

GERUSA RIBEIRO BORGES COELHO

**ANÁLISE QUALITATIVA DE JANELAS NO SETOR DE SERVIÇO DE
UNIDADES HABITACIONAIS DE EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS
COM FOCO NA VENTILAÇÃO NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

GERUSA RIBEIRO BORGES COELHO

**ANÁLISE QUALITATIVA DE JANELAS NO SETOR DE SERVIÇO DE
UNIDADES HABITACIONAIS DE EDIFICAÇÕES MULTIPAVIMENTOS
COM FOCO NA VENTILAÇÃO NATURAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2010.

Prof^a. Aline Werneck Barbosa de Carvalho
(Coorientadora)

Prof. José Luiz Rangel Paes
(Coorientador)

Prof. Túlio Márcio de Salles Tibúrcio

Prof. Rolf Jentzsch

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
(Orientador)

Dedico esta pesquisa,
à minha família maravilhosa,
fonte de inspiração para as
conquistas da minha vida.

Em especial, ao meu esposo Eraldo
e aos amados filhos Helena e Eduardo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Civil, pela oportunidade de participar do seu programa de Pós-Graduação, numa das melhores universidades do país.

Aos professores, pela dedicação e paciência na transmissão do conhecimento e pelo respeito que sempre demonstraram. Aos colegas de jornada acadêmica, pelas horas alegres e descontraídas onde sempre havia oportunidade para compartilharmos nossas experiências pessoais e profissionais.

Aos profissionais do Instituto de Planejamento do Município de Viçosa (IPLAM), pela presteza e dedicação, permitindo acesso às informações relativas aos projetos e processos de aprovação dos empreendimentos analisados.

Às imobiliárias VHD, Chequer e Lelis, cuja confiança permitiu a realização da pesquisa de campo.

Ao professor Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, orientador, amigo e incentivador, por acreditar na minha capacidade e me ensinar que o conhecimento é oportunidade de promover benefícios a outros. Aos professores coorientadores, Aline W. B. de Carvalho, José Luiz R. Paes, e aos professores avaliadores, Túlio M. S. Tibúrcio e Rolf Jentzsch, pelas contribuições valorosas à pesquisa.

Aos amigos espirituais, por me conduzirem, ampararem e inspirarem, principalmente nos momentos de incertezas.

Ao meu esposo Eraldo, pelos anos de convivência repleta de amizade, incentivo, companheirismo e amor. Aos meus filhos, Helena e Eduardo, por responderem sempre com carinho e amor às minhas ausências.

À minha sogra, D^a. Lourdes, por fazer da sua vida um exemplo de mulher e mãe. Aos meus cunhados e cunhadas, pela convivência repleta de carinho e admiração.

A minha mãe Marisa, anjo de luz, pela ajuda inestimável e pelos momentos de tranqüilidade, decisivos para concretização desta pesquisa. As minhas irmãs, Mackely, Letícia e Camila, pelas palavras de incentivo que sempre ecoaram intensas no meu coração.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Objetivo geral.....	3
1.3 Objetivos específicos.....	3
1.4 Motivações para o desenvolvimento da pesquisa.....	3
1.5 Questões a investigar.....	6
1.6 Delimitação da pesquisa.....	6
1.7 Estrutura da dissertação.....	7
1.8 Princípios conceituais.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Setor de serviço: caracterização histórica, social e formal.....	11
2.1.1 Cozinha.....	12
2.1.2 Área de serviço.....	16
2.2 Exigências humanas de habitabilidade: requisitos de conforto térmico e qualidade do ar interno.....	18
2.2.1 Conforto térmico.....	21
2.2.2 Qualidade de ar interno.....	22
2.3 Variáveis humanas, ambientais e comportamentais para condicionamento térmico natural.....	29
2.3.1 Variáveis humanas.....	29
2.3.2 Variáveis ambientais e arquitetônicas/comportamentais.....	29
2.4 Requisitos de ventilação natural.....	31

2.4.1	Ventilação artificial ou mecânica.....	36
2.4.2	Ventilação unilateral, cruzada e indireta (poços de ventilação).....	36
2.5	Diretrizes bioclimáticas.....	38
2.6	Requisitos de desempenho para janelas com vistas a satisfazer as exigências de habitabilidade.....	41
2.6.1	Janelas.....	42
3.	METODOLOGIA.....	55
3.1	Considerações iniciais.....	55
3.2	Caracterização do local de estudo.....	57
3.2.1	Viçosa (MG).....	57
3.2.2	Breve Histórico da Evolução Urbana do Município de Viçosa (MG).....	59
3.3	Pesquisa de campo.....	62
3.3.1	Variáveis observadas na escala da edificação.....	64
3.3.1.1	Variáveis ambientais.....	64
3.3.1.2	Variáveis comportamentais.....	68
3.3.1.3	Variáveis físicas e tecnológicas.....	68
3.3.2	Variáveis observadas na escala da unidade habitacional.....	69
3.3.2.1	Variáveis ambientais.....	69
3.3.2.2	Variáveis comportamentais.....	70
3.3.2.3	Variáveis físicas.....	70
3.3.3	Variáveis observadas na escala do objeto (janelas do setor de serviço).....	70
3.3.3.1	Variáveis ambientais.....	71
3.3.3.2	Variáveis físicas.....	72
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4.1	Variáveis analisadas na escala da edificação.....	75
4.1.1	Variáveis ambientais.....	76
4.1.1.1	Orientação solar.....	76
4.1.1.2	Direção e intensidade dos ventos.....	77
4.1.2	Variáveis comportamentais.....	84
4.1.2.1	Permeabilidade da malha urbana aos ventos predominantes.....	84
4.1.2.2	Características do entorno.....	86
4.1.3	Variáveis físicas.....	86
4.1.3.1	Materiais de acabamento.....	86
4.1.3.2	Forma das edificações.....	93
4.2	Variáveis analisadas na escala da unidade habitacional.....	94

4.2.1	Variáveis ambientais, comportamentais e físicas.....	94
4.2.1.1	Unidades habitacionais da ED1.....	94
4.2.1.2	Unidades habitacionais da ED2.....	96
4.2.1.3	Unidades habitacionais da ED3.....	100
4.2.1.4	Unidades habitacionais da ED4.....	104
4.2.1.5	Unidades habitacionais da ED5.....	107
4.2.1.6	Unidades habitacionais da ED6.....	111
4.3	Variáveis analisadas na escala do objeto	114
4.3.1	Análise dimensional.....	114
4.3.2	Análise descritiva das janelas do setor de serviço.....	119
5.	CONCLUSÃO	130
5.1	Contribuições da pesquisa.....	134
5.2	Recomendações para futuras pesquisas	135
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
7.	NOTAS DE REFERÊNCIA	142

LISTA DE FIGURAS

01: A edificação no contexto mais amplo.....	8
02: Desdobramento sistêmico da edificação.....	9
03: Desempenho ao longo do tempo.....	10
04: Diversidade das unidades familiares nos anos 80.....	16
05: Necessidades dos usuários.....	21
06: Zona de Conforto Humano.....	23
07: Edifício doente <i>versus</i> edifício saudável.....	23
08: Vista panorâmica da região central da cidade de Viçosa, com relevo caracterizado como vale.....	32
09: Efeitos aerodinâmicos do vento em configurações típicas.....	33
10: Exemplos de ventilação no interior de edificações.....	39
11: Janelas como filtros das condições do exterior.....	43
12: Dimensão ambiental, comportamental, física e técnica, do projeto de janelas.....	44
13: Aspectos relacionados à qualidade da iluminação.....	49
14: Iluminância (lux) por tipo de atividade (valores médios em serviço), com destaque para os índices do setor de serviço.....	50
15: Fontes de luz natural que alcançam o edifício.....	51
16: Níveis de pressão sonora e amostras de sensações experimentadas pelo organismo humano.....	52
17: Níveis relativos à máxima exposição auditiva humana permissível diariamente.....	52
18: Desdobramento funcional hierarquizado de janelas (primeiro nível).....	54
19: Localização do município de Viçosa no estado de Minas Gerais.....	58

20: Circulação de ventos em fundo de vale.....	60
21: Região central do município de Viçosa, com relevo caracterizado como vale.....	60
22: a) Vista aérea do centro da cidade de Viçosa-MG, fronteiro ao câmpus da UFV; b) Vista do centro urbano de Viçosa-MG, nas imediações do câmpus da UFV.....	62
23: Código de identificação das edificações e unidades autônomas analisadas.....	62
24: Zona Central de Viçosa (MG) com indicação das edificações analisadas.....	63
25: Identificação das edificações analisadas.....	65
26: Mecanismo para observação simplificada do fluxo de ar através das janelas.....	69
27: Amostra de espaços livres para passagem do fluxo, utilizados como base de cálculo para determinação da área efetiva de ventilação.....	73
28: Edificação ED3 com fachadas sombreadas por edificação vizinha às 15h.....	77
29: Croqui de implantação da edificação ED1 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	78
30: Croqui de implantação da edificação ED2 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	79
31: Croqui de implantação da edificação ED3 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	80
32: Croqui de implantação da edificação ED4 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	81
33: Croqui de implantação da edificação ED5 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	82
34: Croqui de implantação da edificação ED6 com indicação da direção e intensidade do vento observadas <i>in loco</i>	83
35: Amostra da relação entre áreas opacas e permeáveis das superfícies externas das edificações ED1 e ED5, que além da abertura em fachadas possuem poços de ventilação e iluminação.....	85
36: Janelas da unidade habitacional ED4.6.4 instalada em poço de ventilação e iluminação sub-dimensionado.....	85
37: a) Foto aérea da edificação ED1 (20° 45 '7.42" Latitude Sul)_(42° 52'54.12" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED1 no contexto urbano.....	87

38: a) Foto aérea da edificação ED2 (20° 45' 18.81" Latitude Sul)_ (42° 52' 36.74" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED2 no contexto urbano.....	88
39: a) Foto aérea da edificação ED3 (20° 45' 25.30" Latitude Sul)_ (42° 52' 31.29" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED3 no contexto urbano.....	89
40: a) Foto aérea da edificação ED4 (20° 45' 25.24" Latitude Sul)_ (42° 52' 30.67" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED4 no contexto urbano.....	90
41: a) Foto aérea da edificação ED5 (20° 45' 15.94" Latitude Sul)_ (42° 52' 00.91" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED5 no contexto urbano.....	91
42: a) Foto aérea da edificação ED6 (20° 45' 34.07" Latitude Sul)_ (42° 52' 51.63" Longitude Oeste); b e c) vistas panorâmicas da edificação ED6 no contexto urbano.....	92
43: Relacionamento entre área do lote e área construída.....	93
44: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED1 em relação à direção predominante do vento.....	96
45: Croqui dos fluxos de ar internos observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED1.3.7, ED1.4.6 e ED1.8.7 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	97
46: Croqui do fluxo de ar interno observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED1.5.4 e ED1.10.8 para condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	98
47: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED2 em relação à direção predominante do vento.....	99
48: Croqui dos fluxos de ar interno, observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas E2.2.5, ED2.3.3 e ED2.3.7 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	101
49: Croqui dos fluxos de ar interno, observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED2.4.6 e ED2.5.2 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	102
50: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED3, em relação à direção predominante do vento.....	104
51: Croqui dos fluxos de ar interno observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED3.7.4 e ED3.9.4 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	106

52: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED4 em relação à direção predominante do vento.....	106
53: Croqui dos fluxos de ar internos observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED4.3.4, ED4.6.1 e ED4.6.4 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	108
54: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED5, em relação à direção predominante do vento.....	109
55: Croqui dos fluxos de ar interno, observados <i>in loco</i> , nas unidades habitacionais ED5.5.3, ED5.5.5 e ED5.6.7, na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	110
56: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED6, em relação à direção predominante do vento.....	112
57: Croqui dos fluxos de ar interno observados <i>in loco</i> , nas unidades autônomas ED6.4.1, ED6.4.5 e ED6.10.3 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).....	113
58: Amostra de croquis, de setores de serviço, com arranjo físico integrado das unidades habitacionais analisadas.....	115
59: Amostra de croquis, de setores de serviço, com arranjo físico isolado das unidades habitacionais analisadas.....	116
60: Amostras de tipologia de janela, recorrentes nos setores de serviço com arranjo físico integrado, na condição de máxima ventilação do sistema.....	121
61: Amostra de tipologia de janela, recorrentes nos setores de serviço com arranjo físico isolado, na condição de ventilação parcial do sistema (ventilação higiênica).....	122
62: Sistemas internos de abertura (portas) com permeabilidade ao fluxo de ar.....	123
63: Amostra setor de serviço, da edificação ED3, com arranjo físico integrado, cuja bancada de trabalho (pia) foi instalada sob janelas com peitoril alto, dificultando o acionamento dos comandos.....	123
64: Croqui das tipologias de janelas, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED1.....	124
65: Croqui das tipologias de janelas, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED2.....	125
66: Croqui das tipologias de janelas, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED3.....	126
67: Croqui das tipologias de janelas, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED4.....	127

68: Croqui da tipologia de janela, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED5.....	128
69: Croqui da tipologia de janela, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED6.....	129

LISTA DE TABELAS

01: Diretrizes de flexibilidade do espaço edificado.....	17
02: Exigências dos usuários.....	20
03: Doenças específicas relacionadas ao edifício.....	24
04: Doenças inespecíficas relacionadas ao edifício.....	24
05: Principais fontes de poluentes do ar interno.....	25
06: Caracterização dos agentes poluidores do ar interno em ambientes residenciais.....	26
07: Ventilação mínima necessária por pessoa (m ³ /h) de acordo com o uso da edificação.....	28
08: Valores de n (índice de renovação de ar) de acordo com o uso da edificação.....	29
09: Calor cedido ao ambiente em watts, segundo algumas atividades desenvolvidas pelo indivíduo.....	30
10: Variáveis ambientais que influenciam na sensação de conforto térmico.....	30
11: Variáveis arquitetônicas/comportamentais que influenciam na sensação de conforto térmico.....	30
12: Ar fresco requerido por pessoa (m ³ /h).....	34
13: Estratégias de condicionamento térmico passivo.....	41
14: Funções básicas desempenhadas pelo sistema de aberturas.....	42
15: Velocidade média do ar interior de uma edificação como percentual da velocidade do ar exterior.....	48
16: Variáveis observadas na pesquisa de campo nas três escalas de levantamento.....	56
17: Normas climatológicas de Viçosa-MG.....	58

18: Evolução da população no município de Viçosa (MG).....	61
19: Características dos lotes urbanos localizados na região central de Viçosa (MG).....	63
20: Identificação das edificações analisadas.....	64
21: Escala de ventos a partir de faixas de velocidades de BEAUFORT..	66
22: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de velocidade.....	67
23: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de velocidade do vento.....	67
24: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de direção predominante.....	68
25: Classificação dos compartimentos de acordo com o código de obras e edificações do município de Viçosa (MG).....	70
26: Estratégias bioclimáticas mais apropriadas para cidade de Viçosa/MG e porcentagem de horas para cada mês do ano.....	72
27: Parâmetro para avaliação de dimensionamento de janelas de acordo com as exigências do código de obras municipal. Lei Municipal 1633/2004.....	73
28: Planilha para caracterização das janelas utilizada durante a pesquisa de campo.....	74
29: Variáveis ambientais observadas na escala da edificação durante a pesquisa de campo.....	76
30: Valores para poços de ventilação e iluminação.....	85
31: Confrontações das edificações analisadas.....	86
32: Características quantitativas medidas <i>in loco</i> , em termos de área dos setores de serviço e dos sistemas de abertura, para a condição de setores de serviço com arranjo físico integrado.....	117
33: Características quantitativas medidas <i>in loco</i> em termos de área dos setores de serviço e dos sistemas de abertura para a condição de setores de serviço com arranjo físico isolado.....	118
34: Tipologia e dimensões de janelas encontradas nos de setores de serviço, com arranjo físico integrado.....	120
35: Tipologia e dimensões de janelas encontradas nos de setores de serviço, com arranjo físico isolado.....	122

RESUMO

COELHO, Gerusa Ribeiro Borges. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Análise qualitativa de janelas no setor de serviço de unidades habitacionais de edificações multipavimentos com foco na ventilação natural.** Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Coorientadores: Aline Werneck Barbosa de Carvalho e José Luiz Rangel Paes.

O estudo da ventilação natural em unidades habitacionais de edificações multipavimentos recai na importância do fluxo de ar para renovação e qualidade do ar interno, e na manutenção do conforto térmico nos ambientes. Com essa diretriz, o principal objetivo da pesquisa foi analisar qualitativamente os aspectos dimensionais e tipológicos de janelas de unidades habitacionais em edificações de múltiplos pavimentos na região central de Viçosa (MG). Buscou-se compreender as inter-relações entre o arranjo físico interno dos compartimentos e os aspectos formais e funcionais das janelas no comportamento do fluxo de ar em ambientes internos, em especial no setor de serviço. Para isso, o procedimento consistiu na caracterização e compreensão das inter-relações entre variáveis ambientais, comportamentais, físicas e técnicas em três escalas: a da edificação como um todo, a da unidade autônoma e a do objeto (janelas). A compreensão das possíveis práticas construtivas e de dimensionamento de janelas e a verificação da potencialidade para utilização da ventilação natural no setor de serviço, realizou-se por meio de pesquisa de campo em 24 unidades habitacionais disponíveis para locação, em seis edificações de uso misto na região central de Viçosa (MG). As análises dos resultados mostram, mesmo na presença de grande massa edificada dificultando a circulação das correntes naturais de ar, a região central de Viçosa dispõe de condições efetivas para tirar proveito da ventilação natural na criação de ambientes internos higrotermicamente confortáveis e saudáveis. As unidades habitacionais pesquisadas propícias ao aproveitamento da ventilação cruzada dependem da máxima inter-relação física entre os setores, ou seja, permanecerem abertas portas internas e janelas da envoltória. A análise do arranjo físico em planta apontou limitações a essa integração devido às características das

atividades desenvolvidas e ao próprio fluxo de ar interno. Constatou-se a necessidade de que os sistemas de abertura devem dispor de recursos que propiciem maior diversidade no controle da intensidade e do direcionamento do fluxo de ar e que, o dimensionamento de janelas não deve considerar apenas o cálculo da relação entre a área total da janela e a área do piso ou questões estéticas e econômicas, mas apoiar as decisões de projeto em especificações em requisitos e critérios de desempenho, para o que se fazem necessários estudos específicos para as condições locais. Subsidiariamente, o trabalho de campo também permitiu uma melhor compreensão de como os projetos de edifícios habitacionais de múltiplos andares em áreas urbanas adensadas são impactados por deficiências na legislação municipal, no que se refere aos elementos construtivos janelas para fins de conforto térmico e qualidade do ar para as edificações em Viçosa-MG.

ABSTRACT

COELHO, Gerusa Ribeiro Borges. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2010. **Qualitative analysis of windows in the kitchen and laundry areas of multi-paved buildings focusing natural ventilation.** Adviser: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Co-Advisers: Aline Werneck Barbosa de Carvalho and José Luiz Rangel Paes.

The study of the natural ventilation in multi-paved buildings is due to the importance of the air flow for renewal and quality of indoor air as well as the maintenance of thermal comfort within the environments. With this guideline, the main purpose of this research was to qualitatively analyze the dimensional and typological aspects of windows in housing units in multi-paved buildings in the central region of the city of Viçosa, state of Minas Gerais, Brazil. We have tried to understand the inter-relations between the indoor physical arrangement in the compartments and the windows formal and functional aspects regarding the behavior of the air flow indoors, especially in the kitchen and laundry areas. For this, the procedure consisted of characterization and understanding of the inter-relations among environmental, physical and technical variables in three scales: The building itself, the autonomous unit and the objects (windows). The understanding of the possible constructive practices and the windows dimensioning as well as the potentiality verification for the usage of natural ventilation in the kitchen and laundry areas was done through a survey in 24 housing units available to be allocated, in six buildings that have both residential apartments as well as commercial offices in the central region of Viçosa. The results analyses show, even when in the presence of areas with many buildings that make it more difficult for the natural current of air to circulate, that the central region of Viçosa has effective conditions to take advantage of the natural ventilation in the creation of indoor environments that are hygrothermally comfortable and healthy. The apartments that were surveyed and are proper for the improvement of crossed ventilation depend on maximum physical inter-relation among the sectors, that is, one has to make sure the indoor doors are kept opened as well as the windows exterior

facade .The analysis of the physical arrangement in plant, has pointed to limitations for this integration due to the characteristics of the developed activities and to the indoor flow itself. Thus the necessity to have the opening systems with resources that enable greater diversity in the control of intensity and the air flow direction was verified. It was also observed that the window dimensioning should not consider only the calculation of the relationship between total area and floor area or esthetics or economic questions, but to support the project decisions regarding specifications in requirements and performance criteria, to which specific studies for the local conditions are necessary. The field work has also allowed a better understanding of how multiple floor building projects in urban areas are impacted by deficiencies in the city legislation, regarding the windows constructive elements that aim the thermal comfort as well as air quality for the buildings in Viçosa.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O aprimoramento técnico dos profissionais atuantes na área da construção civil, no sentido de conceber ambientes sustentáveis e eficientes, passa necessariamente pelo conhecimento de requisitos e critérios técnicos que visam à redução do desperdício, à melhoria da qualidade de produtos e processos, à reciclagem dos resíduos, ao aumento da durabilidade de componentes, à eficiência energética e à racionalização de recursos.

A adoção de práticas sustentáveis ao longo do ciclo de vida das edificações¹ implica, antes de tudo, numa questão de cultura e educação dos agentes envolvidos, incluindo os usuários finais, para que a consideração da sustentabilidade e de seus benefícios torne-se um dos objetivos do empreendimento.

No setor da construção civil, o conceito de sustentabilidade contempla medidas que visam a reduzir ou minimizar os impactos na maneira como as edificações são projetadas, construídas e gerenciadas. Busca-se uma integração da edificação com o meio ambiente, de forma a torná-la parte de um conjunto maior, com aumento de qualidade da vida do ser humano no ambiente construído, levando em consideração as características das atividades e do clima locais.

No meio ambiente, os impactos oriundos da construção civil podem ser descritos como a modificação do ambiente natural (adversa ou benéfica), que resulta das atividades, dos produtos ou dos serviços de uma organização². Como exemplo, podem ser citadas as emissões de poluentes na atmosfera, a geração e o lançamento de resíduos em corpos d'água, a contaminação do solo, o uso de matérias-primas e de recursos naturais e as alterações de qualquer natureza, que imponham respostas negativas à comunidade diretamente afetada pelo empreendimento.

A busca por soluções alternativas ao consumo da energia de fontes convencionais, recorrendo-se ao uso de fontes de energias renováveis não poluentes, tem gradativamente integrado programas de diversos empreendimentos, que auxiliadas por pesquisas científicas, visam à diminuição dos impactos ambientais sobre toda a cadeia produtiva. Sistemas de tratamento de resíduos orgânicos, programas de reciclagem de resíduos e reaproveitamento de águas servidas e da chuva são alguns exemplos de medidas que estão sendo incorporadas.

As conseqüências de uma crise energética de dimensões mundiais e o impacto ambiental gerado pelo consumo da energia de base fóssil, somadas aos alertas acerca do crescimento da população mundial, das cidades e de suas demandas por todos os tipos de recursos, fizeram com que as estratégias para o aumento da eficiência dos processos e produtos utilizados na construção civil se destacassem no conceito da sustentabilidade³.

Sob esse aspecto, o conceito clássico da arquitetura, onde eram destacados três vértices principais (solidez, utilidade e beleza), recebe um quarto vértice, o da eficiência energética²¹, cujos princípios, quando incorporados na fase de projeto, contribuem para geração de uma arquitetura baseada na eficiência dos sistemas que a compõem. Os projetos arquitetônicos passam a incorporar princípios que envolvem a adequação climática e o conforto ambiental, que dependem do conhecimento de mecanismos de condicionamento térmico natural⁴.

Em termos de condicionamento térmico, a ventilação natural é uma das mais eficientes estratégias passivas na busca por níveis de conforto ambiental de caráter humano. Sua importância não está apenas na obtenção de conforto, mas também por razões de salubridade dos ambientes e de seus habitantes, já que a permeabilidade dos ambientes aos ventos dominantes traz uma renovação contínua do ar interno de um recinto (ventilação higiênica). O estudo da ventilação natural, como estratégia de condicionamento passivo para fins de conforto térmico no interior de edificações, é explorado na presente pesquisa, que aborda o assunto considerando variáveis ambientais e arquitetônicas, direcionadas para os elementos construtivos janelas, bem como as exigências de habitabilidade dos usuários⁵.

Pesquisas que relacionem as configurações geométricas de sistemas de abertura e o arranjo físico de unidades habitacionais, com vistas à utilização da ventilação natural, são um assunto amplo que requer o estudo de diversos temas que envolvem a produção de objetos arquitetônicos em diversas escalas de intervenção, desde a escala urbana até à dos objetos (janelas).

A opção pelo estudo da circulação de ar no setor de serviço, em especial das cozinhas de apartamentos, requer cuidados específicos de ventilação desses

ambientes, em virtude da produção de agentes poluidores (odores, vapores d'água, fumaça, entre outros) provenientes das atividades desenvolvidas, que podem comprometer a qualidade do ar interno. De modo ainda mais específico, coloca-se o foco no setor de serviços de unidades habitacionais de edificações verticalizadas, cujas elevadas densidades e taxas de ocupação acabam por gerar arranjos físicos subdimensionados e massas edificadas com reduzida permeabilidade ao fluxo de ar.

Dessa forma, é uma essencial missão dos projetistas investigar as possibilidades de implantação do empreendimento, usando o engenho da concepção arquitetônica, na busca pelo aproveitamento máximo dos benefícios das condicionantes naturais (ventilação, iluminação e radiação solar), para adequação da edificação ao clima e, conseqüentemente, o desenvolvimento de habitações energeticamente mais eficientes e adequadas às exigências humanas de conforto.

1.2 Objetivo geral

Considerando o exposto, o principal objetivo da pesquisa foi analisar qualitativamente aspectos tipológicos de janelas de unidades habitacionais em edificações de múltiplos pavimentos na região central da cidade de Viçosa (MG),

1.3 Objetivos específicos

- Identificar as tipologias de janelas e suas características geométrico-funcionais e físicas, utilizadas no setor de serviço de unidades autônomas em edificações de múltiplos pavimentos.
- Confrontar o dimensionamento das janelas do setor de serviço, em face das exigências do código de obras municipal e da norma técnica NBR 15220-3:05.
- Compreender as inter-relações entre o arranjo físico interno dos compartimentos e os aspectos formais e funcionais dos sistemas de abertura, no comportamento do fluxo de ar em ambientes internos, em especial no setor de serviço.
- Analisar a adequação das características tipológicas das janelas às exigências de ventilação no setor de serviço e as implicações do arranjo físico dos compartimentos internos quanto à permeabilidade da unidade habitacional à ventilação.

1.4 Motivações para o desenvolvimento da pesquisa

Para o desenvolvimento de projetos mais eficientes em termos de consumo racional de energia, já é fato bem sabido a necessidade do aproveitamento das condicionantes naturais, como ventos predominantes, iluminação natural e radiação

solar. Todavia, esforço adicional mostra-se necessário em pesquisas voltadas para a adequação das edificações e dos seus sistemas e elementos construtivos, para aproveitamento da ventilação natural, a fim de assegurar condições de conforto térmico e qualidade do ar em ambientes internos climatizados passivamente.

Contudo, a presença de massas construídas, com altas taxas de ocupação dos lotes, configura-se como uma barreira física à permeabilidade urbana dos ventos predominantes. A busca por alternativas de adequação da edificação ao clima procura reverter a perda da qualidade ambiental da cidade, que repercute na necessidade de utilização cada vez maior de energia elétrica, para garantir padrões desejáveis de conforto ambiental nas edificações.

As motivações que impulsionaram a realização da pesquisa, tendo as janelas como objeto de atenção, recaem na importância do sistema não como uma simples abertura para fornecer ar e luz a uma edificação ou como elemento decorativo de fachadas, mas como mecanismo de controle, que se propõe a resguardar o ambiente interno do efeito das condições indesejáveis de exposição. Usadas como elementos decorativos de fachadas, por serem aberturas para o exterior do universo privado, também agregam valores simbólicos, culturais e estéticos, inseparáveis da própria noção que, tecnicamente, pode-se ter da janela⁶.

Funcionalmente, a janela é o elemento que mais agrega potencial de utilidades para o ser humano sentir um ambiente construído e perceber o mundo ao seu redor. Além de promover trocas de energia, outro diferente enfoque para a janela diz respeito ao seu papel de impulsionar as capacidades humanas de percepção e de poder associar e satisfazer várias exigências de conforto (higrotérmico, visual, acústico e ergonômico)⁷.

O estudo sistemático do elemento janela é um importante aliado do projetista na tomada de decisão para especificação do sistema de abertura, uma vez que inúmeras condicionantes devem ser consideradas na fase de projeto, cujas decisões interferem no desempenho global da edificação. O conforto psicológico é outro aspecto importante a ser considerado na avaliação do desempenho de sistemas de abertura. O conforto psicológico pode ser afetado pela comunicação ou ausência de contato com o ambiente externo, já que a falta da luz do dia em edificações sem janelas, por exemplo, pode causar distúrbios de caráter somático (descontrole de funções corporais regulares), e de caráter psicossomático (distúrbios nervosos de várias origens que culminam, em geral, em debilidade física).

Consideradas um dos elementos mais expressivos na fachada de uma edificação, as janelas foram tratadas com destaque por diversos arquitetos em suas concepções. Todavia, sendo um sistema polifuncional, possuem outras finalidades além da estética, quais sejam: ambiental (controle do fluxo de calor, ar,

estanqueidade, transmissão de som e de luz), de segurança (desempenho estrutural, controle de propagação do fogo e segurança contra intrusão), operacionais, de manutenibilidade e psicológicas (comunicação física e visual com o exterior).

Com vistas à habitabilidade, as janelas representam uma parte importante na realização da qualidade de vida e do conforto em edificações, pois atuam como filtros das condições físicas entre o exterior e o interior do edifício, contribuindo para o bem estar humano⁸. No contexto da ambiência de uma edificação, principalmente a induzida pelas janelas, tanto o calor como a luz devem ser motivo de criteriosa abordagem, em especial no aspecto do uso racional de energia, uma vez que as habitações são os maiores consumidores depois da indústria. Um indicativo da pouca importância que é dada ao projeto de sistemas de abertura é a utilização crescente de mecanismos artificiais para garantir refrigeração, aquecimento e iluminação diurna em ambientes internos.

Além de fatores ambientais, o projeto para sistema de abertura precisa considerar aspectos de segurança estrutural, construtiva e ao fogo. As janelas são componentes que precisam resistir mecanicamente aos efeitos de carregamentos eólicos e aos decorrentes da sua justaposição aos fechamentos opacos. Além disso, ela precisa promover segurança, no sentido de evitar a intrusão e, ao mesmo tempo, ser durável e de fácil manuseio e manutenção.

Do ponto de vista da normalização, a NBR 15220-03:05⁹ estabelece uma série de diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo para o desenvolvimento de projetos de edificações mais eficientes, no qual o tamanho das aberturas para ventilação natural é destacado. Por estar relacionada à sensação térmica, a ventilação é um dos fatores mais importantes que determinam o conforto térmico. Sua importância também é salientada por razões de salubridade dos ambientes e de seus habitantes, para favorecer a penetração dos ventos dominantes e permitir renovação contínua do ar interno de um recinto (ventilação higiênica).

Segundo MASCARÓ *apud* NEVES (2006), a tipologia da janela determina critérios de desempenho tais como: a área real de abertura, a área máxima de ventilação, a possibilidade da separação das correntes de ar frio e quente, a facilidade de operação e a controle pelo usuário.

A tipologia do sistema de abertura afeta diretamente o desempenho da ventilação cruzada, pois permite determinar o direcionamento do fluxo de ar, a possibilidade de mudança de orientação do fluxo e a regulagem de sua intensidade, por meio de um controle flexível do movimento de ar. Além da tipologia, questões como a posição na fachada e as dimensões das aberturas devem ser consideradas na fase de projeto. A posição na fachada determina o padrão de distribuição do fluxo de

ar pelos ambientes, e o tamanho das aberturas, seja de entrada ou de saída, determina a velocidade média do ar internamente.

Associar ao projeto de sistemas de abertura aspectos que favoreçam a utilização da ventilação natural, em ambientes internos, além de satisfazer exigências de salubridade, de renovação de ar e de conforto térmico, pode estabelecer novos parâmetros para o dimensionamento de janelas, ou seja, um dimensionamento com base em critérios que levem em consideração as particularidades do entorno e do clima da região, e não apenas a área do piso.

A relação da área da janela com a do piso, utilizada pelos códigos de edificações brasileiros como parâmetro para o dimensionamento das aberturas de ventilação, não garante desempenhos favoráveis de ventilação natural dos edifícios, pela circulação do ar por ação do vento. Esse processo depende de fatores variáveis, e de fatores fixos do entorno e do edifício, e não apenas do tamanho das aberturas¹⁰.

Diante do exposto, motivou a realização da pesquisa a possibilidade de contribuir com um referencial para auxiliar projetistas na configuração de janelas para as condições climáticas de Viçosa (MG), com vistas ao conforto térmico e à qualidade do ar interno nas edificações

1.5 Questões a investigar

Considerando as motivações apresentadas para realização da pesquisa, propõem-se as seguintes questões a investigar:

- de que maneira a tipologia das janelas pode influenciar na circulação interna do ar, em setores de serviço de unidades habitacionais de múltiplos pavimentos?
- que características geométrico-funcionais e físicas de janelas podem contribuir para a adequação ambiental do sistema para as condições ambientais de Viçosa (MG)?
- as exigências do código de obras, para dimensionamento das janelas, permitem condições efetivas para o aproveitamento da ventilação natural no setor de serviço na região central de Viçosa (MG)?
- que outro índice construtivo poderia ser utilizado no dimensionamento de janelas?

1.6. Delimitação da pesquisa

Considerando os objetivos e as questões a serem investigadas, optou-se por uma metodologia para uma análise qualitativa dos dados provenientes do levantamento de campo, priorizando-se aspectos específicos dos sistemas de abertura e das unidades habitacionais, não sendo incorporadas avaliações relativas ao comportamento e às exigências do usuário frente ao desempenho do ambiente

construído. Para tanto, a pesquisa de campo focou unidades habitacionais disponíveis para locação, não incluídos nos resultados dados obtidos com base em análise pós-ocupação como, por exemplo, questionários para demonstração de opiniões, queixas, avaliações e sugestões, que apesar da reconhecida importância, não fazem parte dos objetivos da pesquisa. Portanto, a metodologia adotada priorizou uma análise qualitativa baseada em observações das condições naturais de ventilação, dos fluxos de ar externos (entorno das edificações) e internos (entre os compartimentos) e do arranjo físico dos compartimentos, não implementando análises quantitativas, tais como medições da intensidade do fluxo de ar, do grau de infiltração, de índices lumínicos ou acústicos, dentre outros.

1.7 Estrutura da dissertação

Para sistematização do estudo objeto desta pesquisa, os assuntos estão apresentados em sete partes:

1. Introdução: trata das considerações iniciais da pesquisa, apresentando o referencial teórico, os objetivos e as motivações para o desenvolvimento do tema.

2. Referencial teórico: são apresentados os temas relevantes que envolvem ventilação natural e as exigências humanas de conforto ambiental. Destaca-se, também, a caracterização histórica, social e formal do setor de serviço em habitações, bem como os requisitos de habitabilidade, as necessidades de conforto térmico e qualidade do ar interno, as variáveis humanas, comportamentais e físicas para condicionamento térmico natural, as diretrizes bioclimáticas e os requisitos de ventilação natural. O sistema de abertura e a ventilação natural são estudados à luz da normalização existente, assim como são destacados os aspectos relevantes para o dimensionamento de janelas.

3. Metodologia: diante das diversas possibilidades de abordagem do tema ventilação natural em edificações, o estudo estabelece as inter-relações entre as diversas variáveis que envolvem o problema. Essas variáveis dizem respeito às três escalas de abordagem, ou seja: da edificação, da unidade autônoma e do objeto janela. A metodologia adotada constitui-se numa avaliação qualitativa, cujos dados baseiam-se no estudo prévio do referencial teórico disponível e de pesquisas anteriormente desenvolvidas, na caracterização da área de estudo e no levantamento de campo na região central de Viçosa (MG), observando-se na prática construtiva de unidades habitacionais.

4. Resultados: são apresentadas as análises resultantes da coleta de dados (campo), baseadas nas observações de variáveis ambientais, comportamentais e

físicas nas escalas da edificação, da unidade autônoma e das janelas instaladas no setor de serviço de unidades habitacionais de edificações multipavimentos.

5. Conclusões; os resultados obtidos procuram responder as questões formuladas no início da pesquisa.

6. Referências bibliográficas.

7. Notas de referência.

1.8 Princípios conceituais

As edificações analisadas nesta pesquisa não foram estudadas apenas enquanto construção de quatro paredes, um piso e um teto. O conceito é mais abrangente e engloba o conjunto das obras construídas pelo homem, que incluem o assentamento habitável em sua estrutura global, e se identificam nos objetos de edificação de distintas naturezas, que caracterizam o assentamento propriamente dito.

Portanto, o termo edificação, no sentido mais amplo, é o espaço construído associado a uma infraestrutura que cria para o homem um ambiente artificial, preparado para o desenvolvimento de uma atividade determinada¹¹ (Figura 01). Torna-se importante ressaltar que a edificação é aqui tratada como um sistema, uma coleção de entidades relacionadas, de modo a formar uma unidade ou um todo, ou que propiciem a execução de algum fim lógico a partir dessas interações conjuntas¹². Cada entidade se relaciona com as outras, direta ou indiretamente, de modo mais ou menos estável, dentro de um determinado período de tempo.



Figura 01: A edificação no contexto mais amplo.
Fonte: Adaptado de E. MANDOLESI (1981).

No caso específico do edifício, tais entidades são os materiais, elementos, componentes e até mesmo outros sistemas, no caso subsistemas que utilizam determinadas interfaces de combinação, para concretizar o objeto arquitetônico¹³, isto é, o lugar agenciado para a prática das atividades humanas. Cada subsistema, na qualidade de elemento construtivo, possui interfaces técnico-construtivas que pressupõem, projetualmente, a consideração de apresentar capacidades funcionais ou multifuncionais de desempenho, em termos de atuação concomitante ou isolada com os demais elementos construtivos (Figura 02).

Uma abordagem sistêmica da edificação é uma maneira de pensar sobre o trabalho de projetar (planejar), pois fornece uma estrutura para visualizar fatores

ambientais internos e externos como um todo integrado. Segundo BOULDING (1956)¹⁴, os conceitos sistêmicos criam uma maneira de pensar, a qual, de um lado, ajuda o projetista a reconhecer a natureza de problemas complexos e a operar dentro do meio ambiente percebido¹⁵.

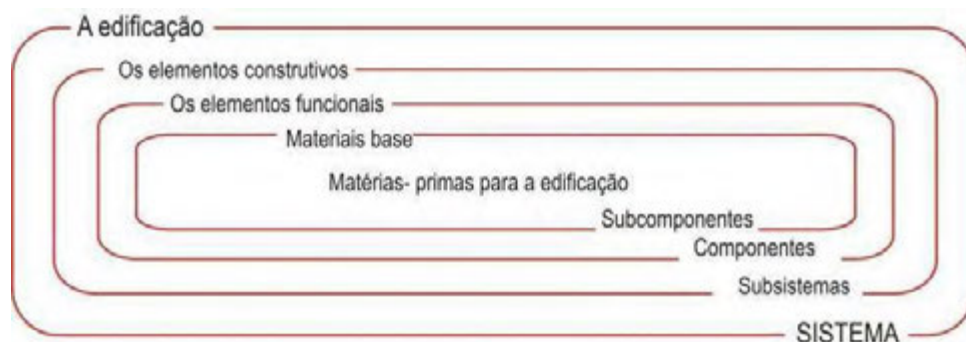


Figura 02: Desdobramento sistêmico da edificação.

Fonte: Adaptado de E. MANDOLESI (1981).

Considerando que a finalidade da edificação é a formalização de espaços construídos que permitam ao homem o desenvolvimento de determinadas atividades, evidencia-se que o objeto arquitetônico deve caracterizar-se pelas exigências de habitabilidade que o mesmo pretende satisfazer. Tais exigências dizem respeito ao conjunto de aspectos que interferem na qualidade de vida e na comodidade dos usuários, bem como na satisfação de suas necessidades físicas, psicológicas e socioculturais.

A habitabilidade está associada ao conceito de ambiência, que relaciona-se à necessidade de se estar confortável em termos de temperatura, ventilação, luminosidade e da quantidade e qualidade de ruído inserido no espaço arquitetural. Diz respeito às características e capacidade de serviço que o organismo arquitetônico deverá ter em relação a exigências de funcionalidade, de segurança, de conforto, urbanísticas e econômicas¹⁶.

O comportamento em uso dos sistemas que compõem a edificação depende do cumprimento de requisitos e critérios que visam a representar tecnicamente as exigências do usuário. Os atributos utilizados para avaliação de desempenho das edificações são desenvolvidos a partir de metas e objetivos oriundos de indivíduos, grupos ou organizações, sendo que alguns aspectos dos atributos de desempenho são quantificáveis (temperatura) e outros são apenas qualificáveis (estética)¹⁷.

Os métodos de avaliação do desempenho visam a verificar se o elemento construtivo atende a requisitos (condições qualitativas) e critérios (condições quantitativas), enquanto conjunto de especificações que representam tecnicamente as

exigências do usuário, quando submetido a condições de exposição, a fim de que sejam satisfeitas as suas exigências (Figura 03).

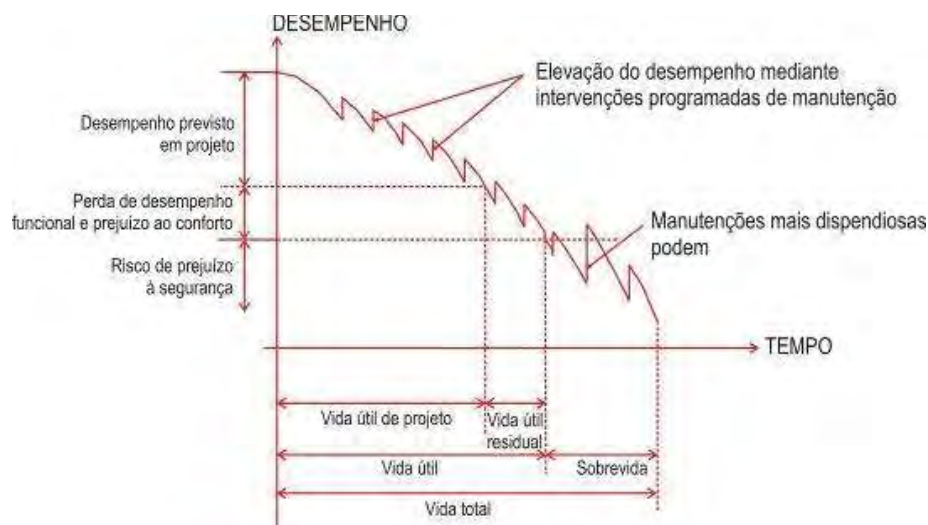


Figura 03: Desempenho ao longo do tempo.
Fonte: Adaptado da NBR 15575-1: 08

De acordo com a NBR 15575-1:08¹⁸, as incumbências dos intervenientes (agentes) para prolongar o tempo de vida total dos sistemas da edificação se caracterizam por uma parceria ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. O projetista estabelece a vida útil¹⁹ de projeto de cada sistema, com base na vida útil total²⁰, o construtor informa o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação e elabora o manual de operação uso e manutenção²¹ ou documento similar, e o usuário realiza as manutenções.

Os diversos requisitos de desempenho, e as funções associadas a eles, apenas podem ser cumpridos se for orientada, física e funcionalmente, a integração entre os diversos sistemas que compõem a edificação. O objetivo ao se associar conceitos de desempenho no projeto de edificações está relacionado à especificação de sistemas, não apenas de forma organizada, mas para que a inter-relação entre eles permita a criação de ambientes internos confortáveis, não comprometedores da saúde dos usuários e isentos de patologias oriundas da construção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta segunda parte da dissertação são abordados assuntos que permitam melhor compreender os aspectos históricos, sociais e formais que envolvem o estudo do setor de serviço em edificações. Ênfase é dada aos aspectos relacionados ao conforto do usuário e à utilização da ventilação natural – mecanismo passivo de condicionamento térmico.

Destaca-se, o estudo das janelas enquanto fechamentos translúcidos responsáveis pelas principais trocas térmicas entre a edificação e o meio, por representarem um mecanismo importante no controle das condições de exposição e por contribuírem para a manutenção dos níveis de conforto e bem estar humano.

Cabe ressaltar que o referencial teórico apresentado no Capítulo II é de fundamental importância para compreender a utilização da ventilação natural enquanto mecanismo passivo de condicionamento térmico assim como o estudo dos aspectos históricos, sociais e formais do setor de serviço que conduziram as atuais transformações da arquitetura e da utilização do espaço na habitação brasileira.

2.1 Setor de serviço: caracterização histórica, social e formal

Ao longo da história da urbanização do Brasil, as mudanças ocorridas no espaço destinado à habitação são frutos da evolução da família brasileira, principalmente no que se refere aos aspectos comportamentais. A divisão tradicional da residência em setores (social, íntimo e de serviço) denota as inter-relações entre os aspectos formais e sociais que tiveram início com a colonização do país²².

Essa setorização, presente desde a casa colonial, permanece intrínseca nos programas atuais das edificações, apesar da evolução da família brasileira, principalmente no que diz respeito ao papel da mulher nas relações sociais. A casa brasileira nasceu de um somatório de influências e teve na figura do colonizador português uma espécie de coordenador, orientador e homogeneizador dessa moradia.

Durante o período colonial, por força do modelo econômico, a pequena casa portuguesa se transforma em 'casa grande' e o setor de serviço se configura como um espaço feminino onde as escravas desempenhavam as tarefas servis, como recolher o lixo, limpar a casa e seus despejos.

Mesmo no século XIX, já saindo do período colonial, o setor de serviço não vai apresentar grandes modificações. Apenas com a abolição da escravatura, associada à importação de produtos manufaturados e a mão de obra imigrante européia, as atividades continuam sendo de responsabilidade direta da mulher.

No início do século XX, em particular na década de 20, os antigos palacetes urbanos da classe média são gradativamente substituídos pelos edifícios de apartamento. Neles, a disposição dos ambientes e o programa de necessidades foram aos pouco sendo alterados, se comparados às edificações que os antecederam e cujos terrenos lhes deram lugar. Tratava-se apenas de outro palacete, apenas 'empilhado' sobre outros semelhantes.

Ao longo dos anos 40, o edifício de apartamentos se populariza abrigando a classe média e os segmentos mais baixos da população, que ocupam os conjuntos habitacionais. Nas décadas que se seguem, as edificações de múltiplos pavimentos vão crescendo em altura e sofisticação e passam a abrigar a classe média em expansão.

Os anos 50, marcados pelo estilo modernista, conferem aos edifícios de apartamentos elementos tais como: jardins planejados, telhados escondidos, garagens e grandes janelas em 'fita'. Nos anos que se seguiram, espaços como varandas e áreas de lazer foram sendo incorporados ao programa das unidades habitacionais de múltiplos andares. A preocupação com aspectos ligados à segurança, ao conforto e à funcionalidade foi alterando as características das edificações, assim como a sofisticação dos programas – modificados para atender públicos diferenciados –, como pode ser percebido nos *flats* da década de 80.

Nesse contexto evolutivo da forma de morada do brasileiro, o setor de serviço é o que mais sofreu modificações, sendo considerado por VERÍSSIMO & BITTAR (1999) como o mais importante da casa brasileira. Segundo os autores, é nele que se pode conhecer muito da intimidade e hábitos da família: daí a arraigada tradição de 'só entra pela cozinha quem é de casa'.

2.1.1 Cozinha

Do ponto de vista antropológico, as cozinhas são formas culturalmente estabelecidas, codificadas e reconhecidas para o ato de se alimentar. Uma cozinha faz parte de um sistema alimentar, ou seja, de um conjunto de elementos, produtos,

técnicas, hábitos e comportamentos relativos à alimentação²⁴. Assim pode-se pensar a cozinha como um vetor de comunicação, um código complexo que permite compreender os mecanismos da sociedade à qual pertence, da qual emerge e a qual lhe dá sentido.

Um ditado popular afirma que: “dize-me o que comes e te direi qual Deus adoras, sob qual latitude vives, de qual cultura nasceste e em qual grupo social te incluis”. A leitura da cozinha é uma fabulosa viagem na consciência que as sociedades têm delas mesmas, na visão que elas têm de sua identidade. Portanto, a cozinha de um povo é criada, em um processo histórico, que articula um conjunto de elementos referenciados na tradição, no sentido de criar algo único, estando sujeita a transformações constantes e uma contínua recriação.

Esses aspectos sociais que envolvem o espaço destinado à produção de alimentos têm reflexo direto sobre as características formais e funcionais desse ambiente. Considerada o ponto central do setor de serviço, a cozinha de uma unidade habitacional apresenta alterações significativas em tamanho, implantação e agenciamento de seus equipamentos, decorrentes das mudanças sociais sucessivas, além da modificação de mão-de-obra e da aquisição de novos produtos manufaturados disponíveis no mercado.

Uma verdadeira indústria de alimentos do período colonial, a cozinha era como uma fábrica de comida, frequentada pela imensa família patriarcal, além dos visitantes, dos agregados, dos empregados e até mesmo do contingente escravo que compartilhava um grande espaço implantado, geralmente fora do corpo da casa. Nesse período, a diferença entre a cozinha urbana e a rural era a dimensão, já que a cidade não oferecia água corrente que possibilitavam um novo partido.

Apenas no final do século XIX, com a abolição da escravatura, são observadas maiores transformações no espaço das cozinhas, que já possuem água corrente, pisos em ladrilhos hidráulicos e novos equipamentos importados destinados a facilitar e substituir a mão de obra escrava. Nos grandes centros, o fogão a lenha é substituído pelo a gás. A introdução do fogão a gás aproximou a cozinha dos outros setores, passando a ocupar seu lugar determinado no organograma das novas casas (não mais se necessitava afastar o calor e impedir que a fumaça fosse para o interior das residências).

Os projetos de racionalização da cozinha – que já eram pensados e implantados na Europa e Estados Unidos e de onde foram importados os modelos, a tecnologia e em boa parte os equipamentos – remontam à segunda metade do século XIX nos Estados Unidos. A abolição da escravidão nos Estados Unidos colocara em primeiro plano os problemas com o serviço doméstico. Os estudos e as propostas para racionalização do espaço da cozinha partiram de premissas sociais, já que o serviço

doméstico estava fortemente associado à escravidão. Além da diminuição de oferta de mão-de-obra para o trabalho doméstico, havia cada vez mais uma reação contra a presença de empregados nos lares²⁵.

Antes mesmo da mecanização dos fogões e outros equipamentos que determinaram mudanças na cozinha, um componente importante foi a crescente preocupação com a organização do espaço da casa e suas atividades. O marco inicial desse movimento foi a publicação, em 1841, do manual *Treatise on domestic economy*, de Catherine Esther Beecher. O objetivo da autora era o ensino de economia doméstica para donas de casa e a organização das tarefas na cozinha. Sua preocupação era com a racionalização das tarefas domésticas a cargo da mulher, lançando as bases para a organização do processo de trabalho doméstico, à semelhança do que acontecia com o trabalho nas fábricas.

Prosseguindo em seus estudos, BEECHER lançou em 1869 a obra *The American woman's home* em que analisava a importância do planejamento da cozinha e do estabelecimento de superfícies de trabalho que facilitariam o movimento da dona de casa na execução das tarefas. Se nos primeiros modelos de cozinha o fogão era colocado separado do restante do espaço, com o desenvolvimento do fogão compacto de ferro aconteceu o ajuste perfeito do novo equipamento à superfície contínua de trabalho, já preconizado pela educação doméstica. Nesse processo, os engenheiros tiveram um papel importante no desenvolvimento de novas formas de organização espacial e no estudo dos movimentos necessários para a execução das tarefas domésticas. A mecanização das tarefas e o fornecimento de gás e da eletricidade nas casas reforçaram esses processos.

A organização da cozinha visava a atingir uma simplificação das tarefas com a economia de movimentos e o barateamento dos equipamentos, a partir da produção em grande escala. A ideia desse tipo de cozinha era liberar a mulher para o mercado de trabalho, diminuindo e simplificando ao máximo o trabalho doméstico. A padronização e racionalização da habitação e seus componentes visava a uma radical transformação da casa, em especial da cozinha, e se apoiava tanto no desenvolvimento de novos equipamentos quanto nos estudos de racionalização do trabalho doméstico.

A principal preocupação era o desenvolvimento de um novo tipo de habitação, que deveria induzir um novo comportamento social. Os novos equipamentos domésticos e a racionalização do trabalho estariam a serviço de uma nova forma de morar, em casas concebidas como 'máquinas de morar'. Nos centros urbanos brasileiros, a higiene (física e social) teve um papel decisivo nas transformações da cozinha. Prova disso era a preocupação das autoridades públicas em padronizar, através dos códigos sanitários, ambientes mais limpos. As autoridades médicas

tiveram um papel de destaque, apoiadas pelas autoridades públicas, e apontaram para a necessidade de limpeza e organização da cidade e das antigas moradias (e o espaço da cozinha em particular) que estavam inseridas em um contexto de epidemias.

A influência do cinema americano da década de 50 trouxe um novo estilo para as cozinhas, que assiste a uma tentativa frustrada de se incorporar à sala. Contudo, bastou uma fritura ou um prato bem temperado, característico da nossa culinária, para que a proposta não se popularizasse, já que os fogões ainda não contavam com um sistema de exaustão eficiente.

Nos edifícios de apartamentos, a racionalização do espaço da cozinha chega ao máximo: aliada à popularização no uso de geladeiras e na evolução dos serviços de abastecimento, não era mais preciso tanto espaço de armazenamento, pois a família diminui e os produtos estão disponíveis 'ali na esquina'.

A cozinha compartilhando o espaço da sala de estar atinge seu apogeu nos anos 70, época em que novos materiais, equipamentos para exaustão, mobiliário, iluminação e revestimentos decorados são destinados a um espaço que agora é sinônimo de funcionalidade. Essa característica encontra seu auge na década de 1980, período em que os novos projetos relegam a cozinha a um depósito de aparelhos para preparos de congelados e aquecidos em microondas.

Atualmente as pesquisas do espaço destinado à cozinha priorizam o estudo do arranjo físico e o fluxo racional para o desenvolvimento das atividades. Assim, são evitados os deslocamentos desnecessários de pessoas e materiais, bem como se proporciona maior conforto e segurança aos usuários. Segundo MARTINS *apud* TORRES *et al.* (2006), existem atualmente quatro tipos básicos de leiaute:

- *posicional*: os recursos a serem transformados se localizam em determinado ponto, enquanto máquinas, pessoas e equipamentos se movimentam; caracteriza-se por baixa produção;
- *por processo*: os equipamentos e as máquinas são agrupados por função, havendo deslocamento apenas da matéria-prima a ser manipulada; esse tipo de arranjo é considerado de grande flexibilidade;
- *celular*: os recursos a serem transformados são concentrados em etapas específicas da operação; as operações são fragmentadas em departamentos; e
- *por produto*: sequência linear de operações obedecendo à sequência de manipulação do produto.

Para as cozinhas residenciais, o arranjo físico por processo é o tipo adequado, por sua flexibilidade. Cada produto percorre diferentes roteiros de operação utilizando os equipamentos, eletrodomésticos, mobiliários e utensílios de acordo com as necessidades e conveniências do cardápio. Nesse posto de trabalho, são realizadas

várias tarefas de ciclos diferentes (uns longos, outros curtos), o que possibilita à cozinheira tomar a decisão de realizá-las em sequência ou concomitantemente. Fica clara a importância da localização e da proximidade dos processos similares, pois uma das vantagens desse tipo de leiaute é a alta taxa de aproveitamento dos mesmos equipamentos, reduzindo os custos investidos.

2.1.2 Área de serviço

Ao se analisar o espaço destinado à área de serviço, ou melhor, às atividades nele desempenhadas (lavar, passar, engomar, secar e quilar a roupa), percebe-se que no período colonial essa área era representada pelos grandes quintais (terreiros) juntos ao acesso da cozinha. No lote colonial urbano, o que se encontra é uma miniatura do exemplar rural cujos lotes estreitos e profundos ainda destinavam espaço para os quintais e pomares.

Com as alterações na configuração espacial das residências advindas da abolição da escravatura e a proclamação da república, cujo programa é reduzido e modificado pela ausência da mão de obra escrava, as residências urbanas passam a contar com lotes e quintais menores.

No século XX, com a racionalização do espaço de morar, a área de serviço foi reduzida a uma área cimentada com tanque e varal. Atualmente na concepção dos projetos de empreendimentos habitacionais multifamiliares, a importância dada ao setor de serviço está relacionada ao ciclo de vida familiar²⁶, onde em cada estágio se manifestam preferências distintas quanto aos atributos do apartamento, já que estão diretamente associadas às mudanças nos padrões de consumo (Figura 04).

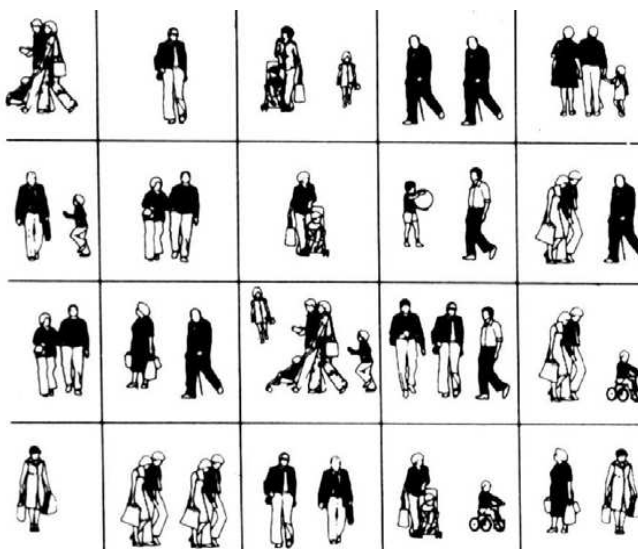


Figura 4: Diversidade das unidades familiares nos anos 80.
Fonte: BRANDÃO & HEINECK (2003).

Segundo pesquisa desenvolvida por BRANDÃO & HEINECK (2003), existem os projetos que têm como base as necessidades de uma família padrão, estereotípica e na verdade inexistente, e acabam propondo soluções que muitas vezes não contemplam aspectos de versatilidade, no sentido de prever alternâncias na maneira de o usuário se apropriar da habitação ao longo do tempo. A necessidade de se considerar uma maior diversificação dos arranjos familiares nos centros urbanos (Figura 4), obriga o projetista a encontrar soluções arquitetônicas distintas para uma mesma necessidade humana como, por exemplo, para o hábito de comer.

Existem famílias que se reúnem em horários fixos para as refeições formais em uma sala de jantar e há famílias em que cada membro faz suas refeições na hora que deseja, em qualquer hora do dia, por vezes de maneira informal na cozinha. Nesse sentido, o espaço da cozinha na maioria das unidades autônomas em edificações de múltiplos andares caracteriza-se como elo de ligação entre a área de serviço e a sala de estar, que passa a ter como característica principal a flexibilidade.

Flexibilidade, tanto na ocupação inicial dos espaços como ao longo de sua utilização, justificada principalmente pela necessidade contínua de novos sistemas de serviço, instalações e equipamentos. A flexibilidade espacial no setor de serviço depende de diretrizes básicas de projeto como as descritas na Tabela 01.

Tabela 01: Diretrizes de flexibilidade do espaço edificado.

DIRETRIZES	ESPECIFICAÇÃO
Versatilidade	inclusão de dois ou mais acessos pode tornar o ambiente mais versátil.
Uso múltiplo	possibilidade de execução de atividades variadas.
Alternância entre isolar e integrar	característica que pode ser obtida por meio de portas e painéis de correr, de dobrar, pivotantes ou, ainda, com diferentes tipos de divisórias e biombos, substituindo as paredes tradicionais. Em geral, esses dispositivos são mais usados em habitações pequenas, como forma de ampliar a sensação de espaço, quando dois ou mais ambientes contíguos são integrados.
Baixa Hierarquização	destinação aos ambientes de áreas equivalentes ou próximas em tamanho e forma, que possibilitam alternância de função.
Facilidade de acesso	comunicação e acessos adicionais;
Planta baixa humanizada	utilização de mobiliário que promova fácil movimentação, podendo ser usado como divisórias no lugar de paredes.

Fonte: BRANDÃO & HEINECK (2003).

O mesmo se exige da área de serviço, atualmente caracterizada pelos espaços prolongados da cozinha nas unidades autônomas de edificações de múltiplos andares, onde a mão de obra é substituída pela máquina de lavar e de secar, cujas roupas penduradas, em varais parafusados no teto, recebem continuamente os vapores e odores do fogão.

A demanda por personalização das unidades residenciais surge como aspecto inovador da tipologia arquitetônica. Nas habitações coletivas, surge como um mecanismo efetivo para compensar a lacuna na conexão entre o arquiteto e o ocupante desconhecido. Nesse sentido, a flexibilidade é o grau de liberdade que torna possível a diversidade de modos de vida.

2.2 Exigências humanas de habitabilidade: requisitos de conforto térmico e qualidade do ar interno

Os seres vivos têm três exigências fundamentais para que o seu desenvolvimento seja normal: a disponibilidade de alimentos, a segurança diante da possível agressão de outros indivíduos e a adequação das propriedades físicas e químicas do meio envolvente com sua constituição orgânica²⁷. Pesquisas permitiram precisar os valores ótimos de temperatura, pressão, umidade, luminosidade, nível sonoro e conteúdo de oxigênio requerido pelo organismo humano. Contudo, esses parâmetros dependem da aclimação do indivíduo, da idade e do gênero (masculino ou feminino).

Segundo RIVERO (1986), a vestimenta é a primeira tentativa do homem em criar ao seu redor um meio adequado²⁸. A vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção²⁹ e funciona como um isolante térmico que mantém, junto ao corpo, uma camada de ar mais ou menos aquecido.

Quando se pretende estudar o desempenho de uma edificação, ou seja, o comportamento em uso de um edifício e dos sistemas que o compõem, é importante compreender que a palavra desempenho está associada ao estabelecimento de requisitos e critérios que consideram aspectos qualitativos e quantitativos como premissas de projeto, a fim de que sejam satisfeitas exigências de caráter humano.

Ao se definir o usuário como a pessoa que ocupa uma edificação, é importante conhecer as variáveis que devem ser consideradas durante todo o ciclo de vida da edificação, bem como o nível de conforto ambiental exigido pelos usuários.

Conforto ambiental pode ser definido como sendo o estado de conforto no qual o homem consome bem pouca energia pessoal, de seu metabolismo, para se adaptar a um ambiente, ou seja, ele só consome energia para exercer as atividades que tem vontade. Estabelece-se assim, no organismo, um funcionamento saudável, eficiente, conservando a energia para as atividades necessárias e intencionais³⁰.

O conforto é função da relação que o homem estabelece com o ambiente e dependente daquilo que o ambiente construído possibilita ao indivíduo em termos de luz, som, calor, uso do espaço e das experiências próprias de cada pessoa, que por sua vez, orientam suas respostas aos estímulos recebidos³¹.

De acordo com a NBR 15575:08³², são três as principais exigências do usuário consideradas condições obrigatórias quando da análise do projeto: a segurança, a habitabilidade e a sustentabilidade.

As exigências quanto à segurança tratam de aspectos relacionados a:

- estabilidade e resistência estrutural³³;
- deformações, fissurações e ocorrência de outras falhas³⁴;
- segurança contra incêndio³⁵;
- segurança no uso e operação³⁶.

As exigências de habitabilidade são expressas pelos fatores³⁷:

- estanqueidade³⁸;
- conforto térmico³⁹;
- conforto acústico⁴⁰;
- conforto lumínico⁴¹;
- saúde, higiene e qualidade do ar⁴²;
- funcionalidade e acessibilidade⁴³;
- conforto tátil e antropodinâmico⁴⁴.

As exigências de sustentabilidade abordam os seguintes fatores:

- durabilidade e manutenibilidade⁴⁵;
- impacto ambiental⁴⁶.

Sendo a finalidade da edificação a realização de espaços construídos que permitam ao homem o desenvolvimento de determinadas atividades intencionais, parece evidente que o objeto final da edificação deva caracterizar-se pelas exigências de habitabilidade que com o mesmo pretende-se satisfazer⁴⁷.

O conceito de habitabilidade ligado ao da unidade habitacional diz respeito ao conjunto de aspectos que interferem na qualidade de vida e na comodidade dos moradores, bem como na satisfação de suas necessidades físicas, psicológicas e socioculturais⁴⁸ (Figura 05).

A Tabela 2, relacionada com o que se descreve na NBR15575:08, apresenta as principais exigências dos usuários⁴⁹ e identifica os requisitos e critérios de desempenho⁵⁰ para edificações, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes.

Tabela 2: Exigências dos usuários.

SEGURANÇA	Estrutura:	Resistência mecânica a cargas estáticas, isoladas ou combinadamente, impactos acidentais, efeitos de fadiga.
	Fogo:	Riscos de ruptura e difusão de fogo, efeitos fisiológicos (controle de fumaça e de ventilação), sistemas de alarmes (detectores), tempo de evacuação e tempo de resistência.
	Uso e operação:	Segurança contra agentes agressivos e durante a movimentação, circulação e prevenção contra invasores.
HABITABILIDADE	Estanqueidade:	À água da chuva ou do solo, aos gases, inclusive ao ar e à poeira.
	Conforto higrotérmico:	Controle da temperatura do ar, da radiação térmica, da velocidade e umidade do ar e controle da condensação.
	Conforto acústico:	Controle de ruídos, contínuos ou intermitentes, inteligibilidade do som e tempo de reverberação.
	Conforto lumínico:	Controle e previsão de luz natural, insolação, nível de iluminação, controle de ofuscamento, contraste, escurecimento, aspectos do espaço e de acabamento como cor, textura regularidade, verticalidade, horizontalidade, contraste visual e barreiras visuais para privacidade.
	Saúde, higiene e qualidade do ar:	Ventilação, controle de odores.
FUNCIONALIDADE ACESSIBILIDADE	Conforto tátil:	Propriedades superficiais como: rugosidade, temperatura (contato), adesividade, flexibilidade, proteção (descargas elétricas estáticas).
	Antropodinâmico:	Limitações de aceleração e vibrações, conforto de pedestres em áreas ventiladas, aspectos de projeto relacionado com a força e a destreza humanas como: inclinação de rampas, manobras de operação de portas, janelas e equipamentos.
SUSTENTABILIDADE	Durabilidade:	Capacidade da edificação ou do sistema em conservar, ao longo do tempo, desempenho compatível com a utilização prevista no projeto, sob condição de instalação, operação e manutenção especificada.
	Manutenibilidade	
	Impacto ambiental	

Fonte: NBR 15575:2008

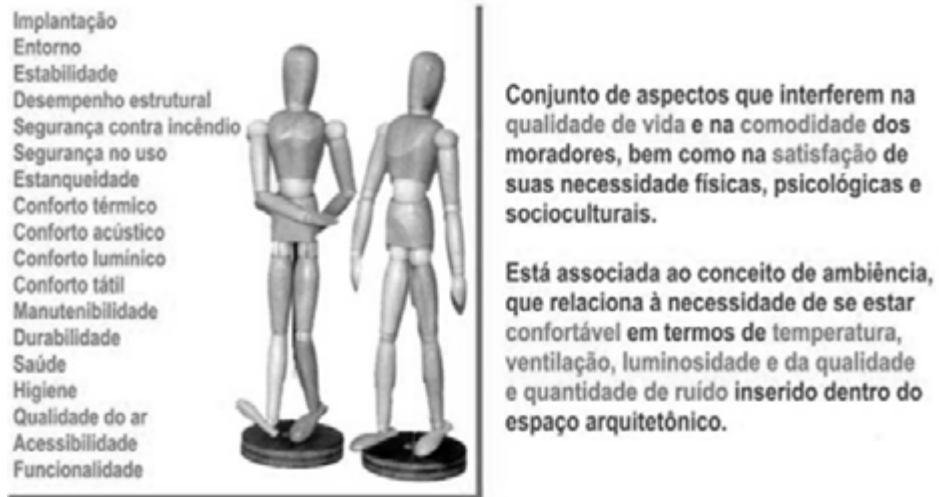


Figura 05: Necessidades dos usuários.

Fonte: Adaptado da NBR 15575:08 e E. MANDOLESI 1981.

2.2.1 Conforto térmico

O conceito de habitabilidade também está associado ao conceito de ambiência, que está relacionado à necessidade de se estar bem, tanto no aspecto sociocultural quanto aos fatores ambientais. Estes, especificamente, dizem respeito a temperatura, ventilação, luminosidade, quantidade e qualidade do ruído no espaço arquitetônico.

Conforto térmico é a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente⁵¹. Trata-se de um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. No sentido fisiológico, o conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem uma constante manutenção da temperatura interna do organismo humano, com, o sistema termorregulador em estado de mínima tensão, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo é compatível com a atividade desempenhada.

A busca pelo conforto térmico nos ambientes construídos recai sob dois aspectos importantes: a melhoria do desempenho humano na execução das atividades (melhor rendimento) e a conservação de energia. Quanto maior o esforço para a adaptação física do indivíduo ao ambiente, maior será a sua condição de desconforto e, conseqüentemente, menor a produção no trabalho.

Em torno do corpo humano ocorrem processos contínuos de transmissão de calor como produto das diferenças de temperatura provocadas por fontes como a radiação solar, o próprio corpo humano ou qualquer aparelho gerador de calor (geladeira, fogão, etc.). O conhecimento desses princípios é fundamental na tomada de decisão quanto a orientação, forma e materiais utilizados na edificação com vistas ao conforto térmico.

Se o balanço térmico⁵² das trocas de calor secas (condução, convecção, radiação)⁵³ e úmidas (evaporação e condensação, provenientes da mudança de estado líquido-gasoso) a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico (LAMBERTS *et al.*, 1997). Contudo, o balanço térmico não é a única condição a ser satisfeita para se propiciar níveis de conforto térmico. A análise das variáveis ambientais e arquitetônicas é importante para definir a sensação de conforto térmico do usuário (Figura 06).

2.2.2 Qualidade do ar interno

A poluição do ar em ambientes internos de edificação é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma das maiores ameaças à saúde pública, já que as doenças associadas à qualidade do ar estão diretamente relacionadas à Síndrome dos Edifícios Doentes (SED)⁵³.

Em ambientes confinados com pouca ou nenhuma renovação do ar o ar torna-se rapidamente desagradável e até irrespirável, devido à acumulação dos poluentes gerados internamente que não tem como serem eliminados ou suficientemente diluídos. Estudos revelam que os ocupantes desses recintos apresentam um alto percentual de sintomas persistentes de menor ou maior gravidade.

Um dos fatores responsáveis pelo aparecimento de SED é a idade da edificação. Nos edifícios mais novos podem apresentar problemas relacionados à emissão de materiais químicos (compostos orgânicos voláteis) ou devido aos testes e avaliações iniciais do sistema de ar condicionado. Nos edifícios mais velhos a contaminação deve-se a presença de fungos, bactérias, algas, protozoários, etc. O risco de contaminação biológica é significativo após oito anos de existência em condições ambientais propícias (Figura 07).

De acordo com GRAUDENZ & DANTAS (2008) os problemas de saúde, oriundos da exposição humana a agentes poluidores encontrados em edificações, podem ser classificados em doenças específicas e inespecíficas.

As doenças específicas são grupos de doenças com quadro clínico razoavelmente homogêneo, alterações objetivas na avaliação clínica ou laboratorial e uma ou mais causas identificáveis ou agentes sabidamente capazes de levar as doenças infecciosas, imunológicas ou alérgicas. As doenças inespecíficas referem-se a um grupo heterogêneo de sintomas relacionados ao trabalho. Esses sintomas podem ser considerados doenças baseadas na incidência ou prevalência destes, mesmo na ausência de anormalidades clínicas e laboratoriais objetivas ou agentes causadores: referem-se a sintomas que ocorrem em um edifício em particular.

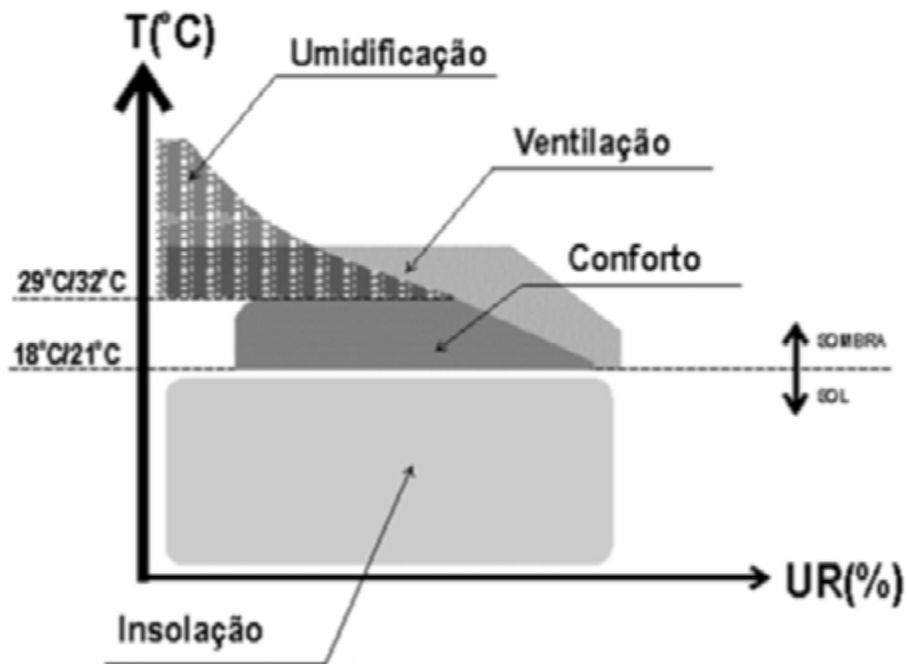
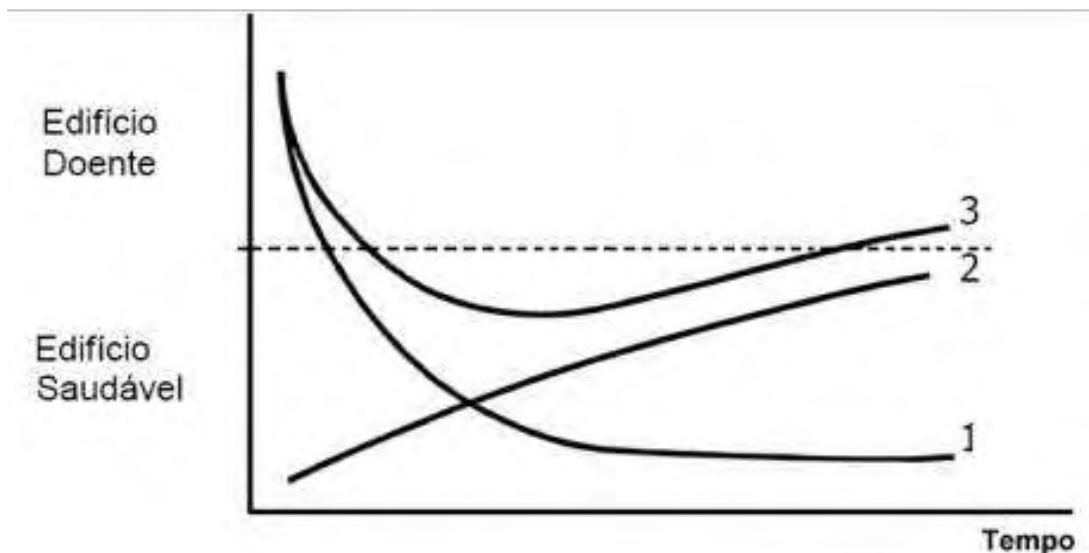


Figura 06: Zona de Conforto Humano.
 Fonte: Adaptado de FROTA e SCHIFFER, 2001.



- Curva 1:** imediatamente após a entrada em operação, os materiais de construção e mobiliário liberam vapores danosos, umidade da construção, material particulado, prejudicando a qualidade do ar (6 a 12 meses).
- Curva 2:** o envelhecimento dos equipamentos, o desbalanceamento do sistema do ar condicionado, o acúmulo de pó, em superfícies e filtros geram a emissão de outros poluentes danosos à saúde.
- Curva 3:** somatória das curvas 1 e 2.

Figura 07: Edifício doente *versus* edifício saudável.
 Fonte: GRAUDENZ & DANTAS, 2008.

Tabela 03: Doenças específicas relacionadas ao edifício.

Doenças Específicas			
Patologia	Agente causador	Fisiopatologia	Apres. clínica
Legionelose	Bactéria legionella pneumofillia	Infecção respiratória por bactéria dispersa no ar	Tosse seca, febre, dores musculares, calafrios. Pode evoluir com 10% a 15% de fatalidades
Pneumonite de hipersensibilid e	Antígenos associados com fungos, bactérias, protozoários, insetos e endotoxinas	Reação inflamatória pulmonar com granulomas e fibrose caudada por reações de hipersensibilidade	Aguda: febre, mialgia, tosse e penumonias. Crônica: fibrose pulmonar
Febre do umidificador		Reação inflamatória transitória e sem formação de granulomas	Virose-símile com febre, mialgia e astenia, sem sintomas ou sequelas pulmonares.
Rinite e asma	Ácaros, fungos, alergen os de animais, toxinas bacterianas, diferença de temperatura	Irritação inespecífica ou exacerbação de inflamação alérgica pré-existente.	Prurido e obstrução nasais, coriza, espirros, tosses, sibilos e dispnéia
Eczema ou dermatite de contato	Exposição a produtos irritativos como lã de vidro, e de limpeza	Dermatite de contato irritativa (maioria) ou alérgica	Prurido, descamação, eritema, pápulas ou vesículas

Fonte: GRAUDENZ & DANTAS (2008).

Tabela 4: Doenças inespecíficas relacionadas ao edifício.

Doenças Inespecíficas	
Sintomas de mucosa	Lacrimajamento, coriza, obstrução nasal, prurido (coceira), irritação, dor, secura, afetando a mucosa ocular, nasal e faríngea.
Sintomas asmáticos	Opressão torácica, tosse, falta de ar, chiados.
Sintomas neuro-tóxicos	Dor de cabeça, letargia, dificuldade de concentração e irritabilidade.
Cutâneos	Coceira, pele seca, irritação e vermelhões.
Outros	Gastro-intestinais, hematológicos, percepção aumentada para dores e alterações visuais.

Fonte: GRAUDENZ & DANTAS (2008)

Segundo MORAES (2006), a *International Society of Indoor Air Quality and Climate* e a *International Council for Research and Innovation in Building and Construction (ISIAQ-CIB)* publicaram em 2003 critérios de desempenho para ambientes internos de edificações, correlacionando valores normativos e as metas de projeto, execução e manutenção dos mesmos. De acordo com essas instituições, a

qualidade do ar interno pode diminuir os problemas de saúde e o desconforto dos usuários por meio dos métodos construtivos, da escolha dos materiais de construção e da gestão de manutenção preventiva dos ambientes internos.

Além da temperatura e umidade, existem outros parâmetros que definem a qualidade do ar interno, no que diz respeito à concentração de vários poluentes em edificações de múltiplos pavimentos. Pode-se afirmar que a qualidade do ar interno depende da interação de inúmeros fatores, dentre eles: os poluentes químicos, físicos e biológicos, assim como as características dos sistemas prediais e das atividades dos usuários nos ambientes. Imediatamente após o processo de ocupação da edificação pode ser observada a emissão de poluentes a partir: dos materiais de construção (tintas) e mobiliário (vernizes e cola), que liberam grandes quantidades de vapores danosos, da umidade da construção e da dispersão acentuada de material particulado, que comprometem a qualidade do ar.

Os poluentes do ar são gerados por processos naturais e antropogênicos, sendo mais comuns: o monóxido de carbono, o dióxido de carbono, a amônia, os óxidos de enxofre e de nitrogênio, os produzidos por materiais de construção, os baseados em solventes orgânicos, os microorganismos, os liberados por materiais de limpeza, pelo próprio metabolismo humano e pelas atividades como cozinhar, lavar ou secar a roupa. Segundo PRADO *apud* MORAES (2006), os poluentes do ar interno são gerados por fontes biológicas, químicas e físicas (Tabela 5).

Tabela 5: Principais fontes de poluentes do ar interno.

Fonte	Especificação
Biológica	Ácaros, animais domésticos, insetos, fungos, bactérias e vírus.
Química e Física	Gases, vapores, material particulado e campos eletromagnéticos.
Processos naturais	Ressuspensão de poeira do piso pelo vento, formação de gás em tubulações de esgoto, liberação de excrementos de pássaros, baratas ou roedores, pólenes de plantas, deterioração dos materiais constituintes, etc.
Processos antropogênicos	Cozimento, limpeza, combustão de cigarro, formação de gases dos produtos voláteis, metabolismo humano, etc.

Fonte: MORAES, 2006.

Ao se tratar de exigências dos usuários quanto à qualidade de ar interno, deve-se considerar a possibilidade de a edificação agravar ou provocar estados doentios em usuários expostos, principalmente infecções no aparelho respiratório. As queixas são resolvidas com o aumento da ventilação natural, controle ou extinção das fontes poluentes, realização de manutenção preventiva.

Para isso, a ventilação natural, mais que o movimento do ar dentro da edificação, é uma combinação de processos que resultam não apenas no

fornecimento de ar externo, mas também na renovação e filtragem de ar, melhorando a produtividade e diminuindo o nível de doenças. Além da quantidade de ar que é introduzido na edificação (vazão), a circulação do ar também é importante para se evitar problemas com exaustão ineficiente, oriundos da distribuição desigual ou irregular de ar nos diversos ambientes.

Segundo a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 1989), em virtude de questões econômicas, a taxa de renovação de ar por ocupante caiu de 25m³/h para 8m³/h. Contudo, esse índice tem se mostrado insuficiente em muitos casos. A emissão dos contaminantes não depende somente dos materiais utilizados na construção, da poluição atmosférica, das atividades internas, do volume de ar contaminado e da taxa de ressuspensão dos poluentes, mas principalmente das condições de temperatura e de umidade relativa.

O dióxido de carbono (CO₂), por exemplo, é apenas um dos muitos poluentes gasosos que, isoladamente ou em combinação entre si, podem provocar efeitos adversos à saúde como dor de cabeça, mal estar, tontura, etc. A taxa na qual o ar externo é introduzido no ambiente interno é especificada por normas e baseia-se a necessidade de controle dos odores e dos níveis de CO₂.

Se o ar expirado fosse imediatamente substituído e não voltasse ao pulmão, o ar necessário à ventilação para pessoas em repouso seria somente 0,3m³/h. O problema não é substituição mas diluição, pois o ar de ventilação é misturado com o do ambiente já utilizado que volta novamente a ser respirado. Nessas condições, dependendo da atividade das pessoas (o que aumenta o consumo de oxigênio) e do tipo de ambiente (produção de contaminantes), a quantidade de ar necessário à ventilação pode ser cerca de 25 a 150 vezes superior à indicada acima (8 a 50 m³/h).

Tabela 6: Caracterização dos agentes poluidores do ar interno em ambientes residenciais.

Monóxido de carbono (CO):	Gás incolor, inodoro e insípido, subproduto da combustão de materiais num local com deficiência de oxigênio). Principais fontes: exaustão de veículos automotores, aquecedores a gás ou a querosene, chaminés, lareiras com vazamentos, fumaça de cigarro e fogões. Age como agente asfixiante, reduzindo a capacidade dos glóbulos vermelhos transportarem oxigênio.
Dióxido de carbono: (CO₂)	Gás incolor, inodoro e não inflamável, produzido por um processo de combustão completa de combustíveis fósseis e por processos metabólicos. Principais fontes: fogões a gás, aquecedores não ventilados que utilizam algum processo de combustão, seres humanos e animais presentes no ambiente. Altas concentrações provocam aumento da acidez do sangue, elevando a taxa e a profundidade da respiração, dores de cabeça e problemas visuais.
Óxido e dióxido de nitrogênio: (NO) e (NO₂)	Gás venenoso, inodoro e incolor, produzido em combustões a altas temperaturas. Uma vez no ar, combina-se com o oxigênio produzindo o NO ₂ , gás tóxico com coloração marrom. Age como agente irritante, afetando os olhos e a pele.

(cont...).

Tabela 06: Continuação...

Dióxido de enxofre: (SO₂)	Gás incolor e cheiro característico, é subproduto da combustão de combustíveis fósseis, e solúvel em água. Quando inalado, é dissolvido pela umidade do muco nasal formando ácido sulfúrico e sulfuroso. Reage com a umidade da atmosfera produzindo o ácido sulfúrico que com o ácido nítrico formam a chuva ácida.
Amônia (NH₃):	Gás incolor, mais leve que o ar, não inflamável e cheiro característico, sufocante, tóxico, corrosivo e solúvel em água. Em ambientes residenciais tem como principal fonte a urina humana.
Formaldeído (Compostos orgânicos voláteis)	Usado para fazer outros produtos químicos, materiais de construção e de limpeza; encontrado nos três estados físicos. Utilizado em uma variedade de produtos para construção como adesivos, colas, tintas, chapas para fabricação de móveis, etc. Quando presente no ar, causa lacrimejamento nos olhos, com uma sensação de queima nos olhos, garganta e nariz. Dependendo do nível de exposição, pode causar diminuição da habilidade defensiva do sistema respiratório.
Compostos orgânicos voláteis:	São componentes a base de carbono e hidrogênio. A exposição a esses compostos pode resultar em cansaço, dores de cabeça, tonturas, fraqueza, sonolência, irritação dos olhos e pele.
Compostos biológicos:	A contaminação microbiológica deve-se a uma série de fatores que permitem o crescimento e a liberação desses agentes biológicos no ar. Alta umidade, ventilação reduzida e sistemas de condicionamento de ar que possuem água ou permitem a condensação em algumas partes permitem o crescimento e a distribuição de vários microorganismos. Principais fontes biológicas: ácaros, animais domésticos, insetos, fungos, bactérias e vírus.
Material particulado: (aerodispersóides)	Mistura física e química de diversas substâncias em suspensão no ar, como sólidos e sob forma líquida. Representam a forma mais visível de poluentes presentes nas edificações, apresentando alta concentração de matéria orgânica. A deposição contínua de poeira, além de afetar a saúde humana, pode danificar mobiliários devido a reação com algumas superfícies. Os aerodispersóides são formados por condensação e por dispersão. Aqueles formados por condensação são resultantes da condensação de vapores supersaturados ou da reação entre gases que leva a um produto não volátil. Formados por dispersão, resultam da desintegração mecânica da matéria e podem ser classificados: poeiras, fumos, fumaça, névoas e neblinas.
Usuários (ocupantes)	A atividade metabólica humana altera a qualidade do ar por meio da diminuição da concentração de oxigênio e aumento de dióxido de carbono. Respiração, transpiração e preparação de alimentos adicionam vapor d'água na atmosfera interna, além de substâncias oriundas de produtos de limpeza e higiene pessoal que podem comprometer a qualidade do ar interno. Contudo a fumaça de cigarro é a maior fonte de contaminação.
Asbestos	Nome designado a silicatos minerais fibrosos, incombustíveis, formados pelo amianto, material muito utilizado em reservatórios de água, telhas, isolantes térmicos, elétricos e acústicos. Os sintomas causados pela exposição intensa ao asbesto são irritação de pele, bronquite, câncer de pulmão e fibrose pulmonar.
Metais pesados	Formados pelos resíduos do tráfego e atividades da vizinhança tais como fundições, indústrias de baterias e petroquímica. Principais metais pesados: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). A contaminação por estes metais está relacionada com o tempo de abertura de janelas, a frequência de limpeza da residência, o emprego de vassouras e ou aspirador a vácuo e também às cores das tintas utilizadas nas paredes. Níveis elevados destes materiais no corpo humano podem gerar efeitos neurotóxicos e cancerígenos.
Campos eletromagnéticos	Pesquisas relatam a correlação entre o risco de câncer e a exposição a campos eletromagnéticos, mesmo em baixas frequências.

Fonte: CARMO & PRADO (1999) e MORAES (2006).

Para locais em que a contaminação do ar é produzida unicamente pelas pessoas que os ocupam, pode-se calcular a quantidade de ar adotada em m³/h por pessoa, em função da finalidade do ambiente a ventilar. De acordo com as normas brasileiras, pode-se relacionar os valores que constam na tabela 7. O índice de renovação do ar (n) é a relação entre o volume do ar de ventilação que penetra no ambiente por hora (V_{ar}) e o volume do recinto (V_{amb}). Assim para ventilação natural tem-se:

$$n = V_{ar} / V_{amb} \quad (1)$$

Tabela 7: Ventilação mínima necessária por pessoa (m³/h) de acordo com o uso da edificação.

Local	Recomendável (m ³ /h)	Mínimo (m ³ /h)	(%) Pessoas Fumando
Apartamentos	35	25	Baixa
Bancos	25	17	Baixa
Bares	35	25	30
Escritórios	25	17	Baixa
Lojas	13	8	Nenhuma
Quartos	25	17	Baixa
Residências / restaurantes	35	25	Baixa / 25
Sala de diretores	50	50	80
Teatros e cinemas	13	10	Nenhuma
Salas de reunião	35	25	Baixa
Pessoas fumando	50	40	Nenhuma

Fonte: CERENTINI, 2008.

Assim, para a determinação do tipo de ventilação a empregar, com base no valor de n, tem-se: ventilação natural (passiva), se $0 < n \leq 3$; zona de transição, se $3 < n < 6$; e ventilação mecânica (ativa, forçada), se $6 \leq n \leq 20$. Para ventilação artificial, o índice de renovação atinge valores de 6 a 20. Para valores de n superiores a 20, que podem ser considerados como excepcionais, surgem problemas da ordem técnica difíceis de serem superados (correntes de ar excessivas).

A velocidade do ar na zona de ocupação (região entre o piso e o nível de 1,5m) deve ficar entre 0,025 e 0,25m/s. Excepcionalmente será permitido ultrapassar esses valores em regiões próximas a grelhas de insuflamento e de retorno de ar, que por necessidade de construção, estejam localizadas no espaço normalmente ocupado por pessoas. Para facilitar a seleção dos índices de renovação do ar a adotar em cada caso, recomenda-se o uso da tabela 8, onde n é dado em função do tipo de ambiente a ventilar.

Tabela 8: Valores de *n* (índice de renovação de ar), de acordo com o uso da edificação.

Local	N
Auditórios, igrejas, túneis e estaleiros	6
Fábricas, oficinas, escritórios, lojas, e salas de diversão	10
Restaurantes, clubes, garagens e cozinhas	12
Lavanderias, padarias, fundições e sanitários	20

Fonte: CERENTINI, 2008.

2.3 Variáveis humanas, ambientais e comportamentais para condicionamento térmico natural

Condicionamento térmico natural é a técnica que estuda os métodos para que o espaço habitado apresente as condições térmicas exigidas pelo ser humano sem recorrer a nenhum tipo de energia própria⁵⁴. Os principais elementos a serem estudados são: o homem (variáveis humanas), o meio (variáveis ambientais) e a envolvente (variáveis arquitetônicas/comportamentais), sendo que a inter-relação entre eles é regida pelos princípios da transmissão de calor⁵⁵.

2.3.1 Variáveis humanas

Atributos referentes ao nível de atividade desenvolvida no ambiente, e os dados sobre a vestimenta, caracterizam as variáveis humanas a serem consideradas no estudo do conforto térmico. A tabela 9 descreve o calor cedido ao ambiente em watts⁵⁶ (W), segundo algumas atividades desenvolvidas pelo indivíduo, com destaque para aquelas desempenhadas no setor de serviço.

A vestimenta funciona como um isolante térmico, dificultando as trocas de calor por convecção entre o corpo humano e o meio, por manter uma camada de ar mais aquecido ou menos aquecido, conforme seja mais ou menos isolante. A resistência térmica imposta pela vestimenta é uma variável medida em 'clo' ($=0,155\text{m}^2\text{K/W}$), do inglês *clothing*, e a escolha da vestimenta adequada depende: da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo, da umidade do ar e da atividade a ser desenvolvida pelo indivíduo.

2.3.2 Variáveis ambientais e arquitetônicas/comportamentais

As principais variáveis ambientais e comportamentais a serem avaliadas para efeito de conforto térmico, na fase de planejamento e projeto de um empreendimento, estão especificadas nas tabelas 10 e 11.

Tabela 9: Calor cedido ao ambiente, em watts, segundo algumas atividades desenvolvidas pelo indivíduo.

Atividade	Calor Metabólico	Calor Sensível (*)	Calor Latente (**)
Sentado / em pé (repouso)	115 / 120	63 /63	52 / 57
Em pé (trabalho leve)	145	65	80
Lavando pratos	175	65	110
Trabalho leve	255	80	175

Fonte: FROTA & SCHIFFER, 2001

Notas: * Calor cedido ao ambiente por meio de troca secas (condução, convecção, radiação), e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente.

** Calor cedido ao ambiente por meio de troca úmidas (evaporação); envolve mudanças de estado de agregação –o suor –: passa do estado líquido para gasoso (vapor), por meio da evaporação.

Tabela 10: Variáveis ambientais que influenciam na sensação de conforto térmico.

Variáveis	Requisitos
Temperatura do ar	Entre a temperatura do ar e a temperatura média radiante não deverá haver uma diferença maior que 6°C
Temperatura média radiante⁵⁷	
Velocidade do ar	Deverá ser menor que 0,5m/s
Umidade relativa	Compreendida entre 30% e 60%
Temperatura superficial	As temperaturas superficiais dos corpos que rodeiam o indivíduo não serão muito diferentes entre si (parede, piso, teto, etc.)

Fonte: FROTA & SHIFFER. 2001

Tabela 11: Variáveis arquitetônicas/comportamentais que influenciam na sensação de conforto térmico.

Variável	Descrição
Forma arquitetônica	De grande influência no conforto térmico de uma edificação e no seu consumo de energia, interfere diretamente nos fluxos de ar no interior e no exterior. A forma pode diminuir a superfície de contato com o ar exterior, minimizando as perdas de calor (iglu) ou gerando grandes áreas de sombra.
Orientação	A quantidade de radiação solar que incide em cada superfície externa de uma arquitetura é variável segundo a orientação e a época do ano.
Função	As funções residencial, comercial e pública são distintas do ponto de vista da dependência do clima e, conseqüentemente, do consumo de energia.
Fechamentos opacos	A transmissão de calor acontece devido à diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior.

(cont...).

Tabela 11: Continuação...

Fechamentos externos	São importantes para definir a estrutura térmica na edificação. Diante da radiação solar, os materiais apresentam comportamentos distintos, podendo transmiti-la mais ou menos para o interior dos ambientes. A parcela de radiação transmitida para o interior atuará nas condições de conforto de forma instantânea, sendo, portanto, a principal fração dos ganhos térmicos em ambientes.
Fechamentos translúcidos	Através dos fechamentos translúcidos ocorrem as principais trocas térmicas (condução, convecção e radiação). Representados principalmente pelas aberturas, em especial as janelas, possibilitam o controle das trocas de ar entre interior e exterior. A radiação é que se torna o principal fator devido a sua parcela diretamente transmitida para o interior.

Fonte: FROTA & SCHIFFER. 2001

2.4 Requisitos de ventilação natural

Ventilação natural é o fluxo de ar que cruza um espaço ou nele circula e é estimulado pelos gradientes de pressão em torno da edificação ou pelas forças térmicas causadas pelos gradientes de temperatura entre o ar interno e externo⁵⁸. Ou seja, a ventilação natural deve ser entendida como o deslocamento de ar através da edificação, como resultado da posição e configuração das aberturas em suas vedações, e apresenta três funções básicas: renovação do ar dos ambientes, conforto térmico dos usuários e resfriamento da envolvente das edificações.

A ventilação natural de edifícios se manifesta por ação dos ventos (dinâmica) ou por efeito chaminé (térmica).

A térmica se baseia nas diferenças de pressões resultantes das diferenças entre as temperaturas do ar interior e exterior, provocando um deslocamento da massa de ar da zona de maior para a de menor pressão. Quando nessas condições existem duas aberturas em diferentes alturas, estabelece-se uma circulação de ar de uma até a outra, denominado efeito chaminé, por ser esse precisamente o princípio que rege seu funcionamento. A velocidade do ar depende, entre outras coisas, da diferença entre a altura dos vãos.

A dinâmica é causada pelas pressões e depressões que se geram nos volumes como consequência da ação mecânica do vento, dando origem a duas maneiras de ventilar: uma é mediante planos móveis, cuja localização, forma e área permitirão cumprir com os objetivos perseguidos; outra é por aspiradores fixos ou rotatórios colocados nas coberturas dos edifícios, que aproveitam o efeito do vento para produzir uma pressão ou efeito de sucção que promove a saída do ar por estes aparelhos.

As consequências da diferença nos níveis de radiação solar ao longo de vales,

são as alterações da circulação de ventos locais. Nos vales, o ar sobe pelas encostas durante o dia, pois o sol aquece-o, causando sua elevação devido a correntes ascendentes que se formam nas encostas ensolaradas durante a manhã. À noite, o fluxo de ar é reverso: as superfícies de solo frio resfriam o ar circundante, tornando-o mais pesado, puxando-o para baixo.

Alterações no movimento do ar, sua direção e intensidade também são proporcionadas: pela densidade urbana, pela sua distribuição e orientação em relação ao relevo, pela geração de áreas de sombreamentos de reflexões entre superfícies, pelo afastamento entre edificações, pelo uso de vegetação, pela orientação e largura das caixas das vias, pela altura das edificações (KRÜGER, 2008) (Figura 08).



Figura 08: Vista panorâmica da região central da cidade de Viçosa, com relevo caracterizado como vale.

A descrição climática de uma cidade não pode estar baseada apenas em uma perspectiva meteorológica, mas sim a partir de uma visão integrada entre o homem, a natureza e a obras que tornaram o território habitável (edificações + infraestruturas) sob uma mesma atmosfera. A figura 09 mostra os efeitos aerodinâmicos do vento em situações típicas de edificações expostas à circulação do ar em ambiente urbano.

A ventilação pode representar importante fator de conforto e melhoria das condições climáticas no interior das edificações. A ventilação natural proporciona a renovação do ar ambiente, sendo de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico no verão, em regiões de clima temperado. Outro fator importante da ventilação natural é que reduz o consumo de energia, por evitar ou minimizar o emprego de sistemas de condicionamento de ar.

No caso especial dos ambientes destinados a cozinhas e área de serviço, as implicações de um sistema de ventilação natural deficiente dizem respeito ao comprometimento da qualidade do ar no interior da habitação, devido a baixas taxas de renovação do ar e o aparecimento de patologias construtivas, como o caso da condensação de vapores de água que podem promover a redução de desempenho de sistemas de fechamentos verticais e horizontais (paredes e lajes) e criar um meio propício ao aparecimento de microorganismos (fungos).

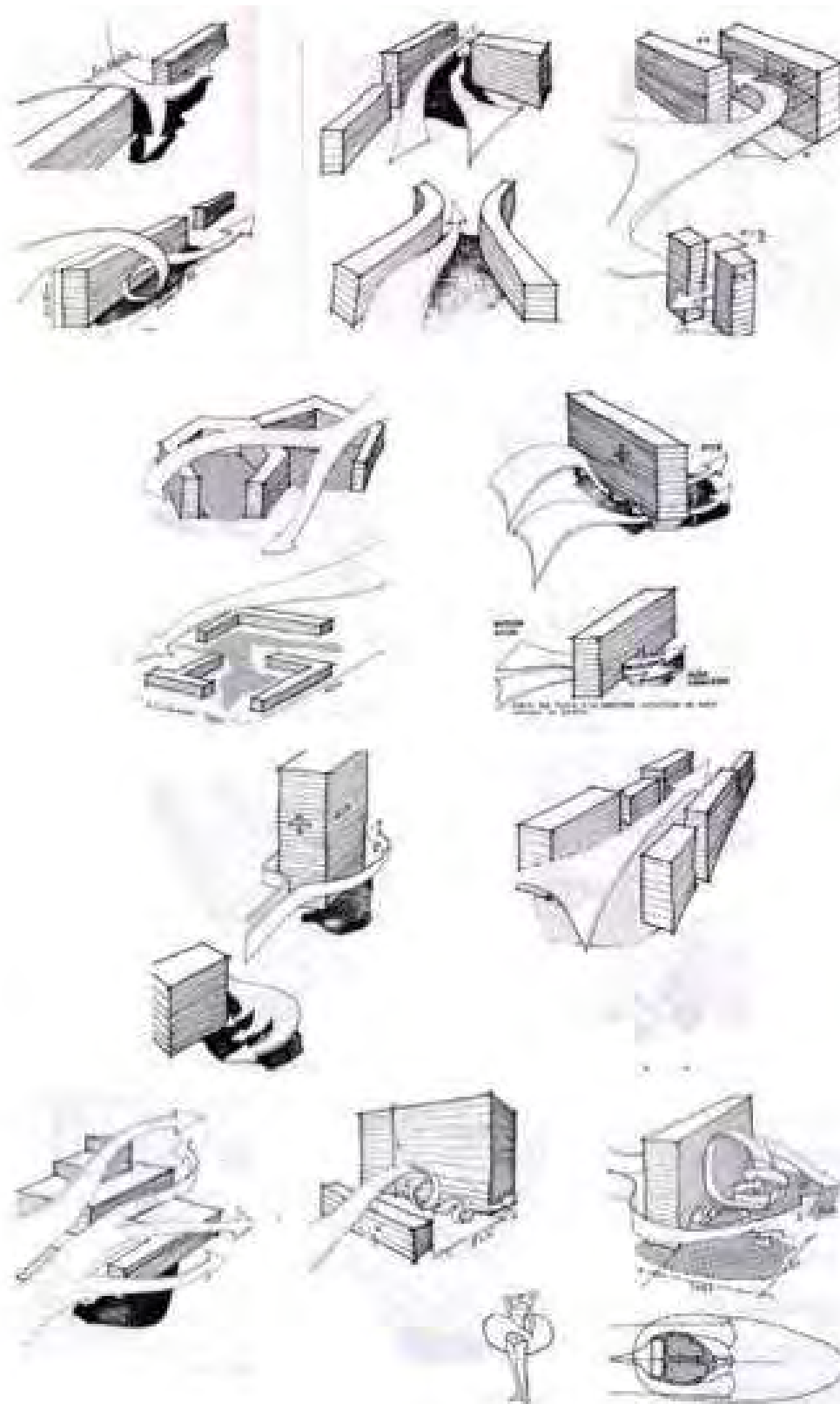


Figura 09: Efeitos aerodinâmicos do vento em configurações típicas.
Fonte: MASCARÓ *apud* TOLEDO (2001).

O ganho térmico devido à operação de equipamentos, à iluminação elétrica, à presença humana e às atividades desempenhadas determinam alguns requisitos de conforto térmico de um ambiente. Segundo BROWN (2004), os ganhos de calor latente (aquele que aumenta a temperatura do ar) devem ser considerados para determinação do ganho de calor interno gerado pelas pessoas, principalmente porque as taxas e os horários de geração de calor interno coincidem com a ocupação e, especificamente, quando relacionadas ao setor de serviço, cujos produtos gerados durante a utilização desse espaço são: o vapor de água, odores, calor, etc.

A quantidade de ar necessária à ventilação de um organismo humano em repouso, a fim de manter suas funções fisiológicas, é de 16 litros de oxigênio por hora. Entretanto nem todo o oxigênio do ar é aproveitado no processo de respiração, pois o ar inspirado contém 21% de oxigênio, enquanto que o expirado apresenta esse elemento com uma concentração de 15,5%, em volume (Tabela 12).

Tabela 12: Ar fresco requerido por pessoa (m³/h).

Espaço disponível por pessoa (m³)	Mínimo	Valores recomendados sem fumar	Valores recomendados fumando
3	40,7	61,2	81,4
6	25,6	38,5	51,1
9	18,7	28,1	37,4
12	14,4	21,6	28,8

Fonte: CERENTINI, 2008.

Para entender a importância da ventilação, enquanto estratégia passiva para condicionamento térmico natural, é preciso conhecer alguns conceitos que envolvem esse fenômeno natural.

As diferenças de pressão entre dois pontos distintos de um edifício é que determinam a direção e a velocidade potenciais para a ocorrência de ventilação. Quando uma corrente de ar entra em contato com uma edificação, as faces expostas ao vento sofrem sobrepressões e as faces não expostas sofrem subpressões. Quando expostas ao vento predominante, as faces da edificação se caracterizam por: barlavento (zona de fluxo livre de ar), camada limite (área onde ocorre a separação entre o fluxo livre e a região de recirculação de ar) e zona de sombra de vento (zona oposta à corrente de ar) (OLGYAY *apud* NEVES, 2006).

As principais características a serem consideradas no estudo da ventilação natural dizem respeito a aspectos de projeto da edificação e do entorno: a forma, a implantação, o paisagismo e obstáculos do entorno, bem como a direção, a velocidade e a frequência dos ventos dominantes da região. As características microclimáticas do entorno contribuem para aumentar ou diminuir a intensidade dos ventos, assim como

alterar sua direção. As edificações adjacentes podem barrar ou canalizar as correntes de ar, podendo filtrá-las, guiá-las, obstruí-las ou, inclusive, acelerar ou reduzir sua velocidade no entorno da edificação (NEVES, 2006).

Por estar relacionada à sensação térmica, a ventilação é um dos fatores mais importantes que determinam o conforto térmico. Sua importância não está apenas na obtenção de conforto, mas também por razões de salubridade dos ambientes e de seus habitantes, já que o favorecimento à penetração dos ventos dominantes traz uma renovação contínua do ar interno de um recinto (ventilação higiênica).

Uma boa ventilação depende da pressão do ar em todas as faces da edificação, o que é determinante na geometria volumétrica da edificação e no correto posicionamento das aberturas, especialmente as localizadas nas zonas de alta pressão, ou seja, de entrada de ar. De acordo com NEVES (2006), as melhores condições gerais de ventilação são obtidas quando o ar tem que mudar de direção no ambiente ao invés de ir diretamente da entrada para a saída.

Em janelas de paredes opostas, quando o vento entra perpendicularmente, o ar atinge uma zona limitada da área interna e cruza a uma velocidade mais alta. Quando o vento entra de forma oblíqua, ou tem que mudar de direção, na parte interna da edificação, a velocidade é mais baixa, porém atinge um volume interno maior, proporcionando uma ventilação mais satisfatória do ambiente como um todo.

De acordo com GIVONI *apud* NEVES (2006), isso ocorre devido a um fenômeno denominado turbulência, que é uma importante variável de conforto térmico. Segundo a ASHRAE (1997), o conforto térmico se estabelece em diferentes situações combinadas de variáveis ambientais (temperatura, umidade e velocidade do ar) e humanas (atividade e vestuário). Em geral, obtém-se conforto térmico nas faixas de temperatura entre 23°C e 31°C.

Em situação de verão, a ventilação natural em habitações apresenta-se como a principal medida para diminuição do desconforto térmico de seus usuários. Ventilando-se o ambiente interno, atua-se no sentido de uma remoção do ar aquecido pela envoltória e um resfriamento da estrutura ou, até mesmo, pelo efeito de refrescamento junto à superfície da pele dos usuários⁵⁹. O conhecimento da taxa total de ganho térmico de uma edificação ou de uma determinada zona de uma edificação é essencial para que se possa dimensionar o tamanho das janelas para ventilação cruzada enquanto sistemas passivos de esfriamento.

O conhecimento da taxa total de perda térmica (por m²) permite que as edificações sejam comparadas entre si ou com um padrão de eficiência, por unidade de área de piso. A taxa de ganho térmico de uma edificação é a soma dos ganhos térmicos internos produzidos por: iluminação elétrica, pessoas, equipamentos, ganhos de transferência térmica, através de fechamentos, ganho solar do fechamento e das

janelas e ganhos térmicos das infiltrações e da ventilação⁶⁰.

Para o cálculo da taxa de ganho térmico de uma edificação é necessário estimar a taxa total de ganho térmico produzido pelas pessoas e equipamentos, a taxa total de ganho térmico produzido pela iluminação elétrica, a taxa total de ganho térmico produzido pelos fechamentos (paredes, janelas e telhados) e a taxa total de ganho térmico produzido pelas infiltrações ou ventilação.

No caso específico dos ganhos ou perdas térmicas produzidos pela ventilação, enquanto contribuição às necessidades de aquecimento e esfriamento de uma edificação, pode ser explicada toda vez que a temperatura interna de uma edificação estiver acima ou abaixo da temperatura externa e o ar que é trazido para renovação na forma de ventilação natural deverá ser aquecido ou resfriado.

De acordo com a tabela de perdas e ganhos térmicos devida a ventilação, desenvolvida por G. Z. BROWN (2004) para edificações residenciais multifamiliares, as perdas e os ganhos térmicos são na ordem de 0,28 W/K.m² por área do piso. Quando se leva em consideração os diferentes níveis de atenção ao detalhamento construtivo e ventos de 3,4m/s e máximos de 6,7m/s, os valores médios chegam a 1,02 W/K.m² e os máximos a 2,04 W/K.m². Os valores médios são para condições típicas, enquanto os valores máximos representam condições de ocupação em pico.

2.4.1 Ventilação artificial ou mecânica

A ventilação artificial é dotada sempre que os meios naturais não proporcionam o índice de renovação de ar necessário, ou ainda, como elemento de segurança nas condições de funcionamento precário da circulação natural do ar. Assim, por exemplo, a cozinha com sua elevada produção de fumaça, odores e vapor de água necessita de um sistema de exaustão que impeça a contaminação do espaço interior. O mesmo pode ser dito em salas de cinema, teatro, oficina e certos locais hospitalares.

2.4.2 Ventilação unilateral, cruzada e indireta (poços de ventilação)

À medida que o ar circula em torno de uma edificação, ele cria zonas de alta pressão [pressão positiva (+)] no lado que recebe os ventos diretamente e de baixa pressão ou de sucção [pressão negativa (-)] no lado oposto; essa diferença de pressão faz com que o ar se movimente criando a ventilação cruzada. A ventilação cruzada mais eficaz ocorre quando as entradas de ar são localizadas na área de alta pressão e as saídas de ar na área de sucção. A taxa do fluxo de ar depende da diferença de pressão entre as entradas e as saídas de ar.

A ventilação cruzada pode promover o esfriamento de pessoas e ambientes

quando o ar externo é mais fresco do que o ar do ambiente, transferindo o calor do ambiente ao ar da ventilação. A ventilação cruzada também remove o calor das pessoas através da convecção natural⁶¹ e o aumento da evapotranspiração. A taxa de esfriamento, pela ventilação cruzada, é determinada pela velocidade do vento, pelo tamanho das aberturas e pela diferença de temperatura, entre o ambiente interno e o externo.

A velocidade do vento pode diminuir em função dos obstáculos horizontais como prédios, montanhas e árvores, cerca de 50%, a uma distância de dez vezes a altura e de 25%, a uma distância vinte vezes a altura. O gradiente de velocidade pode variar dependendo também do tipo de solo. Quando o ar está em movimento e choca-se com um obstáculo, cria-se uma pressão sobre a superfície.

A pressão é diretamente proporcional à velocidade, sendo que, na face oposta, cria-se uma área de baixa pressão onde o ar incide de modo suave, caracterizando uma sombra de vento. Essa sombra de vento depende do tamanho, da forma do edifício, do tipo de cobertura, da posição e tamanhos de beirais, da área e localização das aberturas, da orientação e, praticamente, não depende da velocidade do vento.

A forma arquitetônica do edifício é um dos fatores que influi consideravelmente nas zonas de pressão da edificação, como salienta CENRENTINI (2008):

- a corrente de ar se divide em frente a alguns edifícios altos onde parte dela se dirige para as coberturas e a outra desce formando redemoinhos e provocando um grande aumento na pressão. Ocorre também um aumento na velocidade no nível do solo e nas laterais dos edifícios. Quanto mais alto o edifício maior a zona de remanso;
- a variação da profundidade de um edifício mostra que, quando se aumenta a profundidade acima de duas vezes, permanecerá quase que constante a profundidade da zona de baixa pressão na face à sotavento;
- o efeito da largura de um edifício é observado na formação do redemoinho de baixa pressão. De acordo com a variação da largura do modelo, fixando a altura e a largura, observa-se que o comprimento e a largura do redemoinho aumentam;
- outro fator é a quantidade e tipo de vegetação que influenciam no fluxo do ar em aglomeração dos edifícios. Os grandes espaços verdes onde a vegetação não é alta facilitam a passagem do fluxo de ar, sendo que as vegetações mais densas e altas, formam uma barreira;
- quanto mais largas forem as ruas, menor será a resistência oferecida pelos edifícios aos ventos dominantes, aumentando a velocidade dos ventos nestes locais. O vento que incide perpendicularmente ao edifício, forma uma zona de menor movimento e muito maior do que para qualquer um dos ângulos;
- a orientação, o tipo de clima, a posição das fachadas e dos vãos em relação aos ventos são, também, fatores fundamentais para transmitir um fluxo de ar interior,

- suficiente para os requisitos básicos de uma boa ventilação. O importante é obter o tamanho da zona de quietação do vento, para saber como implantar prédios que se beneficiem com a ventilação natural. É necessário reconhecer, também, as zonas de alta pressão e localizar as aberturas em função delas;
- os dados climáticos são muito importantes, mas, às vezes, de difícil acesso e precisão. Para caracterizar um determinado vento, são necessários aparelhos apropriados para medição da direção e velocidade. A medição se classifica em oito categorias: os quatro pontos cardeais (N, S, L e O) e os quatro pontos semicardiais (NE, SE, SO e NO). Para direção dos ventos, o aparelho utilizado é a bússola onde é dada a direção pelo ponto cardinal do qual o vento sopra ou onde ele é gerado. Para a medição da velocidade do vento, o equipamento mais utilizado é o anemômetro. Existe também o anemógrafo, que fornece registros contínuos sobre a velocidade e a direção dos ventos.

Comum nas atuais configurações espaciais de unidades habitacionais de edificações de múltiplos andares, os poços de ventilação têm sido utilizados como alternativa para garantir iluminação e ventilação, principalmente no setor de serviço (cozinha e áreas de serviço). Juntamente com a área das aberturas, os poços de ventilação têm influência direta no desempenho da ventilação das edificações principalmente, em climas úmidos, nos quais a presença do deslocamento de massas de ar internamente é importante para a qualidade de vida das pessoas (CUNHA, 99).

2.5 Diretrizes bioclimáticas

Estudos dos precedentes arquitetônicos mostram que a partir da Segunda Guerra Mundial a banalização da arquitetura do *International Style*, acompanhada pela crença de que a tecnologia de sistemas prediais oferecia meios para o controle total das condições ambientais de qualquer edificação, levou à repetição das caixas de vidro e ao exacerbado consumo de energia das décadas seguintes.

Sistemas de iluminação e de climatização artificiais passaram a ser largamente utilizados, dando ao projetista, uma posição bastante cômoda perante os problemas de adequação do edifício ao clima.

O fascínio pela técnica numa época em que grande parte dos princípios básicos de construção foram substituídos por interesses econômicos ou estéticos, aliados a inconsciência da esgotabilidade dos recursos naturais, conduziram ao esquecimento as boas práticas ancestrais de construir. A consequência foi a utilização de sistemas de climatização artificiais, para suplantar o desconforto causado aos usuários e com consequente aumento no consumo de energia elétrica.

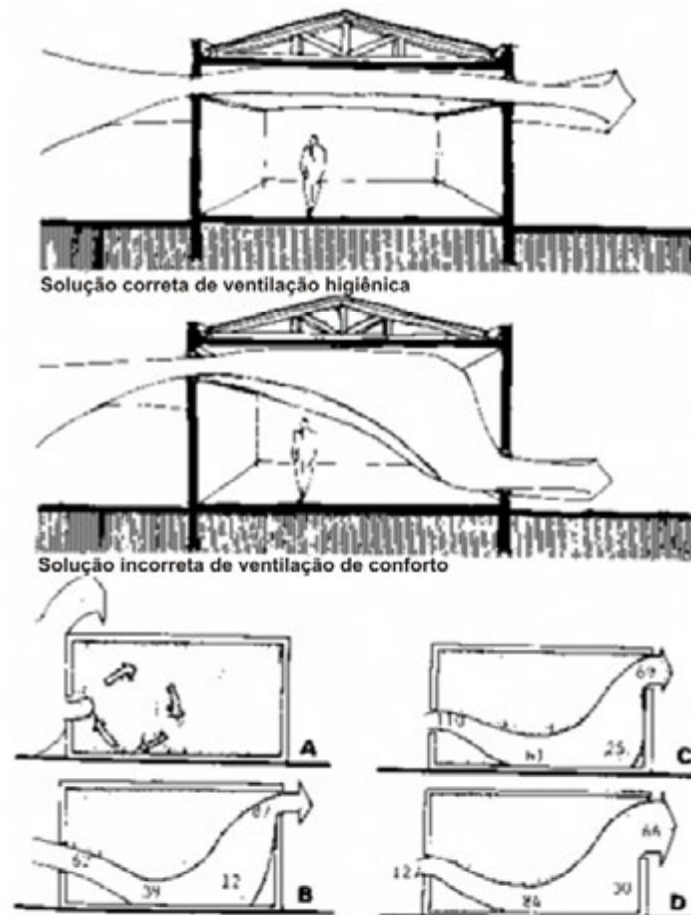


Figura 10: Exemplos de ventilação no interior de edificações.
 Fonte: CUNHA, 1999.

Desde o final do século XX, a ONU tem orientado os países para que voltem suas ações e pesquisas no sentido de reduzir o aquecimento global e a preservação ambiental. As propostas se baseiam principalmente na substituição de sistemas ineficientes e poluidores do meio ambiente por sistemas que utilizam fontes naturais renováveis, como a energia solar, a iluminação e ventilação natural. Ao se considerar que 47% do consumo com energia elétrica no Brasil está concentrado em edificações residenciais (23%), comerciais (11%) e públicas (8%), a busca pela eficiência energética na arquitetura, em nível de projeto, deve ser prioridade dos profissionais da área.

O aumento do número de condicionadores de ar instalados, em especial em edificações de uso residencial, indica que além do desenvolvimento social crescente da população, há pouca qualidade ambiental e de conforto das construções atuais. A busca pelo conforto ambiental no interior da edificação, aliada a análise de fatores climáticos locais e a utilização de sistemas mais eficientes, sob a ótica de um desenvolvimento sustentável, criaram condições para o surgimento do conceito de arquitetura bioclimática onde a edificação é tratada como objeto único, dependente da

multidisciplinaridade, necessária para a execução do projeto, além de considerações sobre aspectos culturais e socioeconômicos dos usuários.

De acordo com ROMERO (2007), a intenção da arquitetura bioclimática é a de contribuir para a recuperação do relacionamento da edificação com o ambiente, minimizando as agressões mútuas, aproveitando as vantagens e evitando as desvantagens do clima. Trata-se da arquitetura que quer criar objetos que objetivam o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído, no seu entorno, em conformidade com as características da vida e do clima locais e consumindo uma quantidade menor de energia, compatível com o conforto ambiental (CORBELLA & YANNAS, 2003 *apud* ROMERO, 2007).

LANHAM (2004) define arquitetura bioclimática como a projeção e construção de um edifício, tendo em conta a análise do contexto climático em que este se insere, promovendo a melhoria das condições de conforto e a minimização do consumo energético. Este tipo de arquitetura é um instrumento que permite manter a viabilidade de um equilíbrio saudável na construção, racionalizando tanto os recursos utilizados como os resíduos produzidos.

No contexto da arquitetura bioclimática, a utilização de sistemas ativos não está descartada. O que se busca é um equilíbrio, ou seja, a obtenção de condições de conforto ambiental com o mínimo de consumo de energia, que pode ser conseguido com investimentos em sistemas ativos como, por exemplo, painéis solares.

Dessa forma, pode-se dizer que a arquitetura bioclimática não depende de complicados dispositivos tecnológicos para alcançar um desempenho eficiente dos sistemas, mas sim da criatividade dos projetistas, na busca por demandas locais de energia (disponibilidade de radiação) e conhecimento das características físicas dos materiais construtivos.

Segundo LANHAM (2004), um importante aspecto que dificulta a divulgação do conceito da arquitetura bioclimática deve-se aos estigmas associados à disfuncionalidade na utilização de sistemas alternativos, causada por má instalação, falta de conhecimento técnico, incompetências traduzidas em erros no dimensionamento e instalação e, até mesmo, idéias que associam essas técnicas a fanatismos ecológicos. Por outro lado, o desenvolvimento de uma arquitetura adaptada ao clima pode ser registrado como um dos maiores avanços na evolução da arte de habitar que acompanha o ser humano desde a era das cavernas (OLGYAY, 1963 *apud* ROMERO, 2007).

Um melhor aproveitamento do clima depende do planejamento apropriado de detalhes da edificação. O paisagismo, a orientação e a escolha da tipologia arquitetônica são fundamentais na adequação do edifício ao clima. Além disso, a energia que a edificação consumirá tem se tornado um forte determinante na decisão

dos sistemas de controle ambiental, sendo a análise do consumo de energia de uma edificação, importante para determinar a eficiência energética da concepção arquitetônica.

A NBR 15220-3:05 trata do Zoneamento Bioclimático Brasileiro e propõe para cada zona bioclimática diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias para o tamanho das aberturas para ventilação, a proteção das aberturas, as vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura) e as estratégias de condicionamento térmico passivo. De acordo com a norma, a cidade de Viçosa (MG) está localizada na zona bioclimática 3, para a qual estão previstas as estratégias de condicionamento térmico passivo descritas na Tabela 13.

Tabela 13: Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para Zona Bioclimática 03	
Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias (15% a 25% da área do piso)	Permitir sol durante o inverno
Tipos de vedação externa para Zona Bioclimática 03	
Paredes	Leve refletoras
Cobertura	Leve isolada
Estratégias de condicionamento térmico passivo para Zona Bioclimática 03	
Ventilação cruzada	
Aquecimento solar da edificação	
Vedações internas pesadas (inércia térmica)	

Fonte: NBR 15220-3:05.

2.6 Requisitos de desempenho para janelas com vistas a satisfazer as exigências de habitabilidade

De acordo com a NBR 15575:08, um sistema é a parte da edificação constituída de elementos e componentes, destinada a cumprir um conjunto amplo de funções e atender simultaneamente a diversas exigências dos usuários e a requisitos específicos. Considerado um dos elementos mais expressivos na fachada de uma edificação, as janelas foram tratadas com destaque por diversos arquitetos em suas concepções. Todavia, como sistema polifuncional, possui outras finalidades, além da estética, tais como as descritas na tabela 14.

Com vistas à habitabilidade, os componentes das janelas representam uma parte importante na realização da qualidade de vida e do conforto em edificações, pois atuam como verdadeiros filtros das condições físicas entre o exterior e o interior do edifício, contribuindo para o bem estar humano⁶².

A tipologia das janelas afeta diretamente o desempenho da ventilação cruzada, pois permite determinar o direcionamento do fluxo de ar, a possibilidade de mudança

de orientação do fluxo e a regulação de sua intensidade por meio de um controle flexível do movimento de ar. Segundo MASCARÓ *apud* NEVES (2006), o tipo de janela e seu desenho determinam alguns critérios de desempenho como: área real de abertura, área máxima de ventilação, possibilidade da separação das correntes de ar frio e quente, facilidade de operação e regulação pelo usuário e a satisfação dos requisitos de estanqueidade.

Tabela 14: Funções básicas desempenhadas pelo sistema de aberturas.

Função	Descrição
Ambiental	Controle do fluxo de calor e de ar, estanqueidade, transmissão de som e de luz.
Segurança	Desempenho estrutural, controle de propagação do fogo e segurança contra furtos.
Operacionais, Manutenibilidade e Psicológicas	Comunicação física e visual com o exterior

Fonte: TIBIRIÇÁ (1997).

Além da tipologia, questões como a posição na fachada e as dimensões das janelas devem ser consideradas na fase de projeto. A posição na fachada determina o padrão de distribuição do fluxo de ar pelos ambientes, e o tamanho das aberturas de entrada ou de saída do ar determina a velocidade média do ar internamente. O aumento simultâneo das aberturas de entrada e de saída resulta em velocidades internas do ar mais elevadas.

A combinação de uma entrada pequena com uma saída maior produz um movimento de ar concentrado, de maior velocidade, limitado a uma pequena seção do ambiente: o chamado 'efeito Venturi'. Entradas e saídas de tamanhos similares resultam em uma ventilação mais distribuída (GIVONI, *apud* NEVES, 2006).

2.6.1 Janelas

Segundo SHEPPARD & WRIGHT *apud* TIBIRIÇÁ (1997), o termo janela foi utilizado como simples abertura para fornecer ar e luz a uma edificação, porém muitos outros significados podem ser atribuídos, tais como:

- em latim (*januella*): diminutivo de *janua*, que significa porta;
- dicionário (HOUAISS, 1982): abertura praticada a meio altura das paredes externas de um prédio, e que guarnecida por caixilhos envidraçados, ou por persianas de madeira, alumínio, etc., pode abrir-se para permitir a entrada de ar e claridade;
- em inglês (*window*): deriva de *vindauga* (termo do antigo norueguês), significando 'olho de vento'. Durante séculos se chamou *wind-eye* (olho de vento).

No entanto, nesta pesquisa, adota-se o termo janela de acordo com o conceito proposto por TIBIRIÇÁ (1997), que interpreta como componente da edificação considerado como um fechamento transparente, constituído por uma estrutura guarnecida por caixilhos, a qual, posicionada num rasgo aberto de fechamento opaco, pode permitir visualização e, também, trânsito de ar, de energia termolumínica/sonora, de vapor, de pessoas, etc.

Integrantes da envoltória da edificação, funcionam como vedação que deve resguardar o ambiente interno dos efeitos de condições externas indesejáveis e como elemento translúcido da parte externa do edifício, as janelas proporcionam um vínculo visual entre os ambientes interno e externo (Figura 11)

Neste sentido, as exigências ao se projetar janelas dependem de cada contexto e isto requer conhecer as funções que cada janela deve cumprir em consonância com o conjunto de necessidades comuns de cada tipo de edificação (comércio, escola, indústria, hospital, habitação entre outras). Como um componente-fechamento translúcido e por sua influência no ambiente construído, requer um tratamento projetual próprio, pelas inúmeras funções que cumpre e pelo que significa em termos de percepção e repercussão ambiental, comportamental, física e de tendências tecnológicas (Figura 12).

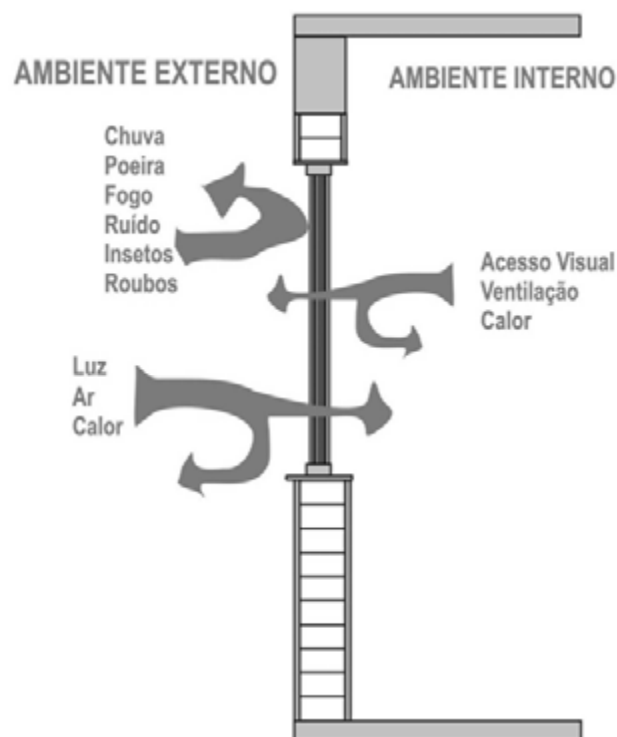


Figura 11: Janelas como filtros das condições do exterior.
Fonte: Adaptado de TIBIRIÇÁ, 1997.

DIMENSÃO AMBIENTAL	Meio Ambiente Clima Agentes Agressivos Destinação do compartimento
DIMENSÃO COMPORTAMENTAL	Resistência Técnico - funcional Habitabilidade Estanqueidade Ergonômico Estético Manutenibilidade Ecológico
DIMENSÃO FÍSICA	Materias Emendas Drenagem Vedação Assessórios Vidro Proteção Pintura
DIMENSÃO TÉCNICA	Legislação Projeto Fabricação Interfaces Instalação Posicionamento Acabamento

Figura 12: Dimensão ambiental, comportamental, física e técnica, do projeto de janelas.

Fonte: GUELLA & SATTLER, 2004.

A dimensão ambiental no projeto de janelas diz respeito aos espaços conformados pelos sólidos da construção (elementos, instalações, componentes, materiais), a qual está relacionada às propriedades quantitativas do clima (calor, luz e som) dentro do espaço, às qualitativas e o modo de perceber o interior e o grau para o qual as quantidades permitem que as necessidades e exigências dos usuários (funcionais, econômicas, emocionais) sejam satisfeitas. Sempre que possível, o projeto ambiental deve se basear no uso consciente dos pressupostos da ciência ambiental e da quantificação e, conseqüentemente, menos nas preferências subjetivas.

Para TIBIRIÇÁ (1997), a qualidade do ambiente interno deve merecer atenção pelo fato de as janelas poderem prover ventilação e circulação do ar e servir de rotas de fuga em caso de incêndio. Como um produto integrante da envoltória da edificação, espera-se que sejam resistentes à penetração da chuva, aos vazamentos de ar e às forças de vento e, enquanto componentes de vedação, seja possível o controle do calor (trocas térmicas no verão e inverno). Espera-se também que parte dos ruídos

provenientes do exterior sejam restringidos a níveis aceitáveis aos usuários sem prejudicar, contudo, o contato visual com o ambiente externo, e ainda tornar possível o acesso da energia solar, sob forma de calor e luz solar.

Para a aplicação do conceito de desempenho à janela, faz-se necessário bem caracterizar o uso e a localização da edificação em estudo, o que orienta a definição das necessidades a serem atendidas por esses componentes em condições específicas de exposição. A qualidade e o comportamento em uso da janela dependerão do seu projeto, como parte integral e indissociável do próprio projeto do edifício, por meio de um processo interativo: edifício ↔ janela ↔ ambiente.

O desempenho satisfatório das janelas depende da conjugação das suas propriedades físicas de transmissão de energia (térmica, luminosa e acústica) com as propriedades físicas dos fechamentos opacos. BROWN & RUBERG *apud* TIBIRIÇÁ (1997) sugerem enquadrar as janelas em três diferentes grupos:

- janelas como partes translúcidas do envelope do ambiente construído são filtros de energia: para isso, deve-se selecionar os materiais constituintes segundo propriedades físicas, com vistas a cumprir a função de filtragem, analisando a sua capacidade de permitir acesso visual, desempenho acústico, lumínico e térmico;
- janelas como integrantes do envelope do edifício: atentar para as interfaces físicas com as demais partes do recinto, avaliando o comportamento da janela, sob o ponto de vista da estanqueidade à água e ao ar, de desempenho estrutural e de resistência ao fogo;
- janela como componentes: corresponde a prever a sua vida útil em termos de resistência e durabilidade e em definir mecanismos de ventilação, operação e de segurança (restrição de acesso a humanos e insetos).

Em termos de dimensionamento, a relação da área da janela com a do piso é geralmente utilizada pelos Códigos de Edificações Brasileiros como parâmetro para o dimensionamento das aberturas de ventilação. Entretanto, o atendimento a esse parâmetro, por si só, não garante desempenhos favoráveis de ventilação natural dos edifícios, seja pela circulação do ar por ação do vento, seja por efeito chaminé (TOLEDO, 2001). Esses processos dependem tanto de fatores variáveis quanto de fatores fixos do entorno e do edifício e não apenas do tamanho das aberturas.

Os fatores variáveis incluem: o padrão de ventos, o comportamento das temperaturas do ar, e constituem diferenciador importante para o projeto do edifício em cada lugar (OLGYAY, 1998). Os fatores fixos do entorno (natural e construído) incluem: a topografia, a distribuição de águas e terras, a vegetação, a configuração da malha urbana, dentre outros, e podem alterar a direção e a velocidade do vento sobre os edifícios (CHÁVEZ e FREIXANET *apud* TOLEDO, 2001). Os fatores fixos do edifício englobam: a orientação, a forma e a tipologia dos edifícios, as aberturas e os

tipos de esquadrias e podem favorecer ou dificultar o aproveitamento dos ventos (BOUTET *apud* TOLEDO, 2001).

Parte-se do pressuposto que em face das suas características específicas, as janelas têm se mostrado como uma barreira a ser superada pelos profissionais envolvidos no processo de projeto de edificações, por sua complexidade em relação aos materiais e outros componentes tradicionais do edifício e à velocidade das inovações tecnológicas. Tecnicamente, são componentes da edificação cuja influência no desempenho do edifício e no conforto dos usuários tem muita significação técnica e econômica.

Do ponto de vista de produção de edificações, na medida em que se impõem cada vez mais as necessidades de uso racional de energia e de obtenção de condições do conforto humano nos ambientes construídos, dentre as diversas formas de otimizar o uso de energia em edifícios, com certeza uma é voltar-se para a questão projetual e de qualidade das janelas como parte da envoltória de uma edificação⁶³.

As edificações com altos níveis de ocupação, como é o caso daqueles de caráter residencial de multipavimentos, o aquecimento e o esfriamento do ar externo podem representar um percentual significativo da carga térmica. Toda vez que a temperatura interna de uma edificação estiver acima ou abaixo da temperatura externa, o ar que é trazido para renovação através das aberturas (ventilação) deverá ser resfriado ou aquecido. O aproveitamento apropriado das correntes naturais de ar, enquanto uma estratégia de conforto pode reduzir o consumo de energia dos edifícios.

Neste sentido, o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL), criado pela Eletrobrás, desenvolveu em parceria com o Instituto de Administração Municipal (IBAM) um 'Modelo para Elaboração de Códigos de Obras e Edificações' com o objetivo de introduzir aspectos relativos ao conforto ambiental e conservação de energia, especialmente, dos pequenos e médios municípios brasileiros. Os códigos de obras e edificações, como instrumentos reguladores dos projetos e construções nos municípios, podem ampliar a consciência de novas práticas para conforto e consumo de energia em edificações.

Cabe à prefeitura o papel de fazer as adequações necessárias nos códigos de obras em consonância com o clima e as práticas construtivas locais; mostra-se oportuno destacar a ventilação natural como uma estratégia bioclimática de baixo custo energético para promover conforto térmico nos ambientes internos de edifícios não climatizados. Mesmo com os requisitos mínimos das áreas de aberturas estabelecidos em códigos de obras, muitos ambientes não atendem aos requisitos desejáveis de desempenho quanto ao aproveitamento do potencial de ventilação natural, fato que se agrava com os aumentos do preço do metro quadrado construído e a redução das áreas dos compartimentos.

Um efeito disso no desempenho térmico pode ser exemplificado na quantidade de vapor de água gerado por um casal num quarto de 12m², numa noite, que é a mesma que se produziria num quarto de 25m² no mesmo período de tempo. Esse fato, associado a uma ventilação deficiente, agrava a possibilidade de ocorrência de condensação do vapor de água, problema descrito como a doença moderna das edificações. A condensação não provoca apenas patologias nas edificações: também pode provocar problemas de saúde aos seus usuários como, por exemplo, problemas respiratórios.

De acordo com MENDONÇA (2005), cerca de 95% do vapor de água produzido é dissipado por meio da renovação do ar e os outros 5% atravessam as paredes exteriores por difusão. A condensação sobre as superfícies envidraçadas permite dissipar 50% da umidade em excesso, sendo a restante eliminada com a renovação do ar e pela difusão. Isso demonstra a importância de se proceder a uma correta ventilação dos espaços.

A ventilação dos edifícios é uma necessidade mal compreendida, especialmente em condições importantes, com no inverno. Os usuários, em geral, não querem permitir que o ar frio do exterior (normalmente úmido) possa penetrar nos espaços ocupados. Na realidade, o ar frio e úmido do exterior é aquecido em contato com o ar interior provocando uma diminuição da umidade relativa do ar interior.

A configuração espacial de um apartamento, exibida pelo seu arranjo físico, representa a primeira de uma série de conversões relativas a um rol de desejos e necessidades humanas que visam obter uma moradia que propicie uma situação de bem-estar e que possa ser traduzido em um nível de qualidade de vida por meio de uma habitação eficiente. Segundo BROWN (2004), as decisões que afetam o consumo energético de uma edificação ocorrem na elaboração dos desenhos preliminares de um projeto.

Além disso, o esforço necessário para implementar tais decisões na fase inicial é pequeno, quando comparado àquele que seria necessário posteriormente. Assim, caso se pretenda que as questões energéticas recebam um nível apropriado de consideração, no início do projeto, elas devem ser geradoras da forma arquitetônica.

A distribuição das aberturas de ventilação pode ser otimizada para aumentar o nível de ventilação cruzada em um recinto e circular o ar entre os usuários, aumentando sua taxa de esfriamento ou aquecimento. A velocidade média do ar no interior é uma função entre a velocidade do vento externo, sem obstrução, o ângulo no qual o vento atinge as entradas de ar e a localização e a dimensão das janelas.

Do ponto de vista do conforto lumínico, ou seja, à condição de exposição visual a que o usuário fica sujeito, implica em dispor-se da quantidade de luz, que permita a realização de uma atividade visual, sem provocar danos ao aparelho visual humano. A

visibilidade é uma necessidade humana primária, mas a luz tem muito outros efeitos físicos, psicológicos e fisiológicos que levados em consideração são importantes para a saúde e o bem estar.

Tabela 15: Velocidade média do ar interior de uma edificação como percentual da velocidade do ar exterior.

Relação entre dimensões de parede e janelas	Altura da janela como uma fração da altura da parede		
	1/3	1/3	1/3
Localização	Largura da janela como uma fração da largura da parede		
	1/3	2/3	3/3
Abertura única	12 – 14%	13 – 17%	16 – 23%
Duas aberturas na mesma parede		22%	23%
Duas aberturas (paredes adjacentes)	37 – 45%		40 – 51%
Duas aberturas (paredes opostas)	35 – 42%	37- 51%	47 – 65%

Fonte: BROWN, 2004.

A qualidade da iluminação não é inerente a um espaço ou um projeto de iluminação, mas em seus efeitos nas pessoas, avaliado segundo parâmetros de desempenho e conforto visual, principalmente quando associados ao fenômeno chamado ofuscamento⁶⁴ (Figura 13). Os aspectos importantes relacionados à quantidade lumínica do ambiente interno e ao bem estar visual dos usuários são:

- provisão de luz natural e admissão da luz solar;
- contato visual com o mundo exterior com um alcance visual amplo quanto possível;
- quebra da monotonia nos espaços fechados.

Um projeto de iluminação interna, seja usando sistemas de luz artificial ou natural, deve criar boas condições para: visualização, suporte para o desenvolvimento das atividades, o ajuste de comportamentos apropriados, favorecer a desejável interação e comunicação, prover boas condições para a saúde, evitar efeitos doentios e contribuir para a apreciação estética do espaço.

O aproveitamento eficiente da iluminação natural tem implicações econômicas importantes, uma vez que pode reduzir o uso de sistemas artificiais e, conseqüentemente, diminuir o consumo diurno de energia elétrica. O uso de luz natural deve ser incentivado face à quantidade de luz do dia disponível ao longo do ano em todo o território brasileiro. Nesse sentido, as janelas são partes potenciais da edificação a serem explorados como produto que contribui para o uso racional de energia e a melhoria da satisfação visual dos usuários.

A disponibilidade de luz natural é a quantidade de luz em determinado local em função de suas características geográficas e climáticas, que se pode dispor por um certo período de tempo. Dados e técnicas para a estimativa das condições de

disponibilidade de luz natural são importantes para a avaliação do desempenho final de um projeto em termos de conforto visual e consumo de energia.

Isso se refere à maneira como varia a quantidade de luz durante o dia e a época do ano, quanto dura essa iluminação ao longo do dia e os motivos pelos quais as localidades dispõem de mais ou menos luz, face aos parâmetros que influenciam no cálculo da disponibilidade da luz natural, tais como os dados relativos à posição do sol, às épocas da determinação, como dia e mês do ano, latitude e longitude geográficas e o tipo do céu⁶⁵



Figura 13: Aspectos relacionados à qualidade da iluminação.
Fonte: TIBIRIÇÁ, 2007

Para uma iluminação natural de alta qualidade, três grandezas devem ser observadas: iluminância (medida do fluxo luminoso incidente por unidade de superfície), luminância (intensidade luminosa emitida, transmitida ou refletida por unidade de superfície) e contraste (diferença de brilho entre o objeto e o fundo).

A iluminância, medida no campo de trabalho, possui níveis desejáveis em ambientes internos recomendados por norma (NBR 5413:1998) e que diferem de acordo com a idade dos usuários, a velocidade, a precisão da atividade a ser realizada e a refletância do fundo da tarefa. Cada tarefa requer uma quantidade de luz para ser realizada visualmente com conforto. A NBR 5413:98 apresenta uma tabela com valores de iluminância (lux) por tipo de atividade com destaque para ambientes de unidades habitacionais, em especial o setor de serviço (Figura 14).

No que se refere à qualidade do projeto, as implicações luminosas sempre decorem da capacidade em adequar cada tipo de edificação ao seu problema particular de requisitos de iluminação e de intensidade da luz natural, bem como as necessidades operacionais em cada posto de trabalho. Considerando o uso generalizado de superfícies envidraçadas nos diversos edifícios, é importante examinar diversas situações de realização de atividades humanas e observar a

relação entre o projeto arquitetônico e a iluminação natural.

Para explorar a luz natural, são fatores básicos: a quantidade de luz disponível no lugar onde se situa a edificação; a situação e o tamanho das aberturas; o uso de materiais apropriados, transparentes ou translúcidos, para distribuir a luz natural e satisfazer os requisitos de resistência às intempéries; e isolamento térmico/ acústico.

Iluminância (lux) por tipo de atividade (valores médios em serviço)

ATIVIDADE	ILUMINANCIA (lux)		
Corredores, escadas, hall e despensas	75	100	150
Garagens (estacionamento interno)	100	150	200
Banheiros (geral)	100	150	300
Banheiros (espelho)	200	200	500
Cozinha (geral)	100	150	200
Cozinha (pia, fogão, mesa)	200	300	500
Lavanderia (lavagem de roupa)	150	200	300
Lavanderia (passagem manual a ferro)	300	500	750
Mesa de trabalho	300	500	750
Quartos (geral)	100	150	200
Quartos (cama, penteadeira, espelho)	100	300	500
Quarto (leitura)	300	500	750
Sala de estar	100	150	200

Figura 14: Iluminância (lux) por tipo de atividade (valores médios em serviço), com destaque para os índices do setor de serviço.

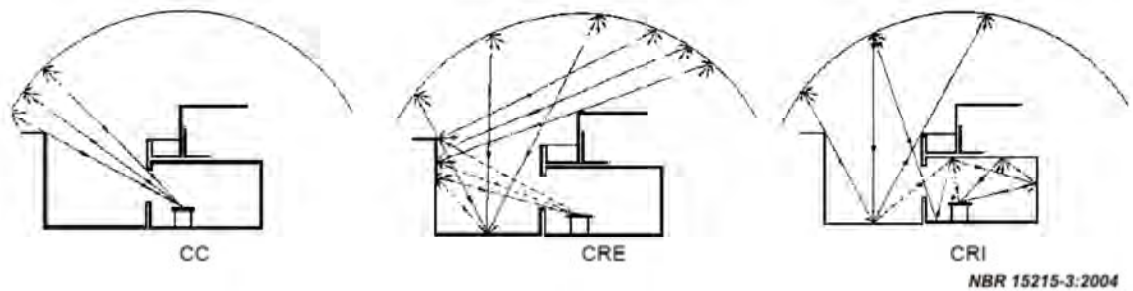
Fonte: NBR 5413:98.

Do ponto de vista de desempenho acústico do ambiente construído, é notório que a poluição sonora, proveniente do exterior e ou gerada no próprio ambiente ocupado pelo usuário, tem se tornado responsável por neuroses e por uma gradual perda de sensibilidade auditiva humana.

Nesse sentido, as janelas cumprem um papel importante por serem, em geral, os componentes mais frágeis da envoltória da edificação, do ponto de vista de comportamento à transmissão para o interior de sons e ruídos aéreos originários do exterior.

Para facilitar a compreensão dos níveis de pressão sonora (dB) a que os usuários ficam sujeitos, a figura 16 apresenta exemplos de ruídos, a sensação auditiva e as correspondentes condições para conversação.

Para finalidade de proporcionar conforto auditivo em um recinto, a figura 17 apresenta os níveis relativos à máxima exposição auditiva humana permissível diariamente. Esses níveis servem de referência para a determinação dos requisitos necessários ao projeto de janelas, tal que a mesma possa cumprir a função acústica de prover atenuação sonora para atender a necessidade de conforto auditivo.



- **AMBIENTE**
 Altura, largura, profundidade, superfícies internas
 disposição interna
- **ABERTURAS**
 Tamanho, forma, posição, proteção
- **USUÁRIOS**
 Tipo e tempo de duração da atividade, idade dos
 usuários, efeitos psicológicos e estéticos

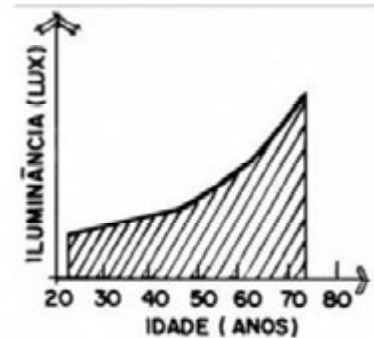


Figura 15: Fontes de luz natural que alcançam o edifício.

Componente do céu (CC), luz que alcança um ponto do ambiente interno proveniente diretamente do céu). Componente refletida externa (CRE), luz que alcança um ponto do ambiente interno, após ter refletido em uma superfície externa. Componente refletida interna (CRI), luz que alcança um ponto do ambiente interno somente após ter sofrido uma ou mais reflexões nas superfícies internas).

Fonte: NBR 15215-3:04.

De acordo com TIBIRIÇÁ (1997), as exigências de projeto de janelas (dimensões, forma, posicionamento, materiais dos componentes) devem atender os princípios relativos aos conceitos de:

- sistema: conjunto estruturado de atividades ligadas entre si, as quais podem ser descritas em função de propriedades como hierarquia, comunicação e controle;
- percepção ambiental: relativas as propriedades quantitativas do clima (calor, luz e som) dentro do espaço, as qualidades e o modo de perceber o interior e o grau para o qual as quantidades permitem que as exigências dos usuários sejam realizadas;
- tendências;
- desempenho: no sentido de comportamento em uso, serve para caracterizar o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades que o capacitam a cumprir sua(s) função(ões), quando sujeito a certas ações de uso e ambientais;
- valores: atributo que justifica a obtenção de um produto para uso; definir valor é fixar como meta básica sob que condições haverá desempenho satisfatório, ou seja, excesso ou falta de desempenho; e
- qualidade: transformação das necessidades e desejos do usuário em identificáveis atributos do produto, dentro de um processo de produção que atenda às

especificações e requisitos predeterminados, visando ao oferecimento de um produto com bom desempenho e preço aceitável.

Conversação	Sensação auditiva	dB(A)
Impossível	Ruído suportável somente por breve instante. Destruição do tímpano	140
		135
		130
		125
		120
Gritando	Ruídos penosos de escutar	115
		110
		105
		100
		95
Difícil	Suportáveis mas ruidosos	90
		85
		80
		75
		70
Em voz alta	Nível de ruído normal	65
		60
		55
		50
		45
Em voz normal	Calmo quando se esta em atividade	40
		35
		30
		25
		20
Em voz sussurada	Muito calmo	15
		10
		5
		0

dB(A)	Maxima exposição diária permissível
85	8 h
90	4 h
95	2 h
100	1 h
105	30 min
110	15 min
115	7 min

Figura 16: Níveis de pressão sonora e amostras de sensações experimentadas pelo organismo humano.
Fonte: TIBIRIÇÁ, 1997.

Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(a)

TIPO DE ÁREA	DIURNO (7hs às 22hs)	NOTURNO (22h às 7hs)
Sítios e fazendas	40	35
Estritamente residencial urbana, hospitais ou escolas	50	45
Mista, predominância residencial	55	50
Mista com vocação comercial e administrativa	60	55
Mista com vocação recreacional	65	55
Predominante industrial	70	60

Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes internos, em dB(a) para condição de JANELA ABERTA e FECHADA

TIPO DE ÁREA	JANELA ABERTA		JANELA FECHADA	
	DIURNO (7hs às 22hs)	NOTURNO (22h às 7hs)	DIURNO (7hs às 22hs)	NOTURNO (22h às 7hs)
Sítios e fazendas	30	25	25	20
Estritamente residencial urbana, hospitais ou escolas	40	35	35	30
Mista, predominância residencial	45	40	40	35
Mista com vocação comercial e administrativa	50	45	45	40
Mista com vocação recreacional	55	45	50	40
Predominante industrial	60	50	55	45

Níveis de ruído para conforto acústico em dB(a)

AMBIENTES	Nível sonoro em dB (A)	Nível de Conforto
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Sala de estar	40 - 50	35 - 45

Figura 17: Níveis relativos à máxima exposição auditiva humana permissível diariamente.
Fonte: NBR 10152:87 e NBR 15151:01.

TIBIRIÇÁ (1997), propõe um modelo de organização do conhecimento para o estudo e o projeto de janelas que visa a antecipar as repercussões que determinados materiais, componentes e ou elementos da construção podem ter ao longo do ciclo de vida do edifício). Especificamente quanto ao contexto ambiental para um recinto construído (ou a construir), o modelo permite mostrar como as janelas podem afetar tanto a saúde dos usuários como a da edificação (Síndrome do Edifício Doente - SED).

Um aspecto importante da especificação de janelas é a interação do sistema com o usuário. A inserção do ser humano leva a agregação de fatores que extrapolam os limites físicos e matemáticos a que tradicionalmente os modelos ambientais estão sujeitos.

A presença humana em toda a sua natureza requer a consideração de variáveis de caráter psicofisiológico, as quais de alguma forma podem ser tratadas como variáveis de percepção ambiental ou de manifestações de sensações ambientais. Tradicionalmente, questões de natureza psicofisiológica, quando consideradas, estão implícitas nos chamados processos de tomada de decisão, não sendo, por via de regras, registradas.

A produção e o uso de edificações, ainda que trabalhoso, propicia a superação de dúvidas e incertezas na concepção das janelas na edificação. Para constituir tal base, para o tratamento que vise ao estudo, projeto e desenvolvimento de janelas, todos os pressupostos anteriores são essenciais.

Tratar a presença de janelas significa perceber, desenvolver e viabilizar um ambiente que atenda as exigências dos usuários quanto a conforto e desempenho, com base em uma consciente e sistematizada avaliação das funções das janelas no ambiente construído.

Nesse sentido, o autor propõe um desbobrimento funcional, hierarquizado, baseado no reconhecimento das funções que têm que ser cumpridas ou podem ser atendidas pelo componente janela. A figura 18 apresenta o primeiro nível de funções possíveis de ser objeto de consideração sobre janelas.

Para TIBIRIÇÁ (1997), constituir uma base de informações relacional para a produção e o uso de edificações, apesar de trabalhoso e complicado, propicia a superação de dúvidas e incertezas na concepção das janelas na edificação. Para constituir tal base, para o tratamento que vise ao estudo, projeto e desenvolvimento de janelas, todos os pressupostos anteriores são essenciais.

Todos os requisitos ambientais mencionados repercutem diretamente nas funções a serem desempenhadas pelas janelas e devem servir de parâmetros para o dimensionamento dos sistemas de abertura. Diante da importância das janelas no desempenho energético e no conforto das edificações, o dimensionamento de janelas

não deve considerar apenas o parâmetro da área conforme descrevem os códigos de obras. Torna-se necessário associar a ele as condições de exposição, as características climáticas, as restrições impostas pelo entorno edificado, os requisitos específicos de cada compartimento, as atividades neles desenvolvidas, as estratégias de condicionamento passivo e as diretrizes bioclimáticas.

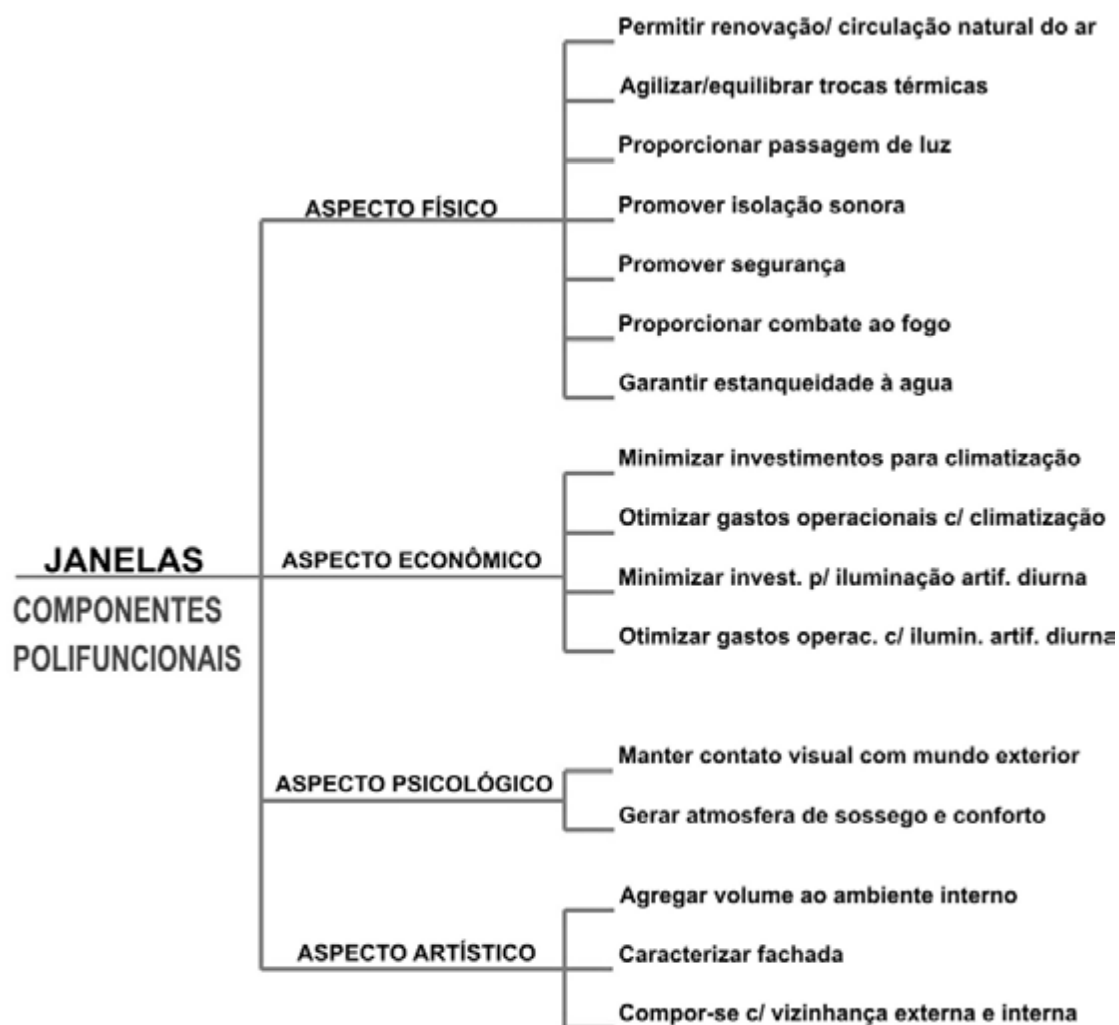


Figura 18: Desdobramento funcional hierarquizado de janelas (primeiro nível)⁶⁶.
 Fonte: TIBIRIÇÁ, 1997.

3. METODOLOGIA

3.1 Considerações iniciais

Diante das diversas possibilidades de abordagem do tema ventilação natural em edificações, na pesquisa estabeleceram-se as inter-relações entre as diversas variáveis que envolvem o problema. Essas variáveis dizem respeito às três escalas de observação: a da edificação, a da unidade autônoma e a do objeto, com foco nas janelas do setor de serviço de unidades autônomas em edificações de múltiplos pavimentos. Para cada escala de levantamento foram observadas variáveis ambientais, comportamentais, físicas e tecnológicas por meio da pesquisa de campo, apresentadas na tabela 16.

A variável econômica relativa ao ciclo de produção e venda de janelas foi considerada vinculada aos diversos processos e às características físicas dos componentes não sendo tratada isoladamente.

Durante a pesquisa de campo realizada no período da tarde do mês de outubro de 2009, sob condições de céu claro (0% a 35% de cobertura de nuvens) e temperaturas externas de 20°C a 22°C foram visitadas seis edificações de uso misto e residencial que obtiveram ‘habite-se’⁶⁸ a partir do ano de 2001, cujos processos de aprovação de projeto, licenciamento da construção e orientações para o dimensionamento de janelas estiveram sujeitos às mesmas exigências da normalização municipal.

Nas seis edificações foram estudadas 24 unidades habitacionais, desocupadas e disponíveis para locação, a fim de compreender as práticas de utilização de janelas e verificar o potencial de utilização da ventilação natural no setor de serviço. A visita em unidades habitacionais desocupadas decorreu da facilidade de acesso aos apartamentos, independentemente da autorização dos moradores, evitando-se eventuais contratemplos e interrupções na dinâmica da pesquisa de campo.

Tabela 16: Variáveis observadas na pesquisa de campo nas três escalas de levantamento.

Variáveis	Escala		
	Edificação	Unidade Autônoma	Objeto (janela)
Ambientais	Orientação solar; Vento predominante.	Fluxo de ar interno.	Orientação solar.
Comportamentais	Entorno imediato; Permeabilidade da malha urbana.	Inter-relação funcional e física entre setores.	Tipologia.
Físicas e Tecnológicas	Acabamento das superfícies externas; Forma; Afastamentos; Tipologia; Número de pavimentos; Ocupação; Coeficiente de aproveitamento; Permeabilidade da envoltória.	Área; Volume.	Dimensões; Área total; Área efetiva de ventilação.

Com o levantamento, buscou-se contextualizar aspectos geométricos, funcionais e físicos que podem intervir no processo de especificação de janelas destinadas aos setores de serviço de edificações de múltiplos pavimentos. As variáveis observadas foram avaliadas de forma qualitativa, tendo como base as normalizações existentes, em especial o código de obras municipal e a NBR 15220-3:05.

Parte-se do pressuposto que os aspectos morfológicos e geométricos do desenho urbano podem representar uma barreira ao aproveitamento do potencial de ventilação natural, pois promovem alterações na intensidade e direção do vento, devido à densidade urbana, a orientação solar das edificações, o espaçamento entre prédios, o acabamento das superfícies refletoras e a visão do céu, entre outros⁶⁹.

A caracterização climática da área de estudo teve como base as normais climatológicas da cidade de Viçosa obtidas por meio do programa *Analysis Bio 2.1.3*. Tal caracterização se configura como importante ferramenta para balizar a tomada de decisão, quanto às especificações de sistemas e técnicas construtivas mais adequadas às condições climáticas locais, às exigências de conforto humano e ao comportamento térmico da edificação.

Conjuntamente com as normais climatológicas, possíveis alterações devidas ao porte e à aglomeração das construções (armazenamento de calor) foram consideradas no microclima urbano, e seus desdobramentos no comportamento térmico dos materiais utilizados nas construções, no ritmo e no fluxo das atividades cotidianas das pessoas, e demais condições referentes ao atendimento das demandas urbanas⁷⁰.

Como suporte para o processo de construção quanto aos requisitos e critérios construtivos descritos na NBR 15220-3:05, o estudo das diretrizes bioclimáticas

reflete-se na especificação tipológica e dimensional das janelas. Para proceder a uma análise de tal natureza, foi considerado o consenso da literatura que aponta a ventilação natural como a melhor estratégia para assegurar o conforto térmico em edificações com altos níveis de ocupação, como é o caso daqueles de caráter residencial de multipavimentos, razão pela qual serviram de apoio metodológico, para as análises, fontes de pesquisa como a NBR 15220-3:05 (parte sobre o zoneamento bioclimático brasileiro⁷¹) e a carta bioclimática de Viçosa obtida pelo programa *Analysis Bio 2.1.3*, sendo que neste também se obtém o percentual de horas relativas a cada estratégia de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de conforto fixados.

3.2 Caracterização do local de estudo

3.2.1 Viçosa (MG)

Viçosa localiza-se na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais (20°45'14" S; 42°52'55" O; 648m de altitude). Situada entre as serras da Mantiqueira, Caparaó e Piedade, a cidade possui relevo montanhoso (85% de montanhas, 12% ondulado e 3% plano) e faz parte do complexo de planaltos litorâneos brasileiros sob predomínio de mares de morros (Ab`Saber *apud* SANTOS, 2007) (Figura 19) está na Bacia do Rio Doce.

O clima⁷² pode ser descrito como tropical de altitude, com temperaturas médias variando de 16°C (inverno) a 22°C (verão) e umidade relativa média de 76% (inverno) a 83% (verão). As chuvas são abundantes no verão e o inverno é seco.

De acordo com a classificação de ROMERO *apud* TOLEDO (2001), o clima de Viçosa-MG pode ser descrito como temperado (média anual da temperatura do ar, na variação de amplitude acima de 10°C), moderado (variação da temperatura média do ar entre 20°C e 10°C), úmido (média anual da umidade relativa do ar de 75% a 90%) e moderado chuvoso (média anual de precipitação de 500mm a 1000mm).

A Tabela 17 apresenta as normais climatológicas da cidade de Viçosa, onde estão especificados dados referentes a temperatura e umidade relativa, com médias ao longo do ano. Contudo, o ambiente urbano pode ser visto como uma segunda natureza, modificada pelo homem, que expressa às relações sociais de um espaço produzido e adaptado dentro dos parâmetros mundiais de modernização. Portanto, a cidade cria um clima urbano, específico para cada ambiente urbanizado, e irá manter relações com o ambiente regional em que está inserido, já que este clima formou-se a partir da modificação dos elementos que compõem a atmosfera (AMORIM, 2000).



Figura 19: Localização do município de Viçosa no estado de Minas Gerais.
Fonte: PEREIRA, 2005.

Tabela 17: Normas climatológicas de Viçosa-MG.

Var.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT *	NOV	DEZ
1	28,2	30	28,4	26,6	24,9	23,9	23,6	24,9	25,5	26,4	26,9	27
2	17,9	18,1	17,6	15,6	19,6	10,6	10,1	11,1	13,3	15,8	17,1	17,8
3	22,1	22,3	21,8	20	16	16	15,4	16,9	18,3	20,2	20,2	21,3
4	81,5	80,6	81,7	83	84	84	81,9	76,6	76,2	76,7	80,6	82,8
5	935	935	935	936	938	940	940	939	938	936	934	934

Variáveis

1	Temperatura média máximas (°C)
2	Temperatura média mínimas (°C)
3	Temperatura média (°C)
4	Umidade relativa média (%)
5	Pressão barométrica (hPa)

Fonte: *Software Analysis Bio 2.1.3.*

Nota: * outubro, mês da pesquisa de campo.

Quanto ao clima da área urbana de Viçosa, relativamente à temperatura, já foram constatadas diferenças nas médias, para mais, de 3,8°C à noite e 6°C à tarde (ROCHA, 2007). No caso específico da área central, segundo SANTOS (2007), pesquisas constataram uma mobilidade da ilha de calor⁷³ ao longo de 24 horas sendo esta variação provocada principalmente em função:

- de condições de tempo predominantes, que influenciam a espacialidade do campo térmico,
- do horário do dia, com maior intensidade da ilha de calor no período da tarde,
- da circulação de brisas de montanha, que no período noturno amenizam a intensidade da ilha de calor e
- do ritmo das atividades humanas.

O recorte geográfico para estudo da ventilação natural proposta nesta pesquisa corresponde à zona central da cidade que se caracteriza:

- pela predominância de uso misto (residencial, comercial e serviços), na qual é permitida a instalação de indústrias de pequeno porte não incômodas⁷⁴,
- por possuir relevo com pequenas variações altimétricas (oscila de 620m a 620m),
- por ser a área da cidade com maior recepção de radiação solar (1330 a 1410 kWh/ano)

SOUZA (1993), com base em coleta de dados na estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Viçosa (20°45' S; 42°51' O; 689,73m de altitude), o regime dos ventos na cidade de Viçosa pode ser caracterizado por:

- médias mensais de velocidade do vento de 0,6 m/s e 2,2 m/s;
- médias sazonais de velocidade do vento no verão de 0,7 m/s e 2,2 m/s;
- médias sazonais de velocidade do vento no outono de 0,4 m/s e 2,0 m/s;
- médias sazonais de velocidade do vento no inverno de 1,5 m/s e 2,2 m/s;
- médias sazonais de velocidade do vento no primavera de 0,8 m/s e 2,2 m/s;
- distribuição percentual anual aproximada do vento por direção: NE (31,4% a 33,5%), E (6,9% a 13,4%), SE (9,9% a 25,0%), S (5,1% a 9,4%), SO (7,4% a 17,4%), O (1,7% a 4,6%), NO (2,6% a 11,7%) e N (9,4% a 11,8%) e;
- frequência percentual de velocidade do vento:
 - $v=0\text{m/s} \rightarrow 25,1\% \text{ a } 60,3\%$ (predominância de ventos calmos),
 - $0\text{m/s} \leq v \leq 1\text{m/s} \rightarrow 0,95\% \text{ a } 4,39\%$;
 - $1\text{m/s} \leq v \leq 2\text{m/s} \rightarrow 16,06\% \text{ a } 24,44\%$,
 - $2\text{m/s} \leq v \leq 3\text{m/s} \rightarrow 1,24\% \text{ a } 12,62\%$,
 - $3\text{m/s} \leq v \leq 4\text{m/s} \rightarrow 7,71\% \text{ a } 26,90\%$ e
 - $v \geq 4\text{m/s} \rightarrow 1,92\% \text{ a } 18,41\%$.

Geomorfologicamente, as altitudes mais acentuadas dos bairros adjacentes à zona central de Viçosa caracterizam a região do estudo como um vale, o que, aliado às variações de temperatura (ilha de calor), altera as características do movimento de ar (ventos, brisas) ao longo do dia e da noite (Figuras 20 e 21).

3.2.2 Breve Histórico da Evolução Urbana do Município de Viçosa (MG)

O estudo da evolução urbana baseou-se nas pesquisas desenvolvidas por MELLO (2002), PEREIRA (2005), SANTOS (2007) e FARIA (2008), bem como dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Prefeitura Municipal de Viçosa (PMV).

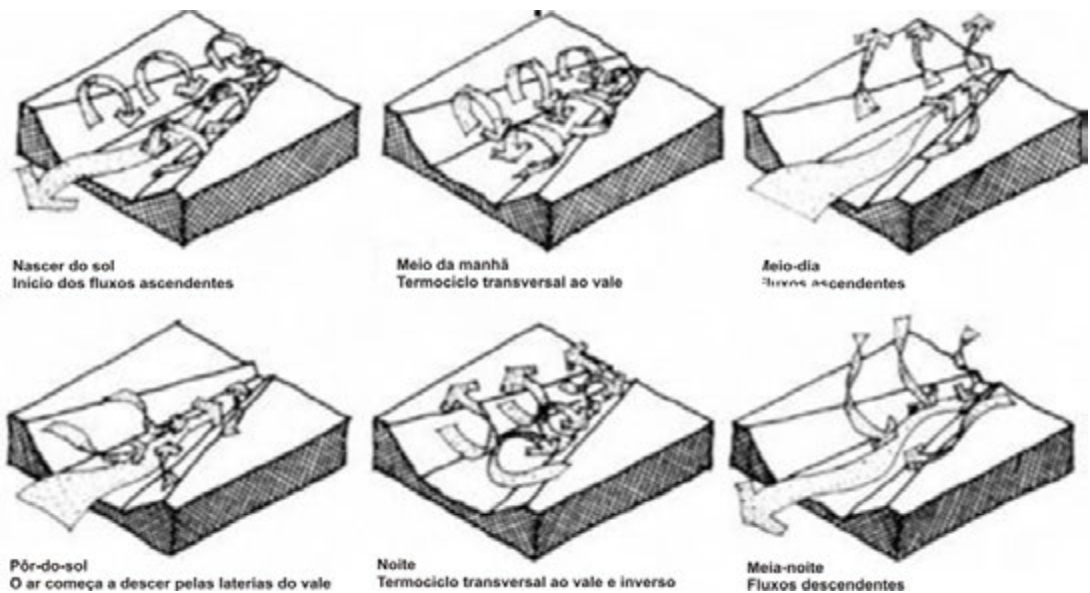


Figura 20: Circulação de ventos em fundo de vale.
 Fontes: BROWN, 2004.

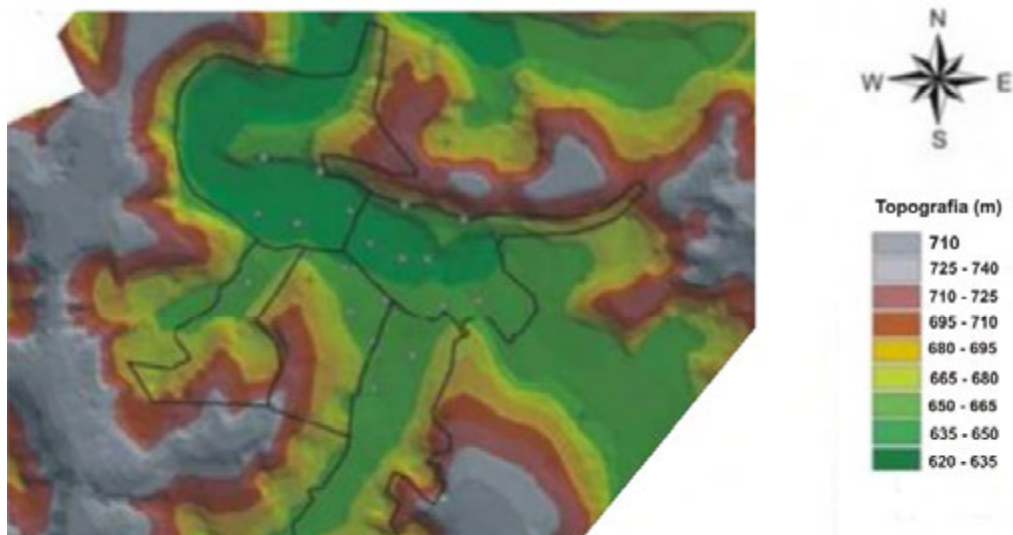


Figura 21: Região central da cidade de Viçosa, com relevo caracterizado como vale.
 Fonte: Adaptado de SANTOS, 2007.

O estudo dos aspectos históricos visa a uma melhor compreensão da ordenação do território na zona central representativa a evolução urbana da cidade, com enfoque no crescimento impulsionado pela especulação imobiliária, o que resultou nos atuais índices de ocupação e verticalização, responsáveis pelas alterações no meio natural.

Em face dessa percepção, uma etapa que se faz necessária no estudo da ventilação natural em edificações localizadas na região central de Viçosa (MG) é a caracterização da região de realização do estudo, a fim de analisar aspectos históricos

e climáticos, bem como buscar o estabelecimento de relações entre as recomendações bioclimáticas e de desempenho térmico desejável e a prática construtiva na cidade.

O desenvolvimento da cidade se processou em razão das oportunidades de emprego oferecidas pela Universidade, desde a sua criação em 1926. Assim como é a indústria que promove o desenvolvimento em várias cidades, em Viçosa a universidade é que, em princípio, oferecia empregos e dinamizava a economia local. Dessa forma, a segunda metade da década de setenta do século passado marca um período de forte incremento nas atividades urbanas no município, como decorrência de a universidade federalizar-se, quando passa a contar com um significativo aumento da oferta dos cursos de graduação e pós-graduação.

Considerada elemento centralizador das atividades urbanas em Viçosa, a universidade duplicou o número de alunos matriculados no início da década de oitenta, inserindo no espaço urbano, novas demandas por serviços e renovação de determinadas infraestruturas. A UFV também constituiu elemento chave na organização do espaço, visto que ocupa grande área privilegiada na porção central da cidade, num sítio bastante plano, que dessa forma significou um verdadeiro enclave, atuando como um fator estruturador do espaço construído, e direcionador da expansão urbana para outras áreas (RIBEIRO FILHO *apud* PEREIRA, 2005).

O sítio urbano, marcado pelo relevo típico das áreas de mares de morro, conhece uma expansão considerável, e um processo de verticalização urbana inicia-se na década de 1970 (Tabela 18). Na área central, e proximidades do câmpus da UFV, proliferam-se os empreendimentos imobiliários com vistas principalmente ao mercado composto por estudantes.

Tabela 18: Evolução da população no município de Viçosa (MG).

ANO	POP. URBANA	POP. RURAL	TOTAL
1970	17.000	8.784	25.784
1980	31.179	7.507	38.686
1990	46.456	5.202	51.656
2000	59.792	5.062	64.854
2007	Não disponível		70.404

Fonte: IBGE, 2009.

Atualmente, o número de apartamentos supera o número de casas na porção central da cidade, e a verticalização é traço característico e marcante da paisagem urbana local. O crescimento da UFV trouxe um grande número de estudantes que busca residir próximo ao câmpus, o que confere ao centro da cidade um elevado índice de ocupação e verticalização nas proximidades da universidade.

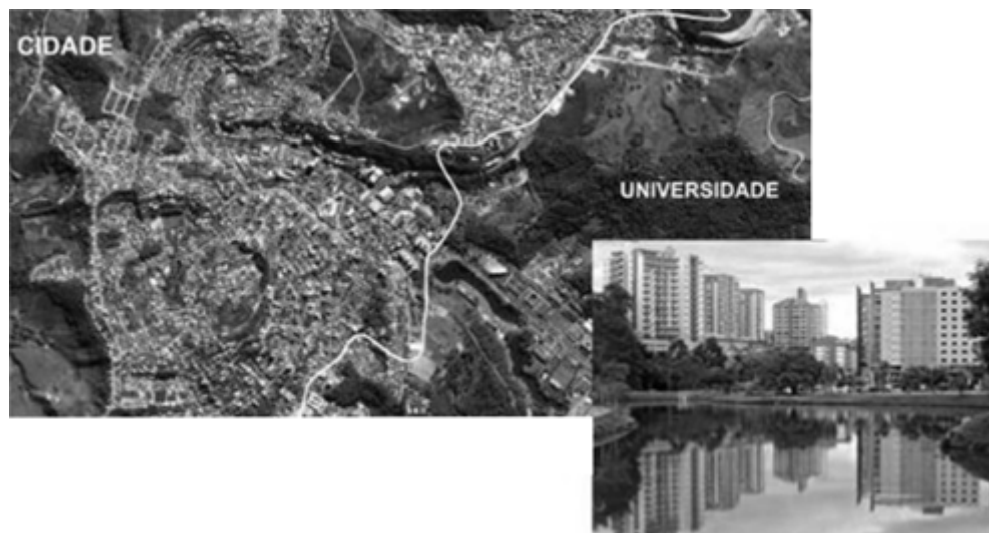


Figura 22: a) Vista aérea do centro da cidade de Viçosa-MG, fronteiro ao câmpus da UFV;
 b) Vista do centro urbano de Viçosa-MG, nas imediações do câmpus da UFV.

Fontes: *Google maps* e *site* oficial da Prefeitura Municipal.

3.3 Pesquisa de campo

A análise dos processos de aprovação pelo Instituto de Planejamento Município de Viçosa (IPLAM) para a construção das seis edificações pesquisadas foi o ponto de partida para a realização da pesquisa de campo. Isso permitiu obter informações sobre o coeficiente de aproveitamento dos empreendimentos⁷⁵, plantas de situação e implantação, croquis das unidades habitacionais (plantas baixas) bem como a especificação das janelas por meio da análise do quadro de aberturas.

Para efeito de organização do território, a região central da cidade de Viçosa é composta por três zonas definidas na Lei 1420/2000⁷⁶ que estabelece as exigências necessárias para a execução de projetos arquitetônicos (Tabela 19).

Para identificar as edificações e as unidades habitacionais analisadas adotou-se um código numérico, conforme apresentado na figura 23 e na tabela 20, o que será adotado como referência ao longo do texto.

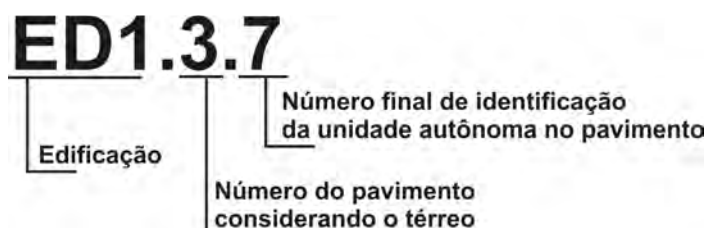


Figura 23: Código de identificação das edificações e unidades autônomas analisadas.

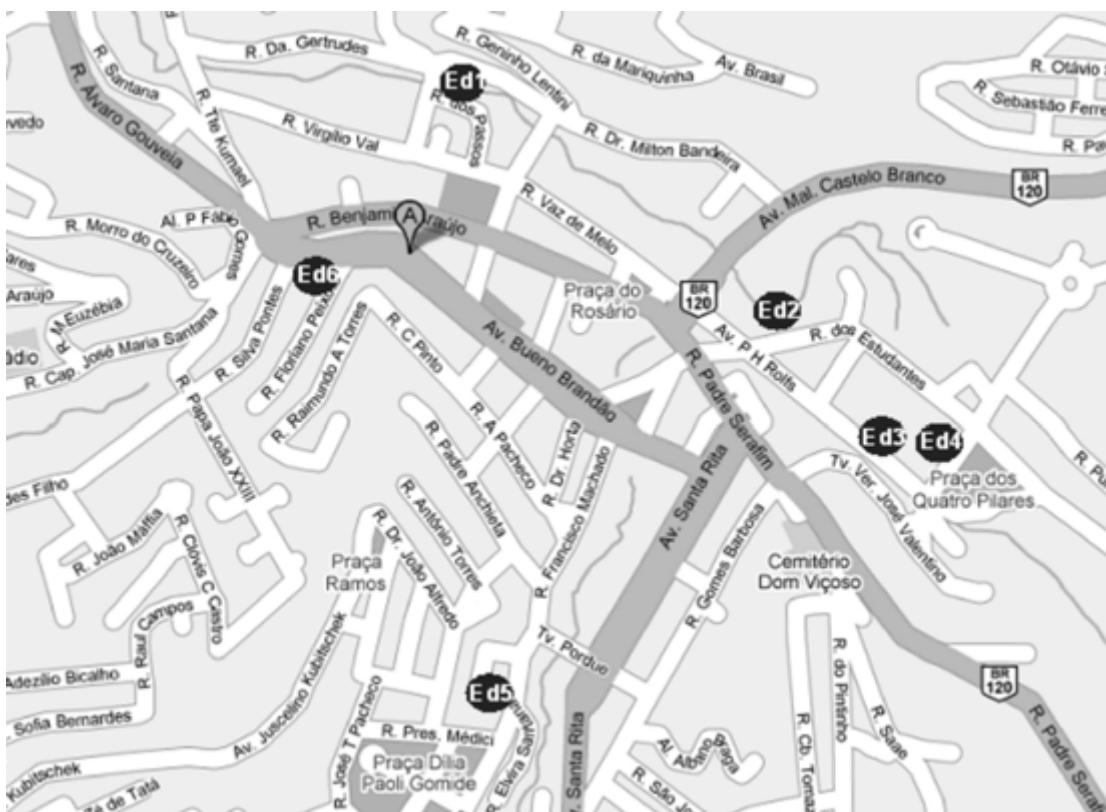


Figura 24: Zona Central de Viçosa (MG) com indicação das edificações analisadas. Fonte: Google maps.

Tabela 19: Características dos lotes urbanos localizados na região central de Viçosa (MG).

CARACTERÍSTICAS	ZC	ZR1	ZR2
Área mínima do lote (m ²)		200	
Testada mínima do lote (m) ¹		10	
Coefficiente de aproveitamento ²	2,8	2,6	2,0
Taxa de ocupação (%) ³		60 ⁵ – 80 ⁶	
Taxa de permeabilidade mínima (%) ⁴	10		20
Altura máxima da edificação em pavimentos	10 - 4 ⁷		5

1 Linha que separa o logradouro público do lote e coincide com o alinhamento indicado pela Prefeitura.

2 N^o que multiplicado pela área do lote determina a área máxima permitida para edificação.

3 % da área do lote que pode ser ocupado por construção.

4 % da área do terreno destinado a prover cobertura vegetal ou outro material permeável.

5 Taxa de ocupação máxima do 3^o ao 10^o pavimentos.

6 Taxa de ocupação máxima do 1^o e 2^o pavimentos para uso comercial e ou garagem.

7 Gabarito máximo para edificação em vias sem saída e via de pedestres.

Fonte: Instituto de Planejamento do Município de Viçosa (MG)_Lei n^o 1420/2000.

Tabela 20: Identificação das edificações analisadas.

Código ¹	Zona ²	Uso ³	Gabarito ⁴	Orientação ⁵	Área Lote ⁶ (m ²)	Área construída ⁷ (m ²)	CA ⁸
ED1.3.7 ED1.4.6 ED1.5.1 ED1.8.7 ED1.10.8	ZR2	M	10	N↔S	844,40	5.073,49	6,0
ED2.2.5 ED2.3.3 ED2.3.7 ED2.4.6 ED2.5.2	ZC	R	10	SE↔NO	1.248,08	6.685,35	5,3 5
ED3.7.4 ED3.8.10 ED3.9.4 ED3.11.10 ED3.12.11		M	12	SO↔NE	1.377,50	9.559,39	6,9 3
ED4.3.4 ED4.6.1 ED4.6.4		M	12	L↔O	1.377,50	9.608,21	6,9 7
ED5.5.3 ED5.5.5 ED5.6.7	ZR1	R	07	O↔L	598,00	2.968,00	4,9 6
ED6.4.1 ED6.4.5 ED6.10.3	ZC	M	10	N↔S	932,50	5.489,07	5,8 8

1) Código de identificação da edificação

2) Divisão territorial do Município de acordo com o a Lei 1.420/2000 que para efeito dessa tabela são: zona central (ZC), zona residencial 1 (ZR1) e zona residencial 2 (ZR2)

3) Categorias de uso residencial (R), comercial (C) e misto (M);

4) Número de pavimentos acima do nível da rua;

5) Eixo longitudinal da edificação e tomando como ponto de referencia a fachada frontal;

8) Valor numérico que estabelece relação entre a área do lote e a área máxima que poderá ser edificada e varia de acordo cada zona.

Fonte: Instituto de Planejamento do Município de Viçosa (IPLAM, 2009).

3.3.1 Variáveis observadas na escala da edificação

3.3.1.1 Variáveis ambientais

Compreende a observação da orientação solar e da direção e intensidade do fluxo de ar (vento) no entorno imediato das edificações analisadas.

Em termos de orientação solar, observou-se o sombreamento de superfícies verticais (fachadas) da envoltória das edificações, expostas à radiação solar direta. A direção e a intensidade do vento foram identificadas por meio da observação do comportamento do entorno natural (vegetação) e da movimentação de objetos (roupas estendidas, fios elétricos, papéis, etc.) próximo às ruas de acesso às edificações, tendo como referência a escala de ventos BEAUFORT⁷⁷ (Tabela 21).



Figura 25: Identificação das edificações analisadas.

Para as análises referentes à velocidade do vento, a pesquisa baseou-se nos estudos desenvolvidos por SOUZA (1993), que trata do potencial eólico da cidade de Viçosa (MG) com base em dados obtidos na estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Viçosa, relativos a: médias mensais e sazonais de velocidade do vento, frequência percentual de velocidade do vento, distribuição predominante, percentual anual de direção do vento, direção predominante (%) para 5 intervalos de velocidade do vento (m/s).

De acordo com SOUZA (1993), a frequência percentual de velocidade do vento estão entre 3m/s e 4m/s, as médias mensais de velocidade são de 2,1 m/s, assim como a média sazonal na primavera é de 2,2 m/s (dados coletados às 12h e 18h). Em termos de distribuição percentual anual de direção do vento, a direção norte e nordeste são as predominantes (Tabelas 22 a 24).

Tabela 21: Escala de ventos a partir de faixas de velocidades de BEAUFORT.

Força	Denominação do vento	(km/h)
0	Calmaria: fumaça eleva-se verticalmente	< 1
1	Aragem leve: fumaça indica direção do vento, cataventos não movem	1 a 5
2	Brisa leve: sente-se o vento no rosto, folhas e cataventos são acionados	6 a 11
3	Brisa suave: folhas e pequenos galhos em movimento constante	12 a 19
4	Brisa moderada: vento levanta poeira e papéis soltos	20 a 28
5	Brisa fresca: pequenas árvores com folhas começam a ser sacudidas	29 a 38
6	Brisa forte: grandes ramos de árvore e fios elétricos em movimento; dificuldade de manter guarda-chuva aberto	39 a 49
7	Vento moderado: grandes árvores sacudidas	50 a 61
8	Vento fresco: galhos de árvores quebram-se; circulação de pessoas é difícil	62 a 74
9	Vento forte: telhas e telhados arrancados; impossível andar contra o vento	75 a 88
10	Vento muito forte: árvores arrancadas e consideráveis danos estruturais	89 a 102
11	Tempestade: ocorrência de grandes danos em telhados e árvores	103 a 117
12	Furacão: efeitos devastadores	> 118

Fonte: TOLEDO, 2001.

Tabela 22: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de velocidade.

Médias mensais de velocidade do vento (m/s), dados coletados às 12h													
<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>		
2,3	2,0	1,9	1,5	1,3	1,0	1,3	2,2	2,4	2,1	2,0	2,2		
Médias Sazonais (m/s)													
<i>Verão</i>			<i>Outono</i>			<i>Inverno</i>			<i>Primavera</i>			<i>Média anual (m/s)</i>	
2,2			1,6			1,5			2,2			1,8	
Médias mensais de velocidade do vento (m/s), dados coletados às 18h													
<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>		
2,3	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8	2,3	2,5	2,2	2,1	2,3	2,3		
Médias sazonais (m/s)													
<i>Verão</i>			<i>Outono</i>			<i>Inverno</i>			<i>Primavera</i>			<i>Média anual (m/s)</i>	
2,3			2,0			2,2			2,2			2,2	
Médias mensais de velocidade do vento (m/s), dados coletados às 24h													
<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>		
0,7	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,5	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9		
Médias sazonais (m/s)													
<i>Verão</i>			<i>Outono</i>			<i>Inverno</i>			<i>Primavera</i>			<i>Média anual (m/s)</i>	
0,7			0,4			0,5			0,8			0,6	

Fonte: SOUZA, 1993.

Tabela 23: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de velocidade do vento.

Frequência percentual de velocidade do vento (%), dados coletados às 12h														
Calmo	0m/s≤v≤1m/s			1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s	
30,25	3,35			20,52			11,83			18,31			15,72	
Frequência percentual de velocidade do vento (%), dados coletados às 18h														
Calmo	0m/s≤v≤1m/s			1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s	
25,09	0,95			16,06			12,62			26,90			18,41	
Frequência percentual de velocidade do vento (%), dados coletados às 24h														
Calmo	0m/s≤v≤1m/s			1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s	
60,29	4,39			24,44			1,24			7,71			1,92	
Direção predominante (%) p/ 5 intervalos de velocidade do vento (m/s), dados às 12h														
0m/s≤v≤1m/s		1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s			
N	65	78	S	21	47	NE	27	2	NE	37	82	NE	65	68
Direção predominante (%) p/ 5 intervalos de velocidade do vento (m/s), dados às 18h														
0m/s≤v≤1m/s		1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s			
N	41	51	NE	25	98	NE	25	5	NE	34	36	NE	46	19
Direção predominante (%) p/ 5 intervalos de velocidade do vento (m/s), dados às 24h														
0m/s≤v≤1m/s		1m/s≤v≤2 m/s			2m/s≤v≤3m/s			3m/s≤v≤4m/s			v ≥ 4 m/s			
N	55	74	NE	38	63	NE	36	23	NE	33	57	S W	47	66

Fonte: SOUZA, 1993.

Tabela 24: Caracterização dos regimes de ventos em Viçosa (MG), em termos de direção predominante.

Distribuição percentual anual (%) de direções do vento, dados coletados às 12h							
<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>N</i>
31,36	6,87	9,96	9,43	14,67	4,66	11,15	11,89
Distribuição percentual anual (%) de direções do vento, dados coletados às 18h							
<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>N</i>
31,93	7,96	12,1 7	5,06	17,46	4,22	11,72	9,47
Distribuição percentual anual (%) de direções do vento, dados coletados às 24h							
<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>	<i>N</i>
33,54	13,40	25,0 1	6,61	7,38	1,71	2,62	9,73

Fonte: SOUZA, 1993.

3.3.1.2 Variáveis comportamentais

O estudo consiste na observação de características marcantes do entorno imediato natural e construído, a fim de compreender as implicações da topografia, do desenho urbano, do gabarito e da taxa de ocupação das edificações vizinhas à permeabilidade da malha urbana aos ventos predominantes.

Faz parte da observação das variáveis comportamentais a relação entre área opaca e área translúcida das superfícies externas das edificações, bem como da existência de mecanismos indiretos para promover o fluxo natural de ar nas edificações, caracterizados pelos poços centrais para ventilação e iluminação.

3.3.1.3 Variáveis físicas e tecnológicas

O estudo consiste na verificação das características dos materiais de acabamento das superfícies externas, a forma das edificações, a disposição dos edifícios com relação aos espaços abertos próximos, os afastamentos em relação às edificações vizinhas, a tipologia, o número de pavimentos acima do nível da rua, a ocupação do lote e, a permeabilidade das superfícies externas (envoltória) e internas ao fluxo ar, a fim de estabelecer uma relação entre área opaca (paredes) e área translúcida (janelas).

Para tanto, foram analisados os processos de aprovação das edificações registrados junto ao Instituto de Planejamento do Município de Viçosa (MG) que, juntamente com a Prefeitura, são responsáveis pela aprovação do projeto e licenciamento da construção.

3.3.2 Variáveis observadas na escala da unidade habitacional

3.3.2.1 Variáveis ambientais

Na escala das unidades habitacionais, a direção dos ventos foi avaliada por meio da observação do fluxo de ar que entra pelas janelas e portas e circula nos ambientes internos para uma avaliação qualitativa da permeabilidade dos espaços internos à ventilação natural.

Para tanto, partiu-se do pressuposto que o movimento ar é afetado pela orientação, localização e tamanho das aberturas que direcionam e definem a condição de entrada e saída do ar.

Para esta análise, foi utilizado um mecanismo simples de cordões de fitas K7, posicionadas nas possíveis entradas e saídas do ar, ou seja, portas de acesso interno e externo, corredores internos em cada unidade autônoma visitada e nas partes móveis das janelas (Figura 26).

Os resultados das observações foram indicados em croquis das plantas baixas de cada unidade habitacional, mostrando-se os fluxos de ar internos observados *in loco*, para condição de máxima ventilação, ou seja, com a permanência de portas internas e partes móveis das janelas abertas (área de ventilação).

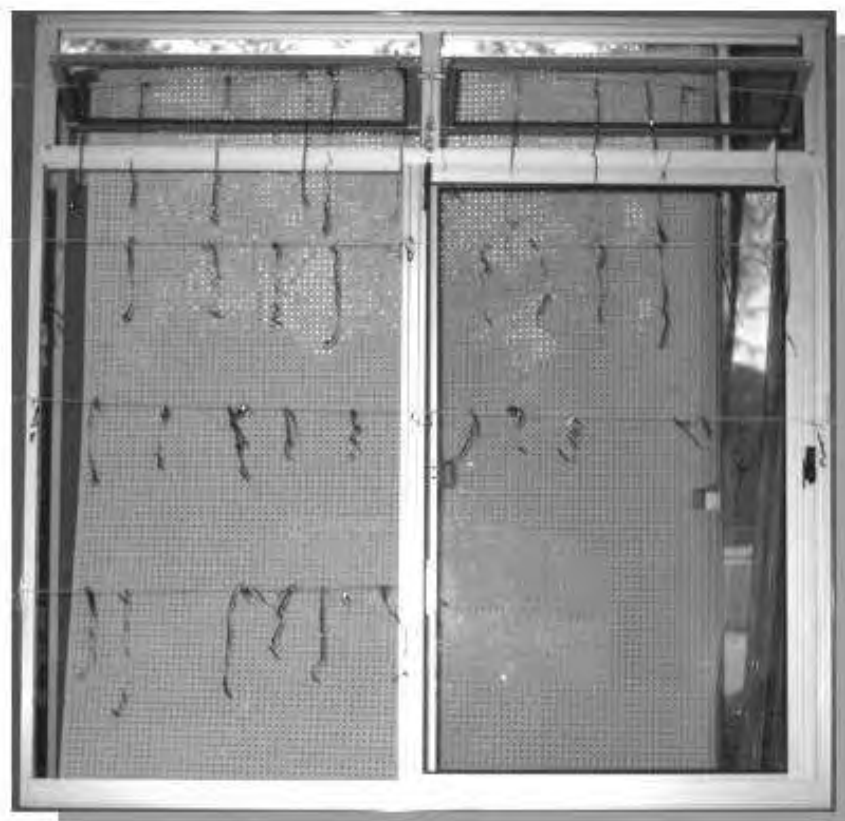


Figura 26: Mecanismo para observação simplificada do fluxo de ar através das janelas.

3.3.2.2 Variáveis comportamentais

O estudo consiste em compreender as inter-relações funcionais e físicas entre os setores por meio da análise do arranjo físico dos compartimentos (programa de necessidade).

3.3.2.3 Variáveis físicas

Baseia-se no estudo das dimensões do setor de serviço, em termos de área e altura do pé-direito, a fim de avaliar a adequação dos compartimentos às exigências do código de obras municipal. Para auxiliar na avaliação de ordem física das unidades habitacionais analisadas, foram adotadas as orientações da Lei Municipal 1633/2004⁸², que classifica os compartimentos de acordo com a função a que se destinam, bem como dispõe sobre as áreas mínimas de piso e pé-direito com vistas a exigências de higiene, salubridade e conforto (Tabela 25).

Tabela 25. Classificação dos compartimentos de acordo com o código de obras e edificações do município de Viçosa (MG).

Compartimentos	Funções/Atividades
Permanência prolongada	Dormir, repousar, estar ou lazer Trabalhar, ensinar ou estudar Preparar ou consumir de alimentos Realizar tratamento ou recuperação Reunir ou recrear
Permanência transitória	Circulação e acesso de pessoas Higiene pessoal, depósitos (Guarda de objeto) Troca e guarda de roupas Lavagem de roupas e serviços de limpeza
Especiais	Auditórios, anfiteatros, teatros, salas de espetáculos, cinemas Museus, galerias de arte Estúdios de gravação, rádio e televisão Laboratórios fotográficos, cinematográficos e de som Centros cirúrgicos e salas de raios-X Salas para computadores, transformadores e telefonia Locais para duchas, saunas e garagens
Sem permanência	Não permitam permanência humana ou habitabilidade, desde que caracterizados no projeto

Fonte: Lei municipal 1633/2004.

3.3.3 Variáveis observadas na escala do objeto (janelas do setor de serviço)

As variáveis observadas na escala do objeto dizem respeito à análise das configurações geométricas dos sistemas de abertura, em termos de variáveis físicas,

comportamentais e técnicas de janelas instaladas no setor de serviço. Especial atenção foi dada às janelas utilizadas no setor de serviço, bem como a influência da tipologia e das características funcionais desse sistema de abertura para o aproveitamento da ventilação natural no referido setor.

As análises partem do pressuposto que a existência de ventilação natural depende da inter-relação entre os sistemas de abertura e o arranjo físico dos compartimentos internos. Para a existência de um escoamento de ar no interior de uma edificação, é necessário que a massa edificável seja permeável à passagem deste fluxo. Nesse sentido, os sistemas de abertura (porta e janelas) têm papel fundamental e devem permitir o escoamento do ar no interior das edificações e possibilitar o controle da intensidade e do fluxo desta ventilação.

Em contrapartida, qualquer sistema de ventilação deve estar fundamentado no conceito da permeabilidade do espaço interior do ambiente construído, ou seja, o ar que entra por uma janela precisa de um caminho para percorrer; se não existe permeabilidade, não há diferenças de pressão, logo não há escoamento de ar.

Com base nesses pressupostos, os dados observados *in loco* visam a uma:

- **análise dimensional:** medições para aferição da área total, área efetiva de ventilação e área ocupada quando aberta para que, à luz da normalização existente (NBR 15220-3:05) e das exigências do código de obras municipal, pudessem ser estabelecidas diretrizes e recomendações para projetos de sistemas de abertura; e
- **análise descritiva dos sistemas de abertura:** diz respeito aos materiais constituintes, tipo de vidro, sistemas de vedação, acabamento superficial, sistemas de proteção (telas e brises) e posição na parede, com o intuito de verificar se existe uma padronização na especificação de janelas e portas nas edificações pesquisadas. Uma inspeção ergonômica também foi realizada, com base nas medições de peitoril e da altura, para acionamentos e controles fixos e móveis das janelas.

3.3.3.1 Variáveis ambientais

Consiste numa avaliação descritiva dos sistemas de aberturas, estabelecendo-se uma relação entre a tipologia das aberturas⁷⁸ e a destinação do compartimento, para que sejam possíveis as análises qualitativas quanto aos níveis de ventilação desejados. Para a classificação das aberturas, partiu-se dos movimentos dos sistemas, que foram classificados em: máximo ar, basculante e de correr, conforme as orientações da NBR 10821:88.

3.3.3.2 Variáveis físicas

Corresponde a uma análise dimensional das janelas, ou seja, medições para aferição de área total, área efetiva para ventilação e as relações proporcionais com a área do ambiente.

Associadas as descrições acerca da forma (horizontal, vertical, outras), da posição na parede e da orientação geográfica, foram incluídas as avaliações de ordem técnica, ou seja, a análise dimensional verificou o cumprimento das exigências do código de obras municipal, Lei 1633/2004, e das estratégias para condicionamento térmico passivo apresentada na NBR 15220-3:05. Segundo esta norma⁷⁹, a cidade de Viçosa (MG) está classificada na zona bioclimática 03, cujas estratégias para condicionamento passivo são:

- aberturas para ventilação: médias 15% $<A^{80}<25\%$; sombreamento das aberturas: permitir sol durante o inverno; e estratégias de condicionamento passivo: ventilação cruzada (verão) e aquecimento solar da edificação (inverno).

Com o auxílio do *software Analysis Bio*⁸¹, foi possível calcular a porcentagem de horas do ano em que cada estratégia bioclimática é mais apropriada (Tabela 26), segundo as normais climatológicas de Viçosa-MG.

Cabe ressaltar que para a análise da relação da área da janela com a do piso a que se destina, adotou-se o critério da divisão dos setores de serviço de acordo com as características tipológicas do arranjo físico (integrados ou isolados).

Tabela 26: Estratégias bioclimáticas mais apropriadas para Viçosa-MG e percentual de horas para cada mês do ano.

Estratégia bioclimática	Porcentual de horas/mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
conforto	51,87	48,88	53,68	56,86	55,68	44,37	41,04	49,99	61,47	73,78	73,78	59,28
ventilação	20,40	15,04	16,28	3,13	NÃO RECOMENDADO							16,81
aquecimento solar passivo; alta inércia térmica	20,40	15,04	22,23	40,01	33,66	30,07	29,85	28,99	32,79	26,22	22,05	23,92
ventilação; alta inércia; resfriamento evaporativo	7,34	20,11	7,81	NÃO RECOMENDADO								
aquecimento solar passivo	NÃO RECOMENDADO				10,66	25,57	29,85	21,02	5,74	NÃO RECOMENDADO		
aquecimento artificial	NÃO RECOMENDADO							29,85	NÃO RECOMENDADO			

Fonte: *Analysis Bio* 2.1.3 (LabEEE/UFSC).

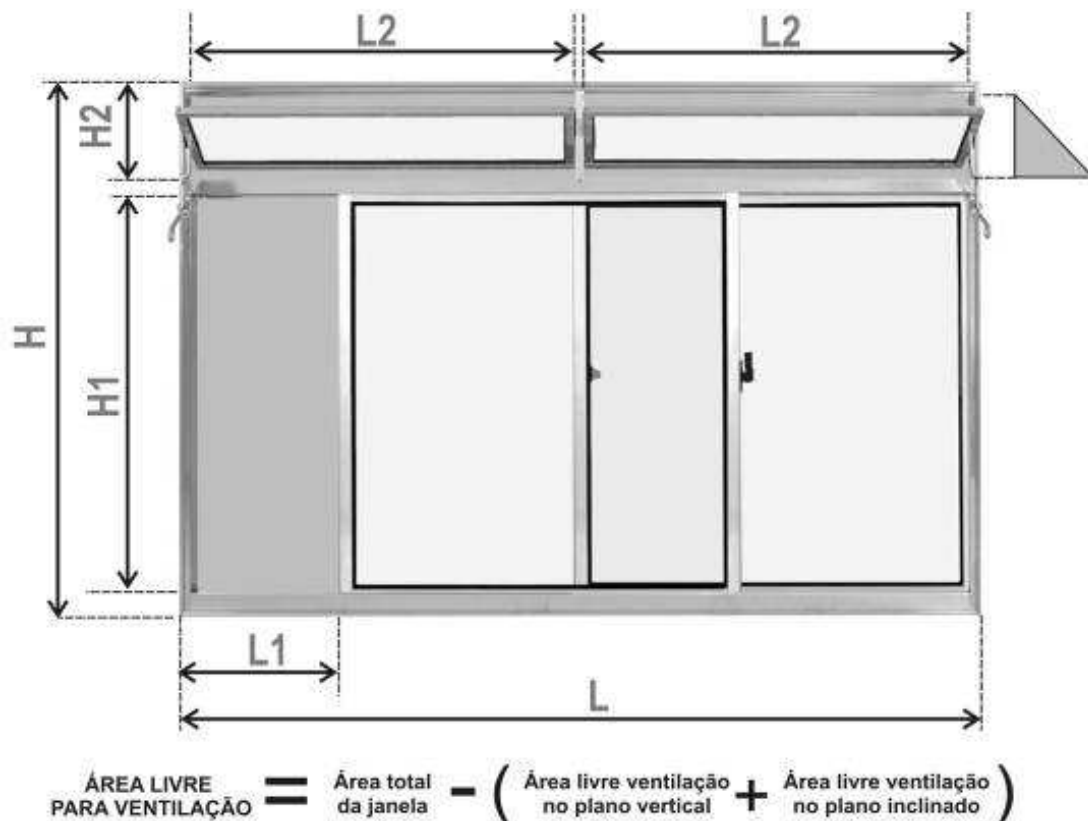


Figura 27: Amostra de espaços livres para passagem do fluxo, utilizados como base de cálculo para determinação da área efetiva de ventilação.

O estudo do fator ergonômico consistiu em verificar as condições de operação de acesso aos comandos de movimentação das janelas, por meio das medições de peitoril e da altura para acionamentos e controles fixos e móveis das janelas, aspecto que pode comprometer a manutenibilidade e limpeza do sistema.

A tabela 28 mostra a planilha para caracterização das janelas, utilizada na pesquisa de campo.

Tabela 27: Parâmetro para avaliação de dimensionamento de janelas de acordo com as exigências do código de obras municipal. Lei Municipal 1633/2004.

Relação Piso-Abertura	
Compartimentos	Condições mínimas
Permanência prolongada	Área correspondente a 1/6 da área do piso; Soma da área das aberturas não inferior a 0,70m ² ; Área mínima da abertura para livre ventilação equivalente a 50% da área total da abertura.
Permanência transitória	Área correspondente a 1/8 da área do piso; Soma da área das aberturas não inferior a 0,30m ² ; Área mínima da abertura para livre ventilação equivalente a 50% da área total da abertura.

Fonte: Instituto de Planejamento do Município de Viçosa (2009).

Tabela 28: Planilha para caracterização das janelas utilizada durante a pesquisa de campo.

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO				
ÁREA TOTAL		ÁREA EFETIVA DE VENTILAÇÃO		
POSICIONAMENTO NA PAREDE				
Centralizado			Deslocado à direita	
Deslocada p/ cima			Deslocado à esquerda	
Deslocada p/baixo			Outros:	
ALTURA DE PEITORIL (cm)				
ACESSIBILIDADE				
Altura do eixo dos comandos das janelas (cm)				
Fechos			Comandos	
DIMENSÃO				
Altura(cm)				
Largura (cm)				
Espessura total (cm)				
Posição na parede				
Face interna		Face externa		Centralizada
ESPAÇO OCUPADO EM FUNCIONAMENTO				
Interna		Junto à parede		
Externa		Embutida		
Outros:				
TIPOLOGIA				
Correr				
Correr com bascula				
Maximo-ar		Outros:		
Basculante				
MATERIAL				
Alumínio		Madeira		
Metalon		Outros:		
Cor (pintura de acabamento)				
TIPO DE VIDRO				
SISTEMA DE PROTEÇÃO				
Veneziana			Brise	
Grade			Outros:	
Tela				
CROQUI:				

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises resultantes dos dados coletados na pesquisa de campo refletem as observações relacionadas às variáveis ambientais, comportamentais, físicas e técnicas, em três escalas de levantamento, quais sejam: da edificação, da unidade autônoma e do objeto (janelas do setor de serviço).

A associação dos requisitos de habitabilidade com os princípios da arquitetura bioclimática, em especial aqueles representativos da ventilação natural, permitiu identificar a possibilidade em se atender aos requisitos e critérios de construção juntamente aos níveis desejáveis de conforto térmico e qualidade do ar interno.

4.1 Variáveis analisadas na escala da edificação

As edificações analisadas estão sujeitas às distintas condições de exposição em termos de efeitos do clima urbano e da movimentação de correntes de ar. A tipologia construtiva de cinco das seis edificações analisadas, se caracteriza por construções em múltiplos pavimentos de uso residencial e misto sendo o pavimento térreo destinado ao uso comercial e de serviços e os demais por unidades habitacionais com um quarto, na sua maioria, e elevado número de unidades habitacionais por pavimento.

Todas as edificações apresentam altas taxas de ocupação, com coeficiente de aproveitamento máximo em relação à área do lote. A verticalização também caracteriza as edificações, cujos gabaritos variam de sete a doze pavimentos acima do nível da rua, algumas delas dispondo de níveis de subsolo, normalmente destinados a estacionamentos.

Em nenhuma das edificações analisadas há áreas verdes em taxas superiores às percentagens previstas para áreas de permeabilidade, sendo respeitados apenas os afastamentos laterais e frontais, segundo os limites impostos pelo código de obras.

O aproveitamento máximo de área construída é priorizado pelos construtores,

devido aos altos custos do metro quadrado dos lotes, mesmo com os benefícios, em termos de descontos, sobre os custos do alvará de construção para aqueles empreendimentos cujas taxas de ocupação sejam inferiores a 50% da área do lote⁸².

4.1.1 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais observadas durante a coleta de dados foram: orientação solar das edificações e direção e intensidade do vento no entorno imediato das edificações analisadas. Os resultados são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29: Variáveis ambientais observadas na escala da edificação durante a pesquisa de campo.

Edificação	Orientação solar das fachadas				Direção * predominante do vento	Velocidade referência (m/s)
	Frontal	Lateral Direita	Lateral Esquerda	Fundos		
ED1	N	E	O	S	Nordeste	1 a 3
ED2	SE	NE	SO	NO		
ED3	SO	NO	SE	NE		
ED4	E	N	S	O		
ED5	O	N	S	E		
ED6	N	E	O	S		

Nota: * identificada em outubro de 2009, quando da realização do estudo de campo.

4.1.1.1 Orientação solar

Das seis edificações pesquisadas, quatro (ED2, ED3, ED4 e ED6) possuem grandes fachadas orientadas para o nascente e para o poente, expostas à radiação solar direta promovendo o aquecimento desses fechamentos verticais opacos externos (paredes).

Para todas as edificações analisadas não foram previstos dispositivo artificiais (beirais, quebra-sol, brises, toldos, pérgolas) ou naturais (vegetação), de controle da incidência direta do sol. Na maioria dos casos, o sombreamento das envoltentes, ou de parte delas, dá-se pela projeção de sombras das edificações vizinhas, como o verificado na edificação ED3 (Figura 28).

As observações da direção do vento *in loco* indicaram que para as seis edificações pesquisadas houve uma predominância dos ventos na direção nordeste, com velocidades na ordem de 1 a 3 m/s, portanto, ventos de força 2, tipo brisa leve. Ao serem comparados com os dados referentes ao regime de ventos predominantes para a cidade de Viçosa-MG, obtidas na estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Viçosa (20°45' S; 42°51' O; 689,73m altitude), percebe-se

que mesmo estando as edificações construídas em ambientes adensados (centro urbano), as características quanto à direção do vento são mantidas.



Figura 28: Edificação ED3 com fachadas sombreadas por edificação vizinha às 15h.

4.1.1.2 Direção e intensidade dos ventos

Em termos de velocidade, as observadas *in loco* indicaram uma esperada redução nos índices descritos por SOUZA (1993), passando de $3\text{m/s} < v < 4\text{m/s}$ para $1,6\text{m/s} < v < 3\text{m/s}$, devido às alterações do ambiente natural, pelas construções que representam obstáculos à livre circulação dos ventos. Ressalta-se que as observações foram realizadas ao nível da rua.

As figuras 29 a 34 mostram croquis de implantação das seis edificações analisadas, com a indicação das características do entorno imediato, e destacam a direção e intensidade do vento observadas *in loco*.



Figura 29 Croqui de implantação da edificação ED1 com indicação da direção e intensidade do vento observadas *in loco*.

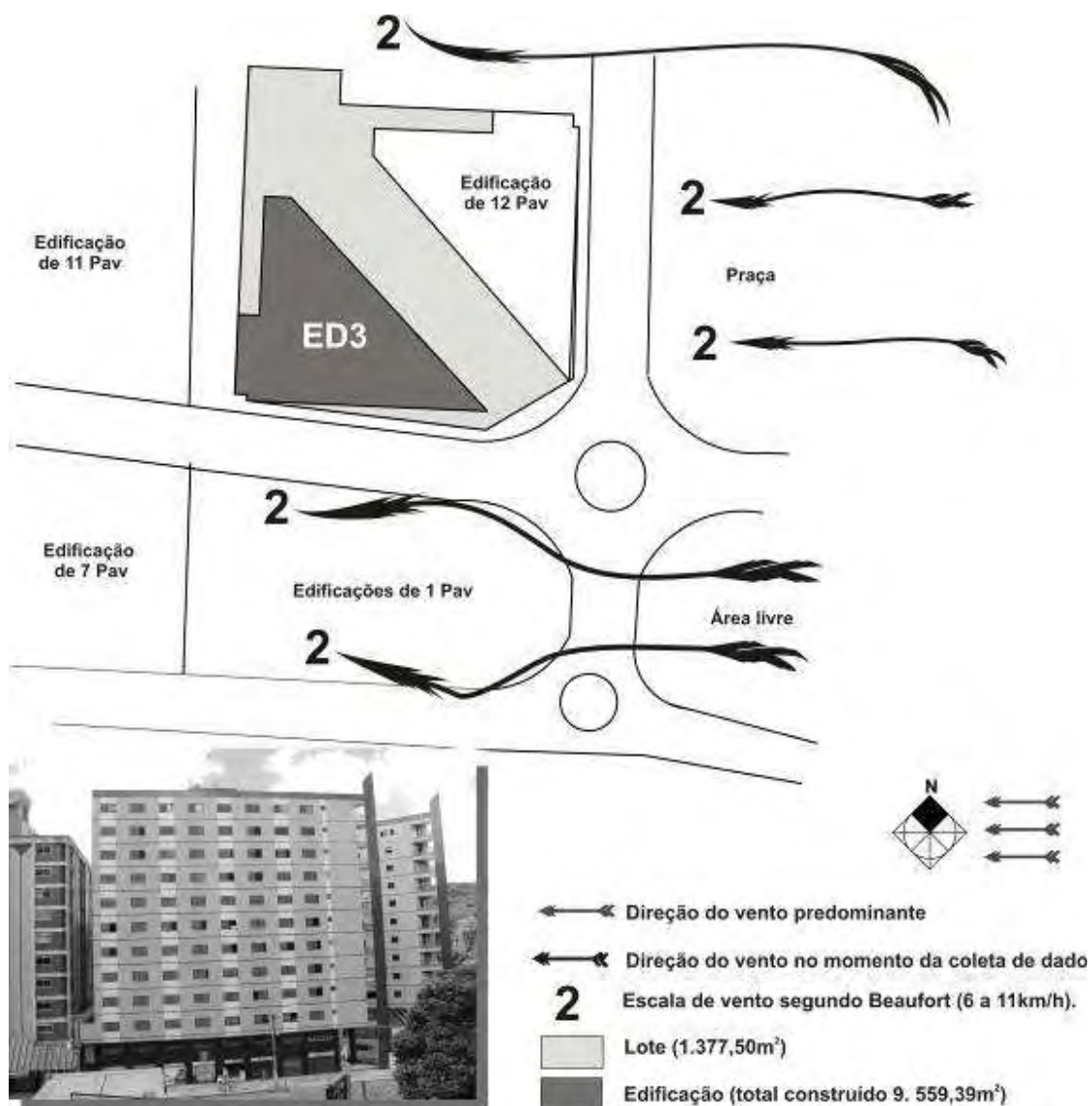
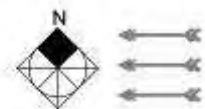
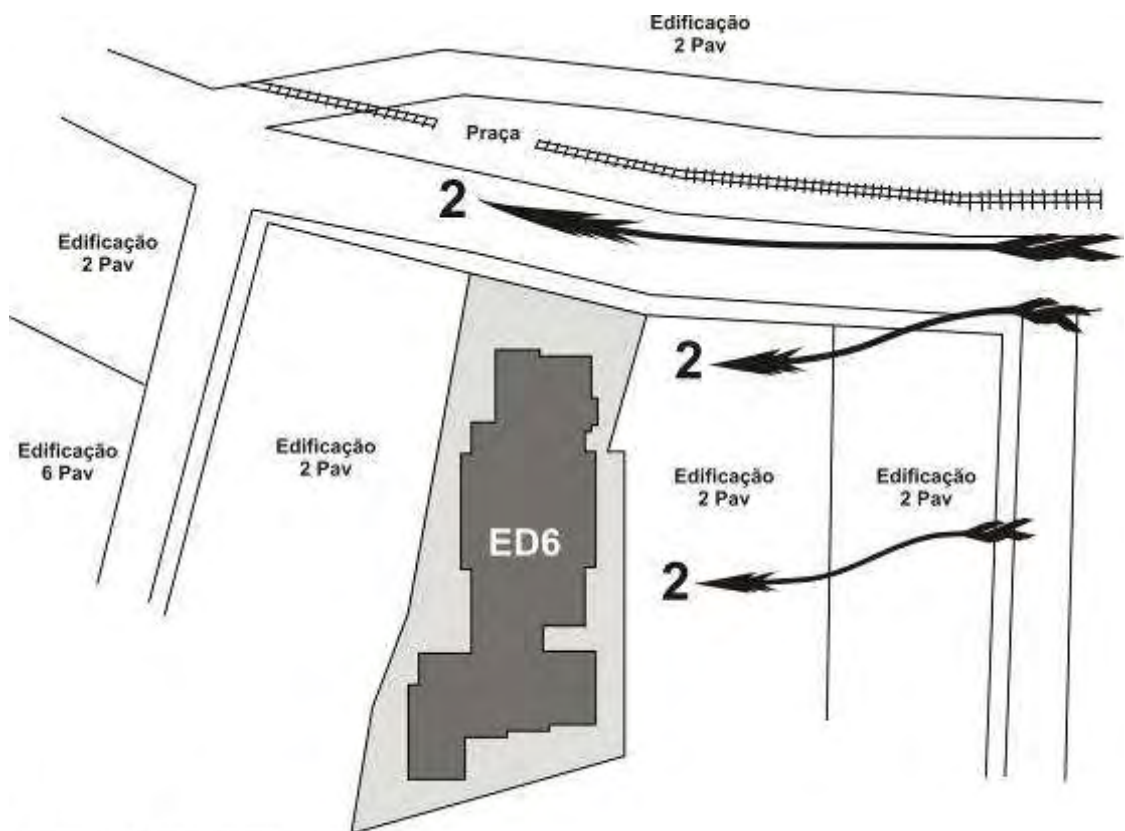


Figura 31: Croqui de implantação da edificação ED3 com indicação da direção e intensidade do vento observadas *in loco*.



Figura 33: Croqui de implantação da edificação ED5 com indicação da direção e intensidade do vento observadas *in loco*.



←← Direção do vento predominante

←← Direção do vento no momento da coleta de dados

2 Escala de vento segundo Beaufort (6 a 11km/h).

□ Lote (932,50m²)

■ Edificação (total construído 5. 489,07m²)

Figura 34: Croqui de implantação da edificação ED6 com indicação da direção e intensidade do vento observadas *in loco*.

4.1.2 Variáveis comportamentais

4.1.2.1 Permeabilidade da malha urbana aos ventos predominantes

Considerando que o entorno de edificações, principalmente em áreas urbanas, em geral pouco se assemelham às condições de exposição ao vento das estações meteorológicas, avaliou-se de forma qualitativa o impacto do adensamento e os efeitos do desenho urbano e da topografia sobre a permeabilidade dos ventos predominantes e o fluxo da ventilação natural.

Com auxílio do levantamento fotográfico de vista panorâmica das edificações analisadas, foi possível identificar que todas as edificações apresentam condições favoráveis à exposição ao vento predominante, ainda que localizadas no centro urbano da cidade. Tal característica deve-se às configurações espaciais geradas a partir das exigências do código de obras, que permite uma ocupação de 60% do lote, fazendo com que, a partir dos sete metros de altura criem-se recuos na massa edificada e a volumetria permita que os ventos permeiem a cidade, renovando o ar.

Essa realidade permite a criação de zonas de alta e baixa pressão nas superfícies externas das fachadas, como decorrência da ação mecânica do vento, e como consequência uma transmissão do fluxo de ar para o interior, requisito para uma boa ventilação e distribuição cruzada do ar nos ambientes.

Além das janelas as edificações ED1, ED3, ED4 e ED5 dispõem de poços centrais de ventilação e iluminação como mecanismos de permeabilidade ao ar. Com exceção da ED3, na maioria das situações esse recurso restringe-se a ventilação e iluminação de cozinhas, área de serviço e sanitários. Os poços analisados se caracterizam pela subtração da massa edificada no interior da edificação e pela existência de apenas entrada de ar, os ambientes com janelas voltadas para esses poços são ser ventilados devido aos gradientes de temperatura (ventilação térmica). Apenas a ED5 dispõe de pequenas aberturas no pavimento térreo, que permitem, às aberturas, circulação do ar por intermédio da ação do vento (ventilação dinâmica).

O código de obras municipal de Viçosa-MG prevê exigências dimensionais para os poços de ventilação e iluminação, destinados às cozinhas consideradas compartimentos de permanência prolongada e as áreas de serviço descritas como de permanência transitória. Essas exigências são apresentadas na Tabela 30. Contudo, medições *in loco* mostraram que nenhuma das edificações cumpre as exigências da normalização, já que os poços de ventilação e iluminação apresentam dimensões abaixo das exigidas. Essa condição repercute no desempenho do sistema de ventilação natural, comprometendo a qualidade do ar interno do setor de serviço dessas edificações, que dependem exclusivamente dos poços para renovação do ar.



Figura 35: Amostra da relação entre áreas opacas e permeáveis das superfícies externas das edificações ED1 e ED5 que, além da abertura em fachadas, possuem poços de ventilação e iluminação.

Tabela 30: Valores para poços de ventilação e iluminação.

Compartimentos	Número de pavimentos			
	1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8
Permanência prolongada				
Área do poço (m²)	4,50	9,00	12,00	18,00
Largura mínima 9m)	1,50	3,00	3,00	4,00
Permanência Transitória				
Área do poço (m²)	2,25		4,00	6,00
Largura mínima 9m)	1,50			2,00

Fonte: Instituto de Planejamento do Município de Viçosa _ Lei nº 1420/2005.



Figura 36: Janelas da unidade habitacional ED4.6.4 instalada em poço de ventilação e iluminação subdimensionado.

4.1.2.2 Características do entorno

As edificações ED2, ED3 e ED4 estão inseridas em contextos urbanos consolidados. Contudo, as edificações ED1, ED5 e ED6 apresentam entorno passível de renovação urbana, considerando a possibilidade de alteração do gabarito e taxa de ocupação das edificações vizinhas.

A topografia é o elemento natural marcante no entorno das edificações, já que o perfil plano do centro urbano no qual estão inseridas realça o entorno da topografia acidentada dos bairros adjacentes. Essa condição imprime características próprias à circulação dos ventos em fundos de vale. A tabela 31 mostra as confrontações das edificações e as figuras 37 a 42 o contexto urbano de implantação.

Tabela 31: Confrontações das edificações analisadas.

Edificação	Confrontações			
	Frontal	Lateral Direita	Lateral Esquerda	Fundos
ED1	Rua de acesso (veículos/ pedestres)	Edificações de 1 pav.	Rua	Rio
ED2		Edificação de 11 pav.	Lote vazio	
ED3		Área livre	Edificação de 11 pav.	Área livre
ED4		Edificação de 13 pav.	Área livre	
ED5		Rua de acesso secundário		
ED6		Edificações de 2 pav.		Lote vazio

4.1.3 Variáveis físicas

4.1.3.1 Materiais de acabamento

Todas as edificações visitadas utilizam o revestimento cerâmico como material de acabamento das superfícies externas, exceto a ED2 que utiliza esse recurso apenas na fachada frontal. Para todas as edificações pesquisadas, foram propostos tratamentos semelhantes em termos de acabamento (pintura ou revestimento cerâmico) dos sistemas de fechamentos opacos (paredes), mesmo estando voltados para distintas orientações solares.

A escolha dos materiais e acabamentos superficiais indica que se optou por adotar critérios estéticos e econômicos, desconsiderando-se propriedades na especificação dos materiais constituintes das fachadas, elementos importantes na busca do conforto térmico e desempenho energético das edificações. O mesmo verifica-se na especificação dos materiais constituintes de paredes internas e externas, onde não ficou evidente a utilização de mecanismos para adequação térmica e energética às condições climáticas locais. Em todas as edificações estudadas, constatou-se a opção por sistemas de abertura externas (portas e janelas),

executadas em alumínio natural fosco (ED2 e ED5) ou com acabamento em anodização bronze (ED1, ED3, ED4 e ED6), e vidro incolor ou fantasia de 3mm.

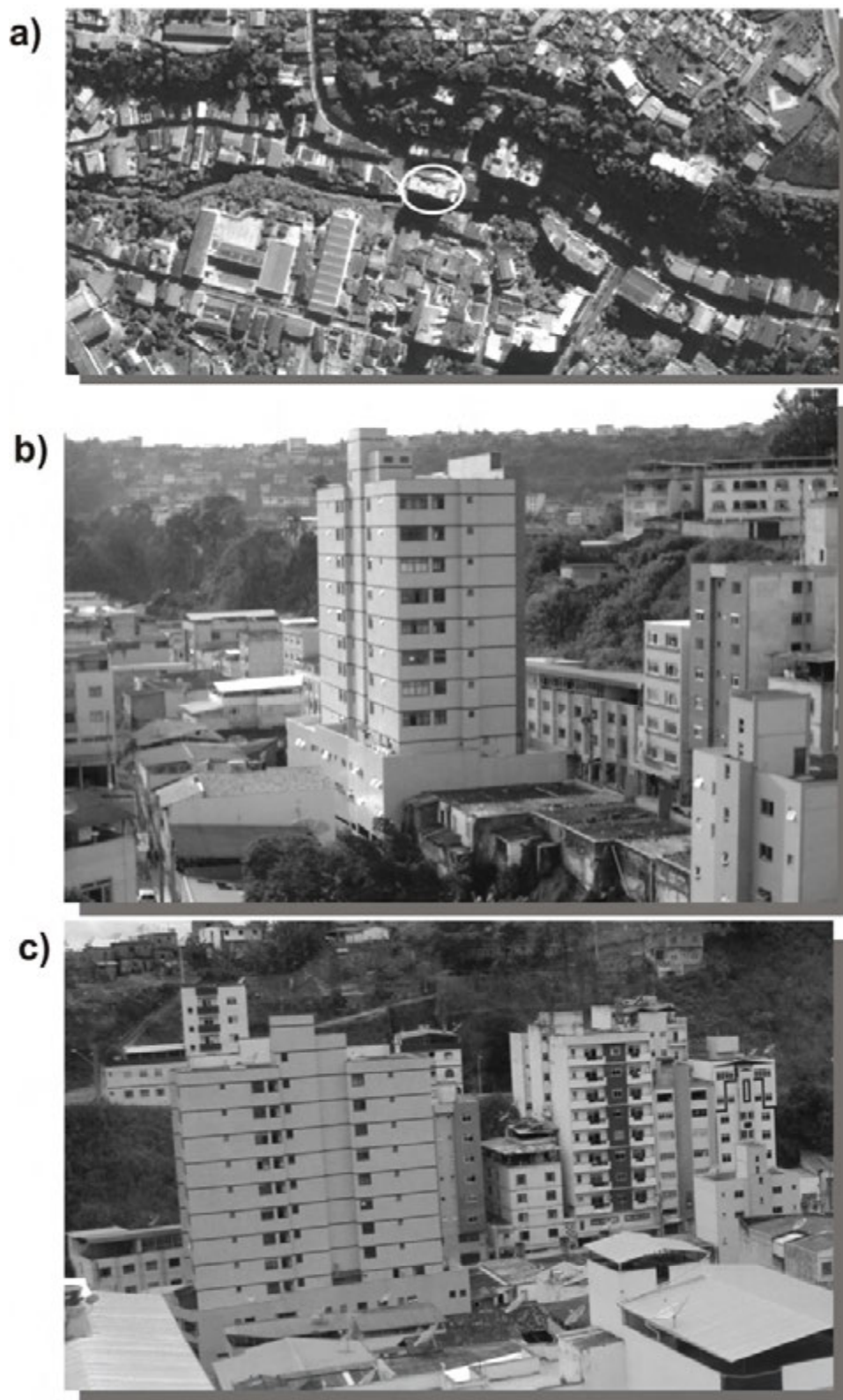


Figura 37: a) Foto aérea da edificação ED1 ($20^{\circ} 45' 7.42''$ Latitude Sul)_($42^{\circ} 52' 54.12''$ Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED1 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

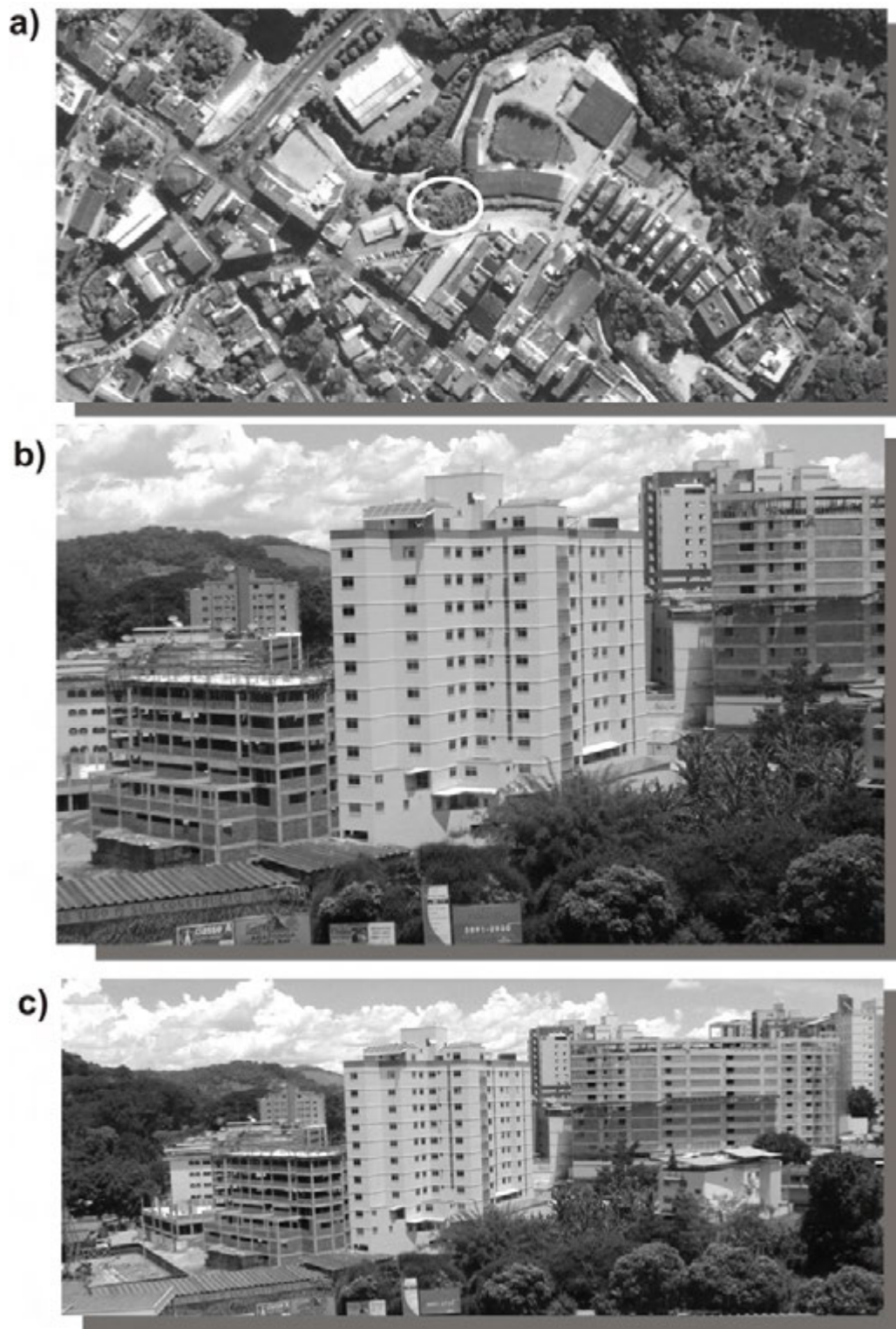


Figura 38: a) Foto aérea da edificação ED2 ($20^{\circ} 45' 18.81''$ Latitude Sul)_($42^{\circ} 52' 36.74''$ Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED2 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

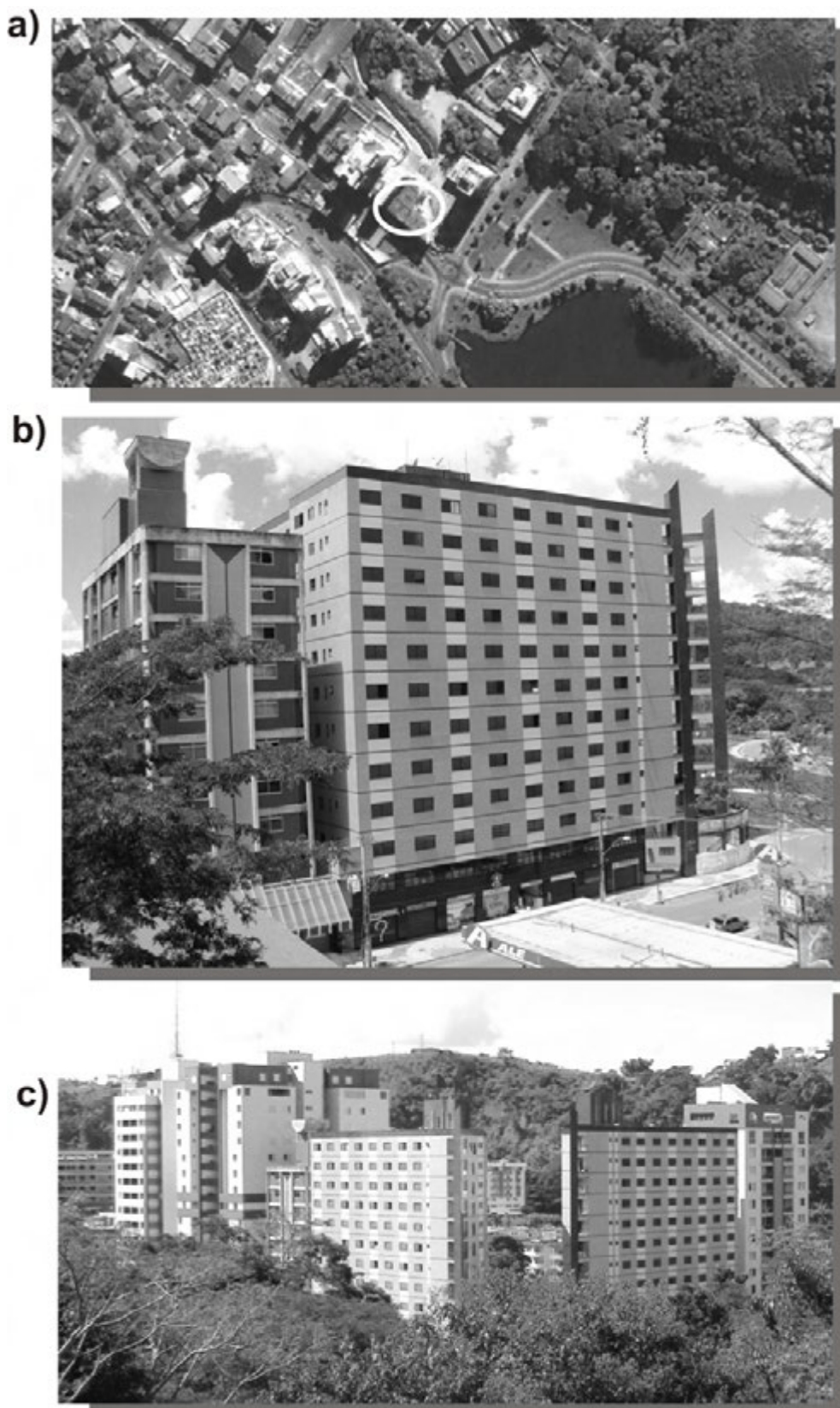


Figura 39: a) Foto aérea da edificação ED3 (20° 45' 25.30" Latitude Sul)_(42° 52' 31.29" Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED3 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

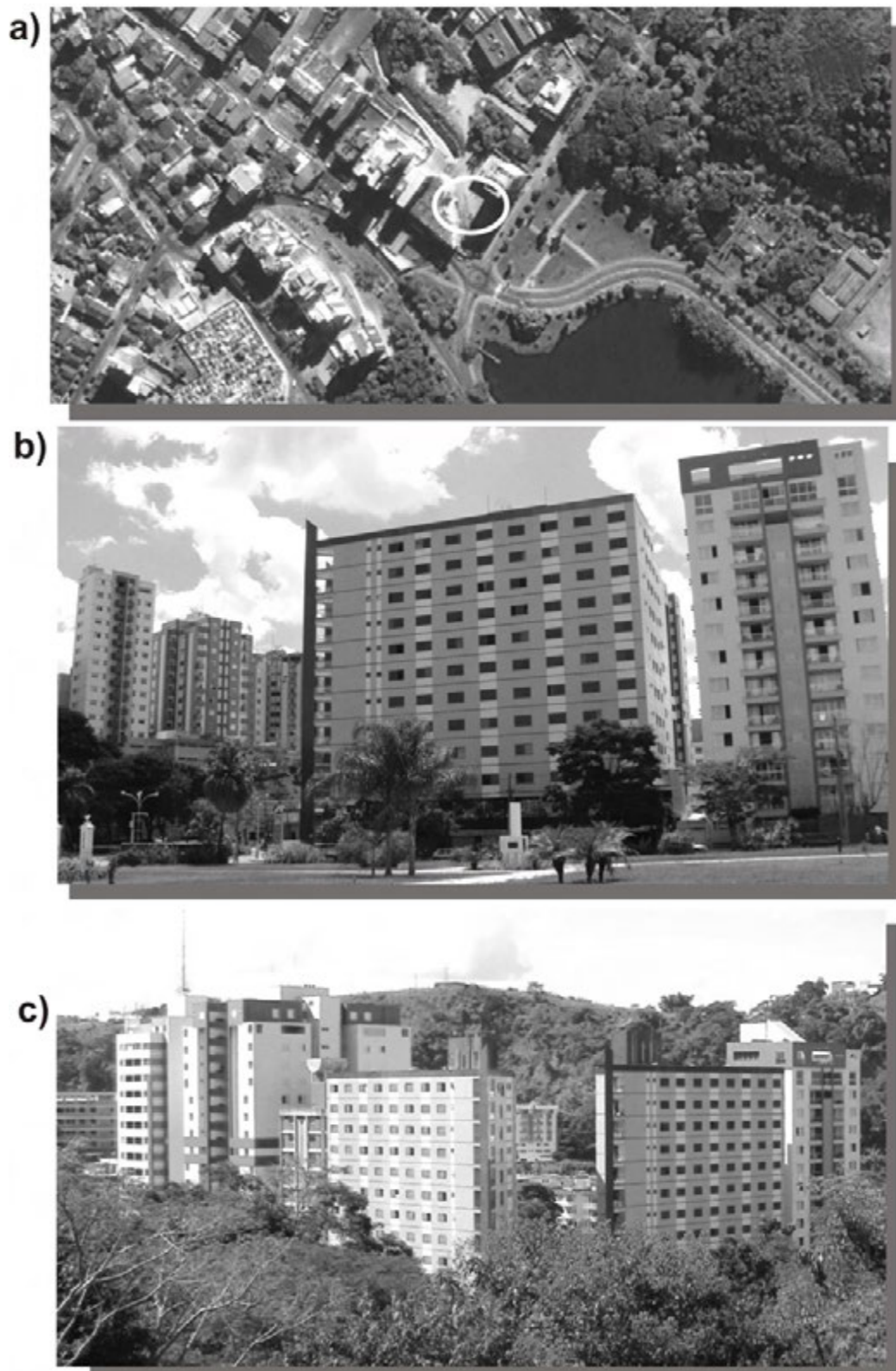


Figura 40: a) Foto aérea da edificação ED4 (20° 45' 25.24" Latitude Sul)_(42° 52' 30.67" Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED4 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

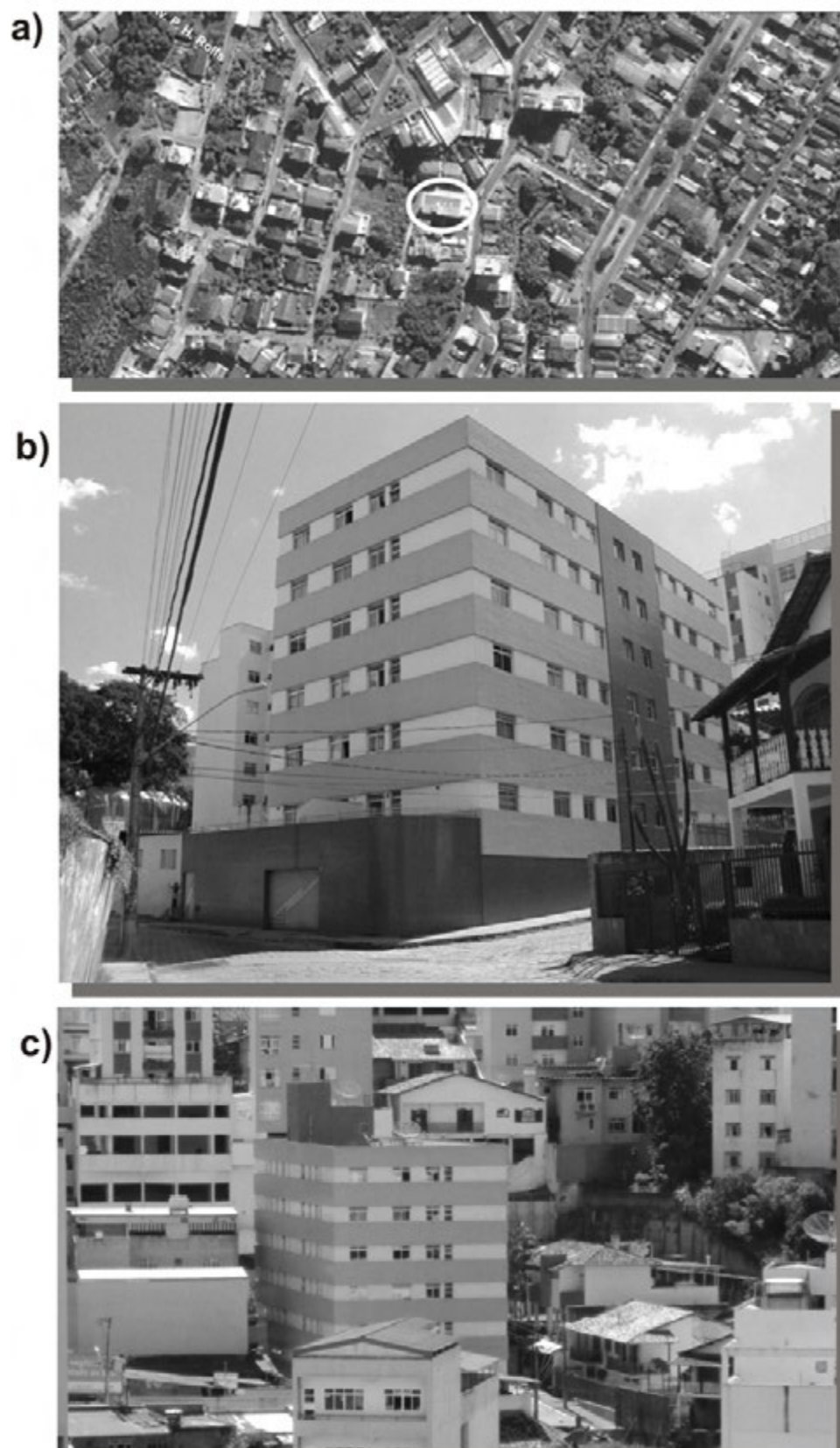


Figura 41: a) Foto aérea da edificação ED5 ($20^{\circ} 45' 15.94''$ Latitude Sul)_($42^{\circ} 52' 00.91''$ Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED5 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

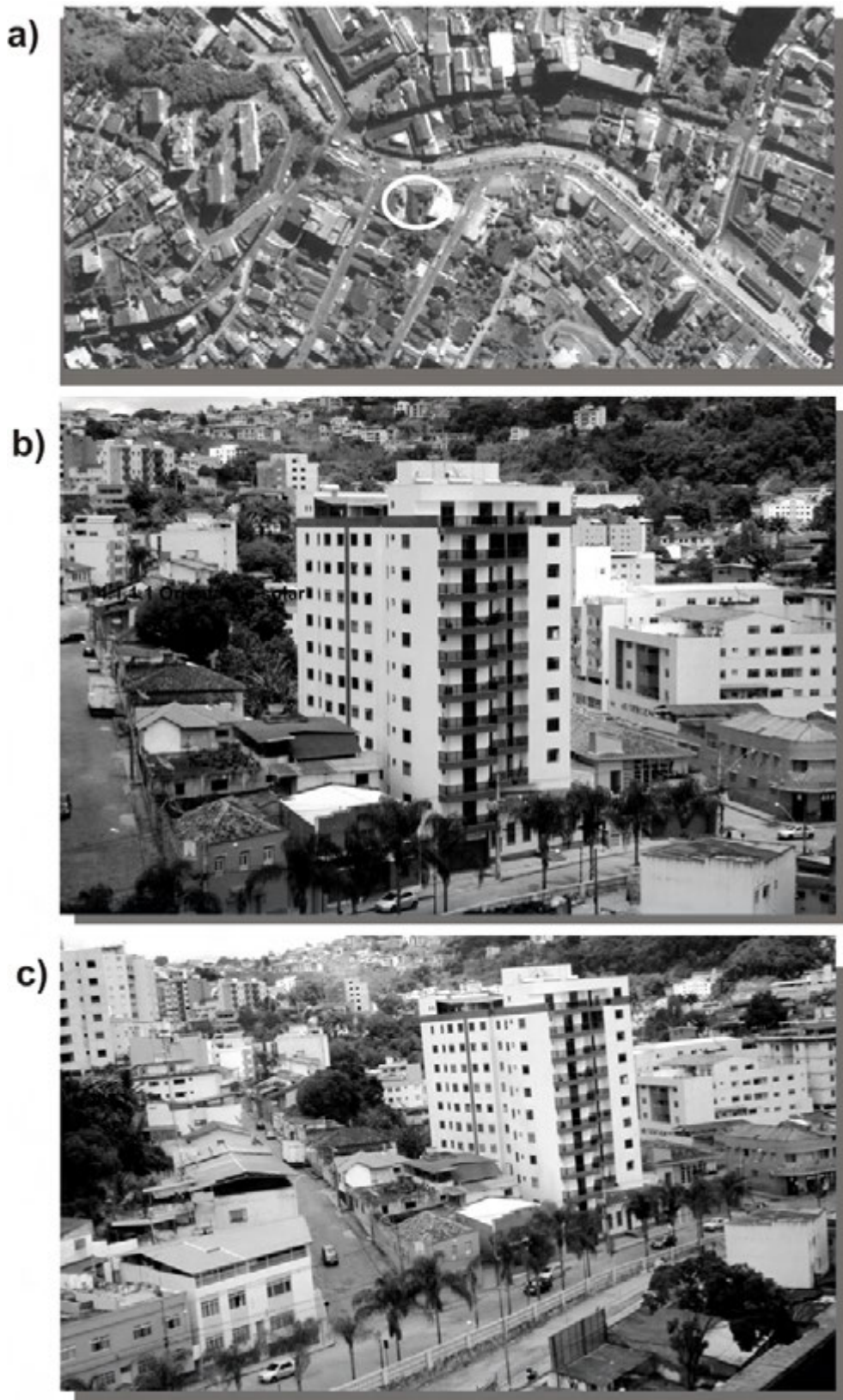


Figura 42: a) Foto aérea da edificação ED6 ($20^{\circ} 45' 34.07''$ Latitude Sul)_($42^{\circ} 52' 51.63''$ Longitude Oeste);
b e c) vistas panorâmicas da edificação ED6 no contexto urbano.
Fonte: a) *Google maps*, 2010.

A utilização do alumínio, como matéria prima de esquadrias, parece uma tendência na construção civil da cidade Viçosa-MG, assim como a padronização em termos de tipologia do sistema. A busca por uma racionalização das obras, como método que visa ações contra os desperdícios dos processos produtivos, predomina na edificação, tanto em nível de produto, quanto de processo.

O aspecto estético desse material confere às obras características de vanguarda, modernidade e alta tecnologia, gerando edificações apreciadas por sua beleza e elevado nível de qualidade. As vantagens da aplicação racional do material desse componente constituem aspectos que agregam valor ao empreendimento, fator importante, tanto para os profissionais da construção civil, como para os empresários do setor, proprietários dos imóveis e usuários de maneira geral.

A padronização de esquadrias de alumínio impõe restrição às soluções tipológicas e dimensionais do sistema de abertura, importantes para adequação a diferentes necessidades de ventilação, iluminação e isolamento acústico dos ambientes.

Outro aspecto relevante é o embasamento teórico dos profissionais para especificação de esquadrias de alumínio, que parece se restringir catálogos técnicos, publicações na área de arquitetura, experiências anteriores, estereótipos, imagens, e menos em orientações baseadas em diretrizes bioclimáticas e de adequação ao clima.

4.1.3.2 Forma das edificações

Altos índices de ocupação do solo é uma característica marcante das edificações estudadas, explicados pelo elevado valor do metro quadrado das áreas urbanas e a configuração espacial permitida pelo código de obras (Figura 43).

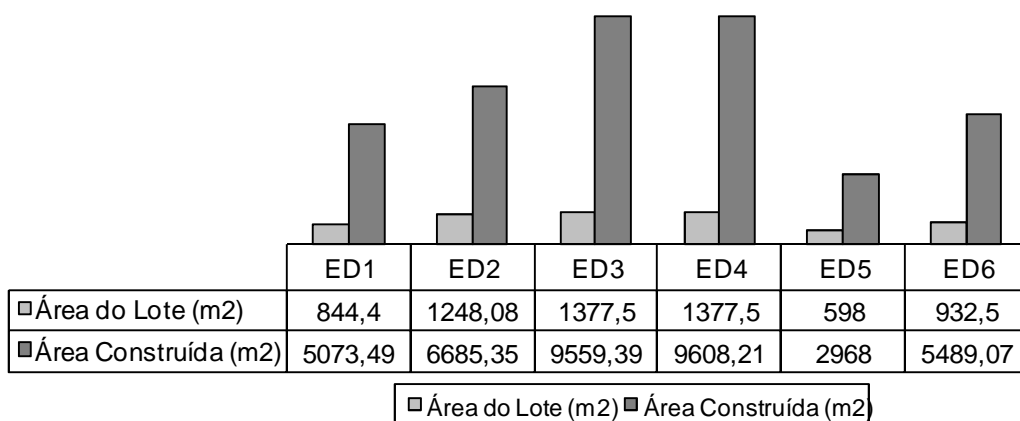


Figura 43: Relacionamento entre área do lote e área construída.
Fonte: Dados do Instituto de Planejamento do Município de Viçosa, 2009.

Na análise da proposta formal das construções estudadas identificou-se como forma predominante o volume tipo paralelepípedo de base retangular, com exceção das edificações ED3 e ED4, em que é triangular. O predomínio de volumes de base retangular é resultado: da tradicional forma dos lotes (aspecto físico), do paralelismo das fachadas em relação às divisas do lote, das exigências do código de obras (aspecto normativo) e da máxima ocupação do terreno (aspectos econômicos).

Depreendeu-se das distintas condições de exposição que a cultura geral é no sentido de as soluções dadas para as formas arquitetônicas implantadas atender os programas funcionais das unidades habitacionais. A inter-relação entre interior e exterior limita-se aos sistemas de aberturas nas fachadas, na busca pelo aproveitamento de condicionantes naturais (ar e luz).

4.2. Variáveis analisadas na escala da unidade habitacional

4.2.1 Variáveis ambientais, comportamentais e físicas.

As variáveis ambientais na escala da unidade habitacional foram observadas quanto à permeabilidade dos espaços internos ao fluxo de ar induzido por ventilação natural e à orientação solar do setor de serviço, para uma análise quanto à captação de ventos predominantes e a exposição à radiação solar direta.

A utilização de um mecanismo simples de cordões de fitas K7 posicionadas nas possíveis entradas e saídas do ar (portas de acesso interno e externo, corredores internos e partes móveis das janelas), possibilitou ter a ideia do fluxo de ar através do arranjo físico das 24 unidades habitacionais pesquisadas.

As variáveis comportamentais analisadas buscaram compreender a inter-relação entre os setores tradicionalmente encontrados em habitações residenciais brasileiras (social, íntimo e de serviço), por meio da análise do arranjo físico dos compartimentos e da tipologia das unidades autônomas.

As variáveis físicas consistiram na obtenção das dimensões do setor de serviço em termo de área e altura do pé-direito, a fim de avaliar a adequação dos compartimentos às exigências do código de obras municipal. As análises das variáveis comportamentais e físicas são apresentadas juntamente com a discussão e análise relativa à escala do objeto (janelas).

4.2.1.1 Unidades habitacionais da ED1

As unidades habitacionais analisadas na edificação ED1 foram apartamentos de um quarto, cujo setor íntimo (quarto/banho) é passível de isolamento por meio de

paredes em alvenaria, enquanto que o setor de serviço (cozinha) está integrado fisicamente ao setor social (sala). Uma peculiaridade do programa conceitual da edificação ED1 é a inexistência de área de serviço no interior das unidades autônomas. A realização das atividades ligadas a esse setor, como a lavagem de roupa, é executada em lavanderia comunitária.

Das cinco unidades habitacionais analisadas na edificação ED1, quatro (ED1.3.7, ED1.4.6, ED1.8.7 e ED1.10.8) possuem as janelas do setor de serviço voltadas para poços centrais de ventilação e apenas uma (ED1. 5.1) possui o arranjo físico que permite janelas voltadas para o exterior.

Contudo, em todas as unidades habitacionais, as fachadas orientadas para o vento predominante (pressão positiva) possuem janelas destinadas aos setores íntimos, sendo elas responsáveis pela distribuição do fluxo de ar interno. Na maioria dos casos, o setor de serviço possui janelas voltadas para poços centrais de ventilação, funcionando como área de saída do fluxo de ar (pressão negativa).

A renovação do ar e a qualidade do ar interno, por meio de ventilação natural, com exaustão dos resíduos gerados pela atividade de cozinhar (odores e vapores), por exemplo, dependem exclusivamente dessa inter-relação entre tais setores.

Para que os poços centrais de ventilação e iluminação funcionem como exaustores, movidos por processos conjugados de ação do vento e pela diferença de temperatura (efeito chaminé), as portas internas e janelas precisam permanecer abertas. Caso contrário, a circulação do ar no setor de serviço será deficiente, existindo em função da movimentação do ar por infiltração nas frestas no entorno das portas internas e de acesso principal. Nas figuras 45 e 46 estão representados graficamente os fluxos de ar no interior das unidades autônomas observados *in loco*, na condição máxima de ventilação natural, ou seja, todas as portas e janelas abertas.

Para tanto, pode-se afirmar que no caso específico dos setores de serviço das unidades habitacionais ED1.3.7, ED1.4.6, ED1.8.7 e ED1.10.8, quando fisicamente isolados dos demais, o setor de serviço necessita do auxílio de sistemas ativos de ventilação (exaustores) para atender as exigências dos usuários quanto a conforto térmico e qualidade do ar interno.

A impossibilidade do aproveitamento da ventilação cruzada no setor de serviço, enquanto estratégia passiva de condicionamento térmico, deve-se ao arranjo físico dos compartimentos, à orientação de janelas e portas internas e à tipologia dos sistemas de aberturas, que não foram projetados segundo o potencial eólico disponível no centro urbano de Viçosa (MG).

Nas janelas do setor de serviço das unidades pesquisadas em ED1, o ganho térmico proveniente da exposição à radiação solar é nulo ou muito baixo: os sistemas de aberturas estão voltados para poços centrais de ventilação ou para a fachada sul.

Em termos de dimensionamento, as unidades habitacionais de ED1 possuem as áreas do setor de serviço em conformidade com as exigidas pelo código de obras municipal. A análise considerou a área destinada ao setor social, já que os espaços da cozinha e da sala são fisicamente integrados. De acordo com as exigências do código de obras, esses compartimentos considerados de permanência prolongada devem apresentar área mínima de 9,00m².

A mesma consideração faz-se para a altura do pé-direito, que em todas as unidades habitacionais possui 2,70m, estabelecido em lei municipal.

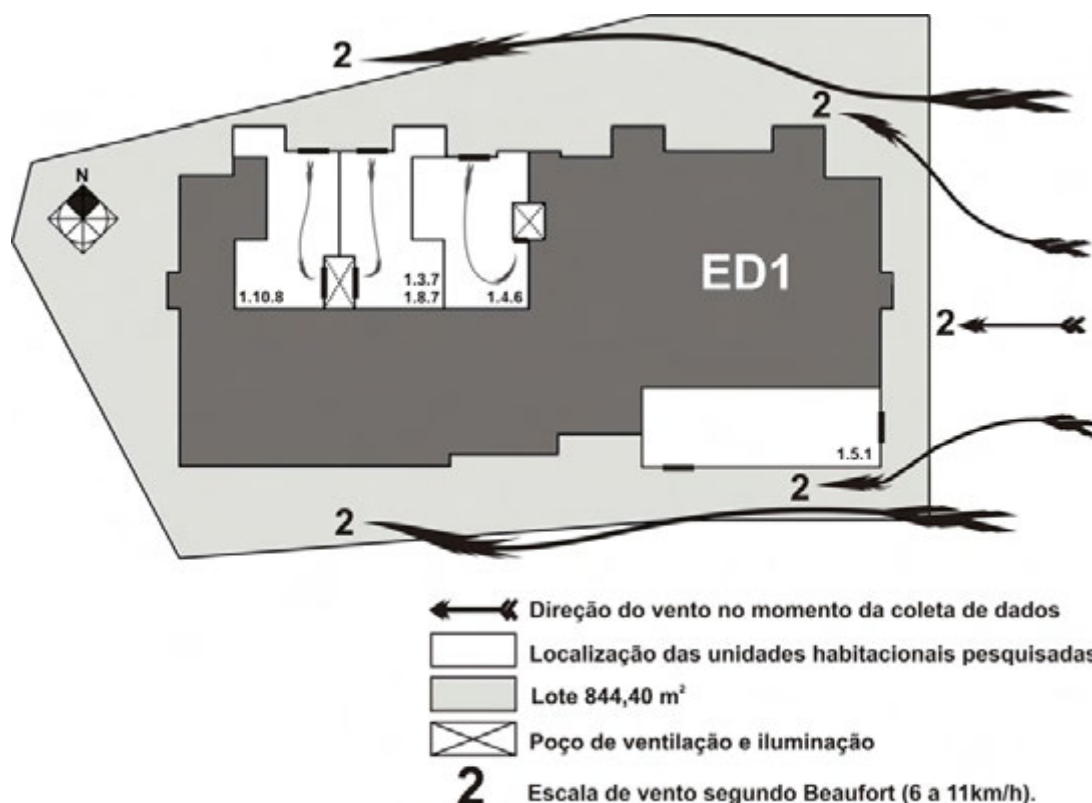


Figura 44: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED1 em relação à direção predominante do vento.

4.2.1.2 Unidades habitacionais da ED2

Na edificação ED2, a tipologia construtiva se caracteriza por unidades habitacionais de um quarto (ED2.3.3 e ED2.4.6), com o setor de serviço integrado fisicamente ao setor social, e também por apartamentos de dois quartos (ED2.2.5, ED2.3.7 e ED2.5.2), sendo possível o isolamento físico do setor de serviço.

Na figura 47 mostra-se a disposição das unidades habitacionais analisadas em relação ao vento predominante, observado durante a pesquisa de campo. Todas as unidades possuem janelas voltadas para o exterior.

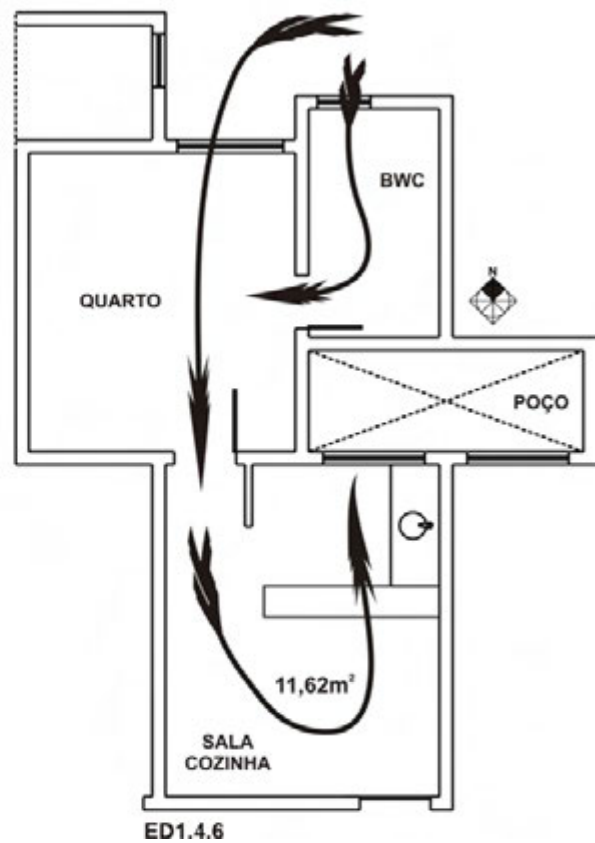
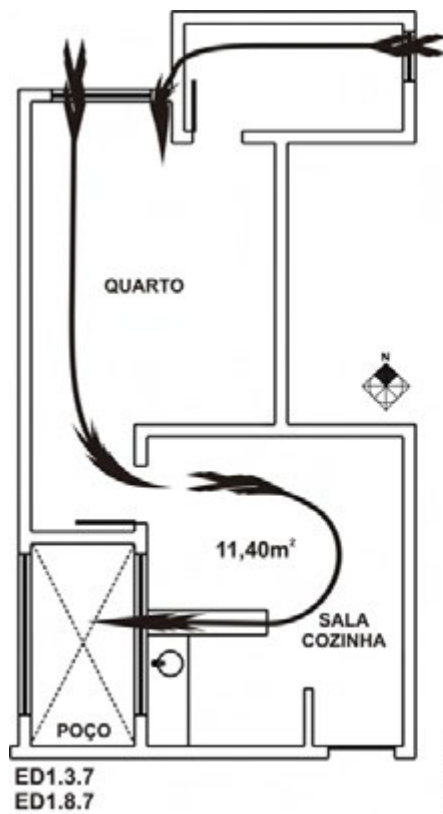


Figura 45: Croqui dos fluxos de ar internos observados *in loco*, nas unidades autônomas ED1.3.7, ED1.4.6 e ED1.8.7 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

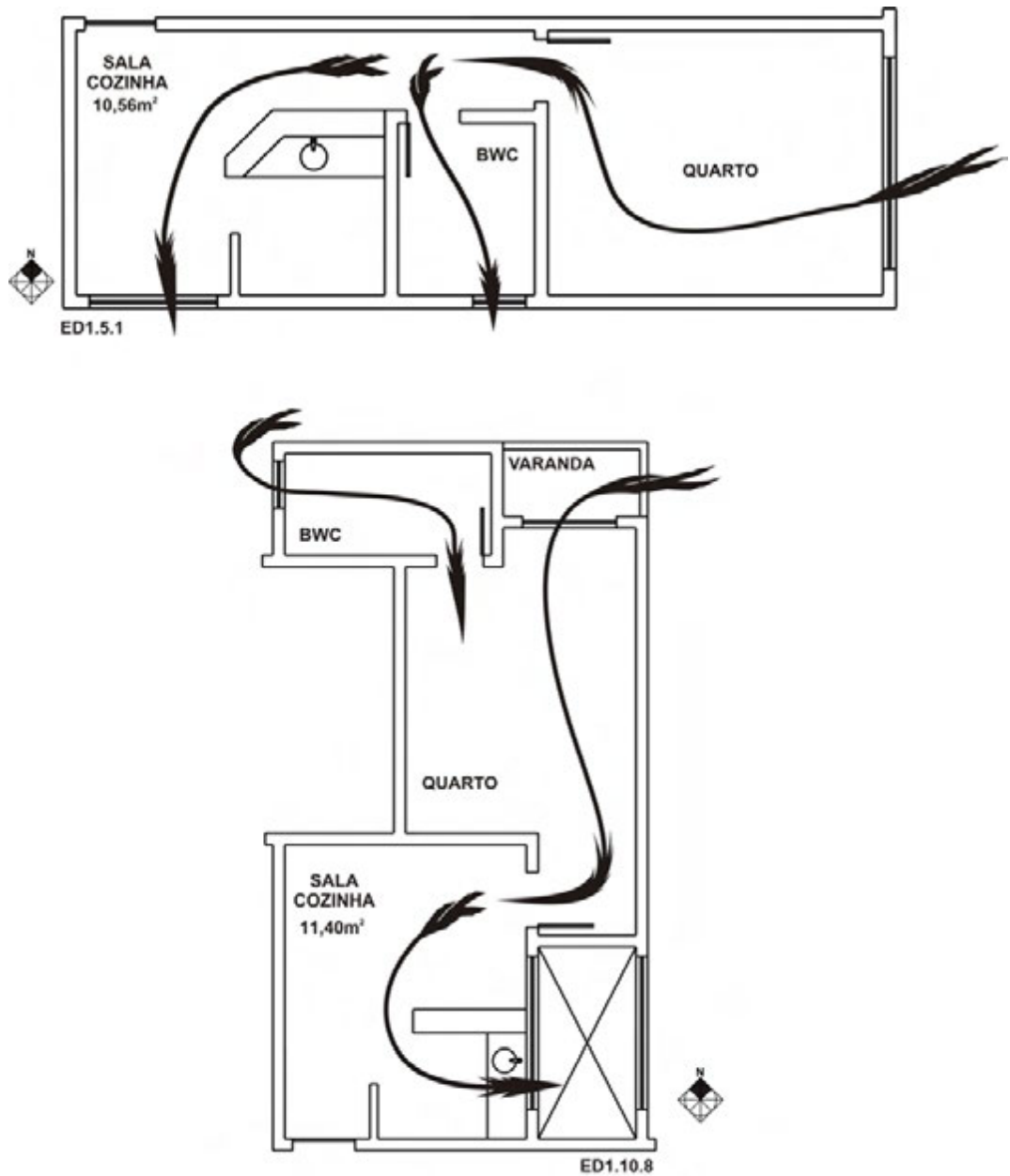


Figura 46: Croqui do fluxo de ar interno observados *in loco*, nas unidades autônomas ED1.5.1 e ED1.10.8 para condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

Das cinco unidades visitadas, três (ED2.3.7, ED2.4.6 e ED2.5.2) possuem janelas localizadas em fachadas orientadas ao vento predominante (barlavento). Com exceção da unidade habitacional ED2.4.6, a disposição do arranjo físico e a presença de janelas em zonas de baixa pressão favorecem a ventilação cruzada nos ambientes internos. A ventilação cruzada ocorre na condição máxima de ventilação, ou seja, com portas internas e janelas abertas.

Em todas as unidades habitacionais analisadas na edificação ED2, constatou-se que o setor de serviço tende, quando fisicamente integrado ao setor social (porta aberta) e dependendo da direção do fluxo de ar, a provocar incômodos nos recintos adjacentes durante a realização das atividades (principalmente cozinhar) pelo transporte de vapores e pela difusão de odores.

Como observado *in loco*, o setor de serviço das unidades habitacionais ED2.3.7, ED2.4.6 e ED2.5.2, quando isolado dos outros setores, necessita do auxílio de sistemas ativos de ventilação para atender as exigências de habitabilidade relativas ao conforto térmico (no verão) e qualidade do ar interno, mesmo estando a barlavento.

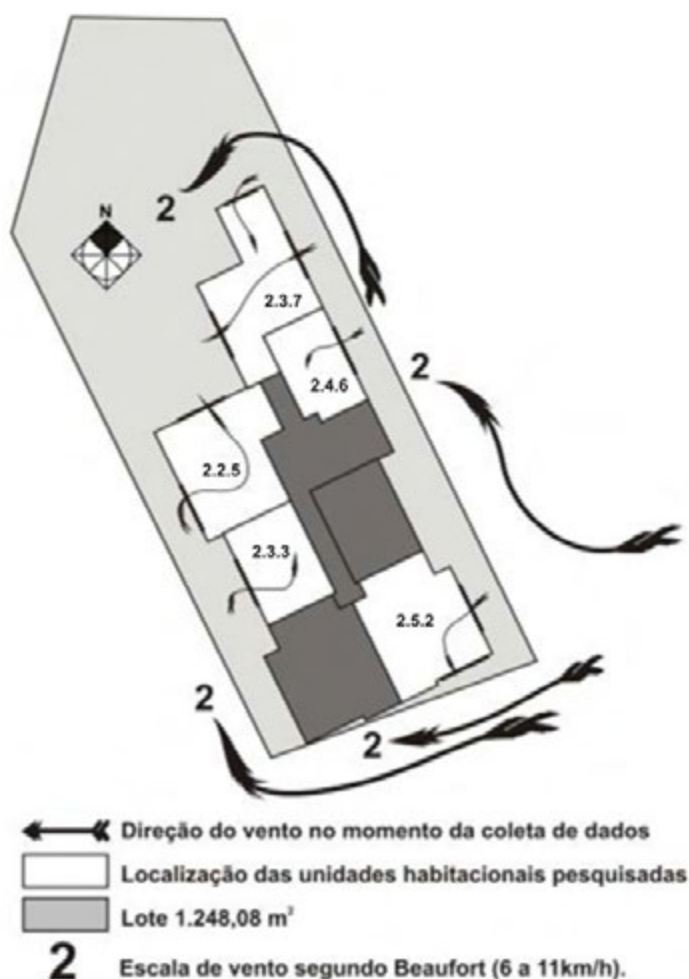


Figura 47: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED2 em relação à direção predominante do vento.

Das unidades analisadas em ED2, as que apresentaram condições menos favoráveis à circulação natural do ar foram às unidades ED2.3.3 e ED2.4.6, devido ao arranjo físico do pavimento, que conduziu ao posicionamento unilateral das janelas. A unidade habitacional ED2.2.5, apesar da orientação a sotavento, possui um arranjo físico que permite o posicionamento de janelas para duas orientações. Assim, na condição de máxima ventilação (portas internas e janelas abertas), foi constatada a possibilidade de ventilação cruzada entre ambientes.

Quanto a ganhos térmicos por exposição direta dos sistemas de abertura à radiação solar, todas as unidades habitacionais pesquisadas possuem janelas expostas para o nascente ou o poente. Portanto, a combinação da geração de calor nos ambientes internos com os ganhos decorrentes da incidência da radiação solar direta nas áreas opacas (paredes) compromete o desempenho da ventilação natural e o conforto térmico nas unidades habitacionais da edificação ED2.

Em termos de dimensionamento, todas as unidades habitacionais têm o setor de serviço em conformidade com as exigências do código municipal de obras, sendo eles integrados (área mínima de 4m²) ou passíveis de isolamento físico (área mínima de 9m²). O mesmo se verifica em termos de dimensão do pé-direito, que em todas as unidades visitadas é de 2,70m de altura (mínimo exigido por lei).

As figuras 48 e 49 representam os fluxos de ar observados *in loco* no interior das unidades habitacionais, na condição máxima de ventilação natural.

4.2.1.3 Unidades habitacionais da ED3

As unidades habitacionais analisadas na edificação ED3 (ED3.7.4, ED3.8.10, ED3.9.4, ED3.11.10, ED3.12.11) caracterizam-se por tipologias construtivas de um quarto e setor de serviço fisicamente integrado. Em todas as unidades habitacionais, o posicionamento do setor de serviço é centralizado no arranjo físico, destacando-se como espaço de transição entre a área social (sala) e o setor íntimo (quarto/banho).

Apesar das janelas do setor íntimo estarem localizadas em fachadas externas, os demais setores possuem janelas para poços centrais de ventilação e iluminação.

De acordo com as observações *in loco*, independentemente das orientações, as janelas localizadas na envoltória externa (setor íntimo) se caracterizam pela entrada de ar nas unidades habitacionais. Caso contrário foi observado nas janelas posicionadas nos poços centrais de ventilação, sendo este conjunto responsável pela exaustão do fluxo de ar (saída) nas unidades habitacionais (Figura 51).

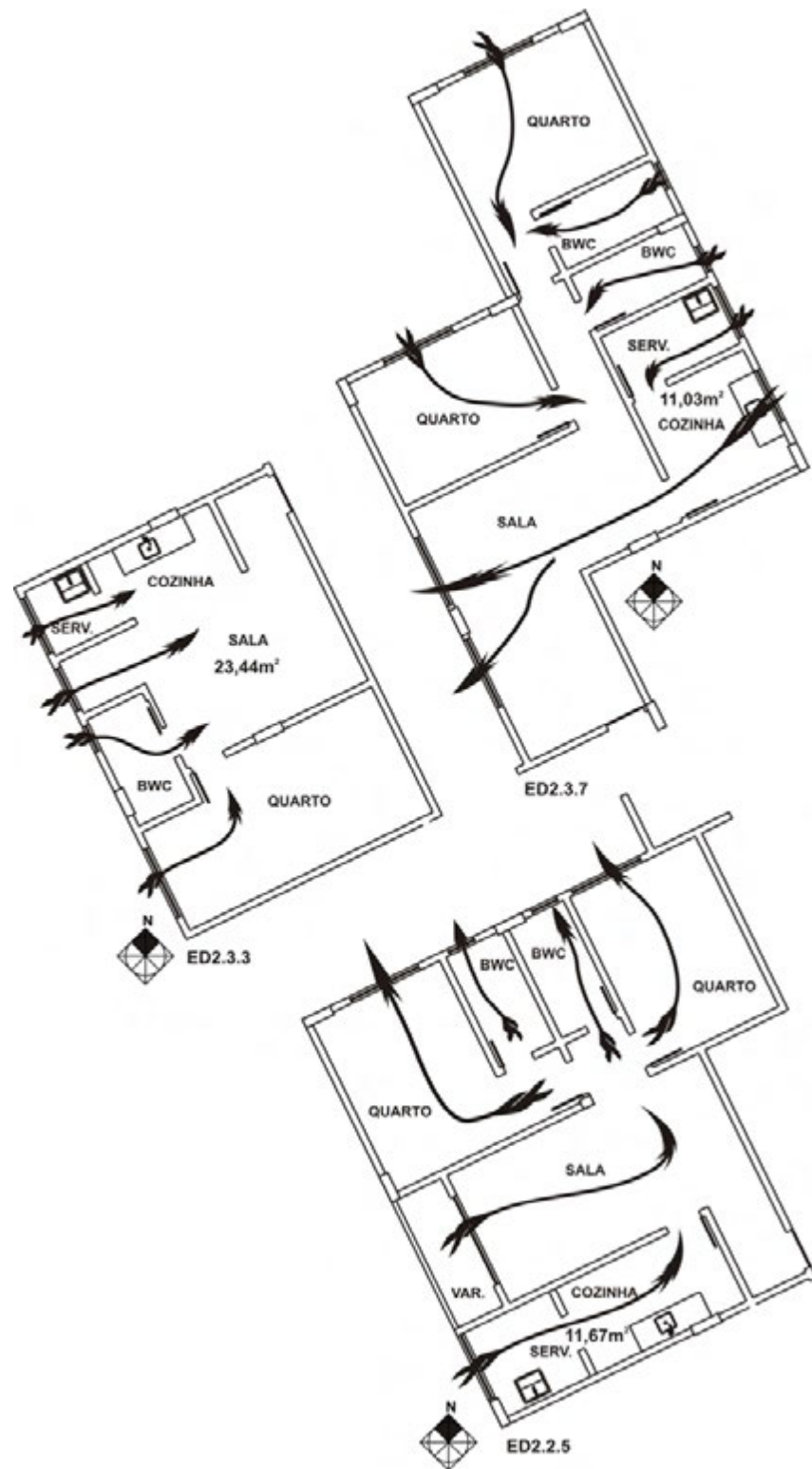


Figura 48: Croqui dos fluxos de ar interno, observados *in loco*, nas unidades autônomas ED2.2.5, ED2.3.3 e ED2.3.7 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

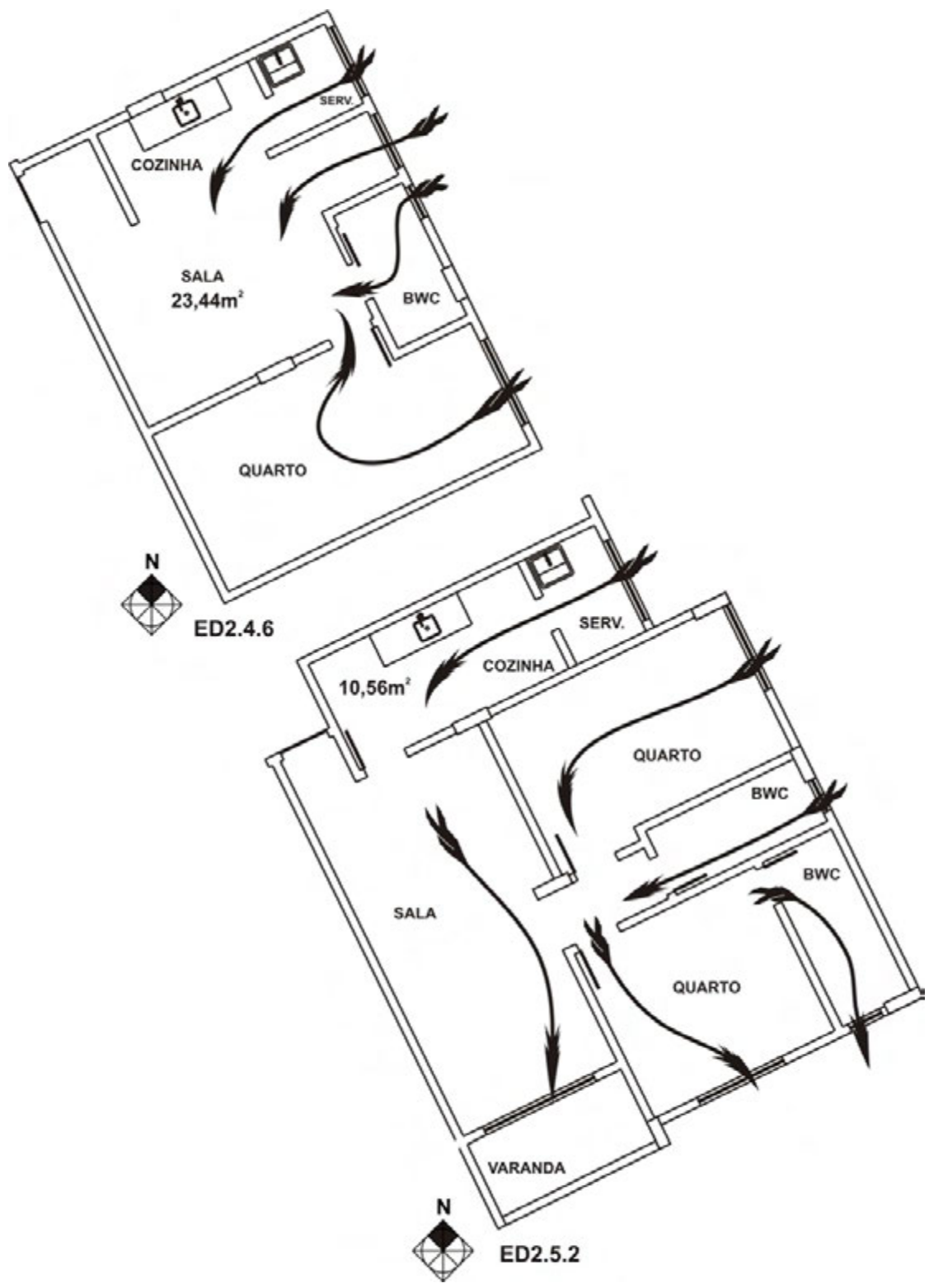


Figura 49: Croqui dos fluxos de ar interno observados nas unidades autônomas ED2.4.6 e ED2.5.2 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

Mesmo na condição de máxima ventilação, os poços apresentaram desempenho menos eficiente, em termos de movimentação de ar, quando comparados ao desempenho dos poços estudados nas unidades habitacionais das edificações ED1 e ED5. Isto se deve a fatores relacionados a poços que possuem apenas o sentido do fluxo de entrada do ar para ventilação dificultando a ventilação natural pela ação dos ventos.

O dimensionamento dos poços de ventilação foram considerados subdimensionados quando comparados às exigências do código de obras municipal, bem como o posicionamento das janelas externas em relação ao vento predominante, com destaque para as unidades habitacionais ED3.7.4 e ED3.9.4 que apresentam condições de exposição menos favoráveis.

Na condição de máxima ventilação (portas internas e janelas abertas), foi verificado um incremento acentuado na intensidade da ventilação natural nos compartimentos de todas as unidades habitacionais, quando as portas de acesso externo das unidades permaneciam abertas. Essa constatação poderia indicar uma necessidade de criação e utilização de novas tipologias de portas, que permitissem maior permeabilidade a ventilação natural dos ambientes internos.

Considerando as diversidades do clima brasileiro, devem ser projetadas para funcionar em situações que possibilitem o escoamento máximo ou reduzido do fluxo de ar. No caso específico das portas internas, as soluções podem ser desde uma bandeira móvel sobre uma porta, até o aumento do espaço entre a porta e o piso.

Com relação ao dimensionamento do setor de serviço, pode-se afirmar que mesmo estando integrado física e visualmente ao setor social, a presença de divisórias em alvenaria com altura de 1,10m criou uma delimitação que permitiu uma avaliação dimensional separada desse setor.

Nesse sentido, as dimensões indicaram que as áreas para preparo de alimentos (cozinhas) em todas as unidades habitacionais estão de acordo com as exigências do código municipal de obras (área mínima de 4m²).

Já as áreas de serviço, classificadas pelo código de obras municipal como compartimentos de permanência transitória, não possuem diretrizes que permitam uma avaliação dimensional. A única orientação diz respeito à relação entre o diâmetro mínimo de círculo no plano do piso e a área do compartimento, sendo que para áreas até 2m² o diâmetro mínimo é de 0,90m.

No caso específico das unidades habitacionais analisadas, as áreas de serviço possuem paredes de alvenaria que delimitam o compartimento sem propiciar o isolamento, tendo em vista a inexistência de portas. Medições *in loco* apresentaram área de 1,60m² e largura mínima de 0,90cm, estando em conformidade com as exigências do código de obras.

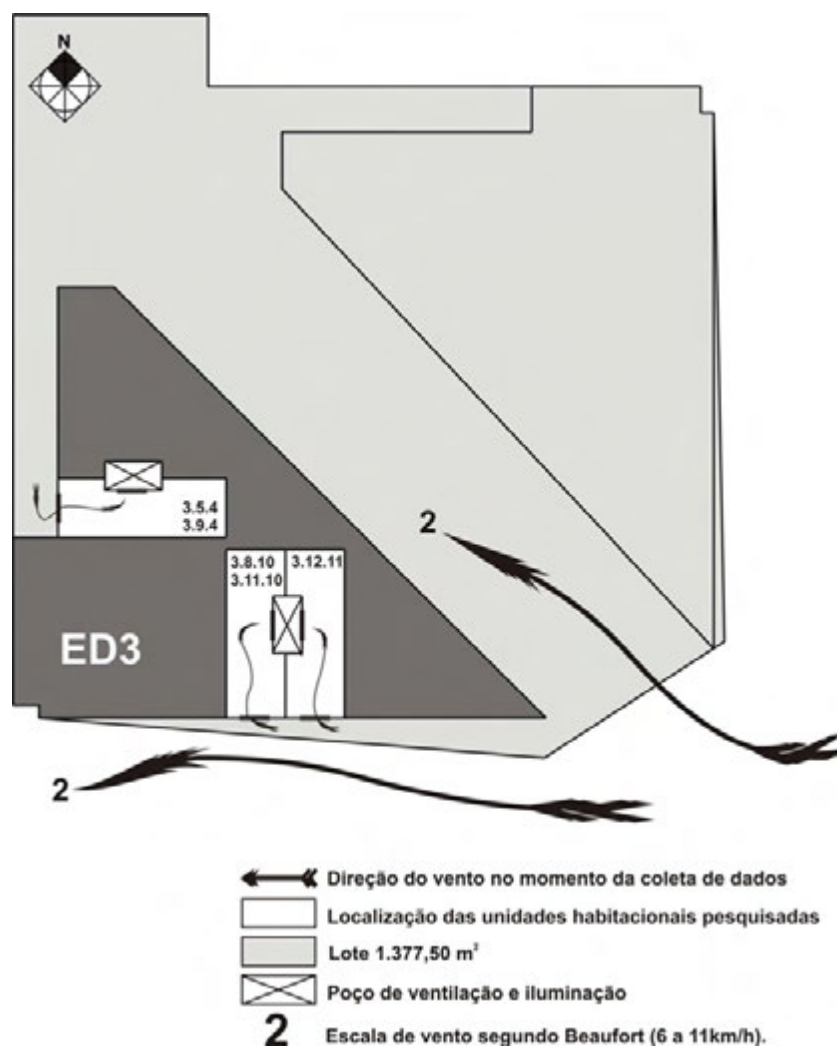


Figura 50: Croqui de localização das cinco unidades autônomas pesquisadas na edificação ED3, em relação à direção predominante do vento.

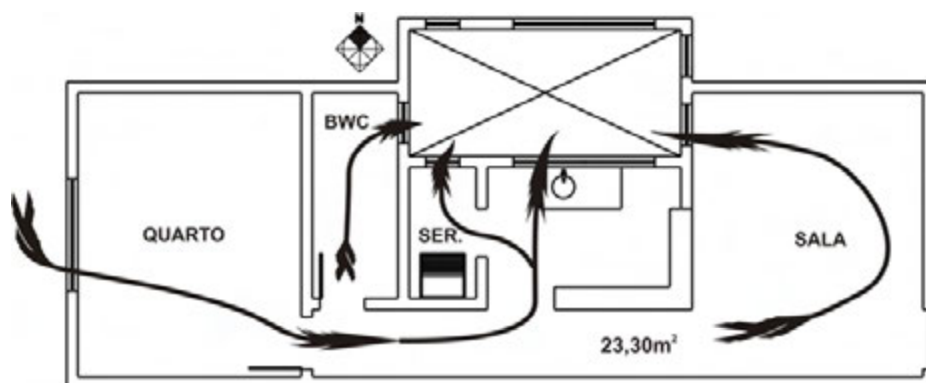
Medidas do pé-direito indicaram que todas as unidades habitacionais apresentaram valor de 2,54m, inferior ao exigido pela lei (mínimo de 2,70m).

A figura 51 representa graficamente o fluxo de ar interno observado *in loco* nas unidades habitacionais analisadas para condição de máxima ventilação, ou seja, com porta interna e janelas abertas. A análise da figura permite visualizar a similaridade da movimentação de ar em todas as unidades habitacionais pesquisadas.

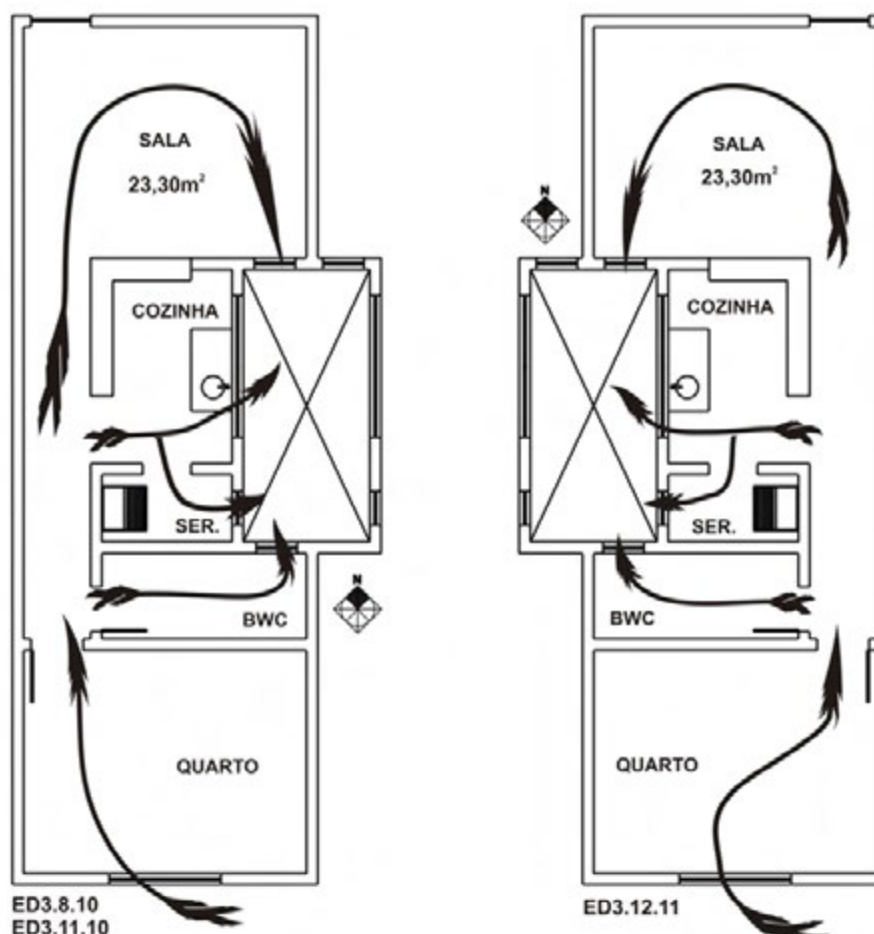
4.2.1.4 Unidades habitacionais da ED4

A edificação ED4 se caracteriza por tipologias construtivas com unidades habitacionais de dois quartos; algumas possuem o setor de serviço integrado e outras, de maior área, têm setor de serviço passível de isolamento físico. Das três unidades habitacionais analisadas, apenas a ED4.6.1 possui setor de serviço com janelas voltadas para a fachada externa, posicionadas a sotavento (saída do fluxo). Nas

outras duas, ED4.3.4 e ED4.6.6, as janelas do setor de serviço localizam-se em poços de ventilação/iluminação, juntamente com as janelas dos demais setores.



ED3.7.4
ED3.9.4



ED3.8.10
ED3.11.10

ED3.12.11

Figura 51: Croqui dos fluxos de ar interno observados *in loco*, nas unidades autônomas ED3.7.4, ED3.9.4, 3.8.10, 3.11.10 e 3.12.11 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

Em todas as unidades visitadas, apenas um dos compartimentos (quarto) possui janela voltada para a envoltória externa sendo esta responsável pela entrada do fluxo de ar para o interior da unidade habitacional. Isolando-se esse compartimento (porta fechada), a permeabilidade ao fluxo de ar é reduzida, já que as janelas posicionadas para o poço de ventilação destinam-se à exaustão (saída) do fluxo de ar.

A mesma situação foi observada nas unidades habitacionais visitadas na edificação ED3, a qual possui arranjo físico muito semelhante às unidades habitacionais da edificação ED4. Não se trata de casualidade, já que as edificações ED3 e ED4 fazem parte do mesmo complexo habitacional onde ocorreu a repetição do arranjo físico, a despeito das distintas condições de exposição.

A figura 52 mostra o posicionamento das unidades habitacionais na edificação ED4 e a orientação dos sistemas de abertura ao vento predominante. A análise do croqui de implantação permite compreender a existência de ventilação cruzada na unidade habitacional ED4.6.1, mesmo estando orientada em zona de baixa pressão. Isto se deve à existência de janelas em distintas orientações que, na condição de máxima ventilação, favorecem a movimentação do ar interno.

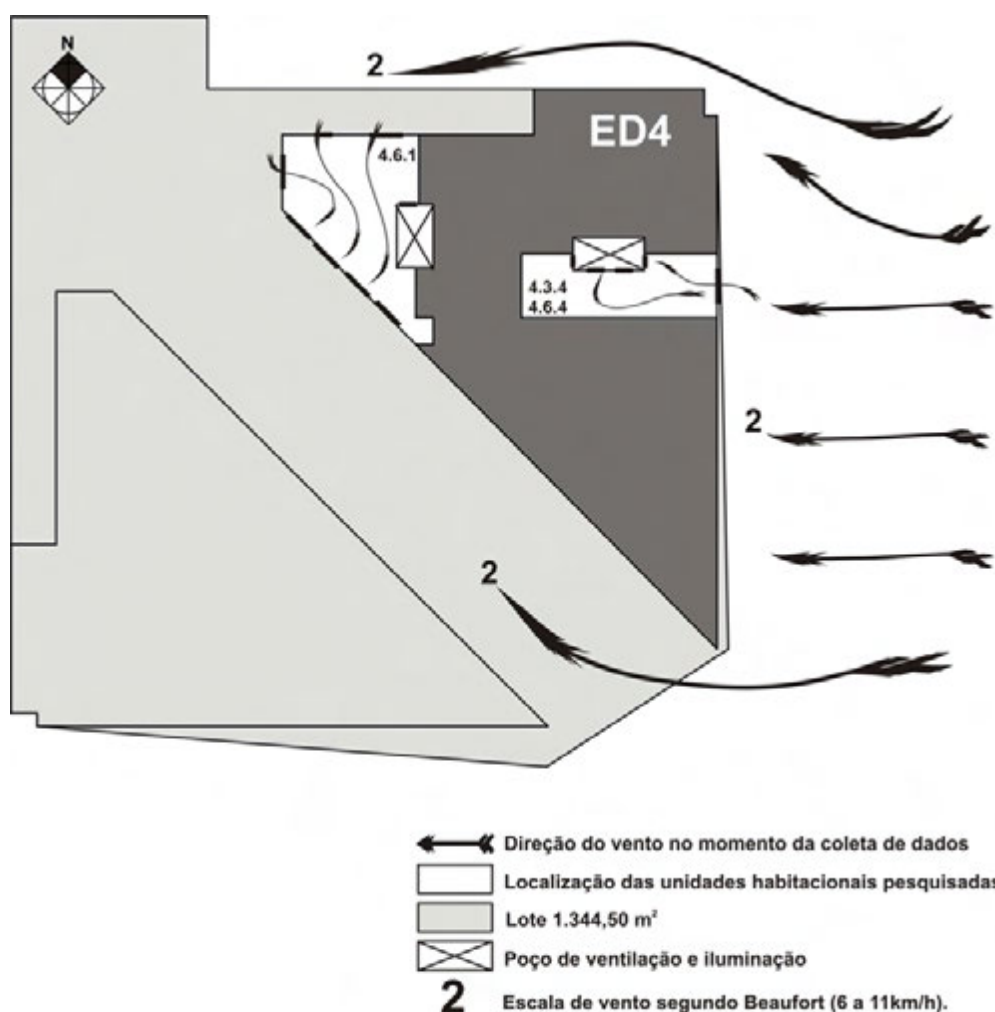


Figura 52: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED4 em relação à direção predominante do vento.

Inspeções *in loco* não indicaram a presença de ganho térmico provocado pela exposição à radiação solar direta das janelas do setor de serviço, em virtude da orientação das janelas e do posicionamento para poços centrais de ventilação.

Apesar da integração visual com o setor social (sala), a presença de paredes a 1,06m fez com que o setor de serviço apresentasse uma delimitação física que permitiu uma avaliação isolada quanto ao seu dimensionamento.

Essa análise indicou que as unidades habitacionais ED4.3.4 e ED4.6.4 possuem o espaço destinado à cozinha com área inferior (3.80m^2) à exigida pelo código de obras (mínimo de 4m^2). Contudo, a unidade habitacional ED4.6.1, cujo setor de serviço é passível de isolamento físico, mostrou-se de acordo com as exigências da lei municipal.

As medições para avaliação da altura do pé-direito indicaram um descumprimento das exigências do código de obras, já que todas as unidades habitacionais analisadas apresentaram valores inferiores (2,47m) aos exigidos pelo código de obras (mínimo de 2,70m).

A figura 53 mostra o croqui do arranjo físico das unidades habitacionais analisadas e o fluxo de ar interno, observado *in loco* na condição de máxima ventilação (porta internas e janelas permaneceram abertas).

4.2.1.5 Unidades habitacionais da ED5

A edificação ED5 possui unidades habitacionais caracterizadas por tipologias construtivas de um quarto e por setor de serviço passível de isolamento físico. Apenas os apartamentos identificados por números de final 5, como o caso da unidade habitacional ED5.5.5, apresentam arranjo físico onde o setor de serviço corresponde ao próprio setor social da unidade.

Diferente das demais edificações analisadas, a circulação de acesso às unidades habitacionais é enclausurada, dependendo de iluminação artificial durante as 24 horas do dia. Essa configuração espacial impõe restrições à permeabilidade para ventilação natural, cuja renovação do ar ocorre apenas por infiltração de ar proveniente do contorno de portas de acesso das unidades autônomas, do elevador e de acesso à escada de circulação comum.

Todas as unidades autônomas analisadas possuem janelas posicionadas em paredes externas permitindo a entrada do fluxo de ar para o interior das unidades.

Em termos de intensidade do fluxo de ar, foi verificado um desempenho maior nas unidades localizadas nas extremidades da edificação, devido à presença de janelas em duas orientações. Contudo, para que haja ventilação cruzada no interior

dessas unidades, as portas internas e as janelas precisam permanecer abertas.

Com exceção da unidade autônoma ED5.5.5, o setor de serviço apresentou ventilação no sentido de saída do fluxo de ar, com a tendência de exaustões dos odores e vapores gerados durante as atividades, para condição de máxima ventilação das unidades (portas e janelas abertas). Caso as portas do setor de serviço permaneçam fechadas, o sentido de movimentação do fluxo permanece, porém tem intensidade reduzida conforme observado *in loco*.

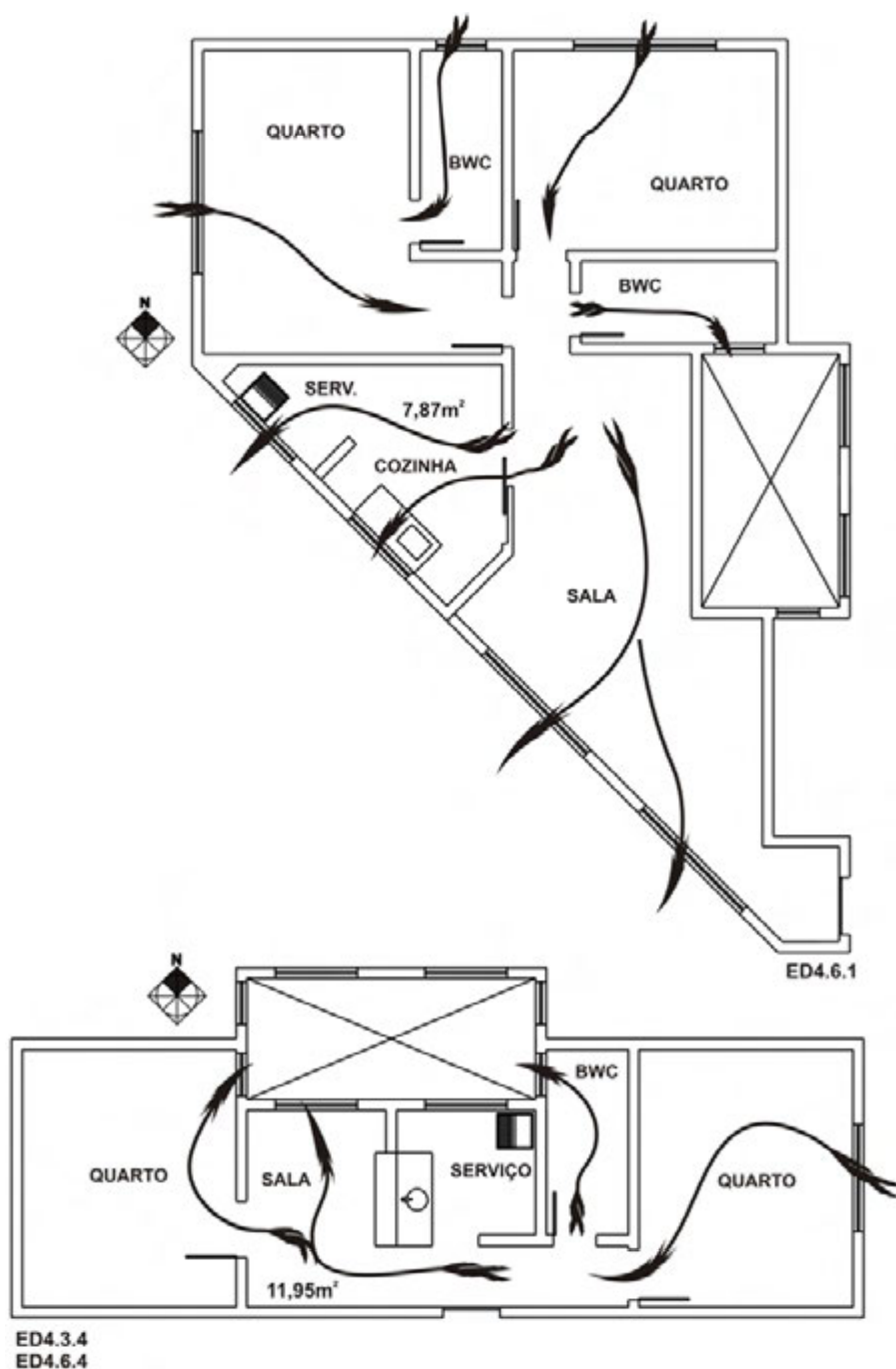


Figura 53: Croqui dos fluxos de ar internos observados *in loco*, nas unidades autônomas ED4.3.4, ED4.6.1 e ED4.6.4 na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

No caso específico das unidades habitacionais identificadas por números de final 5, caso do apartamento ED5.5, a ventilação natural tem sentido de entrada do fluxo de ar. Em situação típica de utilização do setor de serviço, pode-se afirmar que os vapores e odores gerados serão conduzidos para os outros compartimentos e também, por infiltração, para os corredores de acesso às unidades.

Para que na unidade ED5.5.5 o fluxo da ventilação natural não fique comprometido, a porta de acesso ao sanitário precisa permanecer aberta, já que a janela desse compartimento encontra-se posicionada para um poço central de ventilação mas, apesar de subdimensionado, tem ventilação no sentido de saída do fluxo de ar (exaustão). Das unidades analisadas, apenas os apartamentos ED5.5.3 (nascente) e ED5.6.7 (poente) possuem janelas expostas à radiação solar direta, correspondentes aos sistemas de abertura de áreas de serviço e sanitários que, apesar dos possíveis inconvenientes gerados pela orientação, são compartimentos de permanência provisória.

Em termos dimensionais, os setores de serviço estão em conformidade com as exigências do código de obras municipal, para área mínima do compartimento e altura do pé-direito. A figura 55 mostra o fluxo de ar observado bem como as inter-relações entre os diversos setores que compõem as unidades visitadas durante o levantamento d

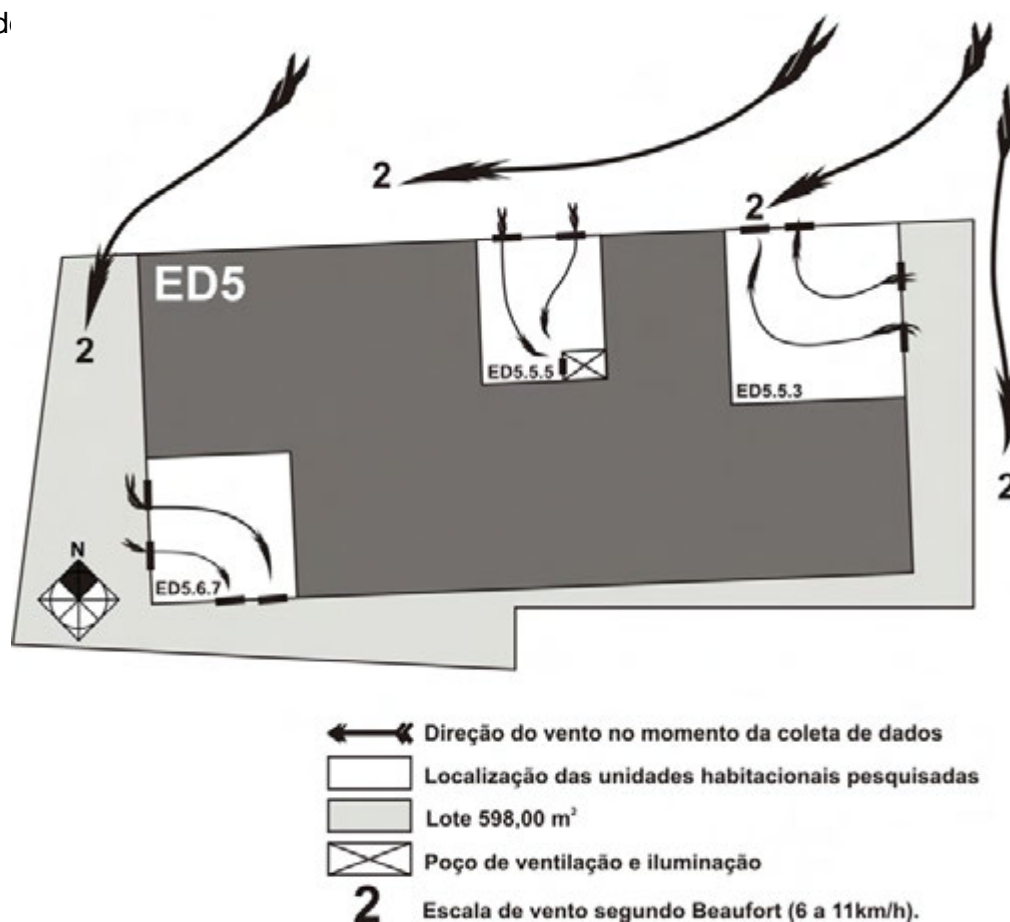


Figura 54: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED5, em relação à direção predominante do vento.

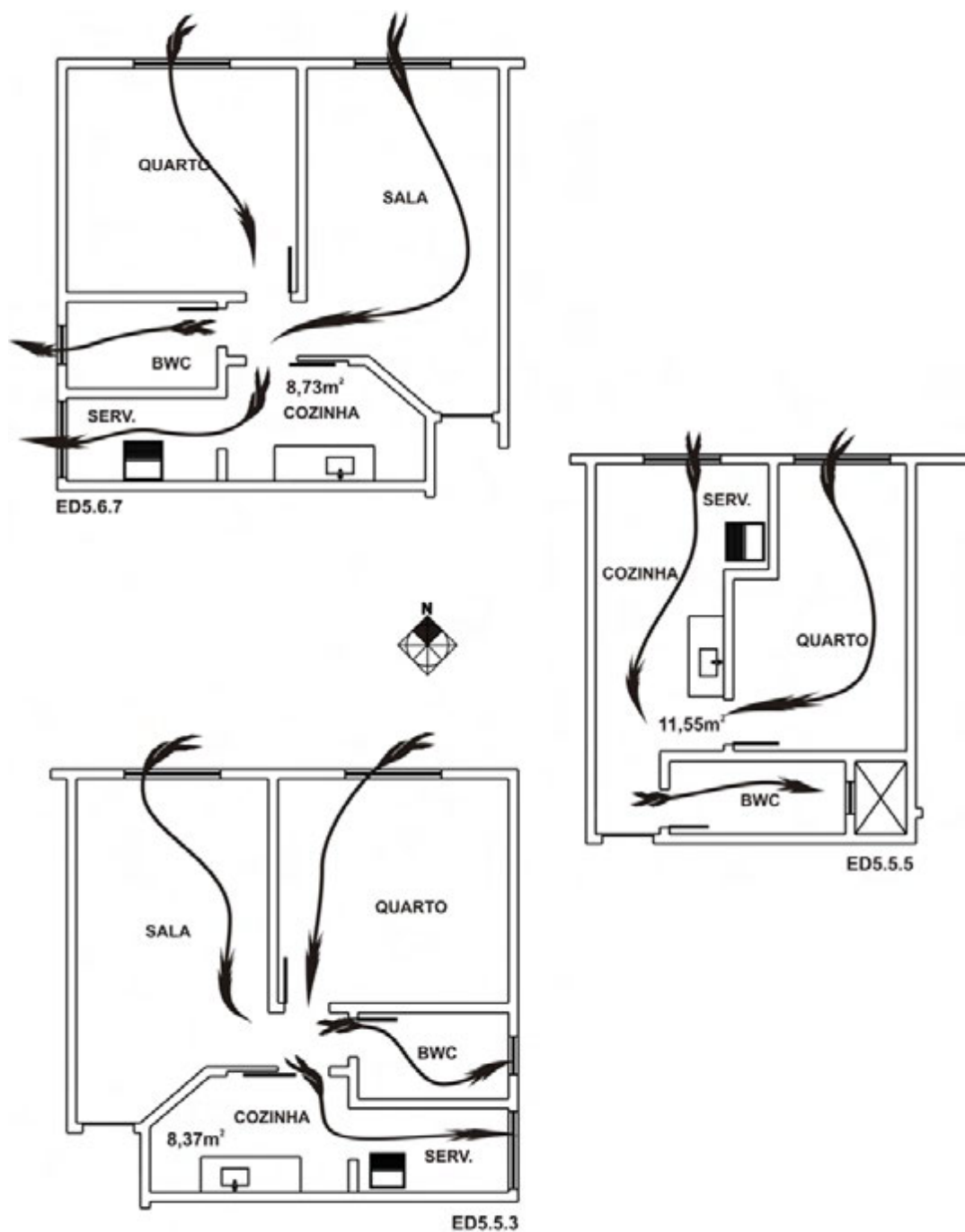


Figura 55: Croqui dos fluxos de ar interno, observados *in loco*, nas unidades habitacionais ED5.5.3, ED5.5.5 e ED5.6.7, na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

4.2.1.6 Unidades habitacionais da ED6

As unidades habitacionais da edificação ED6 se caracterizam por tipologias construtivas bastante variadas, com apartamentos de um, dois e três quartos, todas as unidades possuindo setor de serviço passível de isolamento físico.

A figura 56 mostra o posicionamento das unidades autônomas em relação ao vento predominante e à movimentação interna do fluxo de ar.

Como se pode ver na figura 56, todas as unidades habitacionais possuem janelas posicionadas na envoltória externa da edificação, não dispondo de poços centrais para ventilação e iluminação. A circulação comum de acesso aos apartamentos, apesar de centralizada no arranjo físico do pavimento, possui janelas que permitem a ventilação natural direta e iluminação diurna.

Das três unidades autônomas visitadas, duas (ED6.4.1 e ED6.4.5) apresentaram a possibilidade de ventilação cruzada nos compartimentos internos, pois dispõem de janelas voltadas para duas orientações. Cabe ressaltar que a ventilação cruzada observada deveu-se a permanência de portas internas e janelas abertas, ou seja, na condição de máxima ventilação. Portanto, a inter-relação entre os setores é de fundamental importância para o bom desempenho da ventilação natural.

A unidade ED6.10.3 se caracterizou por uma movimentação do fluxo de ar no sentido unilateral, pois devido ao arranjo físico do pavimento, o posicionamento de janelas deu-se apenas para uma orientação. Todas as janelas dessa unidade autônoma estão orientadas para oeste, caracterizando-se por exposição à radiação solar direta durante longo período do dia. Essa exposição, associada a uma ventilação natural deficiente, tende a promover incrementos na temperatura ambiente interna, gerando ambientes termicamente desconfortáveis, principalmente nas estações mais quentes do ano.

Apenas o setor de serviço da unidade autônoma ED6.4.1 apresentou o fluxo de ar no sentido de exaustão (saída). Para os demais setores foi verificado que o sentido de movimentação do fluxo de ar pode conduzir odores e vapores da cozinha para os outros compartimentos.

Esse inconveniente pode ser minimizado com o isolamento do setor de serviço, por meio do fechamento da porta de acesso. Porém, considerando-se que se trata de um compartimento para permanência prolongada, a realização das tarefas, principalmente no verão, pode representar desconforto térmico para o usuário.

Em termos de dimensões, o setor de serviço nas unidades habitacionais de ED6 atende às exigências do código de obras, com relação à área mínima do compartimento e altura do pé-direito.

A figura 57 apresenta o arranjo interno das unidades habitacionais visitadas e o

fluxo de ventilação natural interno, considerando a máxima inter-relação entre os setores, ou seja, quando todas as portas internas permanecem abertas para a livre circulação de ar.

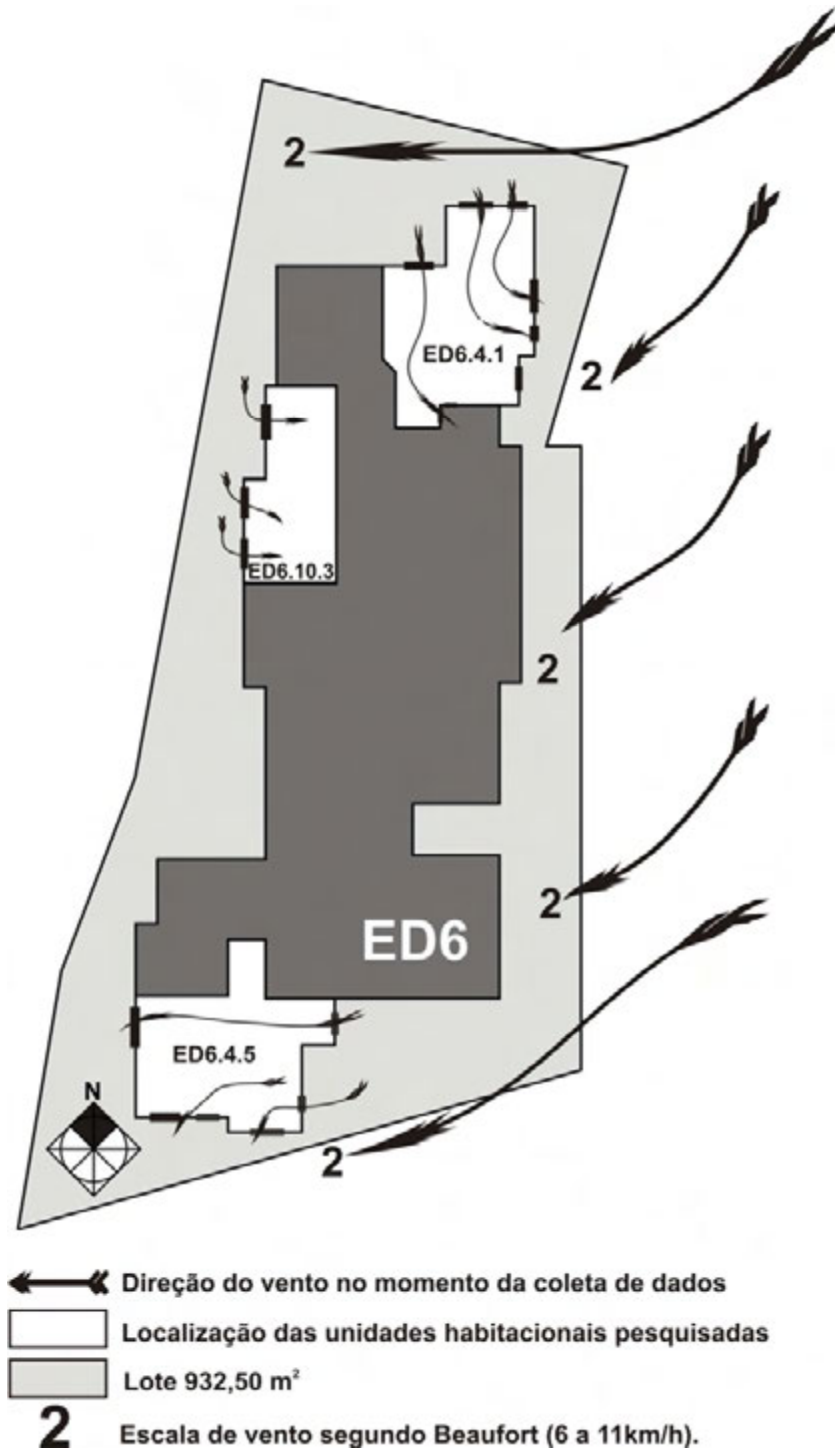


Figura 56: Croqui de localização das unidades autônomas pesquisadas na edificação ED6, em relação à direção predominante do vento.

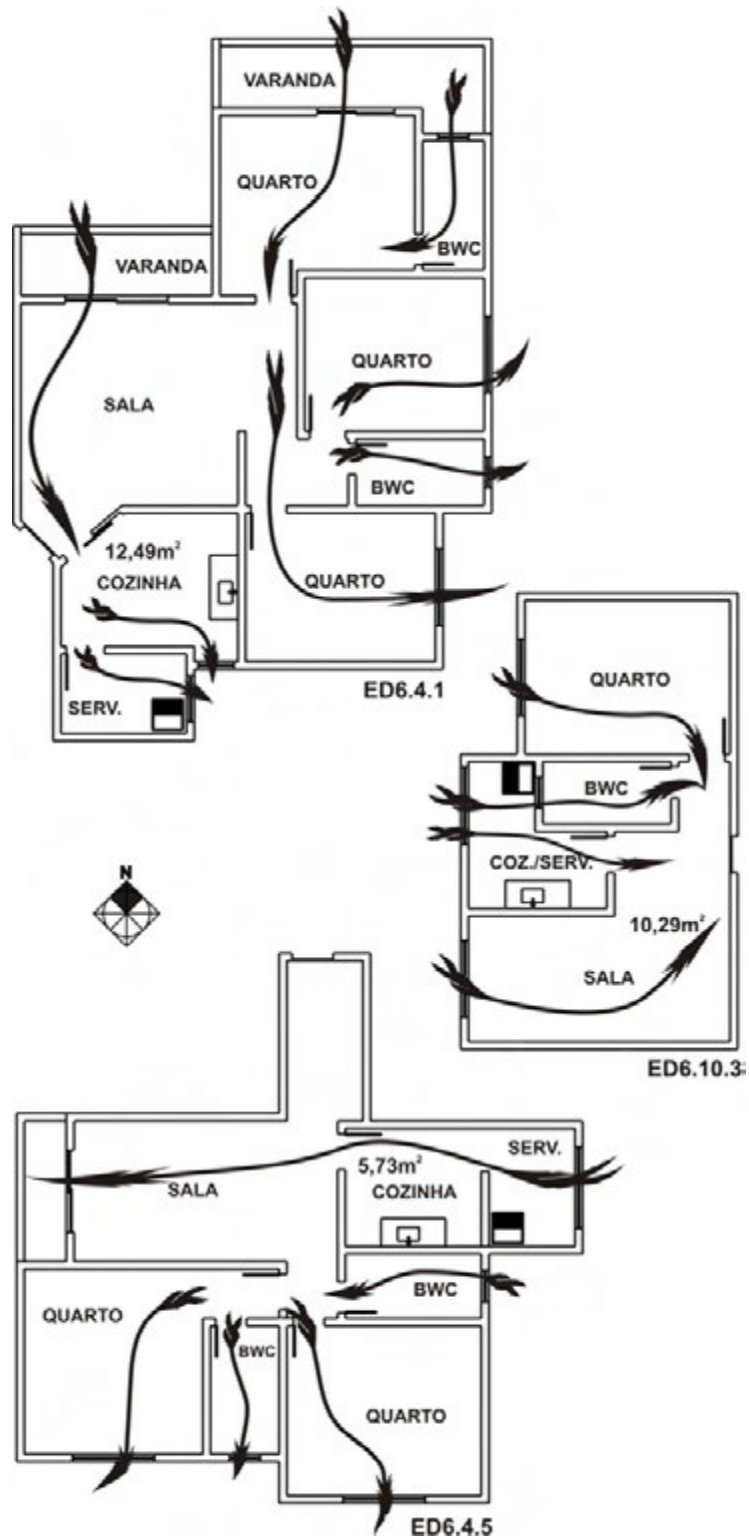


Figura 57: Croqui dos fluxos de ar internos observados nas unidades autônomas ED6.4.1, ED6.4.5 e ED6.10.3, na condição de máxima de ventilação natural (portas e janelas abertas).

4.3. Variáveis analisadas na escala do objeto

4.3.1 Análise dimensional

Na região central de Viçosa-MG, com os critérios existentes no atual código de obras municipal para dimensionar aberturas, muitas unidades habitacionais não atendem aos requisitos desejáveis de qualidade para o aproveitamento do potencial de ventilação natural, ao que se associam altos índices de ocupação do solo, verticalização, aumentos do preço do metro quadrado construído e redução das áreas dos compartimentos de serviço. Esse conjunto de fatores gera implicações de caráter ambiental como o aumento no consumo de energia elétrica pela utilização de sistemas ativos de condicionamento térmico, quando de caráter humano, que dizem respeito às exigências de habitabilidade dos usuários.

Adotou-se, para análise dimensional dos sistemas de abertura encontrados nas unidades habitacionais pesquisadas, o critério da divisão dos setores de serviço de acordo com as características tipológicas do arranjo físico (integrados ou isolados).

Devido à impossibilidade de estabelecer limites físicos aos setores de serviço com tipologia de planta integrada, a área total do compartimento utilizada como base para as análises é a soma das áreas do setor social, de serviço e dos corredores de acesso aos compartimentos.

Da mesma forma, para análise dimensional do sistema de abertura, as áreas totais e efetivas de ventilação das janelas é a soma de todas as janelas presentes nesses ambientes (Figura 58).

Para o setor de serviço passível de isolamento físico, apenas as áreas da cozinha e da área de serviço foram consideradas para análise dimensional do compartimento, assim como para considerações sobre o dimensionamento do sistema de abertura foi analisada a área da janela responsável apenas pela ventilação desses compartimentos (Figura 59).

A Tabela 32 resume as características quantitativas, medidas *in loco*, em termos de áreas do setor de serviço e dos sistemas de abertura, para as condições de setores de serviço integrados. Nos dados apresentados na Tabela 32 é possível constatar que das 15 unidades habitacionais com arranjo físico integrado do setor de serviço, 12 apresentaram dimensionamento de áreas inferiores aos exigidos pelo código de obras e pela NBR 12220-3:05.

Dessas 12 unidades, nove possuem janelas do setor de serviço orientadas para poços centrais de ventilação/iluminação que, de acordo com as dimensões medidas *in loco*, estão com áreas igualmente subdimensionadas, quando comparadas às exigências do código de obras municipal, em termos de área mínima.

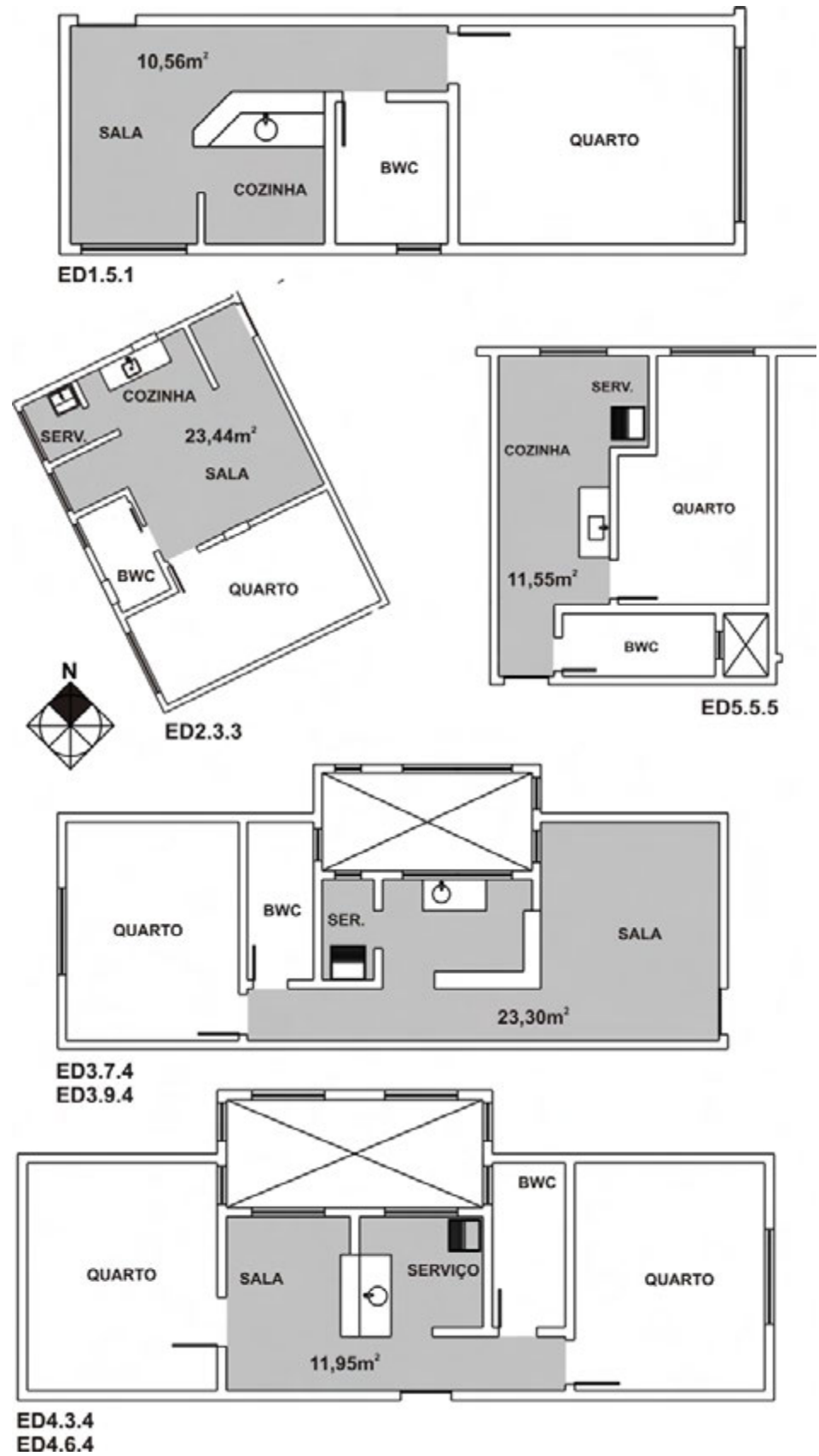


Figura 58: Amostra de croquis, de setores de serviço, com arranjo físico integrado das unidades habitacionais analisadas.

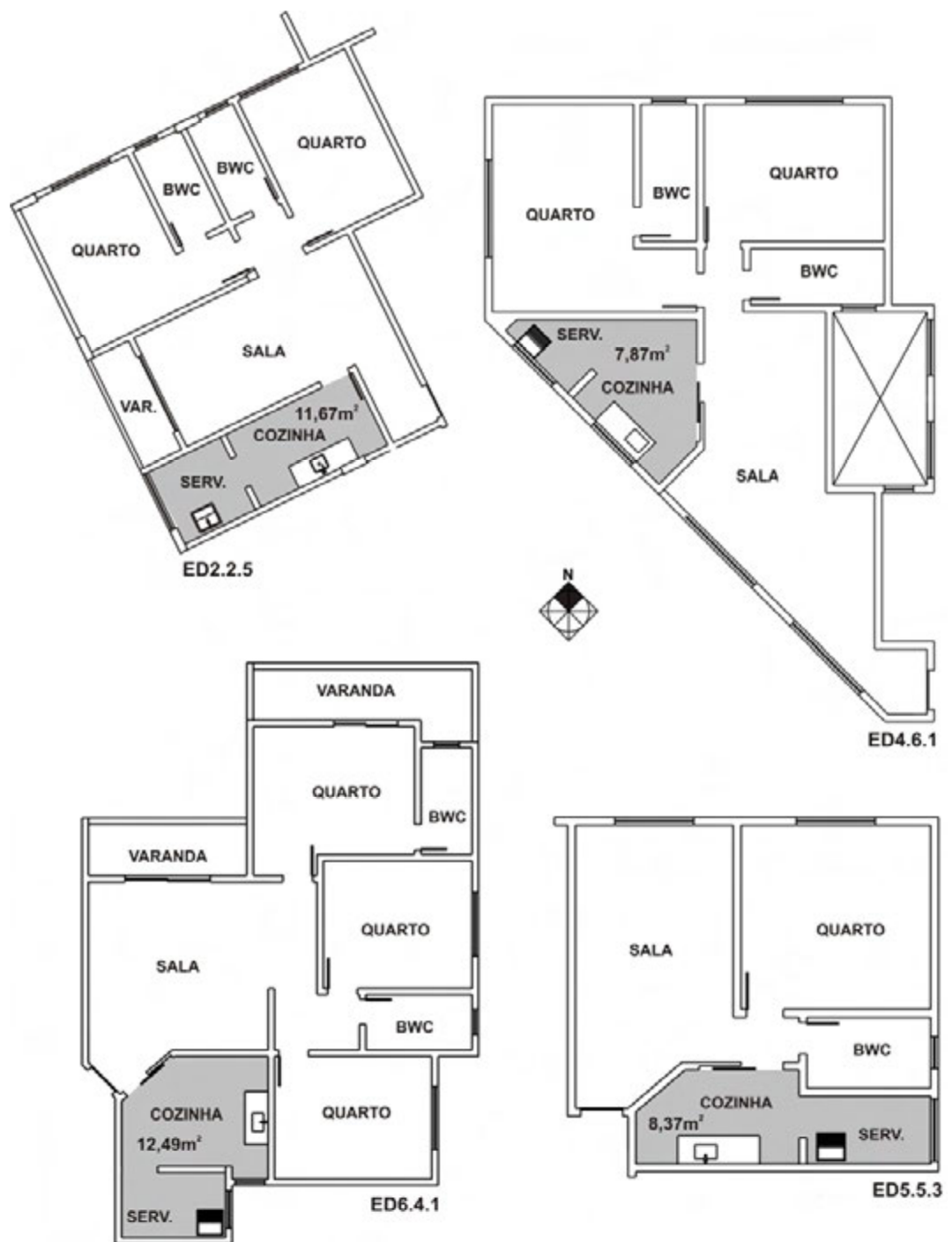


Figura 59: Amostra de croquis, de setores de serviço, com arranjo físico isolado das unidades habitacionais analisadas.

Tabela 32: Características quantitativas medidas *in loco*, em termos de área dos setores de serviço e dos sistemas de abertura, para a condição de setores de serviço com arranjo físico integrado.

COD. ^a	TIPO ^b	A.T.C ^c (m ²)	A.T.J ^d (m ²)	A.E.V ^e (m ²)	P.A.J ^f (%)	A.M.J ^g (m ²)	I.A.J ^h (m)
ED1.3.7*	1Qf	11,40	1,06	0,89	9,29	1,90	1,71 ≤ A ≤ 2,85
ED1.4.6*		11,62	0,52	0,39	4,47	1,93	1,74 ≤ A ≤ 2,90
ED1.5.1	1Q	10,56	1,81	0,58	17,14	1,76	1,58 ≤ A ≤ 2,64
ED1.8.7*	1Qf	11,40	1,06	0,89	9,29	1,90	1,71 ≤ A ≤ 2,85
ED1.10.8*							
ED2.3.3	1Q	23,44	2,92	1,55	12,45	3,90	3,51 ≤ A ≤ 5,86
ED2.4.6							
ED3.7.4*	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	3,88	3,49 ≤ A ≤ 5,82
ED3.9.4*							
ED3.8.10*							
ED3.11.10*							
ED3.12.11*							
ED4.3.4	2Qf	11,95	2,18	0,78	18,24	1,99	1,79 ≤ A ≤ 2,98
ED4.6.4							
ED5.5.5*	1Q	11,55	1,32	0,40	11,42	1,92	1,73 ≤ A ≤ 2,88

- a) COD: identificação numérica da unidade habitacional visitada, de acordo com o código da edificação;
- b) TIPO: tipologia construtiva da unidade autônoma em termos de número de dormitórios e de orientação de janelas para poços centrais de ventilação e iluminação (f);
- c) A.T.C: área total do compartimento (m²) a ser ventilado, incluindo os setores social e de serviço, e os corredores de acesso;
- d) A.T.J: área total da janela (m²), incluindo o somatório das partes móveis e fixas de todas as janelas existentes na área a ser ventilada;
- e) A.E.V: área efetiva de ventilação (m²), considerando, no somatório, as partes permeáveis a ventilação (partes móveis);
- f) P.A.J: porcentagem da área da janela (%) em relação à área do piso;
- g) A.M.J: área mínima para janelas (m²) exigida pelo código de obras municipal para compartimentos de permanência prolongada, considerando a relação de 1/6 da área do piso;
- h) I.A.J: intervalo de área mínima ventilável para janelas (m²), considerando as diretrizes da NBR 15220-3:05, para a cidade de Viçosa-MG (entre 15% e 25% da área do piso).

* Unidades habitacionais com área de janelas subdimensionadas, em relação ao código de obras municipal e a orientações da NBR 15220-3_05.

A constatação de subdimensionamento da área para aberturas do setor de serviço integrado também está vinculada à tipologia das unidades habitacionais, ou seja, das nove unidades que apresentaram janelas com área inferior à exigida pela normalização e legislação, oito são de apartamentos de um quarto.

Tais constatações levam a crer que as unidades habitacionais com menor número de compartimentos, e conseqüentemente menor número de sistemas de abertura, apresentam permeabilidade insuficiente ao fluxo de ar, pela inadequação dimensional de suas janelas e poços de ventilação.

A Tabela 33 mostra as características quantitativas medidas *in loco*, em termos de áreas dos setores de serviço e dos sistemas de abertura, para as condições de setores de serviço isolados.

Tabela 33: Características quantitativas medidas *in loco*, em termos de área dos setores de serviço e dos sistemas de abertura, para a condição de setores de serviço com arranjo físico isolado.

COD^a	TIPO^b	A.T.C^c (m²)	A.T.J^d (m²)	A.E.V^e (m²)	P.A.J^f (%)	A.M.J^g (m²)	A.J^h (m)
ED2.2.5*	2Q	11,67	1,66	0,91	14,22	1,94	1,75 ≤ A ≤ 2,91
ED2.3.7	2Q	11,03	2,64	1,16	23,93	1,83	1,65 ≤ A ≤ 2,75
ED2.5.2*	2Q	10,56	1,66	0,91	15,72	1,76	1,68 ≤ A ≤ 2,64
ED4.6.1*	2Q	7,87	1,09	0,47	13,85	1,31	1,18 ≤ A ≤ 1,96
ED5.5.3*	1Q	8,37	1,32	0,41	15,77	1,45	1,35 ≤ A ≤ 2,18
ED5.6.7*	1Q	8,37	1,32	0,41	15,12	1,45	1,35 ≤ A ≤ 2,18
ED6.4.1*	3Q	12,49	1,51	0,60	12,08	2,08	1,87 ≤ A ≤ 3,12
ED6.4.5	2Q	10,29	1,76	0,81	17,10	1,71	1,54 ≤ A ≤ 2,57
ED6.10.3	1Q	5,73	1,76	0,81	30,71	0,95	0,85 ≤ A ≤ 1,43

- a) COD.: identificação numérica da unidade habitacional visitada de acordo com a código da edificação;
- b) TIPO: tipologia construtiva da unidade autônoma, em termos de número de dormitórios;
- c) A.T.C: área total do setor de serviço (m²), a área da cozinha e a área de serviço;
- d) A.T.J: área total da janela (m²), incluindo partes móveis e partes fixas instaladas no setor de serviço e considerando o número total de aberturas existentes;
- e) A.E.V: área efetiva de ventilação (m²), considerando, no somatório, as partes permeáveis a ventilação (partes móveis);
- f) P.A.J: porcentagem da área da janela (%) em relação a área do piso;
- g) A.M.J: área mínima para janelas (m²) exigida pelo código de obras municipal para compartimentos de permanência prolongada, considerando a relação de 1/6 da área do piso;
- h) I.A.J: intervalo de área mínima ventilável para janelas (m²), considerando as diretrizes da NBR 15220-3:05, para a cidade de Viçosa-MG (entre 15% e 25% da área do piso);

* Unidades habitacionais com área de janelas subdimensionadas, em relação ao código de obras municipal e às diretrizes da NBR 15220-3_05.

A Tabela 33 mostra que mesmo as tipologias de apartamentos com setores de serviço isolados e, portanto, privilegiados por janelas exclusivas ao compartimento, posicionadas em fachadas externas e áreas de piso maiores, os sistemas de abertura também se configuraram por áreas subdimensionadas.

Das nove unidades autônomas, com setores de serviço isolados, seis apresentaram área da janela inferior às exigidas pelo código de obras e pelas diretrizes da NBR 15220-3:05, mesmo tratando-se de apartamentos com maior número de compartimentos (2 e 3 quartos).

De acordo com o código de obras (Lei 1633/2004, Art. 98), 50% da área exigida para janela devem ser livres para ventilação, bem como a janela não pode apresentar área total inferior a 0,70m². Contudo, os cálculos mostram que algumas unidades habitacionais estão em desacordo com a legislação.

4.3.2 Análise descritiva das janelas do setor de serviço

A análise da tipologia dos sistemas de abertura destinados aos setores de serviço das 24 unidades habitacionais visitadas aponta uma variedade de modelos de janelas utilizados. Cada tipologia apresenta comportamento diferenciado em termos de passagem do fluxo de ar, sendo que todos os modelos apresentam redução significativa da área total da janela para a área efetiva de ventilação (Tabelas 34 e 35).

Ressalta-se que, se a análise dimensional para área da janela considerasse a área efetiva para ventilação no cálculo da área mínima de janelas, ou seja, o somatório das partes permeáveis à ventilação (partes móveis), todas as unidades habitacionais visitadas descumprem as exigências legais e normativas.

Os dados referentes à tipologia das janelas permitem dizer que as tipologias que propiciam o controle do fluxo e da intensidade do ar são as mais indicadas, como por exemplo as janelas de correr com bascula, para as condições climáticas de Viçosa. No caso das janelas destinadas ao setor de serviço, em especial as cozinhas, onde a presença de fontes de calor oriundas dos diversos equipamentos (fogão, geladeira, e outros), bem como a realização de tarefas específicas, por tempos prolongados¹²⁴, a existência de janelas e portas que permitam o controle do fluxo e da intensidade das correntes de ar pode prevenir incômodos oriundos das altas velocidades de ar (por exemplo, apagar a chama do fogão).

A Tabela 34 mostra a tipologia das janelas encontradas na pesquisa de campo, bem como a relação entre a área total da janela e a área efetiva para ventilação, nos setores de serviço com arranjo físico integrado.

De acordo com a observação dos resultados apresentados na Tabela 34, constata-se que a maioria dos sistemas de abertura possuem tipologias consideradas incompatíveis com as exigências de controle do fluxo e da intensidade do vento que penetra no ambiente. Isto se deve ao fato das janelas disporem de apenas duas situações de ventilação: efetiva ou inexistente, já que a maioria das tipologias utilizadas (máximo-ar, basculante e de correr) não possui recursos que propiciem maior diversidade para controle da intensidade e direcionamento do fluxo de ar (Figura 60).

Tabela 34: Tipologia e dimensões de janelas encontradas nos setores de serviço, com arranjo físico integrado.

COD.^a	TIPO^b	A.T.C^c (m²)	A.T.J^d (m²)	A.E.V^e (m²)	P.A.J^f (%)	TIPOLOGIA^g
ED1.3.7	1Qf	11,40	1,06	0,89	9,29	Máximo-ar
ED1. 4.6		11,62	0,52*	0,39*	4,47	Máximo-ar
ED1.5.1	1Q	10,56	1,81	0,58	17,14	Correr com bascula
ED1.8.7	1Qf	11,40	1,06	0,89	9,29	Máximo-ar

ED1.10.8	1Qf	11,40	1,06	0,89	9,29	Máximo-ar
ED2.3.3	1Q	23,44	2,92	1,55	12,45	Correr com báscula
ED2.4.6	1Q	23,44	2,92	1,55	12,45	Correr com báscula
ED3.7.4	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	Basculante
ED3.9.4	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	Basculante
ED3.8.10	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	Basculante
ED3.11.10	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	Basculante
ED3.12.11	1Qf	23,30	2,05	1,22	8,79	Basculante
ED4.3.4	2Qf	11,95	2,18	0,78	18,24	Correr
ED4.6.4	2Qf	11,95	2,18	0,78	18,24	Correr
ED5. 5.5	1Q	11,55	1,32	0,40*	11,42	Correr com báscula

- a) COD: identificao numérica da unidade habitacional visitada, de acordo com o código da edificao;
- b) TIPO: tipologia construtiva da unidade autônoma em termos de número de dormitórios e de orientao de janelas para poços centrais de ventilao e iluminao (f);
- c) A.T.C:rea total do compartimento (m²) a ser ventilado, incluindo os setores social e de serviço, e os corredores de acesso;
- d) A.T.J: rea total da janela (m²), incluindo o somatório das partes móveis e partes fixas de todas as janelas existentes na área a ser ventilada;
- e) A.E.V:rea efetiva de ventilao (m²), considerando, no somatório, as partes permeáveis a ventilao (partes móveis);
- f) P.A.J: porcentagem da área da janela (%) em relao a área do piso;
- g) TIPOLOGIA: identificao de janela, de acordo com o modelo de abrir das partes móveis;

* Destaque para área total da janela (m²) e a área efetiva de ventilao (m²) em desacordo com as exigências do código de obras.

A Tabela 35 mostra a tipologia de janelas encontradas na pesquisa de campo, bem como a relao entre a área total da janela e a área efetiva para ventilao nos setores de serviço com arranjo físico isolado. As análises dos resultados mostrados na tabela indicam que os setores de serviço isolados (diferentemente dos setores de serviço integrados) apresentaram a maioria das janelas com tipologias consideradas compatíveis com as exigências de controle do fluxo e intensidade do vento.

Isto se deve ao fato de as janelas possuirem recursos que propiciem maior diversidade no controle da intensidade e do direcionamento do fluxo de ar, já que a maioria das tipologias utilizadas se caracterizou por modelos de correr com báscula. Apesar de o modelo de correr com báscula ter apresentado área efetiva de ventilao inferior, se comparados com os modelos tipo máximo-ar, as especificaes dessa tipologia tendem a ser mais apropriadas para os setores de serviço, em virtude das possibilidades de ventilao higiênica. Isso se deve  presença da báscula, que permite, quando aberta, que a janela mantenha o fluxo de ar, independente de ser a poro inferior do sistema que esteja aberta (Figura 61).

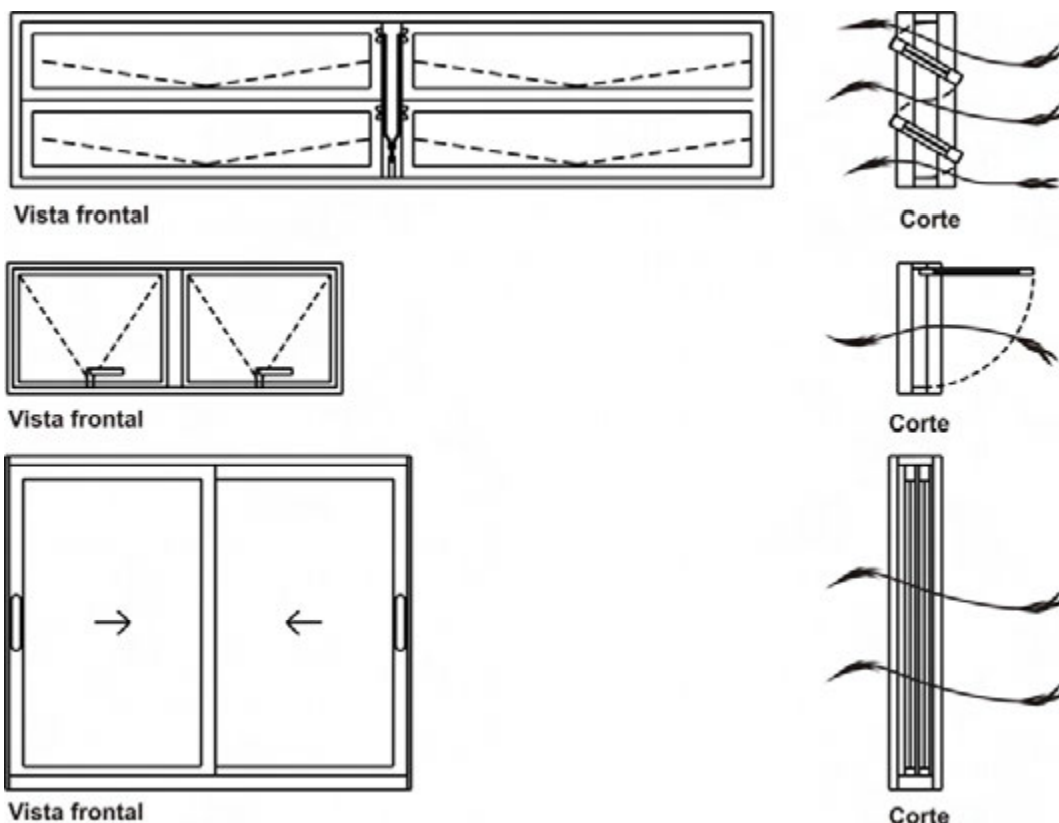


Figura 60: Amostras de tipologia de janela recorrentes nos setores de serviço com arranjo físico integrado, na condição de máxima ventilação do sistema.

No que se refere às portas de acesso aos setores de serviço (passíveis de isolamento), a totalidade é constituída por painel de madeira, cuja permeabilidade a ventilação, quando fechadas, é dada pela infiltração do ar pelas frestas no seu contorno (entre a porta e as paredes e entre a porta e o piso).

Em termos de ergonomia, a maioria das janelas apresentou altura de comandos considerada de difícil acesso. Na maioria dos casos os fechos estavam a uma altura média de 1,90m.

Porém, não se trata de único inconveniente, já que em alguns dos casos há existência de bancadas de trabalho (pia) à abaixo da janela, dificultando ainda mais, para o usuário, o acionamento dos comandos e conseqüentemente a manutenção e limpeza do sistema (Figura 63).

Tabela 35: Tipologia e dimensões de janelas encontradas nos setores de serviço, com arranjo físico isolado.

COD ^a	TIPO ^b	A.T.C ^c (m ²)	A.T.J ^d (m ²)	A.E.V ^e (m ²)	P.A.J ^f (%)	TIPOLOGIA ^g
ED2.2.5	2Q	11,67	1,66	0,91	14,22	Correr com bascula
ED2.3.7	2Q	11,03	2,64	1,16	23,93	Correr com bascula
ED2.5.2	2Q	10,56	1,66	0,91	15,72	Correr com bascula
ED4.6.1	2Q	7,87	1,09	0,47*	13,85	Correr
ED5.5.3	1Q	8,37	1,32	0,41*	15,77	Correr com bascula
ED5.6.7	1Q	8,73	1,32	0,41*	15,12	Correr com bascula
ED6.4.1	3Q	12,49	1,51	0,60	12,08	Correr com bascula
ED6.4.5	2Q	10,29	1,76	0,81	17,10	Correr com bascula
ED6.10.3	1Q	5,73	1,76	0,81	30,71	Correr com bascula

- a) COD.: identificação numérica da unidade habitacional visitada, de acordo com o código da edificação;
- b) TIPO: tipologia construtiva da unidade autônoma em termos de número de dormitórios;
- c) A.T.C: área total do setor de serviço (m²), a área da cozinha e a área de serviço;
- d) A.T.J: área total da janela (m²), incluindo partes móveis e partes fixas instaladas no setor de serviço, considerando o número total de aberturas existentes;
- e) A.E.V: área efetiva de ventilação (m²), considerando, no somatório, as partes permeáveis a ventilação (partes móveis);
- f) P.A.J: porcentagem da área da janela (%) em relação a área do piso;
- g) TIPOLOGIA: identificação de janela, de acordo com o modelo de abrir das pares móveis;

* Destaque para área total da janela (m²) e a área efetiva de ventilação (m²) em desacordo com as exigências do código de obras.

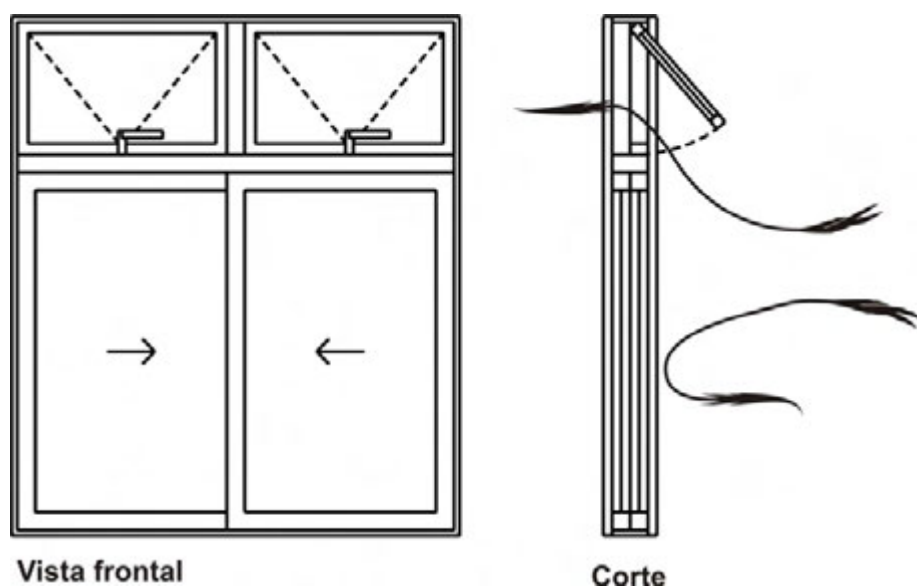


Figura 61: Amostra de tipologia de janela, recorrente nos setores de serviço com arranjo físico isolado, na condição de ventilação parcial do sistema (ventilação higiênica).

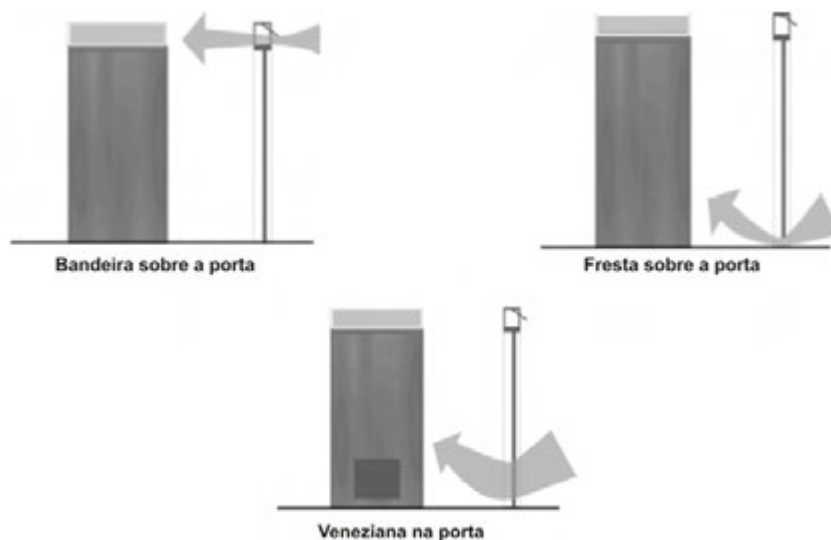


Figura 62: Sistemas internos de abertura (portas) com permeabilidade ao fluxo de ar.

As figuras 64 a 69 mostram croquis das tipologias de sistemas de janelas utilizadas nos setores de serviço pesquisados, incluindo vistas frontais e cortes, que permitem visualizar as partes móveis e fixas de cada sistema, bem como a altura dos fechos e comandos para funcionamento das janelas.



Figura 63: Amostra de setor de serviço da edificação ED3, com arranjo físico integrado, cuja bancada de trabalho (pia) instalada sob janela com peitoril alto, dificultando o acionamento dos comandos.

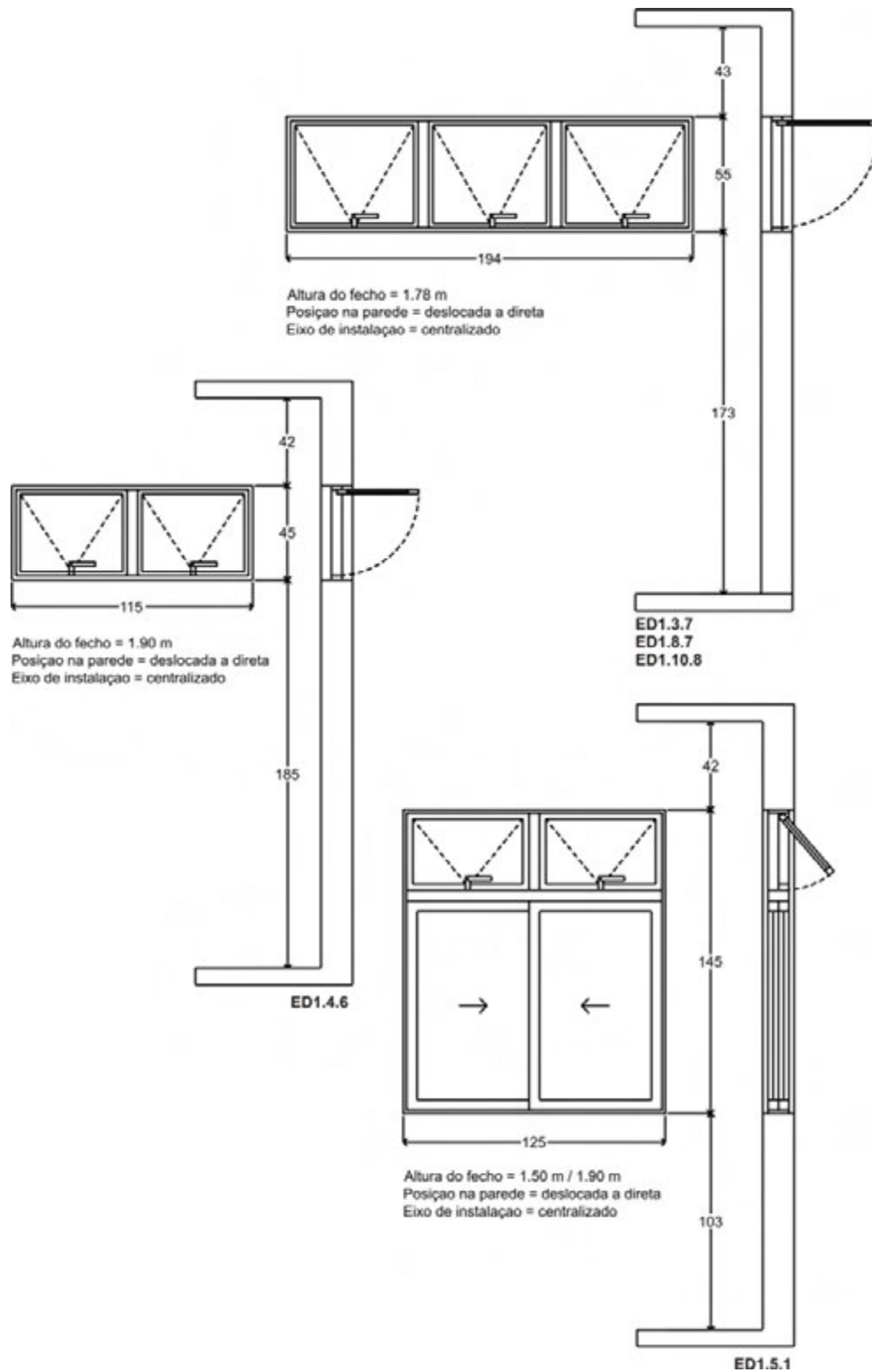


Figura 64: Croqui das tipologias de janelas dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED1.

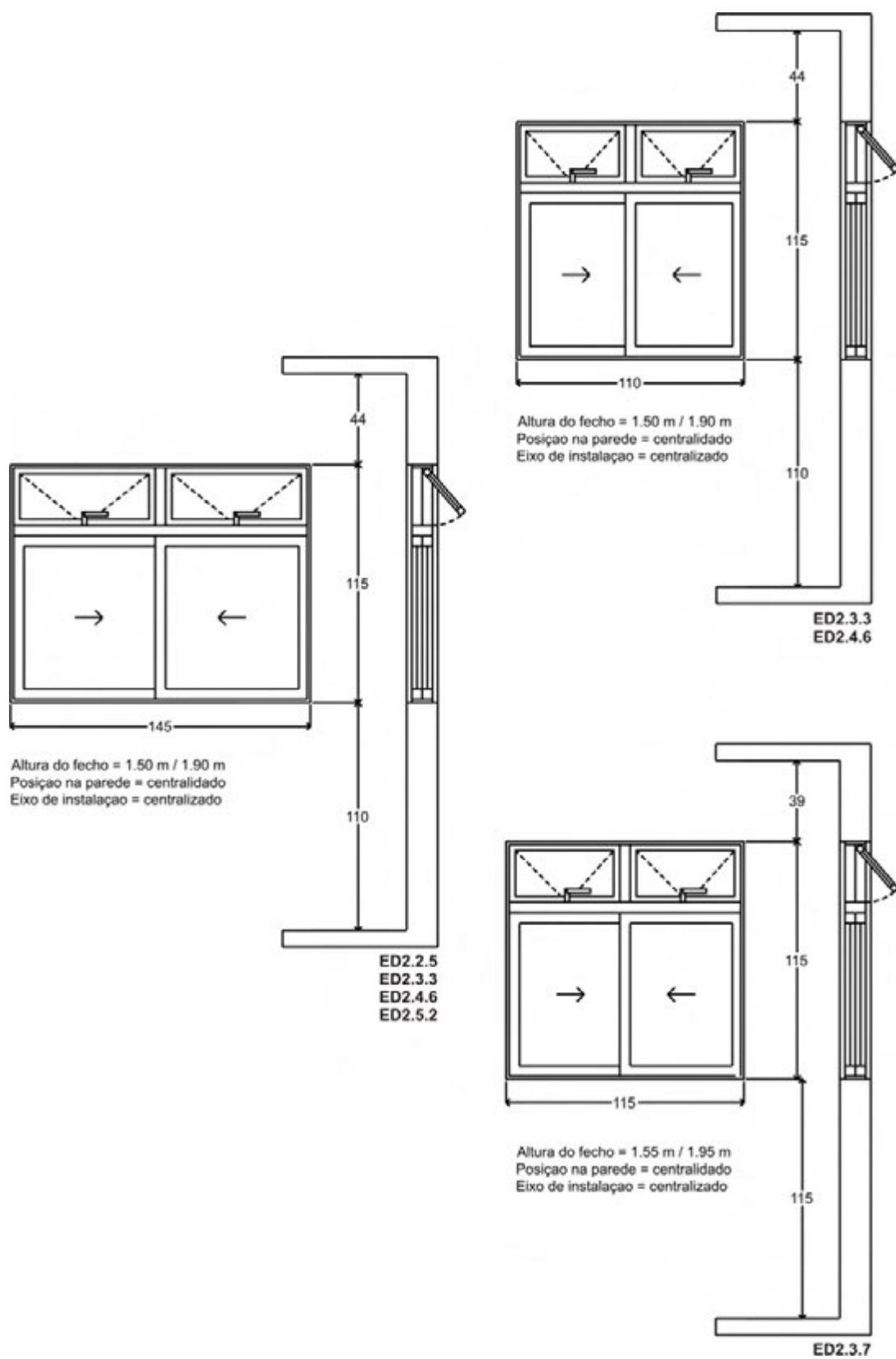


Figura 65: Croqui das tipologias de janelas dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED2.

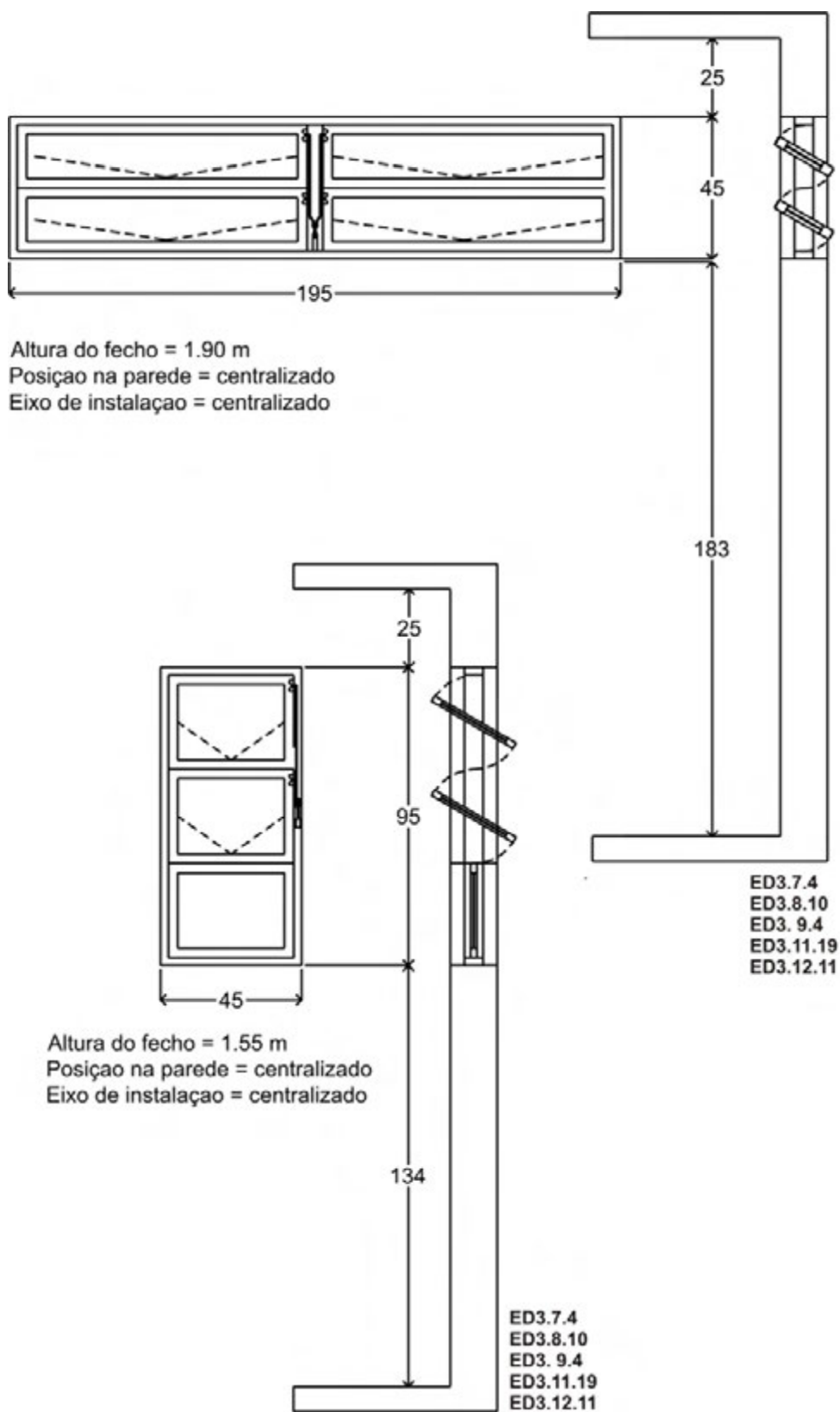


Figura 66: Croqui das tipologias de janelas dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED3.

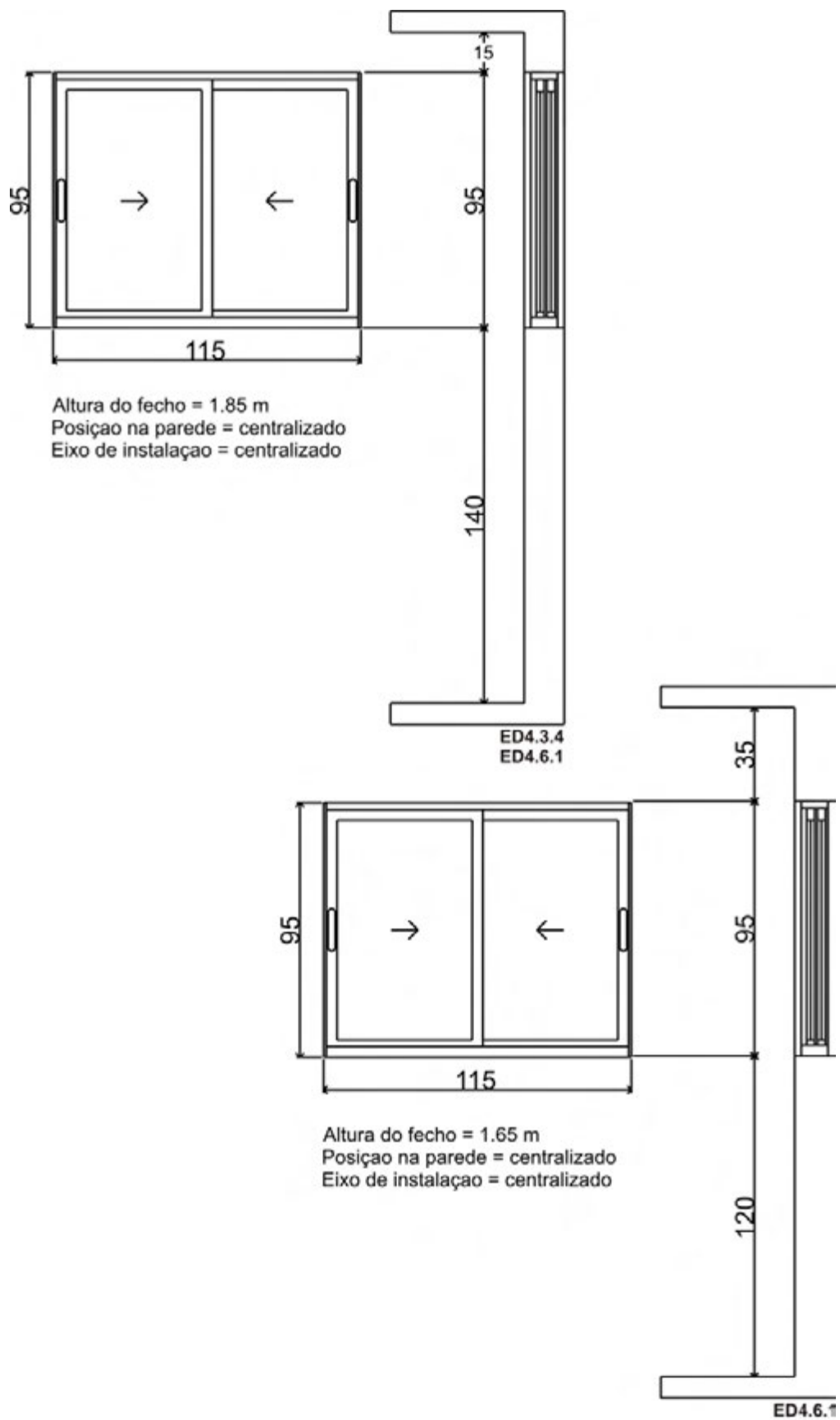


Figura 67: Croqui das tipologias de janelas, dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED4.

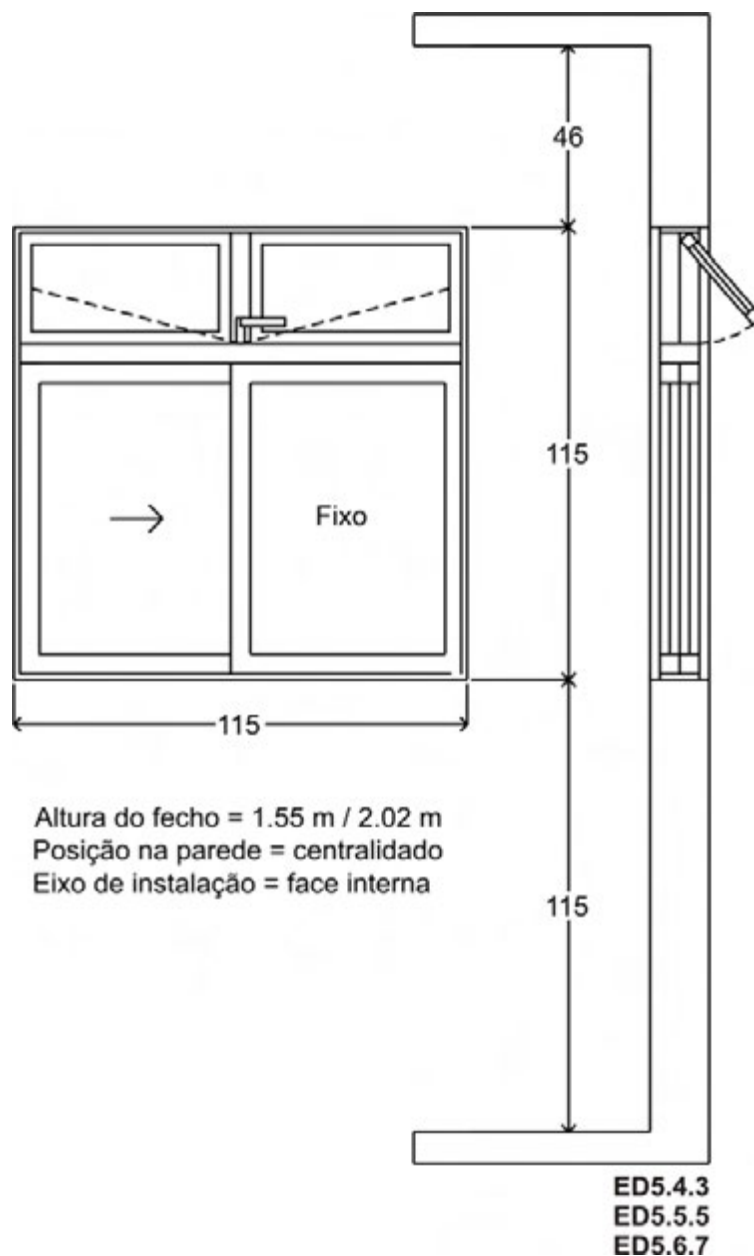


Figura 69: Croqui da tipologia de janela dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED5.

Os estudos sobre as diversas possibilidades de ventilação natural permitiram compreender melhor o fenômeno de deslocamento de ar através da edificação e a inter-relação entre o fluxo de ar interno e a disposição e tipologia das janelas. Também foi importante caracterizar os principais requisitos para o dimensionamento de janelas para compreender a relação entre esses componentes polifuncionais e a criação de ambientes com qualidade de vida e conforto em edificações.

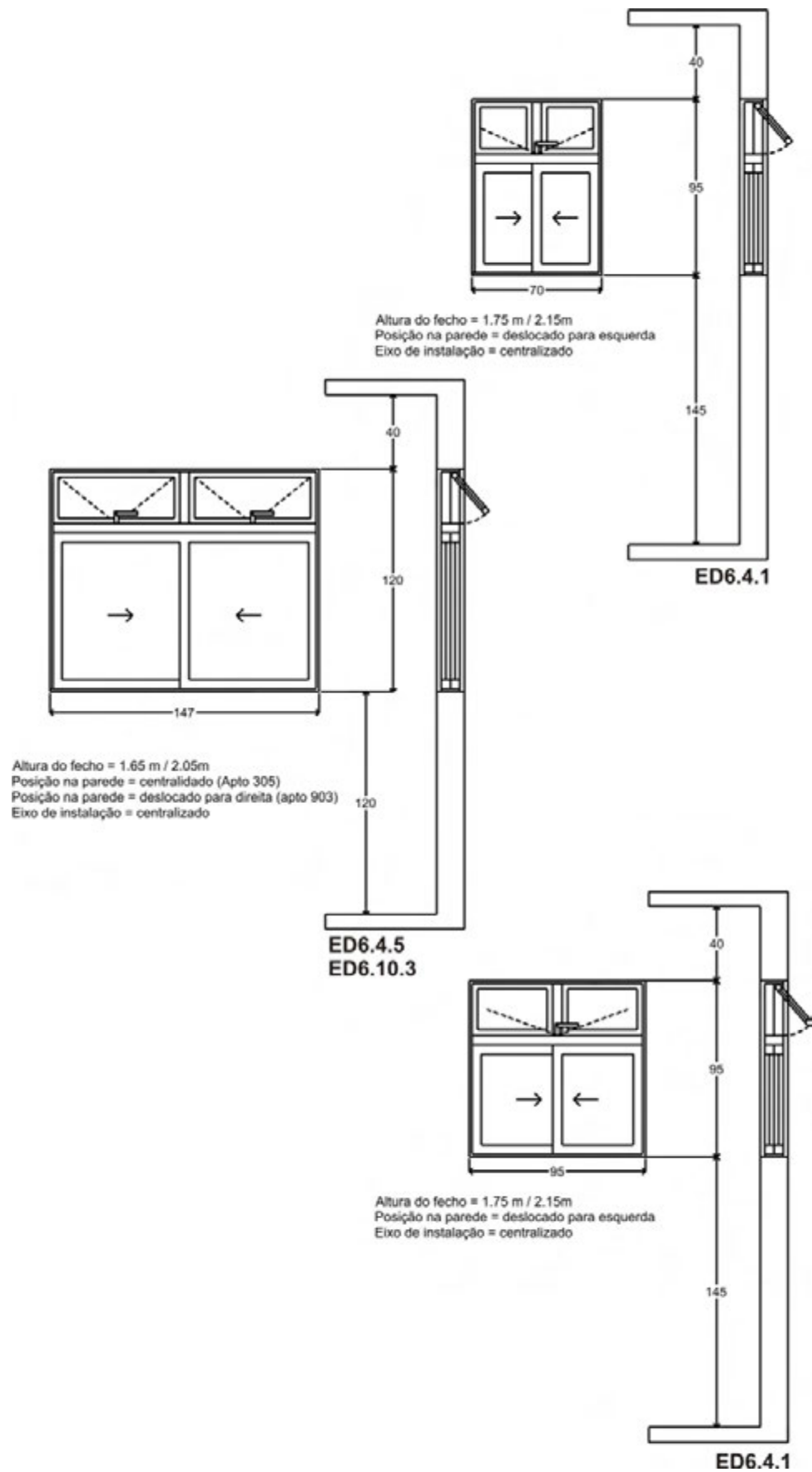


Figura 68: Croqui da tipologia de janela dos setores de serviço das unidades habitacionais da edificação ED6.

5. CONCLUSÕES

Conforme apresentado na primeira parte desta dissertação, o foco desta pesquisa foi a análise dos sistemas de abertura, em especial as janelas, enquanto sistemas fundamentais que interferem no comportamento do fluxo de ar interno de unidades habitacionais em edificações multipavimentos e no aproveitamento da ventilação natural para a criação de ambientes higrotermicamente confortáveis e saudáveis.

O estudo desenvolveu-se por meio da análise de seis edificações localizadas na região central de Viçosa nas quais foram analisados qualitativamente aspectos tipológicos de janelas em unidades habitacionais, em especial aquelas instaladas no setor de serviço dessas unidades, de forma a compreender que de maneira as características geométrico-funcionais e físicas das janelas influenciam no fluxo de ar interno. Verificou-se também, de que forma as exigências do código de obras municipal e as orientação da NBR 15220-3:05 são consideradas para no dimensionamento das janelas a fim de propiciar condições efetivas para o aproveitamento da ventilação natural

A pesquisa realizada em três escalas de levantamento (edificação, da unidade autônoma e das janelas do setor de serviço), baseada na coleta de dados com análise de seis edificações de múltiplos andares e a 24 unidades habitacionais sugerem a necessidade de soluções para o desenvolvimento de projetos de empreendimentos de caráter residencial pautadas em critérios técnicos e não meramente econômicos.

Desta forma pode-se afirmar que em termos de possibilidade efetiva de aproveitamento da ventilação natural, verificou-se que na escala da edificação, as restrições impostas pela implantação dos empreendimentos em áreas urbanas, em especial pelas características do entorno imediato, normalmente adensado e verticalizado, tem se tornado uma dificuldade a ser vencida pelos projetistas, sobretudo para o aproveitamento das condicionantes naturais.

Associa-se a esse pensamento, a realidade construtiva da máxima utilização da área do lote, que surge em virtude dos altos preços praticados, que acabam por gerar arranjos físicos com grande número de unidades habitacionais por pavimento. A grande massa edificada dificulta a permeabilidade das correntes naturais de ventilação, criando habitações, muitas vezes, deficientes do ponto de vista da qualidade do ar interno e do conforto térmico.

As observações realizadas durante a pesquisa de campo levam a crer na possibilidade de vencer esse desafio o qual permita o maior aproveitamento da ventilação natural em unidades habitacionais de edificações de múltiplos pavimentos, pois segundo os resultados das análises, a região central de Viçosa (MG) dispõe de condições efetivas para o aproveitamento da ventilação natural, nos projetos de habitações multifamiliares verticalizadas e na criação de ambientes internos confortáveis e saudáveis.

Mesmo considerando os atuais níveis de adensamento, constatou-se que a permeabilidade da malha urbana criada a partir das exigências do atual código de obras municipal, permite condições favoráveis à exposição das unidades habitacionais aos ventos predominantes. Em especial, a partir de três metros de altura, em média, quando apenas 60% do lote podem ser ocupados e criam-se afastamentos e condições para o aproveitamento da radiação solar direta, iluminação e ventilação naturais.

Quanto à permeabilidade interna à ventilação natural nas unidades habitacionais analisadas, as análises indicaram que para as unidades habitacionais disporem de um melhor aproveitamento da ventilação cruzada elas dependem da máxima inter-relação física entre os setores, ou seja, quando permanecem abertas as portas internas e janelas da envoltória. Contudo, a disposição do arranjo físico em planta, baseado no princípio da inter-relação harmônica dos ambientes, apontou limitações a essa integração devido às características das distintas atividades desenvolvidas, os requisitos específicos de ventilação de cada um e o fluxo de ar interno observado.

No setor de serviço, verificou-se que no caso especial das cozinhas de plantas integradas aos demais setores, acabam por se configurarem como ambientes com impacto negativo sobre a unidade habitacional, devido a geração de odores e vapores, produzidos durante a realização das tarefas, exigindo um maior controle da intensidade e do fluxo de ventilação que são diferentes dos exigidos pelo setor social a que estão diretamente associados.

O que se verifica é um desajuste entre arranjo físico integrado e fluxo de ar natural observado durante a coleta de dados. O simples isolamento do setor pode induzir a níveis inadequados de ventilação, pois das 24 unidades habitacionais

pesquisadas 14 que possuem setores de serviço integrados (compartilhamento físico e visual das atividades desenvolvidas) possuem número reduzido de janelas voltadas para o exterior e portanto, dependem das janelas localizadas no setor de serviço para manutenção da ventilação higiênica e de conforto.

A análise do fluxo de ar, no setor de serviço com característica física isolada dos demais, aponta para necessidade de utilização de sistemas artificiais para exaustão que auxiliem as correntes naturais na renovação do ar interno e na garantia de níveis adequados de qualidade do ar e conforto térmico, independente do dimensionamento dos sistemas de abertura.

O isolamento do setor de serviço feito por meio do fechamento das portas de acesso, implica em uma baixa renovação do ar em cozinhas e área de serviço, comprometendo a habitabilidade desses ambientes e o desenvolvimento das atividades nesse setor bem como a saúde dos usuários. Isso se deve a inexistência de sistemas alternativos de ventilação, seja eles artificiais ou naturais, e que dependem apenas da área efetiva de ventilação das janelas, quando abertas, para a presença de fluxo de ar.

Portanto, para aproveitamento mais eficiente das correntes naturais de ar em ambientes internos, a tipologia das portas encontradas nos setores de serviço atualmente pouco favorece a ventilação cruzada, o que indica a necessidade de projetos que apontem soluções que proporcionem maior permeabilidade ao ar. Para isso dispositivos como bandeiras móveis sobre as portas internas, venezianas internas e frestas sob as portas podem ser soluções para aumentar a permeabilidade interna dos ambientes, favorecendo a renovação de ar.

A adoção de práticas projetuais que utilizam o recurso da organização interna de compartimentos tendo o setor de serviço com características integradas e como ligação entre o setor social e íntimo, passa pela necessidade de satisfazer uma maior diversidade de organizações familiares, ou seja, baseiam-se no conceito de flexibilidade dos espaços. Contudo a adoção do conceito de flexibilidade dos espaços deve considerar a combinação de requisitos e critérios baseados em exigências ambientais, de conforto térmico, acústico e lumínico, aspectos relativos à abordagem ergonômica⁸⁸ do ambiente, criando arranjos físicos mais harmônicos nos quais possam ser controlados elementos limitadores como, por exemplo, o direcionamento equivocado do fluxo de ar.

Os resultados das análises referentes a configurações geométricas das janelas, em especial a avaliação dimensional (área) de janelas destinadas à ventilação dos setores de serviço (integrados ou isolados), indicou que das 24 unidades habitacionais visitadas 62,50% apresentaram áreas sub-dimensionadas. Esta constatação sugere um desacordo, entre a realidade construtiva e a de aprovação de

projetos pelos órgãos municipais responsáveis. Cabe ressaltar que se as análises dimensionais para área das janelas, considerassem a área efetiva para ventilação no cálculo da área mínima de janelas, ou seja, o somatório as partes permeáveis à ventilação (partes móveis), todas as unidades habitacionais visitadas estariam em desacordo com as exigências legais e normativas.

O processo para aprovação dos projetos requer uma série de documentos que o proprietário precisa submeter à Prefeitura Municipal e, entre eles, está o projeto arquitetônico com a dimensão de cada compartimento e a especificação de sistemas de abertura (portas e janelas) em conformidade com as exigências do artigo 98. Contudo, se para todas as edificações visitadas foi concedido o “*habite-se*” conclui-se que as visitas técnicas não realizam as vistorias para conferência da área das janelas, já que o sistema de aberturas utilizado difere do aprovado. Esta constatação representa a necessidade, por partes dos projetistas, em especificar as janelas não apenas considerando o cálculo que estabelece a relação da área total da janela *versus* área do piso⁸⁹ e sim, na área efetiva de ventilação que é relativa em cada tipologia.

Com base nos resultados da análise tipológica das janelas encontradas durante a pesquisa de campo pode-se afirmar que diferentemente dos setores de serviço possuem arranjo físico integrado ou isolado, os modelos para sistemas de abertura devem dispor de recursos que propiciem maior diversidade no controle da intensidade e do direcionamento do fluxo de ar.

Desta forma, o modelo de correr com bascula apesar de apresentar área efetiva de ventilação inferior se comparadas com os modelos tipo máximo-ar, tendem a ser o mais apropriado, para os setores de serviço, em virtude das possibilidades de um maior controle do fluxo de ventilação e a possibilidade do aproveitamento da ventilação higiênica por meio da bascula que permite, quando aberta, que a janela mantenha o fluxo de ar, independente da porção inferior do sistema esteja aberta.

No que se refere à utilização do recurso de poços centrais para ventilação e iluminação dos compartimentos, durante a pesquisa de campo pode-se verificar que, além de sub-dimensionados, os projetos para poços não consideraram critérios como: áreas para entrada e saída do fluxo de ar; altura, largura e profundidade (avaliação tridimensional do espaço); características do acabamento das superfícies, para que possam ser aproveitadas as componentes do céu e as refletidas do exterior no incremento da iluminação natural no interior dos compartimentos; tamanho, forma e posição das aberturas; tipo e o tempo de duração da atividade desenvolvidas nos compartimentos, e os efeitos psicológicos, pela inexistência de vista para o exterior, estéticos, entre outros.

5.1 Contribuições da pesquisa

A pesquisa aponta para a necessidade que os programas conceituais das edificações adotem, além dos tradicionais setores da casa brasileira (intimo, social/serviço), os critérios técnicos para satisfação das exigências de ventilação, iluminação e isolamento, específicas de casa um. O cumprimento da Lei 1633/2004 não é suficiente para o desenvolvimento de projeto de edificações eficientes do ponto de vista do aproveitamento da ventilação natural.

Torna-se necessário, incluir análises quantitativas e qualitativas, sendo elas:

- a estruturação do arranjo físico dos compartimentos, com vista a inter-relações que favoreçam a ventilação natural;
- a relação entre a área opaca e a área permeável da envoltória, incluindo na proposta, elementos formais que contribuam para a permeabilidade da massa edificada, que não apenas os sistemas de abertura;
- o dimensionamento das janelas, baseado na área efetiva de ventilação e na geometria dos compartimentos (altura, largura e profundidade);
- a escolha de tipologias de portas e janelas mais adequadas, em termos de direcionamento do fluxo de ar e das atividade desenvolvida nos compartimentos entre outros.

Do ponto de vista da especificação de janelas não basta simplesmente sugerir o aumento da área das janelas em fachadas externas já que estas podem ser responsáveis por ganhos ou perdas de calor em edificações (o que refletirá no consumo de energia elétrica para o condicionamento artificial dos compartimentos internos) mas sim é necessário que o projetista considere na especificação e dimensionamento de sistemas de abertura os seguintes fatores:

- para que a ventilação natural possa desempenhar as suas funções⁹⁰ os projetos de unidades habitacionais em edificações multifamiliares precisam considerar que a permeabilidade ao fluxo de ar não deve estar vinculada ao fato de que as esquadrias internas devam permanecer abertas. Isso representa limitações ao sistema de ventilação natural, pois muitas vezes, as portas internas ficam impossibilitadas de permanecerem abertas e conseqüentemente a ventilação fica comprometida e restringida a uma renovação parcial do ar;
- para um clima composto de quatro estações do ano bem definidas, com uma amplitude térmica média que pode chegar a 15°C, a especificação de janelas e portas para cidade de Viçosa (MG) devem propor tipologias que permitam o escoamento máximo ou reduzido do fluxo de ar, considerando situação de períodos frios e de períodos quente;

- o caso específico das portas internas as soluções podem ser variadas, desde uma bandeira móvel sobre uma porta, até o aumento do espaço entre a porta e o piso, denominado fresta da porta. Cada solução apresentará performance diferenciada e precisa ser avaliada pelo projetista;
- realizar diferenciações entre o projeto de janelas externas e internas que devem apresentar soluções tipológicas diferenciadas em termos de, escoamento do fluxo de ar (ventilação higiênica e ventilação de conforto), de modelos diferenciados de acordo com as condições de exposição aos ventos predominantes, de radiação solar direta e de altura do pavimento.
- exigir dos fabricantes o cumprimento das orientações da normalização vigente em especial a NBR 10821:00 e NBR 7199:89⁹¹ apresentando prescrições direcionadas para os fabricantes de esquadrias de alumínio;
- por fim, basear as especificações dos sistemas de abertura estando ciente das orientações da normalização que tratam do desempenho de sistemas construtivos como por exemplo: NBR 10152: 87, NBR 5413:92, NBR 15151:01, NBR 15220-3:05, NBR 15215-3:04 e a NBR 15575:08, assim como as orientações do plano de ação para eficiência energética em edificações (2003), do Programa Nacional de conservação de energia elétrica PROCEL, afim de contribuir para a construção de edificações mais eficientes energeticamente, por meio do aproveitamento de condicionantes naturais como a ventilação natural.

Contudo, o projetista precisa avaliar as vantagens de cada solução, associada aos reais benefícios gerados, relacionando a eles questões relativas ao isolamento acústico dos compartimentos, que, juntamente com a ventilação natural, é uma das questões mais importantes a serem discutidas em projetos de unidades habitacionais em edificações de múltiplos andares.

5.2 Recomendações para futuras pesquisas

Considerando que a pesquisa foi desenvolvida com base em coletas de dados em unidades habitacionais disponíveis para locação, sugere-se o desenvolvimento de estudos que relacionem o desempenho do ambiente construído (fatores térmicos, acústicos e lumínicos) e o comportamento do usuário frente à utilização dos setores de serviço (fatores ergonômicos e culturais) e a interação dos ocupantes com os sistemas de abertura.

Para o estudo específico de setores de serviço, além da funcionalidade e do dimensionamento dos espaços, torna-se importante avaliar a rotina dos usuários uma vez que, os hábitos podem interferir diretamente nas inter-relações entre os setores e consequentemente na permeabilidade da habitação a ventilação natural. Os

ocupantes das residências são os responsáveis pela abertura e fechamento das janelas e portas. O simples fato de abrir ou não uma janela pode estar associado a valores de ordem cultural, social e natural, já que existem diversas razões de caráter pessoal para se ventilar naturalmente, ou não, o interior de unidades habitacionais como por exemplo, manter a privacidade e a segurança ou arejar a casa durante a realização de atividades de limpeza doméstica.

No que se refere ao aproveitamento da ventilação natural por meio de sistemas de abertura, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas com base em análises quantitativas realizando medições e simulações para avaliar as taxas de infiltração, ou seja, de entrada do ar para o interior da edificação através de frestas que surgem entre a junção de paredes ou pisos com portas e janelas e, avaliar os benefícios da ventilação forçada (artificial) nos setores de serviço, em especial as cozinhas de apartamentos (ventiladores, insufladores e exaustores) bem como, do efeito chaminé nos casos de aberturas voltadas para poços de ventilação e iluminação.

Não vivemos mais no século XVIII período conhecido como revolução industrial, quando cortiços insalubres, representavam as soluções de moradia nos centros urbanos, tão pouco vivemos o esplendor dos quintais generosos dos sobrados urbanos coloniais e encontrar esse equilíbrio é o desafio.

O que se percebe de comum a essas distintas realidades é a oferta gratuita de elementos naturais, em especial os ventos predominantes e a radiação solar direta a diferença consiste em aproveitar os benefícios e controlar os fatores indesejáveis.

Cabe ao profissional da área de construção civil assumir o seu papel no desenvolvimento de habitações mais adaptadas as realidades ambientais e culturais da cidade onde atua, baseando suas especificações em requisitos e critérios de desempenho dos sistemas construtivos e não apenas em questões estéticas ou econômicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Níveis de ruído para conforto acústico** - NBR 10152. Rio de Janeiro. 1987.

____. **Caixilhos para edificações** - NBR 10821. Rio de Janeiro. 1988.

____ **Iluminância de interiores - NBR 5413**. Rio de Janeiro. 1992

____. **Acústica: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimentos - NBR 10151**. Rio de Janeiro. 2000.

____ **Iluminação natural - NBR 15215**. Rio de Janeiro. 2004.

____ **Desempenho Térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social - NBR 15220**. Rio de Janeiro. 2005.

____. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais - NBR15575**. Rio de Janeiro. 2008

ANDRADE, P. P. **Análise temporal da ilha de calor noturna, no município de Viçosa em situação sazonal de outono**. Disponível em www.infohab.com.br. Acesso em: 2009

BEYER, P. **Influência da área de janelas na avaliação térmica de prédios**. III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Gramado. 1995.

BRANDÃO, D. Q. & HEINECK, L. F. M. **Significado multidimensional e dinâmico do morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade na habitações sociais**. Revista on-line Ambiente Construído, Porto

- Alegre, v.3, n.4, p. 35/48, out./dez. 2003. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido>. Acesso em: 2009.
- BROWN, G. Z. Sol, **Vento & Luz – Estratégias para o projeto de arquitetura**; Tradução Alexandre Ferreira da Silva. Salvaterra – 2ª edição – Porto Alegre: Bookman. 2004.
- CARMO, A. T. & PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno**: Texto Técnico TT/PCC/23. Escola politécnica da USP. Departamento de Engenharia da Construção Civil. São Paulo, 1999. 35p.
- CERENTINI, M. E. P. **Avaliação das condições de conforto em edificações para uso residencial e comercial**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) Pontifica Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008. 86p.
- CUNHA, E. G. **Análise do desempenho dos poços de ventilação segundo o plano diretor de Pelotas- RS**. V Encontro nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza. 1999.
- CUNHA, E. G. **Permeabilidade da edificação a partir das esquadrias internas e sua verificação através do software ventil**. VI Encontro nacional e III encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro. São Paulo. 2001.
- DEGANI, C. M. & CARDOSO, F. F. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico**. In: NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. SP. 2002. Disponível em: <http://fcardoso.pcc.usp.br/Nutau%202002%20Degani%20Cardoso.pdf>. Acesso em: 2009.
- DUTRA, L. **Uma metodologia para determinação do fator solar desejável em aberturas**. Florianópolis, 1994. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- FARIA, M. M. **Análise perceptiva dos problemas urbanos do município de Viçosa (MG)**. 2008. Disponível em www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html. Acesso em: 2009.
- FERNANDEZ, J. A. C. G. **O Ciclo de vida familiar e a concepção de edifícios residenciais multifamiliares**. In: 5rd International Meeting, São Paulo. 2005.
- FERNANDEZ, J. A. C. G. **O Ciclo de vida familiar e a concepção projeto de empreendimentos multifamiliares**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 101p. 2006.
- FERREIRA, F. C. S. **Instrumental pedagógico e técnico para educação e prática em eficiência energética e utilização sustentável da água**. In: Relatório final PIBIC/FAPEMIG e Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.
- FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo. Studio Nobel, 5º Ed. 2001.
- GONÇALVES, J. C. S. & DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa,**

- prática e ensino.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v.6, n.4, p. 51-81. 2006.
- GOOGLE MAPS. www.googlemaps.com. Acesso em: 2009.
- GUELLA A. & SATTler, M. A. **Esquadrias residenciais em madeira: Contextualização de variáveis para otimização de projetos.** In: I Conferência Latino Americana de Construções Sustentáveis e X Encontro nacional de tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo. 2004. ISBN 85 – 89478 – 08-4.
- GRAUDENZ & DANTAS. **Poluição dos ambientes interiores e doenças e sintomas relacionados às edificações.** 2008. Disponível em www.infohab.com.br. 2009. Acesso em: 2009.
- GRILLO, J. C. & DANTAS, C. N. **Janela na edificação: normas e indicações para projeto.** I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo. 2004. ISBN 85-89478-08-4.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. www.ibge.com.br. Acesso em: 2009.
- KRÜGER. E. L. **Ventilação natural em uma casa popular padrão COHAB: Avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura.** Encontro nacional do Conforto no Ambiente Construído e II Encontro latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza. 1999. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 2009.
- LAMBERTS, R. *et al.* **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192.
- LANHAM, A. **Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro.** Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. 2004. 66p.
- LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. www.labeee.com.br. Acesso: 2009
- LEI MUNICIPAL 1420. **Ocupação, uso do solo e zoneamento do município de Viçosa.** Instituto de Planejamento Municipal da Prefeitura Municipal de Viçosa. 2000.
- LEI MUNICIPAL 1633. **Código de Obras e Edificações.** Instituto de Planejamento Municipal da Prefeitura Municipal de Viçosa. 2004
- MACIEL. M. E. **Uma cozinha à brasileira.** Estudos Históricos, Rio de Janeiro, nº 33. 2004. p. 25-39.
- MANDOLESI, E. **Edificacion.** Barcelona. 1981.
- MATOS, M. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural.** Florianópolis. 2007. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.
- MEDRANO L. **Cinco habitações coletivas, verticalidade e cidade: modernidade sem estilo.** Arquitetura Revista ISSN 1808 – 5741. vol. 01 n 2 jul – dez . 2005.
- MENDONÇA, L. V. **Condensação em Edifícios.** Revista *Arquitetura & Vida*, nº 63, Setembro. 2005. pp.71–74. Disponível em:

- <http://www.spybuilding.com/downloads/condensacoesemedificios.pdf>. Acesso em: 2009.
- MELLO, F. A. O. **Análise do processo de formação da paisagem urbana do município de Viçosa (MG)**. Viçosa. 2002, 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2002.
- MORAES, A. P. **Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos edifícios**. São Paulo, 2006. 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.
- NEVES, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto: Estratégias de ventilação natural**. São Carlos. 2006. 232p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos. 2006. Disponível em:
<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp012774.pdf>. Acesso em: 2009
- OLIVEIRA, F. M. & BASSO, A. **Eficiência da ventilação através de diferentes tipologias de aberturas**. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis. 1998.
- OLIVEIRA, C. T. A. **Esquadrias de alumínio: impacto do processo de produção e do uso racional deste componente na construção civil e do compromisso da indústria do alumínio com o desenvolvimento sustentável**. Disponível em www.fauusp.com.br. Acesso em: 2009.
- PEREIRA. **Contradições de uma cidade científica: processo de urbanização e especialização territorial em Viçosa (MG)**. Revista on-line Caminhos de Geografia. ISSN 1678-6343. 2005. Disponível em www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html. Acesso em: 2009.
- PEREIRA, R. **Caracterização da contribuição do entorno na avaliação da iluminação da iluminação natural em edificações**. Revista on-line Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n.4, 0. 103–115, out./dez. 2008. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido>. Acesso em: 2009.
- PIETROBON, C. E. **Estratégias bioclimáticas para projeto de edificações: conceituação e aplicação para Maringá, Paraná**. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP. 2001. Disponível em:
http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENCAC01_pietrobon.pdf. Acesso em: 2009.
- RÉQUIA, C. A. **Um novo desenho para janelas**. Disponível em www.infohab.com.br. Acesso em: 2009.
- RIVERO, R. **Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural**. 2º Ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986. 240p.
- ROMERO, A. V. R. **Reflexões sobre ferramentas de apoio para eficiência energética no ambiente construído**. Rio de Janeiro. 2007. 105p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Dissertação (Mestrado). Disponível em:
<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp034099.pdf>. Acesso em: 2009.

- SANTOS, J. A. A. **O campo térmico na área central da cidade de Viçosa (MG) em situação sazonal de outono**. Monografia (Curso de Geografia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 57 p. 2007
- SILVA, J. L. M. **Transformações no espaço doméstico – o fogão a gás e a cozinha paulistana, 1870-1930**. Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, vol. 15, nº.2. São Paulo. 2007.
- SOLA, A. V. H. **Fatores Humanos como barreiras para eficiência energética em indústrias**. Ponta Grossa. 2006, 101p. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia de Produção, (Mestrado em Engenharia de Produção). Ponta Grossa. 2006.
- SOUZA, J. W. **Análise climatológica do potencial eólico no estado de Minas Gerais**. Viçosa. 2003, 103p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2003.
- TEIXEIRA, D. B. **Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais: revisão de literatura**. Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2008.
- TIBIRIÇÁ, A. C. G; FERRAZ, R. **Considerações para projeto de janelas em edificações: fatores ambientais, normativos e tecnológicos**. Brasil - Maceió, AL. 2005. p. 2056-2065. Encontro Nacional Sobre Conforto do Ambiente Construído, 8., 2005, Maceió, Al; Encontro Latino-Americano sobre Conforto do Ambiente Construído, 4., 2005, Maceió, Al.
- TIBIRIÇÁ, A. C. G. **Janelas: análise sistêmica para desempenho ambiental**. Florianópolis. 1997. Tese (Doutorado Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1997.
- TIBIRIÇÁ, A. C. G. **Notas de aula**. Disciplina ARQ 620 - **Sistemas e processos construtivos**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2007.
- TOLEDO, A. M. **Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do código de obras e edificações de Maceió**. Porto Alegre, 2001. 270p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- TORRES. M. L. **Avaliação do desempenho ergonômico de cozinhas residenciais através da análise comparativa de arranjos físicos**. Revista Ambiente Construído, Porto alegre, v.6, n.3, p. 69-90, jul./set. 2006. ISSN 1415-8876.
- VERRÍSSIMO, F.S. & BITTAR, W.S.M. **500 anos da casa no Brasil: As transformações da arquitetura e da utilização do espaço de moradia**. Rio de Janeiro: Editora Ouro, 1999.

7. NOTAS DE REFERÊNCIA

1. Segundo DEGANI & CARDOSO (2002), o ciclo de vida do produto edificação contempla as etapas de planejamento, implantação, uso, manutenção e demolição durante as quais é possível avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados, bem como definir o papel de cada agente para implementação de estratégias de sustentabilidade.
2. ISO 14001:1996.
3. Buscar uma indústria da construção mais sustentável é fornecer mais valor, poluir menos, ajudar no uso sustentado de recursos, responder mais efetivamente às partes interessadas e melhorar a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro. Construção sustentável não é desempenho ambiental excepcional à custa de uma empresa que saia do mercado, nem desempenho financeiro excepcional, à custa de efeitos adversos no ambiente e comunidade local (SILVA, V. G. 2003).
4. Condicionamento térmico natural é a obtenção de um serviço, com baixo dispêndio de energia, caracterizando a edificação em mais eficiente energeticamente que outra, quando proporciona as mesmas condições ambientais porém, com menor consumo de energia LAMBERTS (1997). Técnica que estuda os métodos para que o espaço habitado apresente as condições térmicas exigidas pelo ser humano, sem recorrer a nenhum tipo de energia própria. Os sistemas de climatização natural se fundamentam na arquitetura vernacular, que adequava ao meio aproveitando as características desejáveis e, simultaneamente, evitando as indesejáveis (RIVERO, R., 1986).
5. O conceito da habitabilidade urbana inclui o acesso da população à rede de infraestrutura urbana e de equipamentos públicos, dando pleno exercício de fruir, usufruir e construir um espaço saudável e habitável A habitabilidade da unidade habitacional diz respeito ao aspectos que interferem na qualidade de vida e na comodidade dos moradores, bem como na satisfação de suas necessidade físicas, psicológicas e socioculturais, (TIBIRIÇÁ, 2007).
6. TIBIRIÇÁ, 1997.
7. TIBIRIÇÁ, 1997.
8. TIBIRIÇÁ & FERRAZ, 2005.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Desempenho Térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.- NBR 15220-03.* Rio de Janeiro. 2005.
10. TOLEDO, (2001).

11. Edificação tem como finalidade a realização tanto do organismo arquitetônico, entendido como espaço construído como sua correspondente infra-estrutura urbana, como da infra-estrutura no nível territorial (vias e obras ferroviárias, marítimas, hidráulicas, pontes, viadutos, etc).
12. PICARELLI *et. al.* (1992) *apud* TIBIRIÇÁ (2007).
13. CAMPOS (2005), observa que atualmente o significado adquirido pela expressão sistema construtivo equivale ao conjunto de componentes, entre os quais se possa atribuir ou definir uma relação, coordenados dimensional e funcionalmente entre si, como estrutura organizada. Para MARTUCCI (1990), o processo construtivo é o responsável por definir as formas e as capacidades técnicas e econômicas de se construir.
14. Citado por LIEBER. R.
15. Pensamento sistêmico é a capacidade de interpretar o “todo” e que ao considerar o inter-relacionamento das partes que o compõe, mostra que o conjunto pode ser maior que a soma das partes. Disponível em <http://www2.dem.inpe.br/ijar/sistemas.doc>. Acessado em: 2009.
16. As exigências de funcionalidade, em termos de conformação do espaço e da determinação do conforto ambiental, dizem respeito a atividades que em tal espaço deverão se desenvolvidas. As exigências urbanísticas tratam da integração do organismo arquitetônico, no contexto entorno, e que o mesmo ajuda a determinar. As exigências de segurança e conforto determinam, a qualidade dos materiais a empregar na construção, em consonância com as condições de exposição aos agentes ambientais e requisitos dos usuários. E as exigências econômicas tratam determinar os valores, em termos das fontes de financiamento e da definição dos custos. TIBIRIÇÁ (2007).
17. PEREIRA, 2005.
18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais - NBR15575*. Rio de Janeiro. 2008.
19. De acordo com a NBR 15575 é o período estimado de tempo, em que um sistema é projetado para atender os requisitos de desempenho, desde que cumprido o programa de manutenção previsto no manual de operação, uso e manutenção.
20. De acordo com a NBR 15575 é o período de tempo que compreende a vida útil de projeto, a vida útil residual e uma sobrevida na qual passa a existir a possibilidade de que os níveis de segurança comecem a ser perigosamente afetados.
21. De acordo com a NBR 14037 o manual destina-se a orientar o usuário quanto ao correto uso, operação e manutenção do imóvel. Manutenção: conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos usuários.
22. VERRÍSSIMO & BITTAR, 1999.
23. VERRÍSSIMO & BITTAR, 1999.

24. MACIEL, 2004.
25. GIEDION *apud* SILVA, 2007.
26. Segundo FERNANDEZ (2006), ciclo de vida familiar trata da necessidade específica por que passam as famílias ao longo do tempo. No que diz respeito á habitação, tais necessidades variam desde a acessibilidade, equipamentos e espaço físico a até valores simbólicos (status da vizinhança), estéticos (fachada) e de conforto (área verde). O modelo do ciclo de vida familiar pode ser dividido em nove estágios [solteiros, recém casados, ninho cheio 1 (chegada do primeiro filhos), ninho cheio (filhos crianças e adolescentes), ninho cheio 3 (filhos adolescentes e adultos), ninho vazio 1 (filhos deixam a casa dos pais), ninho vazio 2 (pais aposentados), sobrevivente solitário não aposentado e sobrevivente solitário aposentado) que impões variação no padrão de consumo.
27. RIVERO, R. 1986.
28. Como afirmam FROTA & SCHIFFER (2001), o homem é um animal homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensível constante. Essa temperatura é da ordem de 37° C, com limites muito estreitos, entre 36,1 e 37,2°C.
29. As trocas térmicas por convecção representam a troca de calor entre dois corpos, sendo um deles sólido e o outro um fluido (líquido ou gás).
30. ROMERO, 2007.
31. PIETROBON, C. E. 2001.
32. NBR 15575:08.
33. Evitando-se a ruína da estrutura pela ocorrência de algum estado limite último que possa determinar a paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção, por sua simples ocorrência.
34. Prevendo-se deformações resultantes de cargas de serviço e as deformações impostas ao edifício e suas partes, a valores que não causem prejuízos ao desempenho de outros elementos e não causem comprometimento da durabilidade da estrutura.
35. Levando-se em consideração propostas que tenham baixas probabilidades de início de incêndio, altas probabilidades dos usuários sobreviverem sem sofrer qualquer injúria e reduzidas extensões de danos à propriedade e à vizinhança imediata ao local do incêndio.
36. Evitar a ocorrência de ferimentos ou danos aos usuários, em condições normais de uso e manutenção dos imóveis.
37. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimentos - NBR 10151*. 1987.
38. Considerar em projeto as possíveis fontes internas e externas de umidade devido à exposição à água e chuva evitando-se a ação de mecanismos de deterioração que podem acarretar a perda das condições de habitabilidade e higiene do ambiente construído.

39. A edificação deve apresentar condições térmicas no seu interior melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para um dia típico de verão e no inverno temperaturas internas acima dos 12°C. Para atender as exigências de conforto térmico, torna-se necessário também que o profissional considere a região de implantação da obra bem como, as características bioclimáticas da região, definidas por norma.
41. O projeto de permitir que durante o dia todas as dependências da edificação recebam conveniente iluminação natural seja ela oriunda diretamente do exterior ou indiretamente de recintos adjacentes*. No caso de iluminação artificial, está deve ser satisfatória ao desenvolvimento das atividades previstas em cada ambiente.
42. São exigências estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária que recomendam ações para propiciar condições de salubridade no interior da edificação, de forma a evitar a proliferação de microorganismos como fungos e bactérias além de limitar a presença de dióxido de carbono e aerodispersóides na atmosfera interna da edificação.
43. Trata da disposição e organização adequada dos ambientes e disponibilidade mínima de espaços para uso e operação compatíveis com as necessidades humanas bem como, prever adequação da proposta para portadores de deficiências físicas ou pessoas com mobilidade reduzida obedecendo ao que se restabelece na NBR 9050.
44. Prevê diretrizes que permitam a adaptação ergonômica do usuário no desenvolvimento de atividades normais como caminhar e limpar bem como, de dispositivos de manobra como por exemplo trincos, puxadores, torneira e outros.
45. Corresponde à capacidade de manter a funcionalidade do edifício durante a vida útil do mesmo, desde que realizadas intervenções periódicas de manutenção e conservação.
46. Pressupõe a existência de técnicas de avaliação do impacto ambiental resultante das atividades da cadeia produtiva da construção. Os empreendimentos e suas infra-estruturas devem ser projetados de forma a minimizar as alterações no ambiente. Do consumo de água e energia, passando pela produção de esgotos sanitários, até a escolha dos materiais, devem ser considerados pelo projetista de forma a gerar o menor impacto ambiental.
47. TIBIRIÇÁ, 2007
48. BONDUKI *apud* TIBIRIÇÁ, 2007.
49. Exigências do usuário: exigências de caráter humano, expressas de forma qualitativa em relação ao comportamento em uso da edificação habitacional.
50. Desempenho: comportamento em uso de um edifício habitacional e dos sistemas que o compõe. Os requisitos de desempenho são condições qualitativas que deve ser cumpridas pela habitação, a fim de que sejam satisfeitas as exigências do usuário. Os critérios de desempenho são conjuntos de especificações que visam representar tecnicamente as exigências do usuário.
51. NBR 15220-1:03.
52. Balanço térmico (BT) é a primeira condição do conforto térmico e pode ser

descrito segunda a seguinte fórmula: $BT = G - T \pm CD \pm CV \pm R \pm E$, onde (G) é a energia gerada pelo corpo; (T) é o trabalho externo realizado, que supõe a transferência da energia a outros sistemas; (CD) é a energia perdida ou ganha por condução; (CV) é a energia perdida ou ganha por convecção; (R) é a energia perdida ou ganha por radiação e é a energia perdida por evaporação ou ganha por condensação. (RIVERO, 1986). Condução é a transferência de calor que se realiza por contato entre as moléculas ou partículas dos corpos e refere-se aos sólidos. (RIVERO, 1986). Convecção é a transferência de calor que se verifica quando os corpos estão em contato molecular e um deles, pelo menos, é um fluido (ex. ar ou água). (RIVERO, 1986). Radiação é a troca de calor entre dois corpos que mantêm entre si uma distância qualquer. (FROTA, 2001).

53. Termo usado para descrever situações nas quais 20% dos usuários de um edifício experimentam efeitos adversos á saúde e ao conforto, que desaparecem quando as pessoas deixam o mesmo. MORAES, 2006.
54. RIVERO, R. (1986).
55. O calor tem a particularidade, de transmitir-se sempre do corpo mais quente ao mais frio, sendo esta a condição essencial da transmissão de calor. No entanto, esse fenômeno não conhece barreiras, ao qual só é possível impor resistência de eficácia variável, mas nunca impedir totalmente a sua transmissão. (RIVERO, 1986).
56. $1W = 1J/s$, nos estudos sobre transmissão de calor é comum falar em fluxo de calor, que significa quantidade de calor transmitida na unidade de tempo. (RIVERO, 1986).
57. Temperatura média radiante é a média de todas as temperaturas superficiais levando em conta sua área, sendo um valor considerado determinante da energia emitida por radiação.
58. BROWN. G. Z. 2004.
59. KRÜGER. E. 1999.
60. Maiores detalhes recomenda-se o estudo das pesquisas desenvolvidas por G. Z. BROWN publicadas no livro: Sol, Vento & Luz – Estratégias para o projeto de arquitetura. 2º ed. Bookman. 2004. 415p.
61. Convecção natural: o calor transferido entre uma superfície e um fluido adjacente (geralmente água ou ar) pela circulação do fluido e induzido apenas pela diferença de temperatura, sem nenhum meio mecânico.
62. TIBIRIÇÁ, A. C. G; FERRAZ, R. 2005.
63. TIBIRIÇÁ, A. C. G; FERRAZ, R. 2005.
64. No vocabulário internacional de iluminação, o ofuscamento resulta das condições da visão nas quais há desconforto ou uma redução na habilidade de ver detalhes ou objetos, causados por uma distribuição ou uma inadequação de iluminância, ou para contrastes extremos (TIBIRIÇÁ, 2007).
65. De acordo com a NBR 15215-2:04 a condição de céu é a aparência da abóbada celeste, quando vista por um observador situado na superfície terrestre, e está relacionada à distribuição espacial da sua emissão de luz. Céu claro (0% a 35% de nuvens, condição na qual dada à inexistência de nuvens e baixa

nebulosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, a porção azul do espectro emirjam em direção à superfície da terra, conferindo a cor azul, característica do céu. Céu encoberto (75% a 100% de nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste) e céu parcialmente encoberto (35% a 75% de nuvens, condição de céu na qual, a luminância, de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto).

66. Para maiores informações consultar as pesquisas desenvolvidas por TIBIRIÇÁ, 1997.
67. De acordo com a NBR 15215-2:03.
68. O termo “habite-se” se refere a obras consideradas concluídas e que possuem condições de habitabilidade , ou seja que estiverem de acordo com o projeto aprovado e com as disposições da normalização, garantam segurança a seus usuários e a população afetada, possuam todas as instalações em perfeito estado de funcionamento, garantam padrões mínimos de conforto térmico, lumínico, acústico e de qualidade do ar, atendam as exigências relativas às medidas de segurança contra incêndio, tiverem a numeração fornecida pela prefeitura, tiverem calçada executada nos termos da legislação específica e não apresentem qualquer pendência jurídica.
69. No estudo dos impactos do adensamento e da orientação solar de meios urbanos na demanda por condicionamento térmico de edificações, surgem estudo sobre os “cânios” urbanos e os climas modificados em cidades (KRÜGER, E. L., 2008).
70. O homem como agente transformador do espaço e que se torna fator geológico, geomorfológico e climático (SANTOS *apud* SANTOS, 2007).
71. Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.
72. Refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas e sistemáticas de um longo período (aprox. 30–35 anos). O clima abrange um maior número de dados que as condições médias do tempo numa determinada área e inclui considerações sobre desvios, condições extremas e probabilidades. Neste sentido, o clima trata de eventos gerais, enquanto o tempo, de eventos específicos (AYOADE *apud* TOLEDO, 2001).
73. Elevação de temperatura nas cidades é causada em parte pelo lento resfriamento da massa edificada, que durante o dia armazenou calor e durante a noite o perde de maneira mais lenta, em comparação com as áreas vegetadas e cultivadas (KRÜGER, 2008).
74. Aquela em que o funcionamento não resulte em ruído, trepidação, emissão de poeiras, fumos, ou nuvens de poeira, exalação de mau cheiro, poluição de cursos hídricos, podendo constituir incômodos à vizinhança.
75. Coeficiente de aproveitamento é o número que multiplicado pela área do lote, determina a área máxima permitida para edificação. Lei Municipal 1420/2000.
76. LEI N° 1420/2000: Ocupação, uso do solo e zoneamento do município de Viçosa (MG).
77. *apud* TOLEDO, 2001.

78. Abertura neste caso refere-se a esquadria que faz o fechamento ou seja, o componente construtivo janela ou porta e não apenas ao vão ou espaço aberto.
79. Esta parte da NRB estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações. São estabelecidas recomendações e diretrizes construtivas, sem caráter normativo, para adequação climática de habitações. A norma propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizaram o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.
80. (% da área de piso), as aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área do piso em ambientes de longa permanência como cozinha, dormitório e sala de estar.
81. Auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Utiliza tanto arquivos climáticos anuais e horários como arquivos resumidos na forma de normais climatológicas. Permite obter as estratégias de projeto adequadas para melhor adaptar a edificação ao clima local, através da avaliação de dados climáticos plotados sobre uma Carta Bioclimática. Para isto utiliza-se dos conceitos de Arquitetura Bioclimática.
82. Esta previsto na Lei 1420/2000 em seu Art. 14 § 2º uma redução de 20% sobre os custos do alvará de construção se a taxa de ocupação não ultrapassar 50% da área do lote. Atualmente os valores cobrados são da ordem de aproximadamente R\$1,00/m² construído.
83. Na abordagem ergonômica é possível observar os hábitos, os processamentos das tecnologias, a execução das atividades e, então, avaliar o arranjo físico como fator de interação da atividade executada nesse ambiente de trabalho. TORRES, et al. (2006) disponível em www.infohab.com.br.
84. O dimensionamento de janelas baseado na área do piso considera as seguintes relações 1/6 para compartimentos de permanência prolongada e 1/8 para compartimentos de permanência transitória. Lei 1633/2004.
85. A manutenção da qualidade do ar do espaço interior pela exaustão de odores, vapores d'água, gás carbônico, gerados pela respiração e a melhoria do desempenho térmico do ambiente, pela retirada o calor gerado pelas pessoas, pela iluminação, pelos equipamentos e a radiação solar.
86. NBR 10821:2000_ caixilhos para edificações. NBR 7199:1989_ projeto e execução de vidros na construção civil.