análise considerou os objetos de estudo ainda na fase de projeto, selecionando para a tipologia mais frequente

na produção da RMRJ – apartamento – os dois sistemas construtivos mais usados – paredes de concreto moldadas *in loco* e alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.

Neste trabalho foram abordados os critérios estabelecidos na norma para o desempenho térmico, acústico e lumínico, aplicando-se as metodologias propostas pela NBR 15575:2013, confirmando a hipótese de que as edificações não atendem plenamente os critérios de conforto ambiental da norma de desempenho. Os dois empreendimentos avaliados não cumpriram todos os requisitos determinados pela norma de desempenho.

O Empreendimento A, constituído de paredes de concreto moldadas *in loco*, não atingiu o nível mínimo para o desempenho térmico no dia típico de inverno para os ambientes de ocupação prolongada e não atende a exigência de ventilação mínima para a sala. O Empreendimento B, constituído de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, não atingiu o nível mínimo para o desempenho acústico da parede interna entre unidades autônomas (parede de geminação) e também não atende a exigência de ventilação mínima para a sala. Nos dois empreendimentos, as vedações verticais externas dos blocos mais próximos da fonte de ruído não atendem o nível mínimo de desempenho acústico. Na análise dos resultados observou-se que as deficiências encontradas são passíveis de correção com a revisão do projeto e alteração de materiais.

A pesquisa permitiu constatar que vários fatores têm forte influência no desempenho final da edificação: a característica dos materiais – espessura, densidade, cor; a execução dos serviços; a orientação da edificação; a disposição, dimensão e vedação das esquadrias. Portanto, uma única variável não responde isoladamente pelo desempenho da edificação. Sendo assim, o projetista deve fazer uma avaliação de todas as características e desenvolver seu projeto a partir disso.

Ao término desta pesquisa concluiu-se: que a envoltória é o elemento principal para atender os requisitos de conforto ambiental da NBR 15575:2013, e a esquadria apresenta-se como elemento determinante no sistema; que as tentativas de implementar as edificações com elementos sustentáveis são escassas nos regramentos relacionados aos desempenhos térmico, acústico e lumínico; e que a avaliação de desempenho de sistemas construtivos pode contribuir para a melhoria da qualidade e do detalhamento dos projetos.

Espera-se com este trabalho reforçar entre os profissionais da área a importância das estratégias de conforto ambiental e estimular os projetistas a apresentar novas diretrizes para a qualidade e sustentabilidade dos projetos de habitação popular.

7.2

Recomendações

Com as devidas adequações à NBR 15575:2013, entende-se que os sistemas construtivos avaliados são opções viáveis do ponto de vista do conforto ambiental para as habitações destinadas a população de baixa renda. Sendo assim, recomenda-se como continuidade desta pesquisa o estudo econômico-financeiro das adaptações necessárias a tornar as habitações de interesse social aptas a atender a norma de desempenho.

Visando, ainda, a um maior desenvolvimento do tema, como sugestão para trabalhos futuros propõe-se:

- › Analisar a responsabilidade de cada agente na implementação da NBR 15575:2013, as dificuldades e adversidades encontradas por parte de cada interveniente e como estão sendo superadas e solucionadas.
- › Comparar os três níveis de desempenho apresentados pela NBR 15575:2013 – mínimo, intermediário e superior – em termos de custos para o incorporador/construtor e benefícios para os moradores.
- › Avaliar as demais características relacionadas à habitabilidade das edificações, como, por exemplo, funcionabilidade e acessibilidade, nas edificações destinadas às habitações de interesse social.

Referências

ABREU, Maurício de Almeida. **Da habitação ao hábitat: a questão da habitação popular no Rio de Janeiro e sua evolução**. Revista Rio de Janeiro, n. 10, maio-ago. 2003, p. 210-234. (Publicado originalmente na Revista Rio de Janeiro nº 2, abril de 1986, p.47-58.) Disponível em: <http://www.forumrio.uerj.br/documentos/revista_10/10-MauricioAbreu.pdf> Acesso em: 17 de jan. 2016

AZEVEDO, Sérgio de e ANDRADE, Luís Aureliano Gama de. **Habitação e Poder: da Fundação da Casa Popular ao Banco Nacional da Habitação**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982

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, 2005.

_____. NBR 15575 Edifícios Habitacionais - Desempenho-Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575 Edifícios Habitacionais - Desempenho-Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575 Edifícios Habitacionais – Desempenho- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15575 Edifícios Habitacionais – Desempenho- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual Técnico para Implementação - Habitação 1.0 @ Bairro Saudável. População Saudável**. Coordenação executiva: Ana Maria Starka e Hugo da Costa Rodrigues Filho. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, Setembro/2002. 88 p.

Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras [recurso eletrônico]: manutenção e percepção dos usuários / Organizadores: Márcio Minto Fabrício, Rosaria Ono. – Porto Alegre: ANTAC, 2015.

BARROSO-KRAUSE, Cláudia *et al.* **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto**. PROARQ-FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

BONDUKI, Nabil Georges. **Origens da habitação social no Brasil. Arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria.** São Paulo: Estação Liberdade: FAPESP, 1998. P.

_____. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula.** Revista eletrônica de Arquitetura e Urbanismo, 1 (2008), pp. 70–104 São Paulo. P. 74 a 76. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_01/artigo_05_180908.pdf> Acesso em: 05/02/2016.

BORGES, C. A. D. M. **O Conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** p. 263. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses> Acesso em: 14 de out. 2015

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República **Direito à moradia adequada.** – Brasília: Coordenação Geral de Educação em SDH/PR, Direitos Humanos, Secretaria Nacional de Promoção e Defesa dos Direitos Humanos, 2013. 76 p., il. – (Por uma cultura de direitos humanos). P. 13 Disponível em: <<http://www.sdh.gov.br/assuntos/bibliotecavirtual/promocao-e-defesa/publicacoes-2013/pdfs/direito-a-moradia-adequada>> Acesso em: 08 de nov. 2015

_____. Ministério das Cidades/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Pesquisa de satisfação dos beneficiários do Programa Minha Casa, Minha Vida**/editado por Fernando Garcia de Freitas e Érica Negreiros de Camargo – Brasília, DF: MCIDADES; SNH; SAE-PR; IPEA, 2014 120 p. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/-ArquivosSNH/ArquivosPDF/Publicacoes/capacitacao/publicacoes/Pesquisa_de_satisfacao_dos_beneficiarios_do_PMCMV.pdf> Acesso em: 10 out. 2015. P. 87

_____. Ministério das Cidades. Portaria Nº 168, de 12 de abril de 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Caderno de Casos de Inovação na Construção Civil**, Programa de inovação tecnológica, Salvador – BA, Agosto/2011.

_____. **Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos**, CBIC, 2013a. Disponível em: www.cbic.org.br/.../brasil-adota-novos-padroes-de-qualidade-para-construcao-de-casa. Acesso em: 17 jun. 2017.

_____. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.**/Câmara Brasileira da Indústria da Construção.—Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013b.

_____. **Dúvidas sobre a norma de desempenho: especialistas respondem às principais dúvidas e elencam requisitos de suportes para elaboração de projetos** /coordenadores:José Carlos Martins, Dionyzio Klavdianos, José Maria Soares, Raquel Riberio; autores Adriana Camargo de Brito... *et al.* – Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, 2015.

CEFIS, Carlos Hector Hugo; CORDEIRO, Maria Emília Batista; FREITAS, Renata Barreto de; MANSUR, Andréa Ramy; SARMENTO, Pablo Costa.

Recomendações para a análise de empreendimentos de habitação de interesse social. Rio de Janeiro, 2015. Trabalho de Conclusão de Pós-Graduação MBE em Habitação de Interesse Social – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de arquitetura bioclimática tropical.** Rio de Janeiro: Revan, 2011. P

CORBELLA, Oscar; YANNAS Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003. P. 30 e 37

CORSINI, Rodnei. **Paredes Normatizadas.** Revista TÉCNICA, Edição 183 – Dezembro 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. Centro de Estatística e Informações **Déficit habitacional no Brasil 2011-2012** / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2015. 126 p.

_____. Centro de Estatística e Informações **Déficit habitacional no Brasil 2013-2014** / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2016. 92 p.

Habitação social nas metrópoles brasileiras: uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX/ Organizador Adauto Lúcio Cardoso. – Porto Alegre: ANTAC, 2007. – (Coleção Habitare)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010: Aglomerados subnormais – Primeiros Resultados.** IBGE, 2011.

_____. **Censo Demográfico 2010: Aglomerados subnormais – Informações Territoriais.** IBGE, 2013.

_____. **Nota Técnica – Estimativas da população dos Municípios Brasileiros com data de referência em 1º de Julho de 2014.** P. 1, 2, 3 e 7, 9. IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/-noticias-/pdf/analise_estimativas_2014.pdf> Acesso em: 31 de Jul. 2016.

JOHN, Vanderley M., Prof. Dr. Escola Politécnica da USP; Pesquisa: Cibele de Barros. **Sustentabilidade na produção da habitação de interesse social.** Sciranda de Projetos e Tecnologias Ltda. São Paulo, 24/1/2013.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; GRANJA, Arioaldo Denis; MOREIRA, Daniel de Carvalho; DA SILVA, Vanessa Gomes; PINA, Silvia A. Mikami G.. **Métodos e instrumentos de avaliação de projetos destinados à habitação de interesse social.** In: ORNSTEIN, S.W. e VILLA, S. B. (Orgs.). Qualidade ambiental na habitação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. P. 151 e 152

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K; LABAKI, Lucila C. **O Projeto Arquitetônico e o Conforto Ambiental: Necessidade de uma metodologia.** In: ENTAC 93,

Encontro Nacional de Tecnologia do ambiente Construído: Avanços em tecnologia e Gestão da Produção de Edificações, 1993, São Paulo. Anais do ENTAC 93, 1993. p. 785-794. Disponível em: <<http://www.dkowaltowski.net/1115.pdf>> Acesso em: 06 de dez. 2015

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura (3ª edição)**. Editora: ELETROBRAS/PROCEL, 2014

MASCARÓ, Lucia R. de. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1991

MARICATO, Ermínia e PEDROSA, J. A. **The quality of the built environment of popular housing projects in Brazil**. XI Bartlett International Summer School, 1991, Paris. Proceedings of Bartlett International Summer School. Londres: Bartlett International Summer School (p. 61-68), 1991. Disponível em: <https://erminiamaricato.files.wordpress.com/2012/09/the-production_11.pdf> Acesso em: 20 de jan. 2016

MARICATO, Ermínia. **Na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras**. São Paulo em perspectiva 14 (4) 2000. Disponível em: <<https://erminiamaricato.files.wordpress.com-/2012/04/sao-paulo-em-perspectiva.pdf>> Acesso em: 20 de jan. 2015.

MEDEIROS, Sara Raquel Fernandes Queiroz de. **BNH: outras perspectivas**. In: I Conferência Nacional de Políticas Públicas contra a Pobreza e a Desigualdade. Novembro de 2010, Natal. Anais. Disponível em: <www.cchla.ufrn.br/cnpp> Acesso em: 02 de fev. 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Cartilha do Programa Minha Casa, Minha Vida**, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. [2013?]. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/313/titulo/cartilha-programa-minha-casa-minha-vida>. Acesso em: 02 de fev. 2016.

_____. **Especificações de Desempenho nos Empreendimentos de HIS baseadas na ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. 2015a. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/documentosSistemasConvencionais.php>. Acesso em: 02 de fev. 2016

_____. **Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS**, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. 2015b. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/documentosSistemasConvencionais.php>. Acesso em: 02 de fev. 2016

_____. **Orientações ao Agente Financeiro para Recebimento e Análise dos Projetos**, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. 2015c. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/documentosSistemasConvencionais.php>. Acesso em: 02 de fev. 2016

_____. **Catálogo de Desempenho de Sistemas Convencionais**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. 2015d. Disponível em:

<http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/documentosSistemasConvencionais.php>. Acesso em: 02 de fev. 2016

MOHAMAD, Gihad; RIZZATTI, Eduardo. **Introdução à Alvenaria Estrutural**. In: Nova Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutural/organização Emil Sánchez. – 1ªed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2013, p. 01-36.

Novas Alternativas: projetos e propostas habitacionais para o Rio de Janeiro/ Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Habitação – Rio de Janeiro: A Prefeitura: A Secretaria, 2003

OLGYAY, Victor. **Arquitetura y Clima: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 2016

OLIVEIRA, Elzira Lúcia de. **Demanda futura por moradias no Brasil 2003-2023: uma abordagem demográfica**. Elzira Lúcia de Oliveira, Gustavo Henrique Naves Givisiez, Eduardo Luiz Gonçalves Rios-Neto Brasília: Ministério das Cidades, 2009

ROLNIK, Raquel. **Direito à Moradia**, In: Desafios do Desenvolvimento IPEA. 2009, Ano 6, Ed 51. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=1034:catid=28&Itemid=23> Acesso em 08 de out. 2015.

ROLNIK, Raquel; PEREIRA, Álvaro Luis dos Santos; LOPES, Ana Paula de Oliveira; MOREIRA, Fernanda Accioly; BORRELLI, Júlia Ferreira de Sá; VANNUCHI, Luanda Villas Boas; ROVER, Luciana; ROSSI, Luis Guilherme Alves; IACOVINI, Rodrigo Faria Gonçalves; NISIDA, Vitor Coelho. **Inserção urbana no PMCMV e a efetivação do direito à moradia adequada: uma avaliação de sete empreendimentos no estado de São Paulo**. In: AMORE, Caio Santo; SHIMBO, Lúcia Zanin; CRUZ, Maria Beatriz (Org.) Minha casa... e a cidade? Avaliação do Programa Minha Casa, Minha Vida em seis estados brasileiros, Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015. P. 413 Disponível em: <http://www.observatoriodasmetrolopes.net/images/abook-file/mcmv_nacional-2015.pdf> Acesso em: 01 abr. 2015

RUBIN, Graziela Rossatto; BOLFE, Sandra Ana. **O desenvolvimento da habitação social no Brasil**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 36 n. 2 mai-ago. 2014, p. 201-213. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/download/11637/pdf>> Acesso em: 18 jan. 2016

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldados *in loco*: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. 229 p. + anexos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos. São Carlos, 2008.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal**. Brasília/DF: Maio/2002. 36 p.

SALGADO, Mônica Santos. **Arquitetura centrada no usuário ou no cliente? Uma reflexão sobre a qualidade do projeto.** In: FABRICIO, Márcio Minto e ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs.). *Qualidade no Projeto de Edifícios*. São Carlos: RiMa Editora, ANTAC 2010. P. 23 a 33.

SANTOS, Cláudio Hamilton M. **Políticas Federais de Habitação no Brasil: 1964/1998.** IPEA, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0654.pdf> Acesso em: 06 fev. 2016.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da Norma NBR 15575.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 12., 2013, Brasília, DF. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 2013.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP), Division of Technology, Industry & Economics, **Sustainable Buildings and Construction Initiative (SBCI) 2006 - Information note.** Disponível em: <<http://www.unepsbci.org/SBCIRessources/>> Acesso em: 11 nov. 2012

_____. Sustainable Building and Climate Initiative. **Situación de la Edificación Sostenible en América Latina** 2014 p.15 e 16

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME – UN-HABITAT. **Scaling-up affordable housing supply in Brazil. The ‘My house my life’ Programme.** 2013. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org>> Acesso em: 28 de set. 2014

VILLA, Simone Barbosa. **Multimétodos em avaliação pós-ocupação e sua aplicabilidade para o mercado imobiliário habitacional.** In: ORNSTEIN, S.W. e VILLA, S. B. (Orgs.). *Qualidade ambiental na habitação*. São Paulo Oficina de Textos, 2013. P. 115

Anexo 1

Levantamento dos empreendimentos contratados para o PMCMV – Faixa 1, pela Caixa Econômica Federal, na RMRJ.

EMPREENDIMENTOS FAIXA 1 MCMV - REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO - CAIXA 30/11/2016						
Tipo	Nome Municipio	Nome Empreendimento	Qde Unidades	Data Contratação	Nome Modalidade	Nome Construtora
1	BELFORD ROXO	AREZZO, RES	464	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
2	BELFORD ROXO	ATLANTICO I	404	20/08/2010	FAR Empresas	HABIT EMP LTDA
3	BELFORD ROXO	RES AQUILA	500	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
4	BELFORD ROXO	RES MONZA	500	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
5	BELFORD ROXO	RES. ANDROMEDA	300	06/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
6	BELFORD ROXO	RES. CENTAURO	160	06/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
7	BELFORD ROXO	RES. FENIX	240	06/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
8	BELFORD ROXO	RES. PEGASUS	300	06/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
9	BELFORD ROXO	RES. TOSCANA	500	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
10	BELFORD ROXO	SAN CARLO	242	15/12/2009	FAR Empresas	ILE
11	BELFORD ROXO	SAN FRANCESCO	243	15/12/2009	FAR Empresas	ILE
12	BELFORD ROXO	SAN MARINO	263	15/12/2009	FAR Empresas	ILE
13	BELFORD ROXO	VALE DO IPE 3	297	31/10/2012	FAR Empresas	M ROCHA ENGENHA
14	BELFORD ROXO	VALE DO IPE 4	115	31/10/2012	FAR Empresas	M ROCHA ENGENHA
15	BELFORD ROXO	VALE DO IPE 5	135	31/10/2012	FAR Empresas	M ROCHA ENGENHA
16	BELFORD ROXO	VICENZA	500	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
17	CACHOEIRAS DE MACACU	COND BELA VISTA	162	28/12/2012	FAR Empresas	M ROCHA ENGENHA
18	CACHOEIRAS DE MACACU	VALE D MACACU	148	28/12/2012	FAR Vinculadas	M ROCHA ENGENHA
19	DUQUE DE CAXIAS	BOLZANO	464	27/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
20	DUQUE DE CAXIAS	CANGULO 1	600	22/05/2013	FAR Empresas	EMCCAMP
21	DUQUE DE CAXIAS	CANGULO 2	1840	22/05/2013	FAR Empresas	EMCCAMP
22	DUQUE DE CAXIAS	COND STA LUCIA	194	18/12/2009	FAR Empresas	CONSTRUTORA ENG
23	DUQUE DE CAXIAS	NARCISA I	280	21/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
24	DUQUE DE CAXIAS	NARCISA II	180	21/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
25	DUQUE DE CAXIAS	NARCISA III	180	21/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
26	DUQUE DE CAXIAS	NARCISA IV	180	21/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
27	DUQUE DE CAXIAS	NARCISA V	160	21/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
28	DUQUE DE CAXIAS	RES PADUA	488	23/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
29	DUQUE DE CAXIAS	RES PARMA	496	26/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
30	DUQUE DE CAXIAS	RES VOLTERRA	500	26/12/2011	FAR Vinculadas	EMCCAMP
31	DUQUE DE CAXIAS	ROTONDA	500	28/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
32	DUQUE DE CAXIAS	SANTA HELENA	195	18/12/2009	FAR Empresas	CONSTRUTORA ENG
33	DUQUE DE CAXIAS	SAO BENTO 1	900	08/10/2014	FAR Empresas	EMCCAMP

34	DUQUE DE CAXIAS	VALE DA MATA	215	15/08/2013	FAR Empresas	BRIQUE
35	ITAGUAÍ	GIRASSOIS	411	09/02/2012	FAR Empresas	CASAPLAN
36	JAPERI	PQ EUCALIPTOS 1	300	29/11/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
37	JAPERI	PQ EUCALIPTOS 2	220	29/11/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
38	JAPERI	PQ EUCALIPTOS 3	280	29/11/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
39	JAPERI	R TERRA BRASIL	436	30/04/2012	FAR Empresas	M ROCHA ENGENHA
40	MAGÉ	LIRIO DO VALE	336	28/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
41	MAGÉ	P. COLINA I	208	28/09/2012	FAR Empresas	J C CORDEIRO
42	MAGÉ	P. COLINA II	212	28/09/2012	FAR Empresas	J C CORDEIRO
43	MAGÉ	RES. JASMIM	432	28/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
44	MAGÉ	RES. LOTUS	496	28/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
45	MAGÉ	RES. TULIPA	336	28/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
46	MAGÉ	RES. VIOLETA	400	28/12/2011	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
47	MARICÁ	C MARIGHELA B	296	31/05/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
48	MARICÁ	C MARIGHELA C	288	31/05/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
49	MARICÁ	C MARIGHELA D	296	31/05/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
50	MARICÁ	C MARIGHELA E	296	31/05/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
51	MARICÁ	C MARIGHELLA A	296	31/05/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
52	MARICÁ	C. ALBERTO A	300	28/02/2013	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
53	MARICÁ	C. ALBERTO B	280	28/02/2013	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
54	MARICÁ	C. ALBERTO C	280	28/02/2013	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
55	MARICÁ	C. ALBERTO D	300	14/06/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
56	MARICÁ	C. ALBERTO E	300	14/06/2012	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
57	NITERÓI	BENTO PESTANA 1	220	26/09/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
58	NITERÓI	BENTO PESTANA 2	140	26/09/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
59	NITERÓI	BENTO PESTANA 3	220	26/09/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
60	NITERÓI	JD PAINEIRAS	540	29/10/2014	FAR Empresas	J C CORDEIRO
61	NITERÓI	PARQUE ABARE	240	25/06/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
62	NITERÓI	PARQUE ACU	140	25/06/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
63	NITERÓI	PARQUE ARAXA	220	25/06/2013	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
64	NITERÓI	POCO LARGO	280	29/10/2014	FAR Empresas	J C CORDEIRO
65	NITERÓI	VAR DAS MOCAS I	93	01/10/2010	FAR Empresas	BR4
66	NITERÓI	VIV DO FONSECA	200	29/10/2014	FAR Empresas	IMPERIAL
67	NITERÓI	ZILDA ARNS I	83	30/11/2011	FAR Empresas	IMPERIAL
68	NITERÓI	ZILDA ARNS II	291	30/11/2011	FAR Empresas	IMPERIAL
69	NOVA IGUAÇU	BENTO RUBIAO	256	24/07/2013	FAR Empresas	NOVOLAR
70	NOVA IGUAÇU	CURRAL NOVO	2680	16/07/2013	FAR Empresas	EMCCAMP
71	NOVA IGUAÇU	FABIO MAULER	300	09/01/2014	FAR Empresas	ILE
72	NOVA IGUAÇU	J.MARIA PITELLA	272	24/07/2013	FAR Vinculadas	NOVOLAR
73	NOVA IGUAÇU	PARQUE VALVERDE	900	15/10/2014	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
74	NOVA IGUAÇU	RES CANNES	184	09/04/2010	FAR Empresas	CASAPLAN
75	NOVA IGUAÇU	RES CHAMONIX	196	09/04/2010	FAR Empresas	CASAPLAN
76	NOVA IGUAÇU	RES MONACO	179	09/04/2010	FAR Empresas	CASAPLAN
77	NOVA IGUAÇU	RES NICE	253	09/04/2010	FAR Empresas	CASAPLAN
78	NOVA IGUAÇU	SANTO ANTONIO	288	24/07/2013	FAR Vinculadas	NOVOLAR

79	NOVA IGUAÇU	VILLA PROVANCE	1500	28/06/2013	FAR Empresas	HF ENGENHARIA
80	NOVA IGUAÇU	VILLA TOSCANA	1140	28/06/2013	FAR Empresas	HF ENGENHARIA
81	QUEIMADOS	ELDORADO III	246	31/10/2012	FAR Vinculadas	CASAPLAN
82	QUEIMADOS	JOSE MARTINS	300	28/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
83	QUEIMADOS	JOSE METODIO	300	28/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
84	QUEIMADOS	LAURINDO MOREIRA	300	28/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
85	QUEIMADOS	PAULO DUQUE	220	30/12/2009	FAR Empresas	CASAPLAN
86	QUEIMADOS	RES. ARTEMIS	96	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
87	QUEIMADOS	RES. ATENA	96	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
88	QUEIMADOS	RES. CRONOS	128	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
89	QUEIMADOS	RES. EROS	224	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
90	QUEIMADOS	RES. HERA	144	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
91	QUEIMADOS	RES. POSSEIDON	160	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
92	QUEIMADOS	RES. ZEUS	192	03/01/2013	FAR Empresas	BROOKFIELD IA
93	QUEIMADOS	ROBERTO COSTA	300	28/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
94	QUEIMADOS	SEBASTIAO TORRE	300	28/12/2012	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
95	QUEIMADOS	ULYS. GUIMARAES	406	26/05/2010	FAR Empresas	CASAPLAN
96	QUEIMADOS	VALDARIOSA C	500	11/12/2009	FAR Empresas	BAIRRO NOVO
97	QUEIMADOS	VALDARIOSA QD A	500	11/12/2009	FAR Empresas	BAIRRO NOVO
98	QUEIMADOS	VALDARIOSA QD B	500	11/12/2009	FAR Empresas	BAIRRO NOVO
99	RIO DE JANEIRO	ALMADA	453	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
100	RIO DE JANEIRO	ANDORINHAS,VIV;	212	01/10/2010	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
101	RIO DE JANEIRO	AVEIRO	469	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
102	RIO DE JANEIRO	AYRES	453	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
103	RIO DE JANEIRO	B. CARIOCA IV	380	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
104	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA I	160	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
105	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA II	180	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
106	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA III	300	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
107	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA IX	200	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
108	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA V	140	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
109	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA VI	200	29/10/2010	FAR Vinculadas	DIRECIONAL ENG.
110	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA VII	180	29/10/2010	FAR Vinculadas	DIRECIONAL ENG.
111	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA VIII	180	29/10/2010	FAR Vinculadas	DIRECIONAL ENG.
112	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA X	200	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
113	RIO DE JANEIRO	B.CARIOCA XIV	120	29/10/2010	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
114	RIO DE JANEIRO	BOTAFOGO I	260	28/06/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
115	RIO DE JANEIRO	BOTAFOGO II	300	28/06/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
116	RIO DE JANEIRO	CAPCAIS	453	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
117	RIO DE JANEIRO	CASTANHEIRAS,VI	170	01/10/2010	FAR Empresas	NOVOLAR
118	RIO DE JANEIRO	COIMBRA	421	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
119	RIO DE JANEIRO	COLEIRINHAS	500	18/01/2012	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
120	RIO DE JANEIRO	CON ATERRADO I	360	28/10/2011	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
121	RIO DE JANEIRO	CON ATERRO III	500	28/10/2011	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
122	RIO DE JANEIRO	COND ATER II	480	28/10/2011	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
123	RIO DE JANEIRO	COND OITI	178	12/08/2009	FAR Empresas	EOLICA ENG.

124	RIO DE JANEIRO	COND. TRENTO	297	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
125	RIO DE JANEIRO	COND.LIVORNO	297	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
126	RIO DE JANEIRO	COND.VARESE	231	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
127	RIO DE JANEIRO	COTOVIAS	360	18/01/2012	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
128	RIO DE JANEIRO	DELOS	500	15/12/2011	FAR Empresas	NOVOLAR
129	RIO DE JANEIRO	DESTRI	421	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
130	RIO DE JANEIRO	ESTORIL	437	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
131	RIO DE JANEIRO	EVORA	485	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
132	RIO DE JANEIRO	FERRARA	262	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
133	RIO DE JANEIRO	GAIVOTAS	485	17/02/2012	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
134	RIO DE JANEIRO	GRUPO ESPERANCA	70	18/02/2011	Entidades	F BENTO RUBIAO
135	RIO DE JANEIRO	IPE AMARELO	299	01/10/2010	FAR Empresas	PATRIMAR ENG
136	RIO DE JANEIRO	IPE BRANCO	299	01/10/2010	FAR Empresas	PATRIMAR ENG
137	RIO DE JANEIRO	ISMAEL SILVA	499	28/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
138	RIO DE JANEIRO	ITALIA DINCAU	140	25/11/2014	FAR Empresas	EOLICA ENG.
139	RIO DE JANEIRO	ITAMAR I	116	09/12/2011	FAR Empresas	-
140	RIO DE JANEIRO	ITAMAR II	460	09/12/2011	FAR Empresas	-
141	RIO DE JANEIRO	ITAMAR III	420	09/12/2011	FAR Empresas	-
142	RIO DE JANEIRO	JARDIM CANARIO	100	28/06/2013	FAR Empresas	BAIRRO NOVO
143	RIO DE JANEIRO	JARDIM DAS ACAC	291	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
144	RIO DE JANEIRO	JARDINS ANAPOLI	91	01/10/2010	FAR Empresas	PATRIMAR ENG
145	RIO DE JANEIRO	JD BEIJA FLOR_	200	28/06/2013	FAR Empresas	BAIRRO NOVO
146	RIO DE JANEIRO	MANGUEIRA I	248	01/10/2010	FAR Empresas	BR4
147	RIO DE JANEIRO	MANGUEIRA II	248	01/10/2010	FAR Empresas	BR4
148	RIO DE JANEIRO	MANUEL CONGO	42	13/10/2014	Entidades	ASS APOIO MORAD
149	RIO DE JANEIRO	MARIANA CRIOULA	60	12/12/2013	Entidades	ASS APOIO MORAD
150	RIO DE JANEIRO	MIKONOS	500	15/12/2011	FAR Empresas	NOVOLAR
151	RIO DE JANEIRO	PACUARE I	500	22/12/2011	FAR Empresas	NOVOLAR
152	RIO DE JANEIRO	PACUARE II	499	22/12/2011	FAR Empresas	NOVOLAR
153	RIO DE JANEIRO	PALMEIRAS	291	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
154	RIO DE JANEIRO	PARK AGATA	300	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
155	RIO DE JANEIRO	PARK AMETISTA	300	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
156	RIO DE JANEIRO	PARK IMPERIAL	303	11/12/2009	FAR Empresas	NOVOLAR
157	RIO DE JANEIRO	PARK JADE	300	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
158	RIO DE JANEIRO	PARK ONIX	260	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
159	RIO DE JANEIRO	PARK ROYAL	303	11/12/2009	FAR Empresas	NOVOLAR
160	RIO DE JANEIRO	PARK SAFIRA	260	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
161	RIO DE JANEIRO	PARK TOPAZIO	260	29/03/2012	FAR Empresas	NOVOLAR
162	RIO DE JANEIRO	PARQUE CARIOCA	900	24/12/2012	FAR Empresas	DIRECIONAL ENG.
163	RIO DE JANEIRO	PINTASSILGOS	243	30/01/2012	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
164	RIO DE JANEIRO	PORTO BELO	300	23/05/2013	FAR Empresas	NOVOLAR
165	RIO DE JANEIRO	PORTO FINO	300	23/05/2013	FAR Empresas	NOVOLAR
166	RIO DE JANEIRO	PORTO SEGURO	300	23/05/2013	FAR Empresas	NOVOLAR
167	RIO DE JANEIRO	QUILOMBO GAMBOA	116	28/05/2015	Entidades	F BENTO RUBIAO
168	RIO DE JANEIRO	RES GUADALUPE	240	24/06/2010	FAR Empresas	BR4

169	RIO DE JANEIRO	RES HAROLDO I	260	29/10/2010	FAR Empresas	TARGA
170	RIO DE JANEIRO	RES HAROLDO II	300	29/10/2010	FAR Empresas	TARGA
171	RIO DE JANEIRO	RES HAROLDO III	300	29/10/2010	FAR Empresas	TARGA
172	RIO DE JANEIRO	RES HAROLDO IV	400	29/10/2010	FAR Empresas	TARGA
173	RIO DE JANEIRO	RES RIO BONITO	179	22/01/2010	FAR Empresas	PASSOS
174	RIO DE JANEIRO	RES. SANTA CRUZ	283	09/03/2012	FAR Empresas	AMESTISTA IMOVE
175	RIO DE JANEIRO	SANTORINI	500	15/12/2011	FAR Empresas	NOVOLAR
176	RIO DE JANEIRO	SEVILHA	275	17/11/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
177	RIO DE JANEIRO	SPERANZA	388	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
178	RIO DE JANEIRO	TARONI	243	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
179	RIO DE JANEIRO	TASSO BLASSO	1720	11/09/2013	FAR Empresas	EMCCAMP
180	RIO DE JANEIRO	TERNI	282	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
181	RIO DE JANEIRO	TOLEDO	453	17/11/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
182	RIO DE JANEIRO	TOM JOBIM I	40	26/09/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
183	RIO DE JANEIRO	TOM JOBIM II	140	26/09/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
184	RIO DE JANEIRO	TOM JOBIM III	60	26/09/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
185	RIO DE JANEIRO	TOM JOBIM IV	140	26/09/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
186	RIO DE JANEIRO	TOM JOBIM V	120	26/09/2013	FAR Empresas	EOLICA ENG.
187	RIO DE JANEIRO	TREVISÓ, COND	269	01/10/2010	FAR Empresas	EMCCAMP
188	RIO DE JANEIRO	V ORQUIDEAS	425	11/12/2009	FAR Empresas	NOVOLAR
189	RIO DE JANEIRO	V REC NATUREZA	384	11/12/2009	FAR Empresas	NOVOLAR
190	RIO DE JANEIRO	V ROSAS	384	11/12/2009	FAR Empresas	NOVOLAR
191	RIO DE JANEIRO	V. DAS GARCAS	445	28/11/2011	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
192	RIO DE JANEIRO	VACCARI	388	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
193	RIO DE JANEIRO	VIDAL	308	28/10/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
194	RIO DE JANEIRO	VILA CARIOCA	1320	29/07/2014	FAR Empresas	NOVOLAR
195	RIO DE JANEIRO	VIV. COLIBRIS	220	28/06/2013	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
196	RIO DE JANEIRO	VIV.PATATIVAS	210	05/10/2009	FAR Empresas	MELLO AZEVEDO
197	RIO DE JANEIRO	ZARAGOSA	497	17/11/2009	FAR Empresas	EMCCAMP
198	RIO DE JANEIRO	ZE KETI	499	28/12/2011	FAR Empresas	EMCCAMP
199	SÃO GONÇALO	ARUBA	240	28/12/2011	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
200	SÃO GONÇALO	BELA VIDA I	164	28/12/2009	FAR Empresas	RARO ENGENHARIA
201	SÃO GONÇALO	BELA VIDA II	240	28/12/2009	FAR Empresas	RARO ENGENHARIA
202	SÃO GONÇALO	CIDADE VERDE I	240	09/06/2014	FAR Empresas	J C CORDEIRO
203	SÃO GONÇALO	CIDADE VERDE IV	280	09/06/2014	FAR Empresas	J C CORDEIRO
204	SÃO GONÇALO	CIDADEVERDE III	280	09/06/2014	FAR Empresas	J C CORDEIRO
205	SÃO GONÇALO	COZUMEL 1	240	28/12/2011	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
206	SÃO GONÇALO	COZUMEL 2	280	28/12/2011	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
207	SÃO GONÇALO	COZUMEL 3	200	28/12/2011	FAR Empresas	CURY CONSTRUTOR
208	SÃO GONÇALO	GALO BRANCO	300	25/02/2014	FAR Empresas	EDIFICAR
209	SÃO GONÇALO	P. BEM-TE-VIS	499	28/12/2011	FAR Empresas	MRV ENGENHARIA
210	SÃO GONÇALO	P. DAS ARARAS	499	28/12/2011	FAR Empresas	MRV ENGENHARIA
211	SÃO GONÇALO	P. DAS GAIVOTAS	433	28/12/2011	FAR Empresas	MRV ENGENHARIA
212	SÃO GONÇALO	P. DOS SABIAS	310	28/12/2011	FAR Empresas	MRV ENGENHARIA
213	SÃO GONÇALO	SAO PEDRO ALCAN	85	24/02/2016	Entidades	S.P.ALCANTARA

214	SÃO GONÇALO	VENDA DA CRUZ	1240	23/10/2014	FAR Empresas	SERTENGE SERVIC
215	SÃO GONÇALO	VISTA ALEGRE I	360	29/03/2012	FAR Empresas	ILE
216	SÃO GONÇALO	VISTA ALEGRE II	360	29/03/2012	FAR Empresas	ILE
217	SÃO JOÃO DE MERITI	TRIO DE OURO 1	300	09/11/2012	FAR Vinculadas	BAIRRO NOVO
218	SÃO JOÃO DE MERITI	TRIO DE OURO 2	300	09/11/2012	FAR Vinculadas	BAIRRO NOVO
219	SÃO JOÃO DE MERITI	TRIO DE OURO 3	220	09/11/2012	FAR Vinculadas	BAIRRO NOVO
220	SÃO JOÃO DE MERITI	TRIO DE OURO 4	140	09/11/2012	FAR Vinculadas	BAIRRO NOVO
221	SÃO JOÃO DE MERITI	VENDA VELHA I	404	08/04/2010	FAR Empresas	ILE
222	SÃO JOÃO DE MERITI	VENDA VELHA II	404	08/04/2010	FAR Empresas	ILE
223	SEROPÉDICA	RES JD ACACIAS	327	12/03/2010	FAR Empresas	SETA
224	SEROPÉDICA	RES PARQ FLORES	319	12/03/2010	FAR Empresas	SETA
225	TANGUÁ	VILA HORTENCIAS	464	29/06/2012	FAR Empresas	ILE
Adaptado: CAIXA ECONOMICA FEDERAL, http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx . Acesso em: 16/02/2017						

Anexo 2

Conjunto de recomendações técnico-construtivas para cada uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras.

Zona bioclimática	Diretrizes construtivas		
1	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Permitir sol durante o período frio	Parede: Leve Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Inverno:	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)	
2	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede: Leve Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Ventilação cruzada	
Inverno:	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)		
3	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Ventilação cruzada	
Inverno:	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)		
4	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa)	
Inverno:	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)		
5	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Ventilação cruzada	
Inverno:	Vedações internas pesadas (inércia térmica)		

6	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Leve isolada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa)	
	Inverno:	Vedações internas pesadas (inércia térmica)	
7	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Pequenas	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Pesada
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa)	
8	Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas	Vedações externas
	Grandes	Sombrear aberturas	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve refletora
	Estratégias de condicionamento térmico passivo		
	Verão:	Ventilação cruzada permanente	
Adaptado: NBR 15220-3:2005			