

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIO
MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MACEIÓ**

ALANA MELLO DE ALMEIDA

**MACEIÓ
2009**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

ALANA MELLO DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIO
MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MACEIÓ**

Orientadora: Gianna Melo Barbirato

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- A447d Almeida, Alana Mello de.
Conforto térmico e eficiência energética em edifício multifamiliar na cidade de Maceió-AL / Alana Mello de Almeida, 2009.
220 f. : il., graf., tabs.
- Orientadora: Gianna Melo Barbirato.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmica do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia, Maceió, 2009.
- Bibliografia: f. 144-152.
Apêndices: f. 153-220.
Inclui anexos.
1. Arquitetura – Edifícios multifamiliar – Maceió (AL). 2. Arquitetura e eficiência energética. 3. Conforto térmico. I. Título.

CDU: 725.23(813.5)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO

DISSERTAÇÃO

**CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM
EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MACEIÓ**

**APRESENTADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO**

Alana Mello de Almeida

Orientadora: Profa. Dra. Gianna Melo Barbirato

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Profa. Dra. Gianna Melo Barbirato 

Examinadores: Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt 

Profa. Dra. Maria Solange Gurgel de Castro Fontes 

**MACEIÓ
2009**

A Deus
À Virgem Maria
À minha família, com muito amor

AGRADECIMENTOS

À Santíssima Trindade, Pai, Filho e Espírito Santo, presença constante em minha vida, tornando capaz a realização deste trabalho, diante de tantos percalços,

Aos meus pais, pelo amor incondicional, incentivo, ajuda, enfim, por tudo.

Ao meu esposo, pelo seu amor e paciência,

Às minhas quatro filhas, razões da minha vida,

Aos meus irmãos e sobrinhos pelo amor e incentivo,

À minha amiga Morgana, pelo seu incentivo, apoio e por suas sugestões.

À minha amiga Ceíça, por suas orações e apoio,

Aos amigos José David Guerra, pelo incentivo e ao Dr. Nicolas Vale, pela ajuda e estímulo,

Ao DEHA- Mestrado em Dinâmicas do Espaço habitado- UFAL, na pessoa do coordenador Prof. Dr. Ricardo Cabús, todos os professores e funcionários.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Gianna Melo Barbirato, por sua paciência, atenção e contribuição intelectual,

Ao Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt e à Prof.^a Dr.^a Maria Solange Gurgel de Castro Fontes, com muita admiração e pelas efetivas contribuições quando da qualificação deste trabalho,

Ao Prof.^o Dr. Alexandre Toledo, Prof.^o Dr. Flávio Miranda de Souza, ao prof.^o Rui Maia pelo incentivo e estímulo,

Às arquitetas Isabela Cristina da Silva Passos, Ellen Priscila Nunes de Souza e ao arquiteto Sdenison pela dedicação e ajuda fundamental.

Ao engenheiro eletricitista da Ceal, Almir Pereira Menezes pelas informações cedidas sobre o consumo energético dos apartamentos.

Ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo- Divisão de Meteorologia Aeronáutica, na pessoa do oficial Lopes.

Aos moradores do edifício Antilhas, Polyana e Eduardo (107); Lara e Rodrigo (102); Flávia e Jaime (503) e Paola e Jaciara (506).

Aos porteiros Sr. Silvano e Sr. Josivaldo, pela ajuda em manter contato com os moradores,

A todos que de alguma forma contribuíram para concretização deste trabalho.

“Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo torna-se cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que, no meio de uma magnífica diversidade de culturas e de formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre, com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações” (Boff, 2003, p.117).

RESUMO

O conforto é almejado pelo homem. Esse, está ligado ao abrigo, proteção contra as intempéries e rigores do clima, visando sempre seu bem-estar. O conforto pode ser analisado sob várias ópticas. Este trabalho dedica-se, especificamente, a estudá-lo sob o aspecto térmico, não só como requisito salutar da arquitetura, como também qualidade valiosa no tocante à habitação, considerando-se sua influência em relação à eficiência energética. O estudo desenvolvido nesta pesquisa analisou um edifício residencial multifamiliar no bairro da Ponta Verde, na cidade de Maceió-Al, no qual, em permanente transformação, novos edifícios surgem constantemente em lugares antes ocupados por residências unifamiliares. Esses edifícios, ao que parece, são projetados e construídos sem maiores preocupações quanto ao conforto térmico e ao consumo energético, e, conseqüentemente, a seus reflexos relativos ao ser humano e ao meio ambiente. A análise foi efetuada qualitativa e quantitativamente com base nos referenciais teóricos relativos às variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, buscando fundamento nos alicerces da arquitetura bioclimática, suas estratégias e influências na sustentabilidade e no consumo energético. Constatou-se que os apartamentos orientados a Leste apresentaram um desempenho superior aos do Oeste em termos de conforto térmico, conseqüentemente de eficiência energética. Sem dúvida, vive-se um momento crítico em relação à crise energética. É pacífico que a Arquitetura pode ser explorada de forma favorável a essa questão. Portanto, é imperativo construir novos paradigmas, capazes de harmonizar ambiente construído e natureza, em prol de um futuro sustentável.

Palavras – chaves: conforto térmico, eficiência energética, edifício multifamiliar e arquitetura bioclimática.

ABSTRACT

The human comfort is longed incessantly. That, is linked to the shelter, protection against the intemperies and climate severity, always for well-being purposes the human comfort can be analysed by several optics. This work dedicates itself, specifically, to study the comfort under the thermal aspects, not only as a salutary requisite of architecture, but also the valuable quality regarding to the habitation, considering your influence in respect to the energy efficiency. The study developed in this research focused the analysis of a residential multifamiliar building in the residential quarter of Ponta Verde, in the city of Maceio-AL, which suffers constant transformation, new buildings arise at every moment in places that were no longer occupied by unifamiliar residences. These buildings, seems, that are projected and built without themal comfort and energy consumption preoccupations, and, consequently, it reflexes to the human being and the environment. The analysis has been effectuated qualitative and quantitatively based theoretical references pertinent to the climatic, humans and architectonics variables, searching fundamental in bioclimatic architecture approach, your strategies and influences in the sustainability and energy consumption. It was evidenced that the apartments oriented in the east presented a better performance that the west ones in relation of thermal comfort, and, consequently of energy efficiency. Certainly, doubt, the world today lives a critic moment in respect to the energy crisis. It is perceived that the architecture can be used in a favourable way at this question. Therefore, is imperative to build new paradigms, capables to harmonize built environment and nature, in favour of a sustainable future.

Keywords: termal comfort, energy efficiency, multifamiliar building and bioclimatic architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de uma rua situada no bairro da Ponta Verde onde boa parte das antigas residências foi demolida dando lugar a edifícios multifamiliares (2008).....	23
Figura 2 – Detalhe de algumas das construções encontradas na mesma área da foto anterior.....	24
Figura 3 – Cidade de Marrakesh.....	44
Figura 4 – Iglu.....	44
Figura 5 – Protetores solares: brises verticais.....	51
Figura 6 – Carta bioclimática de Olgyay.....	62
Figura 7 – Carta bioclimática de Maceió.....	65
Figura 8 – Influência das dimensões do edifício no tamanho da esteira.....	71
Figura 9 – Exemplo de cobogó e painéis de madeira vazados.....	73
Figura 10 – Croqui de peitoril ventilado.....	74
Figura 11 – Aparelho de medição Hobo utilizado nas medições.....	83
Figura 12 – Apartamentos e ambientes que foram avaliados.....	86
Figura 13 – Mapa de Alagoas.....	87
Figura 14 – Mapa dos bairros de Maceió com destaque para o bairro da Pta Verde (em vermelho).....	88
Figura 15 – Bairro de Ponta Verde - Maceió/AL.....	89
Figura 16 – Bairro da Ponta Verde – Maceió/AL.....	93
Figura 17 – Mapa de situação da edificação em estudo	97
Figura 18 – Fachada principal voltada para a rua Dep. José Lajes (orientaçãoN).....	97
Figura 19 – Planta baixa da edificação em estudo com esquema de setores.....	98
Figura 20 – Planta baixa pavtº tipo - Edifício Antilhas.....	99
Figura 21 – Fachada Leste e Norte.....	101
Figura 22 – Fachadas Oeste e Sul.....	101
Figura 23 – Entorno lateral direito	103
Figura 24 – Entorno lateral esquerdo.....	103
Figura 25 – Entorno.....	103
Figura 26 – Detalhe de cores dos apartamentos analisados na fachada Oeste.....	105
Figura 27 – Detalhe de cores dos apartamentos analisados na fachada Leste.....	105
Figura 28 – Detalhe dos vazios.....	106
Figura 29 – Rosa dos ventos para a cidade de Maceió.....	107
Figura 30 – Fluxo de ar através da edificação estudada.....	108
Figura 31 – Fluxo do ar na recepção.....	110
Figura 32 – Fluxo do ar no pilotis.....	111
Figura 33 – Esquema da localização das fachadas.....	112
Figura 34 – Localização dos hobos no apartamento 107 (Oeste).....	117
Figura 35 – Localização dos hobos no apartamento 102 (Leste).....	117
Figura 36 – Localização dos hobos no apartamento 103 (Leste).....	117
Figura 37 – Localização dos hobos no apartamento 506 (Oeste).....	117
Figura 38 – Esquema da insolação refletida pelo telhado do posto para os apartamentos do poente.....	118
Figura 39 – Influência da coberta da edificação vizinha no 5º andar.....	118
Figura 40 – Pilotis favorecendo a circulação do ar.....	119
Figura 41 – Esquema, em corte, da ventilação no pilotis.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa metabólica para diferentes atividades.....	33
Tabela 2 – Escala térmica de Fanger.....	42
Tabela 3 – Absortividade em função da cor.....	54
Tabela 4 – Condutividade térmica de alguns materiais.....	54
Tabela 5 – Emissividade de alguns materiais.....	55
Tabela 6 – Estratégias Bioclimáticas de Maceió (%)......	66
Tabela 7 – Insolação direta mediante estudos para a latitude 10° Sul.....	112
Tabela 8 – Estratégias bioclimáticas para a sala Oeste: apto 107.....	121
Tabela 9 – Estratégias bioclimática para a sala Leste: apto 102.....	123
Tabela 10 – Estratégias bioclimáticas para a sala Leste: apto 503.....	124
Tabela 11 – Estratégias bioclimáticas para a suíte Leste: apto 503	124
Tabela 12 – Estratégias bioclimáticas para a sala Oeste: apto 506.....	125
Tabela 13 – Estratégias bioclimáticas para a suíte Oeste: apto 506.....	126

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagens de uso e ocupação do solo no bairro da Ponta Verde no ano de 2000.....	94
Gráfico 2 – Porcentagens de uso e ocupação do solo no bairro da Ponta Verde no ano de 2006.....	94
Gráfico 3 – Gráfico do comportamento das temperaturas das salas dos apartamentos estudados no primeiro andar e da temperatura externa.....	115
Gráfico 4 – Gráfico do comportamento das temperaturas das salas dos apartamentos estudados no quinto andar e da temperatura externa.....	115
Gráfico 5 – Gráfico do comportamento das temperaturas das suítes dos apartamentos do quinto andar e da temperatura externa.....	115
Gráfico 6 – Gráfico do comportamento das temperaturas dos apartamentos do oeste.....	116
Gráfico 7 – Gráfico do comportamento das temperaturas dos apartamentos do leste.....	116
Gráfico 8 – Carta bioclimática para a sala Oeste do apto 107.....	121
Gráfico 9 – Carta bioclimática para a sala Leste do apto 102.....	122
Gráfico 10 – Carta bioclimática para a sala Leste do apto 103.....	123
Gráfico 11 – Carta bioclimática para a suíte Leste do apto 503.....	124
Gráfico 12 – Carta bioclimática para a sala Oeste do apto 506.....	125
Gráfico 13 – Carta bioclimática para a sala Oeste do apto 506.....	126
Gráfico 14 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.....	128
Gráfico 15 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.....	128
Gráfico 16 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.....	128
Gráfico 17 – Gráfico relacional entre o consumo energético e os apartamentos.....	135

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
2.1 CONFORTO.....	27
2.2 O CONFORTO TÉRMICO.....	31
2.2.1 Trocas térmicas entre o corpo e o ambiente.....	34
2.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	36
2.3.1 Temperatura.....	37
2.3.2 Umidade do ar.....	38
2.3.3 Movimento do ar.....	40
2.4 VARIÁVEIS HUMANAS.....	41
2.5 VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS.....	43
2.5.1 Forma.....	43
2.5.2 Função.....	45
2.5.3 Envoltória e tipos de fechamento.....	46
2.5.3.1 Fechamentos transparentes.....	47
2.5.3.2 Os protetores solares.....	50
2.5.3.3 Os fechamentos opacos.....	52
2.5.3.4 Cobertas.....	57
2.6 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	61
2.6.1 Estratégias bioclimáticas.....	65
2.6.1.1 Ventilação.....	68
2.7 SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	75
3. METODOLOGIA.....	82
3.1 A REGIÃO DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS E CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS DO BAIRRO DA PONTA VERDE.....	86
3.1.1 Área de estudo.....	92
3.1.2 O objeto de estudo.....	96

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	102
4.1	QUANTO AO ENTORNO.....	102
4.2	QUANTO AO REVESTIMENTO E AO SISTEMA CONSTRUTIVO.....	104
4.3	QUANTO À VENTILAÇÃO.....	106
4.4	QUANTO À INSOLAÇÃO.....	111
4.5	QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO.....	115
4.6	QUANTO À UMIDADE RELATIVA.....	127
4.7	QUANTO À SENSAÇÃO HUMANA.....	129
4.8	QUANTO AO CONSUMO ENERGÉTICO.....	133
5.	CONCLUSÕES.....	139
	REFERÊNCIAS.....	144
	APÊNDICES.....	153
	ANEXOS.....	222

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da Humanidade, o ser humano jamais se contentou em se ver exposto às condições que o meio ambiente lhe impunha, nem, muito menos, a sofrer passivamente as suas conseqüências, quase sempre desfavoráveis. Constata-se, no desenvolver da história humana, uma incessante busca para alcançar um modo de vida em que prevaleça uma situação de conforto, visto este como o conjunto de fatores capazes de lhes proporcionar bem-estar sob todos os aspectos. Como se pode concluir, a idéia de conforto tem cunho, eminentemente cultural, considerando-se o conceito de cultura como tudo o que é construído e criado, por ação do homem.

Por essa sua característica cultural, a concepção de conforto sofreu e sofre constantes variações no tempo e no espaço, como resultante do maior ou menor grau de evolução de uma comunidade, de um povo, conforme seus valores, seu espírito, suas tradições; enfim, sua cultura. Sendo cultural, a idéia de conforto não mantém qualquer relação imediata com a Natureza, que, ao contrário, muitas vezes lhe é hostil. Apesar disso, não é possível negar que haja uma decisiva influência do meio ambiente quanto ao conforto em face de que a sua efetivação dele depende.

Para alcançar um nível satisfatório de conforto, o ser humano sempre se defrontou e se defronta, com diversos obstáculos que, se não impedem, ao menos dificultam a realização desse objetivo. Tais empecilhos são de ordens várias, desde os de natureza econômica aos relacionados ao meio ambiente, à própria Natureza. Em razão disto, o ser humano precisa removê-los, vencê-los ou apenas contorná-los para atender suas necessidades de conforto, o que consegue obter através do poder insuperável de sua inteligência, apesar de sua fragilidade física em face da grandiosidade da força telúrica da Natureza.

Ao longo do tempo, o homem buscou impor sua vontade ao meio ambiente, dentro de suas possibilidades físicas e das disponibilidades de meios com que atuar para subjugar-lo a seus intentos e superar as hostilidades que proporciona. Dentre os vários instrumentos utilizados, ressalta a arquitetura como aquele que cria o espaço mais adequado para propiciar ao homem, primariamente, a proteção de um abrigo contra as intempéries e rigores do clima e, depois, os itens mais sofisticados de conforto.

No decorrer do tempo, por absoluta carência de meios técnicos, o espaço arquitetônico buscava parceria com a Natureza para a solução de problemas de um dos aspectos mais relevantes do conforto: o térmico, levando em conta que a sensação de conforto ou desconforto térmico no interior de um ambiente está intimamente ligada não só a fatores ambientais (umidade e velocidade do ar, temperaturas e emissividades das superfícies das paredes, piso teto), como também à atividade física e ao tipo de vestimenta usado (TOLEDO, 1999; LAMBERTS *et al* , 1997).

Até meados do século XX, o projetista era levado a considerar no projeto arquitetônico, basicamente, os fatores climáticos. Com o desenvolvimento tecnológico pós-Segunda Grande Guerra, porém, teve seu caminho livre para buscar novos paradigmas, podendo ignorar assim, as condições que lhe impunha o meio ambiente. Vários sistemas artificiais de aquecimento e refrigeração foram criados para suprir as necessidades do conforto, sem qualquer preocupação com relação ao consumo energético (LAMBERTS *et al*, 1997; CORBELLA ; YANNAS, 2003).

A oferta abundante da energia, o seu custo irrisório, associados à inconsciência, até então reinante, sobre os danos ambientais causados pela geração e consumo dessa energia (CORBELLA ; YANNAS,2003) justificavam aquele comportamento. Nesse período, alguns outros fatores como o crescimento acelerado das populações, com concentração acentuada nas áreas urbanas e o desenvolvimento econômico, mais precisamente no setor industrial,

agravavam a demanda de energia. Apesar disto, proliferaram edificações de grande porte cujo funcionamento dependia, quase que exclusivamente, de meios artificiais para locomoção (elevadores) e climatização (condicionadores de ar), o que agravava, significativamente, a demanda de energia, sem que ocorresse uma correspondente preocupação em relação à economia energética.

Em 1973, porém, um fato novo e inesperado, o aumento do preço do petróleo, constituiu um alerta em relação à necessidade de poupar energia e impôs uma mudança no comportamento da sociedade quanto às suas práticas de uso de energia, embora ainda muito timidamente (LAMBERTS *et al*, 1997). No entanto, somente com a constatação da verdade, proclamada pela comunidade científica de que os meios de geração de energia até então utilizados eram finitos, bem assim que atuavam negativamente sobre o meio ambiente, degradando-o, é que se tomou consciência da crise energética que se avizinhava e, por conseqüência, da imperiosa necessidade de poupar energia, como um dos fatores para que se obtivesse um desenvolvimento sustentável, assim entendido aquele “que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às próprias necessidades” (CAPRA, F., 2003. p.19).

Portanto, a sustentabilidade ambiental, hoje, “deixou de ser apenas um tema de conferências para tornar-se uma necessidade” (BALTAZAR *et al*, 2006). Souza e Camargo (2006) afirmam que 2006 foi o ano em que a humanidade se conscientizou de que a “crise ambiental é real e seus efeitos, imediatos,” e ressaltam que as mudanças climáticas ocorridas nos últimos 100 anos, com o aumento de apenas 1 grau na temperatura média do Planeta, já afetam o dia a dia do homem, pois catástrofes naturais, tais como enchentes, secas, furacões se intensificaram no mundo inteiro, e tendem a aumentar, caso medidas não sejam tomadas a tempo.

Urge que as pessoas passem para um “mundo pós-petróleo”, onde novas formas de energia de fontes limpas, renováveis e seguras sejam adotadas (BALTAZAR *et al*, 2006). Porém, enquanto este fato não se torna realidade, a sociedade é convocada a atuar de forma responsável em prol de um futuro sustentável para as gerações vindouras.

Boff (2003) enfatiza que a tecnologia e o conhecimento necessários para abastecer a todos e, conseqüentemente, reduzir os impactos ao meio ambiente já existem, e que a escolha é de cada um: formar uma aliança global para cuidar da Terra e uns dos outros, ou arriscar a própria destruição e a da diversidade da vida.

Conforme observa Trigueiros (2003), a expansão da consciência ambiental se dá na exata proporção em que se percebe o meio ambiente como algo que começa dentro de cada ser humano, alcançando tudo o que o cerca e as relações que se estabelecem com o universo.

É imperativo que “o espírito de solidariedade humana e de parentesco com toda a vida” seja fortalecido e vivido com esperança, gratidão (pela vida), humildade (relação homem-natureza) e ética, “visando a um modo de vida sustentável como critério comum” (BOFF, 2003, p. 119).

Através da Declaração de Interdependência por um Futuro Sustentável firmada em 1993, no XVIII Congresso da União Internacional dos Arquitetos (UIA), realizado em Chicago, em conjunto com o Instituto dos Arquitetos Americanos (AIA), os arquitetos e projetistas são conclamados a contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento sustentável. A declaração expressa a preocupação com a construção de um ambiente construído sustentável, evidenciando a grande importância das edificações e do espaço urbano nos impactos causados ao meio natural e à qualidade de vida humana e animal. Manifesta, ainda, que “o planejamento sustentável integra problemas de recursos, eficiência energética, edifícios e materiais construtivos saudáveis aliados a um uso e ocupação do solo que seja sensato do ponto de vista social e ecológico”, e que pode vir a reduzir significativamente os

impactos adversos da ação do ser humano na natureza, “ao mesmo tempo em que melhora a qualidade de vida e o bem-estar econômico” (CORCUERA, 1998, p.3 apud CRUZ, 2001).

Portanto, dentro de cada área de conhecimento pode-se atuar de forma clara e objetiva, buscando caminhos através dos quais se possa alcançar a utopia da sustentabilidade num mundo complexo e dinâmico, como é o de hoje. É imprescindível reconhecer a necessidade de se compreender melhor os grandes desafios da atualidade e descobrir as saídas para os impasses do tempo presente. (NOGUEIRA-NETO, 2003).

Alva (1997) sintetiza o caminho e alerta que nesse momento surge

a necessidade de reafirmação de uma ética social na qual, longe de ideologias e esteticismos, transpareça o compromisso com a natureza e o patrimônio cultural. Assim, o novo paradigma poderá ser reconhecido no quanto seja capaz de vincular, por um lado, o particular ao universal, o local ao cosmopolita, o presente ao espírito da época e, por outro, a forma e o espaço à cultura do povo que lhe dá origem. É neste último contexto que se insere a responsabilidade da arquitetura e do urbanismo perante a sociedade como uma totalidade – e não como expressão genial de um iluminado. Afinal de contas, o individualismo das formas arbitrárias termina, como toda moda, no esquecimento. (p. 81)

Um novo paradigma deve ser buscado, respeitando a integração homem-natureza e o senso coletivo, pois, segundo Tudela (1997) o espírito de cada época reflete o imaginário coletivo, este definido através do que se deseja que permaneça, o que se deseja mudar e quais os “limites e as modalidades da transformação” (p. 140).

Quebrar paradigmas não é algo simples, porém, é fundamental para a evolução do ser humano. Neste momento, os meios de comunicação noticiam e alertam para o esgotamento acelerado dos recursos da natureza. A sobrevivência humana depende dela. O que precisa ser mudado? O que pode continuar? Até onde e de que forma pode ser transformado? Estas questões precisam ser respondidas com responsabilidade, entretanto, se faz necessário uma retrospectiva, onde se acertou e onde está o erro?

Le Corbusier (1981) já afirmava que a arquitetura constitui a primeira manifestação do homem, criando seu universo, e uma das mais urgentes necessidades da humanidade, “visto que a casa sempre foi o indispensável e primeiro instrumento que ele se forjou” (p. 5).

Schmid (2005) ressalta a casa como elemento acolhedor, destacando como qualidade principal o conforto.

Não se pode desvincular a arquitetura do urbanismo, da sociedade, da cultura, da economia, da tecnologia de uma determinada época. A interdependência desses elementos resulta no que se chama cidade. Alva (1997) reforça, afirmando:

A cidade é o produto histórico da atividade humana num determinado lugar: é a memória material construída com edificações, redes viárias, sistemas de serviços básicos, instalações e artefatos de uso público e privado. Mas está conformada também pelas condições sociais e psicológicas que ela cria e transmite as pessoas. Tudo isso constitui-se no meio ambiente para o habitante da cidade. O meio ambiente construído, principalmente as cidades, é o ambiente “natural” para uma parte cada vez maior dos habitantes do planeta.

Esse ambiente “natural” chamado cidade, conforme definição acima, confunde-se com a própria história da humanidade, é o resultado de suas ações, desejos e aspirações. Ela evoluiu e continua neste processo a todo instante, porém, hoje, com uma preocupação: gerar espaços saudáveis, confortáveis e eficientes. É imperativo que a configuração da cidade seja pensada, objetivando um bom desempenho bioclimático, e que o clima seja tratado como condicionante projetual, a fim de que se obtenham espaços favoráveis ao conforto do homem e à salubridade dos ambientes.

O clima de uma cidade é o resultado de condições específicas do meio ambiente urbano e depende da sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores (OKE, 1996) . Sendo assim, o ambiente urbano, em função da sua morfologia, pode alterá-lo, modificando a ventilação, a umidade e as precipitações, resultando, muitas vezes, em condições adversas. (LOMBARDO, 1997).

Algumas medidas podem ser tomadas para viabilizar melhorias dos microclimas locais. Sabe-se que a morfologia urbana pode amenizar o clima, resultando em conforto térmico através do arranjo urbano, ou seja, de terrenos mais largos, dispersos, esparsos e

porosos, juntamente com a configuração das ruas paralelas à direção do vento dominante, fazendo com que possam fluir livremente para as demais vias e edificações.

A cidade acolhe o edifício e se relaciona com ele de forma satisfatória ou não, dependendo de uma série de fatores determinantes, tais como: localização, forma e orientação do edifício, a relação deste com o lote, a permeabilidade do solo, a porosidade aos ventos, existência ou não de áreas verdes, etc.

A presença das edificações nas cidades cria áreas de sombras, em função da sua massa edificada, ao tempo que interferem no movimento do vento, pois, alteram sua velocidade e direção de acordo com a forma, proporção, afastamentos e posições. Surgem, assim, modificações climáticas consideráveis que não são facilmente resolvidas. Portanto, o planejamento correto do sítio urbano, do entorno natural e do edifício é de fundamental importância para que se obtenham ambientes urbanos mais adequados ao conforto térmico e a eficiência energética, e se contribua, dessa forma, para o desenvolvimento sustentável.

Araújo *et al* (1999) destacam que para as cidades de baixa latitude e de clima quente e úmido, “a obtenção de melhores condições de conforto tem de início o controle do ganho de energia e maximização da ventilação pelo espaço urbano e edificações.” Dessa maneira, a forma urbana adequada às condições climáticas deve considerar “a perda de energia por evaporação, o favorecimento da circulação dos ventos na malha urbana e a diminuição de superfícies expostas à incidência solar.”

Oliveira (2004) ressalta que, com relação à ocupação do solo, deve-se: “minimizar a concentração de elementos morfológicos que contenham atividades industriais, comerciais e de serviços; minimizar a centralização de determinados elementos morfológicos, tais como edifícios altos, avenidas e estacionamentos onde predominem materiais com altos coeficientes de absorção e emissão de radiação (como o concreto e o asfalto) e que acolham intensas atividades antropogênicas; e maximizar a ocupação e revestimento do solo com áreas verdes,

que aumentam as trocas térmicas – por diferença de pressão – com arranjos morfológicos à sua volta”.

Toledo (2003), por sua vez, constata que “a forma e as proporções do edifício, a orientação das fachadas e o sombreamento das aberturas influenciam diretamente no seu desempenho térmico” (p.905), ao mesmo tempo em que ressaltam que os efeitos da orientação e do sombreamento, agem de forma significativa no consumo final de energia elétrica do edifício, devendo ser, portanto, avaliados na fase inicial do projeto.

O caminho é utilizar as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem, buscando, desta forma, o baixo consumo energético. Conforme o que foi exposto e afirmado por Boff (2003), o conhecimento e a tecnologia capazes de promoverem a sustentabilidade ambiental existem, falta, talvez, a consciência ética, entendida como o “saber abrir-se ao outro e levá-lo a sério (responsabilidade) em favor do outro ante o sistema” (ÉTICA COMUNITÁRIA, p.51 apud BOFF, 2003).

A vida humana se desenvolve dentro e ao redor dos edifícios. Vários estudos comprovam que a qualidade dos edifícios e do entorno construído precisa ser melhorada. Os sistemas de ar condicionado, ventilação e iluminação e os aparelhos eletrodomésticos dos edifícios são responsáveis pelo grande consumo energético e o seu uso racional significa uma grande economia no potencial de energia. É imprescindível que esse novo parâmetro, a energia, seja incorporado ao projeto arquitetônico com os objetivos de “melhorar a qualidade dos edifícios e reduzir seu consumo energético, o que pode ser combinado numa política adequada para a edificação” (MASCARO; MASCARÓ, 1992).

Magistretti (1997) considera a realidade o “alimento fundamental da arquitetura” e uma das suas características particulares, ressaltando que “a arquitetura, e conseqüentemente tudo o que é o arquiteto e sua fascinante atividade, tem sempre e de todo modo uma realidade

com a qual pode confrontar-se.” A realidade deve sempre ser assimilada como “elemento integrante, paisagístico e compositivo da arquitetura” (p. 161).

Nesse contexto surge uma realidade concreta. Uma cidade: Maceió-AL. Um bairro específico: Ponta Verde. Um edifício residencial: Antilhas. Dois fatores preponderantes a considerar: conforto térmico e eficiência energética.

Maceió, cidade litorânea, rica em belezas naturais, encontra-se, hoje, em um acelerado processo de crescimento urbano, caracterizado por uma intensa verticalização em sua orla marítima. Sua paisagem é transformada a cada segundo, acarretando mudanças no comportamento térmico dos espaços microclimáticos dos ambientes urbanos e das edificações.

O clima da cidade de Maceió é quente e úmido apresentando temperatura média anual de 24,8° C¹. A estratégia mais adequada para obtenção de conforto térmico em clima quente e úmido, é maximizar a ventilação, o sombreamento e controlar o ganho de energia. Com base nessa afirmação a arquitetura não deve importar modelos estereotipados, e sim, buscar soluções arquitetônicas adequadas à região, pois, segundo Derizans (1991), “estaremos prontos para importar a chamada ARQUITETURA UNIVERSAL assim que conseguirmos importar o CLIMA UNIVERSAL”, ou seja, a arquitetura deve refletir e incorporar em seus modelos soluções regionais que atendam de maneira precisa a todos os seus condicionantes, gerando dessa forma, espaços confortáveis, eficientes e sustentáveis.

A posição geográfica da cidade, banhada pelo Oceano Atlântico e pela lagoa Mundaú lhe confere uma situação confortável em relação a temperatura do ar, pois, apresenta baixa amplitude térmica diária nas áreas próximas ao mar, pela presença constante da brisa marítima, a qual é responsável pela amenização das temperaturas do ar e o resfriamento das superfícies. Faz-se necessário canalizar a ventilação das suas áreas de origem para as menos favorecidas, ou seja, do mar para as áreas em sombras de vento através da regulamentação dos

¹ Dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – 1961-1990.

espaços “produtores” de ventos. Araújo *et al* (1999) em suas pesquisas para a cidade de Natal constatou outro fator importante que é a distribuição uniforme de vegetação principalmente nas áreas mais densamente construídas, como exemplo o centro da cidade, fator válido também para a cidade de Maceió visto apresentarem situações climáticas semelhantes.

O bairro da Ponta Verde, situado na planície litorânea da cidade, vive, hoje, um acentuado processo de verticalização, devido à grande especulação imobiliária, em função das suas belezas naturais. Entretanto, sua paisagem está sendo transformada a cada segundo, de maneira desordenada. Casas são demolidas, dando lugar a edifícios, em sua grande maioria, residenciais, (figuras 1 e 2). Este fato é preocupante, pois, acarretam mudanças no comportamento térmico dos espaços microclimáticos dos ambientes urbanos e das edificações, ao tempo que sobrecarregam o sistema de abastecimento elétrico da cidade.



Figura 1 – Exemplo de uma rua situada no bairro da Ponta Verde onde boa parte das antigas residências foi demolida dando lugar a edifícios multifamiliares (2008).



Figura 2 – Detalhe de algumas das construções encontradas na mesma área da foto anterior.

Os edifícios resultam, principalmente os residenciais, da pressão do mercado imobiliário que, praticamente, determina o programa de necessidades, a fachada com relação a seus revestimentos, o número de apartamentos por andar, o aumento das áreas impermeabilizadas em detrimento da vegetação urbana, enfim, pensa em tudo relacionado ao lucro, porém, esquece o primordial, que o ambiente construído deve ser sustentável.

Essas edificações não possuem uma identidade própria, não refletem o tropicalismo da região nordeste do Brasil. A maioria é padronizada, tanto em relação aos acabamentos externos, como também, à forma e à disposição das plantas, ou seja, não há inovação. Cavalcante (2000) afirma que “A semiótica do espaço construído da Ponta Verde constitui um modelo insustentável de desenvolvimento, pois, nega a nossa identidade cultural” (p.4). O momento propício para uma grande revolução no fazer arquitetura, pois, a natureza está clamando parceria, seus recursos, como já foi dito, são finitos. Urge, que as pesquisas nas

áreas de conforto térmico e eficiência energética sejam divulgadas, assim como a Declaração de Interdependência por um Futuro Sustentável.

Diante desse quadro e levando em conta o espírito de solidariedade ao ser humano e à natureza mãe que este trabalho analisou uma edificação, situada na Ponta Verde, em relação ao conforto térmico e à eficiência energética.

O objetivo principal deste trabalho consiste em desenvolver um estudo, dos pontos de vista qualitativo e quantitativamente, com a finalidade de identificar a influência das alterações microclimáticas nas condições de conforto térmico e gasto energético em unidades habitacionais com diferentes orientações, tomando como objeto de análise, um edifício multifamiliar na cidade de Maceió.

O prédio escolhido apresenta três situações bastante distintas: apartamentos totalmente nascentes, totalmente poentes e apartamentos intermediários. Foram feitas medições e avaliação do consumo energético, pois, parte-se do pressuposto de que, além do desconforto no apartamento poente, o consumo de energia elétrica, em relação ao apartamento nascente, seria consideravelmente maior.

Vários estudos e pesquisas já demonstraram que a abordagem bioclimática é um instrumento eficaz na redução dos consumos de energia elétrica na edificação. Portanto, essa dissertação aborda, no primeiro capítulo, os referenciais teóricos que embasam e fundamentam essa matéria, abordando os assuntos sobre o conforto em geral e, especial, o conforto térmico, as três variáveis envolvidas diretamente nesse processo, segundo Lamberts *et al*, (1997): arquitetônica, climática e humana, bem como a sustentabilidade e a eficiência energética.

O segundo capítulo trata da metodologia, que foi empregada no desenvolvimento desta pesquisa, esclarece todos os procedimentos metodológicos necessários para se atingir os objetivos do trabalho.

O terceiro capítulo analisa o objeto do estudo, o edifício residencial Antilhas, situado no bairro da Ponta Verde, em relação as suas características físicas, climáticas e o seu entorno.

O quarto capítulo é constituído da análise e dos resultados desta pesquisa. O edifício, objeto deste estudo é avaliado quanto ao seu entorno; quanto ao revestimento e ao sistema construtivo; quanto à ventilação; quanto à insolação; quanto ao desempenho térmico; quanto à umidade relativa; quanto à sensação humana e quanto ao consumo energético.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões resultantes a partir da pesquisa e da análise efetuadas. E, por fim, a Bibliografia e os Anexos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O tema sobre o qual esta dissertação versa pressupõe o domínio de conceitos teóricos essenciais à sua compreensão. Nesta primeira parte, são examinados conceitos relacionados ao conforto em geral e, especificamente, o térmico, suas variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, bem como os fundamentos da arquitetura bioclimática, suas estratégias e influências na sustentabilidade e no consumo energético, de forma a construir um referencial teórico que subsidie as questões relacionadas a análise do conforto térmico e da eficiência energética em um edifício residencial no bairro da Ponta Verde.

2.1 CONFORTO

Conforto é almejado por todo ser humano. Desde o início da civilização o homem procura se proteger das intempéries e rigores do clima, visando seu bem estar, conseqüentemente, seu conforto. É uma busca incessante. A palavra conforto deriva do vocábulo de origem latina *confortare*, significando fortificar, consolar. (RYBCZYNSKI, 2002).

Schmid (2005) relata que o termo conforto, até final do século XVIII, não era utilizado em relação à edificação. Tal fato foi sendo superado no início do século XIX, pelo que consta na Europa, com o surgimento da burguesia. Contudo, no século XX, com o Modernismo, valioso movimento das artes e da arquitetura, o conforto passa a ser “visto como impróprio à estética em voga – uma estética da engenharia e do progresso material”. Le Corbusier, categórico arquiteto do movimento, divulgava a idéia da casa como máquina de morar e “pedia às pessoas menos sentimentalismo e mais objetividade ao tratar da casa”.

De certa maneira, as casas incluíram algumas “máquinas” como itens essenciais, “como por exemplo, os dispositivos de iluminação e climatização”. E assim, casas de “máquinas” foram acrescentadas, às vezes em todos os andares. E os condensadores passaram a despontar nas fachadas, “desafiando a pureza das formas” (SCHMID, 2005).

Entretanto, no início dos anos 70 do séc. XX,

Com a crise do petróleo, a voracidade energética dos edifícios passou a receber críticas freqüentes. Ao Modernismo faltava uma especificidade geográfica, ao menos para considerar que diferentes climas, paisagens e culturas requerem diferentes propostas, por vezes diferentes conceitos de edifício. Como franca oposição aos resquícios do Modernismo, nomes distintos foram aplicados para idéias basicamente similares: como arquitetura bioclimática, arquitetura passiva e, mais recentemente, arquitetura sustentável. (SCHMID, 2005, p.12)

E, assim, surge o movimento pelo conforto ambiental, que vai ao encontro do produto do projeto arquitetônico. Este, pensado de forma a harmonizar “os diferentes critérios e indicadores do conforto na busca da melhor solução de conjunto, segundo as exigências específicas de cada caso” (p. 374). Nesse momento, as decisões de projeto têm no conforto ambiental um novo e importante parâmetro. (KOWALTOWSKI *et al*, 1998).

“O conforto ambiental surge num esforço de se resgatar a arquitetura enquanto abrigo diante de outras intenções como a monumental, a produtiva ou a representativa”. (SCHMID, 2005). O conforto será abordado neste trabalho não só como requisito salutar da arquitetura como também qualidade valiosa no tocante à habitação. Vista não como “máquina de morar”, mas sim, como abrigo, acolhedor, seguro, envolvente, e principalmente confortável e menos dispendioso.

Definir conforto é para Rybczyski (2002), algo simples e complexo, ao mesmo tempo, pois, inclui várias camadas de sentidos, como privacidade, bem-estar, conveniência, eficiência, por exemplo, os quais ao longo da História apresentaram significados diferentes, dependendo das forças externas sociais, econômicas e tecnológicas.

Segundo Ferreira (1986) conforto significa “bem-estar material, comodidade”. Os limites do bem-estar variam “segundo se trata do dia ou da noite, do inverno ou do verão, ou de climas diferentes. (ONU, 1973, apud MASCARÓ, 1991), e ainda, de pessoa para pessoa.

Conforto é definido por Schmid (2005) como sendo um dos atributos positivos do espaço arquitetônico. Esse espaço pode ser modificado pelo arquiteto, buscando a realização dos desejos do usuário, “baseado nos conhecimentos oferecidos pela tecnologia da construção e na cultura sobre a estética, a ética e a história” (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Schmid (2005) constata, através de uma visão holística, que nos últimos dois séculos o conceito de conforto migrou dos contextos corporal (alívio da dor) e psico-espiritual (conforto como consolo) para contextos sócio-cultural e ambiental.

Atualmente, conforto é um dos critérios considerados primordiais na avaliação do espaço habitado, e consiste na solução de um conjunto de problemas e situações de forma integrada e globalizante. (KOWALTOWSKI, 1998).

É imprescindível, destaca Schmid (2005) que “o arquiteto trate o espaço como ele é e reconheça e respeite aquilo que nele se encontra: a Terra e o céu; o dia e a noite; a topografia; os seres vivos; e as pessoas – em toda sua imprevisibilidade”. E continua ressaltando que foi na enfermagem onde encontrou “uma concepção notavelmente positiva de conforto” e transcreve Kolcaba e Wilson (2002):

O conforto é mais que a ausência de dor e pode ser aprimorado, mesmo se a dor não pode ser tratada inteiramente, através da atenção à transcendência. O incremento do conforto envolve aumento da esperança e confiança e pode diminuir as complicações relacionadas à alta ansiedade dos pacientes.

Analisando a afirmativa acima no tocante ao alívio, ou mudança de um estado para outro, situações contrapostas, Marshall (2003) descreve através de uma situação o que seria conforto:

Uma tempestade em aproximação rápida, chuva forte e nenhum lugar para se abrigar. Após dez minutos a roupa está encharcada, os sapatos cantam ao andar. Um vento fresco se soma e aumenta a sensação de frio. Então é confortável chegar a um quarto quente. Colocar roupas secas, aquecer-se junto a uma lareira e beber chá

quente. Não estar mais exposto, agora sentir-se bem. O desagradável pôde ser substituído pelo agradável. É isto, para a maioria das pessoas, o significado de conforto. (apud SCHMID, p. 23)

O fato de estar protegido, acolhido, envolvido remete o ser humano a um ideal de conforto, o útero materno, “talvez o local de maior proteção de que já desfrutamos” e que permanece em nosso inconsciente (SCHMID, 2005). Portanto, essa busca, esse desejo é inerente ao homem.

Para Freitas (2005),

Conceitos e exigências quanto ao conforto apresentam especificidades no tempo e no espaço, evoluindo através dos séculos e diferenciando-se na atualidade, de acordo com o poder aquisitivo, o estágio tecnológico, culturas, climas e até mesmo disciplinas e áreas de interesse. (p.726)

Ressalta, ainda, que o conforto está relacionado não só a questões psicológicas de identificação e satisfação com o local, mas também a condições físicas de temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica.

O homem é um ser biologicamente parecido em todo o mundo. A ele é inerente uma extraordinária capacidade de se adaptar facilmente às condições climáticas, inclusive utilizando-se de instrumentos culturais como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia. É importante entender que para alcançar o conforto variáveis humanas, arquitetônicas e climáticas devem ser observadas, buscando o conhecimento das inter-relações que se estabelecem, necessariamente entre elas. Além disto é preciso considerar que “a importância destas variáveis se baseia na premissa de que existe uma forte correlação entre conforto e consumo de energia”. (LAMBERTS *et al*, 1997).

Ainda é o citado Schmid (2005) quem afirma que conforto “é de fato consolo, e isto não restringe, senão abre o campo do conforto ambiental, a ponto de impor-lhe a interdisciplinaridade como única alternativa de sobrevivência”. E continua, “espero que o conforto não seja somente idéia e se concretize nos ambientes, dando-lhes sentido”.

O arquiteto Nelson Solano² ressaltou que a arquitetura manipula as variáveis do meio ambiente por intermédio do partido arquitetônico, através do qual se pode obter conforto, que se mede considerando estímulos, sensações e emoções, que oscilam como que em movimento pendular.

Corbella e Yannas (2003) concordam e reforçam a opinião de que esse equilíbrio poderá, realmente, ser atingido através do projeto arquitetônico, desde que este adote soluções que integrem os vários aspectos do conforto: térmico, acústico e visual, com o que se pode propiciar “um bom nível de conforto ambiental.”

2.2 O CONFORTO TÉRMICO

Conforto térmico, segundo Bittencourt; Cândido (2005) “pode ser definido como a situação de satisfação psicofisiológica com as condições térmicas de um ambiente onde a manutenção da homeostase humana é obtida”. Lamberts et al (2000) registra o conforto térmico como sendo “o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” e que a sensação de desconforto pode ser causada pelo calor ou pelo frio.

Segundo Schmid (2005) o conforto térmico é objeto de uma busca incessante, gestos como abrir ou fechar uma janela, uma porta; tirar ou colocar uma jaqueta, um casaco, etc., fazem parte da rotina das pessoas, independentemente de sua classe social ou atividade profissional e que também pode ser definido como “um estado em que o indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio”.

O organismo humano com o auxílio do oxigênio queima as calorias presentes nos alimentos e produz, desta forma, a energia ou calor interno do corpo. O homem é um ser

² Princípios da iluminação natural, palestra proferida no Ciclo de palestras em eficiência energética e conforto ambiental, no CREA-AL, Maceió, 26-10-2006.

homeotérmico, ou seja, apresenta a tendência de permanecer com a mesma temperatura interna do corpo, independentemente das condições do clima. A temperatura interna deve permanecer constante em 37°, podendo variar entre 36,1 e 37,2°, apresentando limites para sobrevivência entre 32 e 42°. (LAMBERTS *et al*, 1997).

Para atender à necessidade do organismo de permanecer em equilíbrio existem mecanismos termo- reguladores com a finalidade de manter a temperatura interna do corpo constante. É através da pele que se realizam as trocas de calor, ou seja, a pele é o órgão termo-regulador do corpo humano.

Esses mecanismos variam de acordo com a sensação de calor ou de frio. Em reação ao calor, ocorre a vasodilatação, aumento do volume de sangue acelerando o ritmo cardíaco, provocando, assim, a transpiração. Em reação ao frio, ocorre a vasoconstrição, diminuição do volume de sangue e do ritmo cardíaco. O organismo, nesse caso, provoca o arrepios e o tiritar, a fim de gerar calor. Constata-se, então, que a temperatura da pele depende do fluxo sanguíneo que a percorre, quanto mais intenso o fluxo, maior sua temperatura. (LAMBERTS *et al*, 2000).

A quantidade de calor liberado pelo organismo depende da atividade desenvolvida. Esse calor produzido no seu interior é dissipado para o meio ambiente por condução, convecção, radiação (trocas secas) e pela evaporação (trocas úmidas) da água produzida por transpiração.

A tabela 01 apresenta dados relativos ao calor dissipado pelo corpo em função da atividade do indivíduo desenvolvida.

Tabela 1 – Taxa metabólica para diferentes atividades segundo ISO7730(1994)

Atividade	Metabolismo (W/m²)
Reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola,etc.)	70
Fazer compras, atividades laboratoriais	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2Km/h	110
Caminhando em local plano a 3Km/h	140
Caminhando em local plano a 4Km/h	165
Caminhando em local plano a 5Km/h	200

Fonte: LAMBERTS *et al*, 2000

Quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada, experimenta-se a sensação de conforto térmico. Para que o indivíduo esteja em conforto, faz-se necessário que o equilíbrio térmico, resultado dos fluxos de calor entre o ambiente e o corpo humano, seja nulo.

O fluxo de calor se dá sempre do objeto de maior temperatura para o de menor temperatura. Schmid (2005) afirma que “a temperatura de um objeto é tanto maior quanto mais intenso for o movimento vibratório de suas moléculas. Quando este movimento é transmitido de uma porção para outra porção da matéria dizemos que está havendo transferência de calor, ou simplesmente calor”.

Calor e temperatura são conceitos diferentes. A temperatura é uma propriedade associada do calor. Para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade do local. “A sensação de temperatura depende muito mais de quão rapidamente se retira calor ou se entrega calor à pele, mais do que da temperatura do ar indicada por um termômetro” (CORBELLA; YANNAS, 2003). Schmid (2005) transcreve Frank Lloyd Wright que dizia não conhecer nada mais confortável que um assoalho aquecido. Vale ressaltar que tal sensação só é confortável para um clima frio, onde precisa-se receber calor.

Cada forma de transmissão de calor apresenta seu próprio mecanismo. É preciso compreender como se dá cada mecanismo para entender o que ocorre entre o ser humano e o ambiente no qual está inserido, a fim de poder propor melhorias, visando o conforto e, conseqüentemente, a eficiência energética na edificação.

2.2.1 TROCAS TÉRMICAS ENTRE O CORPO E O AMBIENTE

Para que o homem permaneça em equilíbrio térmico seu organismo realiza diversos processos de trocas térmicas. As trocas térmicas realizadas sem a presença de água são qualificadas de “trocas secas”. O calor cedido para o ambiente através destas trocas (secas) é denominado calor sensível. Os processos são: convecção, radiação e evaporação.

A troca de calor por convecção ocorre quando a temperatura do ar é inferior à do corpo, então, o corpo perde calor ao entrar em contato com este ar. É importante a transmissão através do contato, ela “é intensa, pois os sólidos são melhores condutores de calor que o ar”. O contato com um piso aquecido num dia frio, como já foi citado acima, parece, afirma Schmid (2005), restabelecer o equilíbrio térmico do corpo, assim como caminhar descalço sobre um piso de pedra faz perder calor, sensação ideal para um clima quente.

Na convecção a transferência de calor de um corpo para outro se opera através de um fluido (ar ou água). Diz-se forçada a convecção quando induzida pelo vento ou por meios mecânicos, e natural, quando a troca de energia se dá pelo fluxo natural do ar: o ar quente mais leve, sobe, liberando espaço para o ar frio. Não haverá troca térmica por convecção, quando a temperatura do ar for igual a do corpo. E, se a temperatura do corpo for menor que a do ar, este cederá calor para o corpo.

A transferência de energia na forma de ondas eletromagnéticas através do espaço é chamada radiação. Essas ondas são absorvidas pela matéria e se converte em calor;

praticamente toda superfície emite radiação, e esta não depende do ar nem de qualquer outro meio para se propagar. “Uma pessoa num ambiente está continuamente emitindo e recebendo energia radiante, e o diferencial entre a energia recebida e a emitida é que define se o corpo é aquecido ou resfriado por radiação.” Portanto, é importante entender este processo, pois, se a temperatura da parede de um ambiente for menor que a do corpo, este perderá calor por radiação. Caso contrário, as paredes, apresentando temperaturas superiores às do corpo, este receberá calor por radiação (RUAS, 1999). Esse fato é de grande importância, pois, confirma a necessidade do sombreamento das paredes externas de uma edificação em climas quentes.

Já a evaporação ocorre na presença de alta concentração de umidade e é considerada “troca úmida”. O calor perdido através dessa espécie de troca é denominado calor latente e envolve mudança do estado líquido para o estado gasoso; o suor (líquido), por exemplo, passa para o estado gasoso através da evaporação. Esse processo ocorre quando as perdas de calor por convecção e radiação não forem suficientes para manter em equilíbrio a temperatura do corpo. A velocidade de evaporação é função do estado higrométrico do ar e de sua velocidade.

As trocas de calor com o ambiente ocorrerão em função da atividade física (metabolismo), de variáveis ambientais, tais como velocidade do ar, temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa do ar e resistência térmica oferecida pela vestimenta. As grandezas dessas variáveis inter-relacionadas; são diretamente influenciadas pela concepção arquitetônica, e constituem elementos fundamentais para a obtenção da sensação de satisfação, dependendo das diferentes combinações. Variáveis humanas como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura, etc. também exercem influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser sempre consideradas. (LAMBERTS *et al*, 2000).

É de suma importância compreender esses processos de transmissão de calor entre o homem e o meio, para poder dessa forma, projetar, detalhar e especificar o projeto

arquitetônico, visando o conforto térmico e o baixo consumo energético, obtendo, assim, um ambiente construído sustentável.

2.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Lamberts et al (1997) afirmam que “uma boa arquitetura deverá assistir ao programa e à análise climática de forma a responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto.”

O clima é o conjunto de condições meteorológicas (temperatura, pressão, ventos, umidade e chuvas) características do estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre. É considerado elemento indispensável, juntamente com o programa de necessidades, no momento da concepção do projeto, a fim de se obter conforto e eficiência energética. O clima é a condição média do tempo em uma dada região, baseada em medições durante um certo período de tempo (normalmente durante 30 anos).

O tempo é a variação diária das condições atmosféricas. Essas variações ocorrem segundo alguns elementos da natureza, ou seja, proximidade à água (pois essa se esfria ou se aquece mais rápido que a terra), altitude (quanto maior altitude menor temperatura), barreiras montanhosas e correntes oceânicas.

Lamberts et al (1997) ressaltam que “a ação simultânea das variáveis climáticas terá influência no espaço arquitetônico construído”. Snyder e Catanese (1984) observam que “correlacionando as condições climáticas do local durante o ano inteiro com o conforto humano, podem determinar respostas apropriadas em tipo e tempo para planejar o local, a paisagem, a forma arquitetônica e a construção”.

O clima para efeito de estudo pode ser dividido em três escalas distintas, porém indissociáveis: macroclima, mesoclima e microclima. (LAMBERTS et al, 1997)

O macroclima se refere às características gerais de uma região em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações. “Os dados climáticos mais difundidos no Brasil são as normais climatológicas, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia”. Porém, esses dados se referem a valores médios e extremos limitando, assim sua aplicação no estudo da eficiência energética na arquitetura.

Para uma análise mais completa da adequação da edificação ao clima local pode-se utilizar o TRY, Ano Climático de Referência (PIETROBON *et al*, 1999), o qual possibilita a simulação horária do consumo de energia durante um ano, permitindo uma avaliação do custo-benefício de opções mais eficientes. (LAMBERTS *et al*, 1997).

O mesoclima é bem definido e facilmente identificado, por exemplo: o litoral, o campo, as florestas, os vales, as cidades e as regiões montanhosas. Já o microclima é a escala mais próxima da edificação, a qual pode ser alterada e concebida pelo projetista. Daí a necessidade do conhecimento das variáveis desta escala a fim de induzir soluções mais adequadas ao conforto e a eficiência energética.

O Brasil está localizado entre os dois trópicos e apresenta uma grande extensão territorial, devido a tais fatores seu clima é bastante diversificado, caracterizando seis regiões: Tropical, Equatorial, Semi-árido, Subtropical, Tropical Atlântico, Tropical de Altitude.

Dentre as variáveis climáticas que interessam para a arquitetura tem-se: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, o movimento do ar e a radiação solar.

2.3.1 TEMPERATURA

Freitas (2005) afirma que “a temperatura, quantidade de calor existente num corpo ou num determinado local, é um dos elementos climáticos, melhor percebido pela população e um dos mais influentes no seu cotidiano” (p.728).

A temperatura do ar é determinada pela relação entre as taxas de aquecimento e resfriamento da superfície da terra. A variação da temperatura do ar se dá em função dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de lugar para lugar. Quando a velocidade do ar é pequena, a temperatura é bastante influenciada pelos ganhos térmicos solares do lugar. Quando a velocidade do ar é alta, a eficácia das condições locais na temperatura do ar é reduzida.

A temperatura, no nível da escala microclimática, ou seja, bem próxima da edificação, pode ser amplamente explorado pelo arquiteto a fim de induzir soluções arquitetônicas que possam amenizar o espaço interno edificado.

Toledo (1999) confirma que

A sensação de conforto ou desconforto térmico experimentado pelo homem no interior de um recinto depende, de um lado, da atividade que está desenvolvendo e do tipo de roupa que está usando e, de outro lado, da temperatura, umidade e velocidade do ar em contato com o corpo e das temperaturas e emissividades das superfícies das paredes, piso, teto e objetos existentes no interior do recinto. (p. 41).

No clima quente e úmido, a temperatura do ar é em geral, menor que a temperatura da pele e que suas variações diárias são pequenas com níveis de umidade geralmente altos. Este é um dado bastante importante, porque o corpo estará sempre perdendo calor para o ambiente, desde que, este, encontre-se protegido a fim de evitar ganhos térmicos e bem ventilado, pois, o resfriamento, neste caso, é a principal meta do projeto arquitetônico.

2.3.2 UMIDADE DO AR

A pressão de vapor é o fator climático mais estável ao longo do dia. Resulta da evaporação da água contida nos mares, rios, lagoas, espelhos d'água em geral, como também da evapotranspiração dos vegetais.

A umidade absoluta é a quantidade de água que contém o ar do ambiente e é medida em gramas de água por quilograma de ar seco.

Quanto maior a temperatura do ar, menor será a sua densidade e, em consequência, maior quantidade de água poderá conter. Por isso, em locais onde a umidade é alta a transmissão da radiação solar é menor em função da absorção de parte dela pelo vapor d'água existente no ar.

O ar, a uma determinada temperatura, somente pode conter uma certa quantidade de vapor de água. Quando chega a esse valor máximo pode-se dizer que o ar está saturado. A umidade aceitável é determinada pela possibilidade do aparecimento de mofo e outros problemas correlatos, mas do que por desconforto sentido pelo ser humano. Clark (apud BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005) questiona o limite e afirma serem necessárias mais pesquisas que possam definir a amplitude e duração de ciclos diários de umidade relativa que impeçam o aparecimento de bolor e fungos nas edificações.

A umidade, em escala microclimática, pode ser modificada com a presença de água ou de vegetação. A presença de massas d'água (fontes, lagos, espelhos d'água) umidifica o ar conseqüentemente, refresca o edifício.

A umidade não pode ser considerada como um elemento isolado; precisa ser avaliada juntamente com outros fatores: temperatura do ambiente, velocidade e fluxo de ar, permeabilidade das superfícies interiores, dependendo das variadas combinações, altos níveis de umidade não acarretam formação de fungos e desconforto, especialmente se o ambiente for arejado.

A relação entre a umidade relativa do ar em função das temperaturas de bulbo úmido (TBU) e seco (TBS) é apresentada através da carta psicrométrica.

2.3.3 MOVIMENTO DO AR

O movimento do ar ou vento se dá em função da diferença de temperatura existente entre as massas de ar; seu deslocamento ocorre da área de maior (ar frio, pesado) para a de menor pressão (ar quente, leve). A velocidade e a direção do ar sofre influência da rugosidade do solo e dos obstáculos urbanos, os quais, têm o poder de desviar, canalizar ou alterar esse movimento.

O ar, uma vez em movimento, tende a continuar na mesma direção até encontrar um obstáculo que o faça mudar de posição (propriedade da inércia) e ao mudar de direção perde energia cinética e velocidade. Dados sobre o vento são coletados em estações meteorológicas localizadas em espaços abertos sem influência de edificações vizinhas, que informam sobre a direção, velocidade, frequência e períodos de calmaria. As medições são feitas na altura padrão, geralmente a 10m acima do solo. (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005)

Em escalas microclimáticas, o fluxo de ar depende das direções e das configurações das aberturas de entrada e de saída.

Na natureza as variáveis climáticas (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade do ar e as fontes de calor radiante direto ou refletido) são impostas. No ambiente construído, porém, as condições naturais podem ser modificadas. Freire (2005) destaca que materiais arquitetônicos e formas urbanas interferem, diretamente, sobre as trocas térmicas e, conseqüentemente, sobre o conforto.

É imprescindível evitar ganhos térmicos excessivos na edificação e promover a dissipação do calor produzido internamente. O arquiteto precisa ser um grande articulador com relação às questões de definições específicas de cada projeto, com o domínio do conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao conforto térmico e conseqüentemente, sua eficiência energética.

2.4 VARIÁVEIS HUMANAS

“A terra não é um planeta inteiramente hospitaleiro. Em algumas regiões, a necessidade de abrigo às intempéries é desafio diário à sobrevivência”. Como já observamos antes, o ser humano é biologicamente parecido em todo o mundo, sendo capaz de se adaptar a diferentes condições climáticas utilizando mecanismos culturais como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia. (LAMBERTS *et al*, 1997). O conforto almejado por todo ser humano pode variar consideravelmente dependendo da cultura, da idade, das vestimentas, do sexo e da saúde das pessoas envolvidas. O projeto deve responder tanto às condições ambientais quanto aos requisitos de conforto dos usuários (SNYDER; CATANESE, 1984).

Vários estudos apontam as diversas maneiras de avaliar e expressar o conforto térmico: são índices, escalas e tabelas, cartas bioclimáticas, gráficos psicrométricos ou monogramas de temperatura efetiva, como também análises estatísticas. Influem também nessa avaliação dois fatores de suma importância: os diversos tipos de roupas e as taxas de metabolismo humano que variam em função da atividade exercida. É importante ressaltar que as vestimentas devem ser adequadas ao clima e às atividades desempenhadas.

Fanger (1972) elaborou através de pesquisas um gráfico que traduz o grau de satisfação ou insatisfação das pessoas com relação às condições ambientais: Voto Médio Predito (VMP). O VMP para o conforto é zero, para o frio é negativo e para o calor é positivo. Esse estudo considerou a temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade relativa, temperatura do ar, atividade física e vestimenta. (ver tabela 2)

Tabela 2 – Escala térmica de Fanger

Escala	Sensação
+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Levemente quente
0	Neutro
-1	Levemente frio
-2	Frio
-3	Muito frio

Fonte: LAMBERTS ET AL, 2002

A norma ISO 7730 de 1984 recomenda o uso do índice entre os valores -2 e $+2$, pois acima destes limites se tem um quadro com mais de 80% de pessoas insatisfeitas. É verdade que, devido às diferenças individuais não haverá ambiente que satisfaça a todos, sempre existirá uma percentagem de insatisfeitos. Em ambientes de ocupação humana considerados termicamente moderados, o PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) deve ser menor que 10%, correspondendo a uma faixa do PMV de $-0,5$ a $+0,5$ (ISSO 7730, 1984) (LAMBERTS et al, 2000).

O método desenvolvido por Fanger pode ser calculado através do programa Analysis CST desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina – NPC. Este programa indica o PMV (voto médio predito) e o PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) para o ambiente em estudo.

A vestimenta e a atividade física são elementos importantes a ser considerados na sensação de conforto térmico do homem. A roupa oferece resistência térmica e é medida em “clo”: do inglês *clothing*. Quanto maior a resistência térmica da roupa, tanto menor serão suas trocas de calor com o meio. 1clo equivale a $0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. (1 clo = 1 terno completo)

Outro elemento essencial é o conhecimento sobre a atividade física a ser desenvolvida num determinado ambiente, pois quanto maior o exercício físico, tanto maior será o calor gerado por metabolismo.

2.5 VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS

2.5.1 FORMA

A arquitetura evoluiu e chegou até os nossos dias protegendo e amparando o homem das hostilidades climáticas. Caminhou por um bom tempo lado a lado com a natureza, depois, pelo grande avanço tecnológico alcançado pela humanidade, essa parceria praticamente deixou de existir. Hoje, porém, a arquitetura precisa refletir uma preocupação a mais, a questão ambiental. É esperado que a arquitetura ao atingir o seu objetivo, seja ele qual for, residencial, comercial, industrial, lazer, por exemplo. o alcance de forma sustentável, com conforto e eficiência energética.

Para tanto “é necessário o estudo de variáveis arquitetônicas como forma, função, tipos de fechamento e os sistemas de condicionamento (climatização e iluminação). Essas variáveis interagem simultaneamente com o meio ambiente e com o homem” (LAMBERTS *et al*, 1997). É imprescindível a adequação da forma arquitetônica à sua função (e vice-versa), como também a correta especificação dos fechamentos e sistemas de condicionamento do projeto. Buscar uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas (urbana, arquitetônica, construtiva e imediata) é o caminho segundo Lamberts et al (1997) para atingir o conforto térmico e conseqüentemente, a eficiência energética nas edificações.

A forma arquitetônica é determinante quanto ao conforto térmico e ao consumo energético, isto porque, ela pode ou não favorecer a ventilação, como também controlar ou não a incidência da luz e do calor solar sobre o edifício.

Toledo (2003) com base em suas pesquisas afirma: “A forma e as proporções do edifício, a orientação das fachadas e o sombreamento das aberturas influenciam diretamente no seu desempenho térmico” e conseqüentemente, no consumo final de energia elétrica do

edifício. Segundo o autor a forma retangular mostra-se ótima para clima quente e úmido, e em especial para cidade de Maceió. Essa conclusão encontra apoio em Olgyay (1998) que afirma desprender, essa forma, a mínima quantidade de calor no inverno e absorver o mínimo de calor no verão, na proporção de 1:1,7, com as maiores fachadas orientadas para Norte e Sul, orientação recomendada também por Mascaró e Mascaró (1992).

A forma urbana, em alguns exemplos de arquitetura e urbanismo, foi decisiva na obtenção do conforto térmico. Cita-se Marrakesh, em Marrocos, onde as edificações foram construídas de forma a canalizar para o interior da cidade a brisa que vem do mar, ao passo que desvia o vento quente continental, obtendo assim, conforto na escala urbana. (ver fig. 3). Outro exemplo é o iglu, cuja forma arquitetônica minimiza as perdas de calor com o exterior (ver fig. 4). Os chalés das montanhas também apresentam soluções interessantes, pois através das altas inclinações das cobertas, evita o acúmulo da neve favorecendo assim, maior exposição aos raios solares.



Figura 3 – Cidade de Marrakesh
Fonte: www.away.com, 2007.



Figura 4 – Iglu

Um exemplo mais próximo, as aldeias de pescadores no nordeste brasileiro dão exemplo de adaptação da construção ao clima e à natureza. Construídas debaixo dos coqueirais, apresentam configuração interessante, “onde o sombreamento é propiciado pelas

folhas dos coqueiros enquanto que a altura das copas e os troncos finos não obstruem o fluxo do vento na altura das construções” (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

2.5.2 FUNÇÃO

Mahfuz (1995) conceitua função aplicado à arquitetura no sentido daquela que liga uma coisa ao propósito concreto ao qual ela deve servir. Mukarowsky (apud MAHFUZ, 1995) afirma que “uma coisa não está inevitavelmente ligada a uma única função: de fato, praticamente não existe um objeto que não sirva uma série de funções,” (p.117) e, continua ressaltando que “um edifício, e especialmente uma residência, não pode ser limitada a uma única função, porque é o cenário para a vida humana, a qual é heteromorfa” (p.118). E, define como o papel da arquitetura:

A arquitetura organiza o espaço que circunda o homem. Ela organiza esse espaço como um todo e com respeito ao homem em sua totalidade, isto é, com respeito a todas as ações físicas e psíquicas de que o homem é capaz, e das quais um edifício pode se tornar o cenário. (apud MAHFUZ, 1995, p.120)

Frasconi (apud MAHFUZ, 1995) destaca que “Funções em arquitetura dependem tanto do edifício quanto de quem o usa, ou organiza o seu uso” (p.119)

A função arquitetônica interage com a forma e com a eficiência energética de um edifício. As funções, residencial, comercial e pública, são distintas do ponto de vista da dependência do clima e, conseqüentemente, do consumo energético. Cada uma delas apresenta características próprias, que se condicionam a atender exigências específicas com relação ao conforto de acordo com horários e uso dos edifícios. (LAMBERTS *et al*, 1997).

É imprescindível o estudo da função arquitetônica na definição do partido e das estratégias bioclimáticas a serem adotados. O projetista tem o dever de conciliar de maneira

eficaz as diversas variáveis envolvidas no ato de projetar: climáticas, humanas e arquitetônicas, bem como o baixo consumo energético, a fim de obter um resultado satisfatório em relação ao conforto e a eficiência energética, ou seja, ambiente sustentável.

2.5.3 ENVOLTÓRIO E TIPOS DE FECHAMENTOS

Snyder e Catanese (1984), denominam a superfície externa de um edifício, que separa o usuário das condições climáticas, “envoltório” ou “membrana”, este último termo em evidente analogia biológica, considerando “o edifício como um organismo projetado para sobreviver no clima de um local específico”. “Envoltório” dá idéia de algo estático, enquanto “membrana”, diferentemente, sugere dinamismo “afinado com a natureza orgânica da energia”.

Esse “envoltório”, “membrana” ou ainda, como alguns preferem, “envelope” construtivo é composto de fechamentos transparentes e opacos. A principal diferença entre os dois consiste em sua capacidade (transparentes) ou incapacidade (opacos) de transmitir a radiação solar para o ambiente interno. Essas variáveis, juntamente com as três categorias propostas por Lamberts et al (1997): forma, função e sistemas de condicionamento, interam simultaneamente com o meio ambiente e com o homem. (LAMBERTS *et al*, 1997) e devem ser consideradas segundo essa interação.

O cerne da questão assenta-se na necessidade de entender dois dados fundamentais: a) a transmissão de calor, ou seja, o mecanismo das trocas de energia (luz ou calor) entre o meio exterior e o interior de uma edificação e b) o comportamento térmico dos fechamentos. A partir de tais conhecimentos, o projetista estará apto a dimensionar e especificar corretamente os materiais e as aberturas de uma edificação, visando uma arquitetura confortável e sustentável, em termos de conforto e eficiência energética.

2.5.3.1 FECHAMENTOS TRANSPARENTES

Em uma edificação a maior parte da transmissão de calor ocorre através das paredes, da cobertura e das janelas.

As principais trocas térmicas que ocorrem em uma edificação se dão através dos fechamentos transparentes, tais como janelas, clarabóias e qualquer outro elemento transparente empregado na arquitetura. Por isso, a influência desses fechamentos no desempenho térmico da edificação tem uma relação direta com a orientação em relação aos pontos cardeais, o tamanho das aberturas, do tipo de material utilizado (vidro, acrílico, etc) e da presença ou não de protetores solares.

Os vidros (e similares) possibilitam três tipos básicos de trocas térmicas: condução, convecção e radiação. As duas primeiras podem ser controladas através do ato mecânico de abri-los ou fechá-los. Porém, a energia radiante que incide sobre os fechamentos transparentes constitui o principal problema nos períodos quentes, já que as parcelas de calor são recebidas diretamente, absorvidas e reemitidas para o interior.

O vidro (e similares) ao receber a radiação solar absorve, reflete ou transmite dependendo do comprimento de onda do raio incidente. Lamberts et al (1997) descreve que “a parcela absorvida pelo vidro se converte em calor no seu interior e pode ser reemitida tanto para o exterior quanto para o interior na forma de radiação de onda longa e que a parcela refletida será maior quanto maior for o ângulo de incidência da radiação solar.

Os vidros são elementos bastante utilizados para fechamentos na arquitetura; integram o exterior ao interior por serem transparentes às radiações visíveis, favorecendo a iluminação natural nos ambientes internos. No entanto, afora o aspecto econômico decorrente de seus custos, implicam problemas térmicos e acústicos que, embora não tenham vinculação natural

direta, se relacionam indiretamente em razão do seu emprego e, por tal motivo, não podem ser desconsiderados.

a) Os problemas térmicos resultam, primariamente, do fato de a radiação térmica incidente ser transmitida diretamente para o interior. Acrescente-se que os fechamentos transparentes impedem a penetração do ar e a circulação do vento, impedindo, desse modo, a troca do ar ambiente e a possibilidade de refrescá-lo.

b) A abertura das janelas, por exemplo, para remover o inconveniente acima mencionado, acarreta problemas acústicos. Em locais barulhentos somente há duas opções: ou se mantêm os fechamentos hermeticamente fechados, criando problemas térmicos, ou abrindo-os, problemas acústicos.

Sobre essas questões, Niemeyer (1999) observa:

Em clima quente-úmido o homem está exposto ao ruído por períodos muito mais longos: não existe fronteira rígida entre interior e exterior do edifício, as janelas permanecem abertas grande parte do dia e a arquitetura se utiliza amplamente de espaços abertos e semi-abertos, as atividades ao ar livre são freqüentes e desenvolvidas ao longo de todo o ano. O projeto climático deve, portanto, se estender além dos limites do edifício, propondo soluções na escala do desenho urbano.

Continuando, Niemeyer (1999) afirma ser um caminho para remover ou atenuar essas conseqüências a existência de espaços de transição entre a fachada exposta ao ruído e o ambiente a ser protegido, principalmente em situações onde é necessário compatibilizar atenuação sonora e ventilação natural, “dependendo da orientação podem também se constituir em elementos de proteção à radiação solar direta, principal fonte de desconforto térmico”.

Os vidros conforme já referido, variam de acordo com suas capacidades de absorver, refletir ou transmitir a radiação solar, dependendo das características ópticas do material (absortividade, refletividade e transmissividade do vidro) e do comprimento de ondas da radiação e do ângulo de incidência.

Há duas regiões importantes, no espectro solar, para o estudo do comportamento dos fechamentos transparentes que são: as regiões de ondas curtas (OC), as quais se subdividem em visíveis (380 a 770 nm) e infravermelhas (760 a 3.000 nm) e as de ondas longas que são radiações infravermelhas emitidas por corpos aquecidos (> 3000 nm).

Lamberts et al (1997) classificam cinco categorias de vidros mais utilizados na construção civil: vidro simples (transparente); vidro verde; películas e vidros absorventes (fumes); películas e vidros reflexivos; plásticos.

Os vidros simples (comuns) são transparentes a ondas curtas, e opacos, a ondas longas, ou seja, boa visibilidade com alta transmissividade da radiação solar para o interior. Por ser opaco à onda longa, não permite sua saída para o exterior, acumulando, assim, o calor dentro do ambiente, esse efeito é conhecido por estufa. Esse tipo de vidro é bastante usado no Brasil, em função do seu baixo custo e pela facilidade de ser encontrado no mercado das construções.

O vidro verde é um vidro especial, também conhecido como absorvente. Por ser levemente pigmentado diminui a transmissão da onda curta com apenas um pequeno aumento na absorção da parte visível. Pesquisas desenvolvidas pela Light, Procel (2000) e outras constataram, após simulações, que o vidro verde é o que consegue maior redução de calor.

As películas e vidros reflexivos absorventes (fumês) têm a finalidade de diminuição da transmissão da onda curta. Porém, quando ocorre absorção nesta faixa, ondas curtas, há uma diminuição na visibilidade, acarretando, assim aumento do consumo energético com iluminação artificial. São poucos reflexivos tanto à onda longa quanto à onda curta. (LAMBERTS *et al*, 1997).

As películas reflexivas são compostas por uma camada metálica em um substrato transparente, parecendo um espelho. Já os vidros reflexivos vêm com uma espécie de película reflexiva incorporada à sua constituição. As películas podem ser reflexivas às ondas curtas, onde reduzem a entrada de calor no ambiente, às ondas longas, onde reduzem as perdas de

calor para o exterior e também podem atender aos dois espectros. Apresentam reduções na sua capacidade de transmitir a radiação visível. Michelato, (2007) em seus estudos afirma serem os vidros refletivos metalizados a vácuo os que apresentam o melhor desempenho térmico no tocante ao menor ganho de calor solar.

Policarbonatos e acrílicos tem sido bastante utilizados na construção civil para fechamentos transparentes. Caram³ *et al* (2004) ressaltam em suas pesquisas que tanto os vidros como os policarbonatos, sejam plano ou alveolar, são opacos às ondas longas, ocasionando, desta maneira, o efeito estufa, devendo, portanto, ter sua utilização adotada com muito critério pelos projetistas, visando o conforto térmico e a eficiência energética no ambiente construído.

2.5.3.2 OS PROTETORES SOLARES

Protetor solar também chamado *brise-soleil*, ou quebra-sol, segundo Frota (2004),

representa um dispositivo cuja função é sombrear, com o objetivo de reduzir a incidência de Sol sobre uma construção, ou sobre espaços exteriores, de modo a obter-se melhores condições de temperatura e controle de incidência de luz solar, que pode provocar problemas tanto de iluminação – contrastes e ofuscamentos – e de sobreaquecimento, como de deterioração\fotodegradação dos objetos expostos. Bem estudado sob o ponto de vista geométrico, representa importante recurso para o controle de ganhos de calor solar, com redução nos sistemas de ar-condicionado e conseqüente conservação de energia. (p. 163)

Muito usado na proteção de envidraçados com a finalidade de controlar parte da radiação solar que trespassa o vidro e outros materiais transparentes e translúcidos pode também ser um importante recurso perante paredes e coberturas opacas. (FROTA, 2004).

³ Caram, R, Sichieri, E., e Labaki, L. C. Conforto ambiental - Conforto térmico e efeito estufa, texto resumido a partir da reportagem de Gilmara Gelinski, publicada originalmente em FINESTRA, edição de 36 de fevereiro de 2004. www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia43.asp.57K. Acessado no dia 02 de setembro de 2008 às 12:00hs.



Figura 5 – Protetores solares: brises verticais.
Fonte: http://www.levolux.com/L_Misc/automatic_control.htm

As aberturas recebem uma grande carga de radiação solar. Segundo Roriz e Dornelles (2005) a radiação solar é responsável por importante parcela da carga térmica dos edifícios, em países tropicais. Desta forma, Corbella (2003) enfatiza que “qualquer proteção solar mesmo que errada, é melhor que nada”.

A proteção solar pode ser interna ou externa. As internas são as cortinas ou persianas, de fácil manuseio, pois é só abrir ou fechá-las de acordo com a necessidade, porém não resolvem o problema uma vez que não evitam o efeito estufa. (LAMBERTS *et al*, 1997)

A proteção externa é formada por elementos utilizados com a finalidade de impedir não só a incidência direta dos raios solares sobre as aberturas como também a penetração de chuvas nos ambientes. Servem como protetores solares externos: as varandas, as marquises, as sacadas, os beirais, os toldos, as pérgulas, os cobogós, as venezianas e os quebra-sóis ou protetores solares. Estes podem ser classificados em móveis ou fixos e dependendo da sua posição na fachada podem ser verticais, horizontais e mistos. (BITTENCOURT, 1988, FROTA, 2004).

Um bom exemplo de protetor solar é o “lightshelf” ou prateleira de luz que divide a abertura em duas partes horizontais, sendo a superior destinada à iluminação e a inferior à visão e ventilação. É uma prateleira que intercepta a radiação direta do sol e redireciona a luz para o forro, reduzindo, assim, o ganho de calor do sol e uniformizando a distribuição de luz

natural no interior dos ambientes. Tais elementos externos funcionam como elementos compositivos da fachada e devem ser concebidos visando a linguagem arquitetônica do edifício. Frota (2004) ressalta o uso do *brise-soleil* ou quebra-sol como “um recurso de composição de grande riqueza quanto ao resultado estético”, ao mesmo tempo que destaca o controle da insolação como valioso meio para a redução do uso da energia elétrica com os sistemas de condicionamento térmico artificial.

O uso das cartas solares é um dos instrumentos que pode auxiliar o projetista na escolha da melhor orientação do edifício, do tipo de protetor solar ideal para cada fachada e abertura, bem como demonstrar o tipo de incidência solar que cada fachada receberá.

Carta solar, Diagrama solar ou Gráfico solar como denomina e define Bittencourt (1988) “são representações gráficas do percurso do sol na abóbada celeste da terra, nos diferentes períodos do dia e do ano,” num plano horizontal. Cada gráfico é específico para uma latitude. Os gráficos contendo o percurso real do sol são paralelos e a inclinação é igual à latitude do lugar.

Esse instrumento será utilizado na análise do objeto de estudo desta pesquisa.

2.5.3.3 OS FECHAMENTOS OPACOS

Corbella e Magalhães ressaltam as diferenças existentes entre concepções arquitetônicas em contextos climáticos distintos, quente e frio, afirmando que nos países frios, o envelope das edificações deve ser o mais vedado possível, enquanto nas regiões tropicais, o ideal é permitir o movimento do ar, impedindo ao mesmo tempo a entrada da radiação solar direta. “Consequentemente, tanto as paredes quanto as janelas devem ter concepções radicalmente diversas e mesmo opostas nos dois tipos de realidade”.

Os nativos de regiões tropicais, por experiência própria, constroem de forma a favorecer seu bem estar, buscando construções leves e permeáveis à ação do vento, ao passo que filtra a radiação solar. As casas dos antigos engenhos e fazendas do Brasil também apresentavam soluções que amenizavam as agruras do clima. Esses exemplos, porém, passaram a ser substituídos por novas soluções arquitetônicas importadas de climas diferentes, sem, haver um maior questionamento a respeito de sua eficiência. Enquanto no clima frio não deve haver perda de calor interno para o exterior, no clima tropical é fundamental a integração e a troca interior–exterior.

Com base nas afirmações acima, observa-se que, em clima frio, as paredes, parte sólida do envoltório devem ser isolantes. Já em clima tropical, devem favorecer as trocas térmicas, ou seja, terem boa condutividade, em regra geral. Contudo, determinadas situações, exigem alguns cuidados específicos. Corbella e Magalhães destacam:

Quando a temperatura do ar externo for maior de que a interna, a baixa condutividade das paredes fará com que se transmita calor de fora para dentro, aumentando o desconforto. Ainda mais importante é o caso de paredes externas que recebem sol durante períodos prolongados do dia. Nesta circunstância, a temperatura da superfície externa atinge valores muito superiores à do ar externo e interno, iniciando a propagação de uma onda de temperatura através da parede que, por causa da sua boa condutividade, rapidamente aumentará a temperatura da superfície interna.

Como se sabe a transmissão de calor se dá quando existe uma diferença de temperatura e o fluxo ocorre sempre do maior para o menor. Desta forma, é imprescindível, no momento da definição do partido arquitetônico e da especificação dos materiais do projeto, o conhecimento da orientação, da trajetória aparente do sol, a fim de tratar de forma seletiva as paredes submetidas a grandes insolações, bem como os diferentes entornos. Para as demais paredes, valem o princípio inicial, paredes com boa condutividade. (CORBELLA E MAGALHÃES).

Existindo a diferença de temperatura conforme já observado, o calor será transmitido por condução, convecção, radiação e\ou condensação. Lamberts et al (1997) dividem em três fases este fenômeno:

1ª fase - Troca de calor com o meio exterior (ver tab. 03)

Nesta fase a parede externa receberá calor do meio por convecção e radiação. Parte da radiação incidente será refletida e outra absorvida, cujo valor dependerá respectivamente da refletividade (ρ) e da absorvidade (α) do material. A absorção é uma característica superficial do material de construção e varia com a sua cor e brilho. Exemplo: dois tijolos pintados um na cor preta e o outro na cor branca recebendo a mesma quantidade de radiação solar, apresentarão diferentes temperaturas, pois, “quanto mais escura for a superfície, mais radiação solar será absorvida e transmitida para o interior do edifício” (ANDREAASI e SILVA). A tabela abaixo oferece alguns índices de absorvidade, se o índice de um determinado material for, por exemplo, 0,4, isto quer dizer que 40% da radiação incidente será absorvida e os 60% será refletida.

Tabela 3 – Absortividade em função da cor

Cores	α
Escuras	0,7 a 0,9
Médias (tijolos)	0,5 a 0,7
Claros	0,2 a 0,5

Fonte: LAMBERTS ET AL, 1997.

2ª fase - Condução através do fechamento

A condução acontece por contato entre as moléculas dos corpos, geralmente entre os sólidos. O fluxo dependerá da condutividade térmica (λ) propriedade que depende da densidade do material e representa a capacidade de transmitir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. (LAMBERTS et al, 1997) (ver tab. 04).

Tabela 4 – Condutividade térmica de alguns materiais.

Material	λ [W /mK]
Concreto	1,50
Tijolo	0,65
Madeira	0,14
Isopor	0,03

Fonte: LAMBERTS ET AL, 1997.

Na tabela 4 observa-se o valor da condutividade térmica de alguns materiais, quanto maior for λ , tanto maior será a porção de calor transmitida entre as superfícies.

Outro fator relevante é a espessura do fechamento (L), medida em metros. Através da espessura calcula-se o valor da resistência térmica (R), propriedade do material em resistir à passagem de calor. Este recurso pode reduzir consideravelmente as trocas de calor em elementos opacos através de materiais de baixa condutividade ou fechamentos com múltiplas camadas, podendo ser uma das camadas, uma câmara de ar.

Outra propriedade dos materiais de construção que precisa ser considerada é a emissividade, quantidade de energia térmica que é emitida por unidade de tempo. São divididos em dois grupos: os metálicos, com emissividades entre 0,05 e 0,30; e os não metálicos, variam de 0,85 a 0,90. (Ver tabela 05).

Tabela 5 – Emissividade de alguns materiais

Material	E
Alumínio polido	0,05
Ferro galvanizado	0,20
Demais materiais de construção	0,90

Fonte: LAMBERTS ET AL, 1997.

3ª fase – Troca de calor com o meio interior

Com o aumento da temperatura das superfícies internas as trocas térmicas ocorrerão por convecção, dependendo da resistência superficial interna do fechamento, e por radiação, dependendo da emissividade superficial do material. Cada camada que compõe um fechamento apresenta uma resistência térmica diferente. “O inverso da resistência total do fechamento (que inclui a resistência das duas superfícies: R_{si} e R_{se}) é a sua transmitância térmica (U)”. Através desta, pode-se avaliar o comportamento de uma superfície opaca em relação à transmissão de calor.

Corbella e Magalhães ressaltam que a inércia térmica é outro aspecto importante que deve ser levado em conta para propiciar um adequado nível de conforto térmico no interior das edificações. Inércia é a capacidade que têm os corpos de permanecer no estado em que se encontram. Quando há uma grande mudança na temperatura do ar no exterior, e dentro da casa a temperatura permanece praticamente constante, diz-se que ela possui uma grande inércia térmica.

O material armazena calor em seu interior em consequência de sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, podendo ser devolvido ao ambiente quando a temperatura do ar for menor que a da superfície. (LAMBERTS et al, 1997).

Bittencourt (1988) retrata a maneira sábia da arquitetura islâmica no domínio do controle do clima quente e seco. Edificações dotadas de pátios, paredes espessas, com poucas aberturas e pintadas de branco denotam um modo exemplar de controle do sol nesse tipo de clima, onde ocorrem grandes oscilações diárias na temperatura do ar, com baixos níveis de umidade. Durante o dia, a temperatura externa é muito elevada enquanto à noite pode cair consideravelmente, sendo de grande valia o uso da inércia térmica. Tais construções, pois, mantêm-se resfriadas durante o dia e aquecidas durante a noite. Este amortecimento e retardo térmico da temperatura interna em relação à externa favorecem um microclima interno bem mais ameno que o clima do exterior.

Corbella e Yannas (2003) enfatizam a importância do conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor para que se possa conjecturar sobre qual será a resposta de uma edificação às variações climáticas do local onde está inserido, visando a especificar materiais que possam obter o conforto térmico e, conseqüentemente, o baixo consumo energético.

2.5.3.4 COBERTAS

É através da cobertura dos edifícios que uma boa parte do calor penetra nos ambientes, por via, principalmente, da radiação térmica e convecção.

Mascaró; Mascaró (1992) constataram, através de estudos em Porto Alegre, em casas térreas e isoladas e com diversas orientações, que 72,3% da radiação térmica chega pela cobertura e 27,7% pelas paredes. Destacam que enquanto as paredes recebem em média geral 6h de sol, a cobertura recebe 12 horas, ou seja, o dobro da insolação recebida por qualquer parede e absorve quase o dobro da radiação solar. Dados relevantes que comprovam “a situação crítica das coberturas (superfície horizontal da envolvente)”.

Em pesquisas desenvolvidas, avaliando o atraso térmico da envoltória de diferentes tipos de edifícios, Mascaró; Mascaró (1992) constataram que os valores dos atrasos térmicos das paredes apresentaram um valor médio de 5,8h, variando entre 3h e 7h, e as coberturas um valor médio de 3,8h, variando entre 0,5 e 7,15. Esses valores se devem não à baixa qualidade (barata), mas, sim, à sua má resolução do ponto de vista térmico, pois, baixos valores de atraso térmico foram encontrados não só em edificações tipo COHAB, como também em hotéis quatro e três estrelas.

As pesquisas revelaram que “a posição do apartamento em relação à cobertura é o fator que mais influencia no desempenho térmico do apartamento no verão” e que aqueles situados em alturas baixas e médias, apresentam cargas térmicas que variam entre 510 e 803 Kcal/m², e os localizados no último andar recebem entre 6.930 e 7.249 Kcal/m², ou seja, entre nove e quase quatorze vezes a mais que os apartamentos situados nos andares intermediários, que na maioria das vezes só tem uma fachada exposta às solicitações climáticas. (MASCARO e MASCARÓ, 1992)

Esses dados demonstram que o problema é generalizado, ocorrendo tanto em edificações de baixo como de alto custo; no primeiro caso acarreta desconforto, enquanto no segundo, elevados consumos energéticos. Neste último caso, aliado a isso está o fato de que “apartamentos de cobertura, os mais atingidos pelo rigor climático, são os que maior preço de venda apresentam” (MASCARO e MASCARÓ, 1992).

Cruz (2001) afirma ser a parede o maior responsável pela transferência de calor para o ambiente interno da edificação, no caso de edifícios verticais, e ressalta que:

As características dos fechamentos verticais assumem grande importância no comportamento térmico de determinado edifício, sendo que certas decisões arquitetônicas como a orientação, o material, a espessura, o revestimento e a cor a ser empregada na construção de uma parede são definidoras de seu desempenho em relação à promoção de conforto nos ambientes internos.

Em função do alto consumo energético, da preocupação ambiental que se faz presente hoje, no mundo inteiro, muitos estudos estão sendo desenvolvidos com a finalidade de alertar, principalmente, a classe dos projetistas, responsáveis em grande parte pelo desempenho qualitativo do edifício para a necessidade de projetos que privilegiam o conforto térmico com baixo custo energético.

Em busca de opções que possam melhorar o desempenho das coberturas, Armelin e Cherry (2004)⁴ estudaram a influência de um sistema que usa uma manta de subcobertura de base de alumínio, material escolhido em função de sua alta refletividade e baixa emissividade (mesmo aquecida transfere pouco calor para o espaço interno), e, chegaram à conclusão de que quando se utiliza cobertura com barreira e ventilação pode haver redução de até 80% do fluxo de calor.

Esse dado bastante relevante, uma vez que comprova a eficácia de um sistema adotado, reforçando que caminhos existem em busca de soluções eficientes tanto em relação ao conforto térmico como ao baixo consumo energético.

⁴Apud Andreasi; Silva, Estudo das variáveis climáticas internas que influenciam no conforto térmico e na eficiência energética das edificações. Disponível em <http://www.dec.ufms.br/lade/docs/jucimeire.pdf>. Acessado em 17/10/06.

Granja e Labaki⁴ (2003) estimaram o efeito térmico que o uso de cores na superfície externa do telhado causam, utilizando duas cores: o branco e o cinza. Aliando ao uso da cor estabeleceram dois sistemas de cobertura com resistência térmica diferentes (5 e 40cm de espessura), chegaram as seguintes conclusões:

- O telhado de cor branco foi o que obteve o menor fluxo de calor;
- As cores dão maior contribuição quanto menor for a densidade do telhado;
- A inércia do telhado (aumento da espessura) é a maior responsável pela diminuição do fluxo de calor.

Prado e Ferreira⁴ (2005) investigaram alguns dos materiais mais usados para cobertura no Brasil, visto que é a parte da edificação que mais recebe radiação solar: cerâmica vermelha e branca, fibrocimento sem asbesto (amianto), cobertura de alumínio, cobertura de aço inoxidável, metal revestido de alumínio e zinco, metal termo-acústico que pode ser alumínio, verde e branco e cerâmicas coloridas com e sem resina.

Eles afirmam que o desempenho térmico destes materiais caracteriza-se pela temperatura de superfície que o material pode alcançar e pela emitância do material, ou seja, a transmissão, através dele, do calor para o interior do ambiente. Comprovaram que superfícies que apresentam albedo⁵ e emitância elevados tendem a permanecer mais frias quando expostas à radiação solar, pelo fato de absorverem pouca radiação, transmitindo pouco calor para o interior do ambiente.

Dos materiais analisados as cerâmicas vermelhas e brancas “foram os únicos que apresentaram temperaturas de superfície mais baixas que a temperatura do ar” pela eficiência do albedo e da emissividade desses materiais (PRADO; FERREIRA (2005), apud ANDREASI; SILVA). Os materiais metálicos, devido à baixa emitância quando não

⁵ Albedo ou refletância é razão entre a quantidade de radiação solar refletida e a quantidade total que ela recebe.

revestidos e mesmo possuindo refletâncias semelhantes ao do material cerâmico, apresentaram “temperaturas de superfície bem mais elevado”.

Concluíram que “a emissividade é importante para a temperatura de superfície e ainda que a eficiência do albedo (ou refletância) e da emissividade dos materiais são parâmetros que podem ser adotados pelos fabricantes dos materiais usados em telhas da cobertura”.

Outro estudo bastante interessante, desenvolvido por Wong et al⁴ (2003) mostra as vantagens térmicas na adoção de tetos-jardim, “sendo o objetivo principal analisar os impactos térmicos, direto e indireto, que esta estratégia provoca num ambiente tropical”. Verificaram através de medições situações de laje sem proteção alguma; laje com uma camada de terra; laje com plantas inclusive com variação de folhagem. Observaram que a melhor resposta ocorre quando se tem a laje forrada com plantas, principalmente as de folhagem mais densa, e que a pior situação é a laje desprotegida. Outro benefício é que as plantas irradiam e refletem menor radiação solar, diminuindo, assim a temperatura radiante, comprovado através de medições feitas pelo termômetro de globo.

Salientando tudo o que foi visto acima, Mascaró e Mascaró (1992) afirmam que “a diminuição dos ganhos térmicos indesejáveis pode ser obtida melhorando a qualidade térmica das envolventes, o isolamento térmico e a inércia”, por exemplo.

Dornelles e Roriz (2003) citam Givoni (1998) o qual destaca a importância dos materiais de construção na relação entre as temperaturas internas dos edifícios e o clima exterior (temperatura e radiação solar) e afirmam que, quando a edificação é aquecida ou resfriada por sistema mecânico, “os materiais do envelope influenciam acentuadamente no total da energia necessária para manter as temperaturas internas dentro dos limites de conforto”.

Como foi visto é necessário o uso de “elementos e componentes arquitetônicos que visem um melhor desempenho ambiental dos edifícios, podendo se constituir em rico repertório plástico e espacial dos mesmos, ao invés de barreiras à atividade profissional”⁶

Caminhos existem capazes de gerar soluções que visam uma integração saudável entre o ambiente construído e o clima, obtendo, assim, conforto e eficiência energética.

2.6 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Segundo Dornelles e Roriz (2003) a abordagem bioclimática é baseada em estratégias arquitetônicas e construtivas que visam evitar desperdícios de energia e otimizam o conforto ambiental de seus usuários.

Corbella Et Yannas (2003) ressaltam a necessidade do arquiteto incorporar ao seu trabalho o clima e os condicionantes locais, produzindo edificações de baixo consumo energético contribuindo dessa forma para uma arquitetura sustentável nos trópicos.

A arquitetura assim concebida busca obter o máximo conforto com o mínimo consumo de energia possível, tornando-se um novo e estimulante campo de busca estética e experimentações formais. (MASCARO e MASCARÓ, 1992).

A arquitetura bioclimática visa a interação entre o clima e o espaço edificado. Vários exemplos da arquitetura e do urbanismo ao longo da história denotam a preocupação com a adaptação do espaço protegido humano à topografia, à vegetação, aos calores e frios experimentados pelos homens.

O termo projeto bioclimático foi criado pelos irmãos Olgyay, nos anos 1960, quando a arquitetura foi concebida considerando as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. Os irmãos Olgyay também desenvolveram um diagrama bioclimático (ver fig. 6) que propõe estratégias de adaptação da

⁶ Bittencourt, L. Palestra proferida no CREA- Al, no ciclo de palestras sobre eficiência energética e conforto térmico, Maceió, 2006.

arquitetura ao clima. Givoni em 1969 cria uma carta bioclimática para edifícios onde aprimora algumas limitações do diagramas uma vez que considera as temperaturas internas do edifício, “propondo estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao clima, enquanto Olgyay aplicava seu diagrama estritamente para as condições externas”. Em 1992, Givoni aprimora sua carta adequando-a a países em desenvolvimento, ampliando, assim os limites máximos de conforto em relação à carta anterior. A carta é construída sobre o diagrama psicrométrico, relacionando temperatura do ar e umidade relativa. LAMBERTS et al, 1997).

Através da observação da carta bioclimática o projetista tem a correta orientação para as estratégias que deverão ser utilizadas na concepção do projeto, a fim de proporcionar melhores condições de conforto térmico e baixo consumo de energia. O gráfico determina nove zonas de atuação a saber:

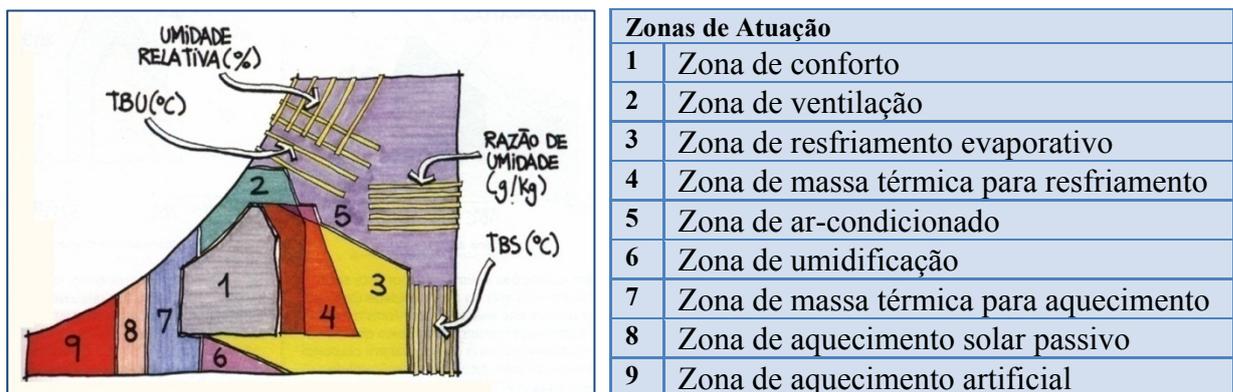


Figura 6 - Carta bioclimática de Olgyay
Fonte: LAMBERTS ET AL, 1997

1. Zona de conforto

O corpo humano pode estar em conforto em vários limites de umidade relativa (entre 20% e 80%) e de temperatura (entre 18°C e 29°C). Quando a temperatura estiver próxima a 18°C é imprescindível evitar a circulação de ar no ambiente. Porém, quando estiver próxima a 29°C, passa a ser essencial a ventilação e o controle da incidência da radiação solar a fim de impedir o excesso de calor.

2. Zona de ventilação

O caminho mais eficiente quando a temperatura ultrapassar os 29°C e a umidade relativa for maior que 80% é o aproveitamento da ventilação. No clima quente e úmido, a estratégia mais simples e eficaz a ser adotada é a ventilação cruzada, fazendo com que a temperatura interior siga as alterações da exterior. Essa tática só é válida se a temperatura do ar for inferior a 32° C, porque a partir deste limite os ganhos térmicos por convecção tornam esse mecanismo bioclimático ineficaz.

3. Zona de resfriamento evaporativo

Estratégia bastante interessante para clima quente e seco, pois, a evaporação da água favorece a redução da temperatura ao passo que aumenta a umidade relativa do ambiente. Como exemplos de resfriamento evaporativo temos a utilização de fontes de água, espelhos d'água, de vegetação. Esta permite otimizar as condições de conforto através da evapotranspiração do vegetal.

4. Zona de massa térmica para resfriamento

Ideal para regiões de clima quente e seco, onde as amplitudes térmicas são acentuadas, apresentando dias quentes e noites frias. A inércia térmica é a capacidade que tem um edifício de guardar calor e liberá-lo tempo depois. O calor recebido pela estrutura do edifício durante o dia é armazenado e devolvido ao espaço interno durante a noite, quando a temperatura externa cai consideravelmente. Durante o dia, a temperatura externa aumenta e a estrutura térmica que foi resfriada a noite permanece fria por boa parte do tempo.

5. Zona de ar condicionado

Em regiões de clima muito severo, onde a temperatura de bulbo seco for maior que 44°C e a de bulbo úmido for superior a 24°C, aconselha-se o uso de aparelhos de ar condicionado, pois, os mecanismos para resfriamento passivo em tais situações são

ineficientes. É importante lembrar que o uso do ar condicionado não está restrito a esse uso, podendo ser utilizado em parceria nas demais zonas.

6. Zona de umidificação

A umidificação é um recurso interessante quando a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura for menor que 27°C, pois, haverá desconforto térmico em função da secura do ar. A estratégia é utilizar recipientes com água dentro dos ambientes associado a baixa renovação de ar a fim de conservar o vapor vindo dos vegetais e das atividades domésticas.

7. Zona de massa térmica e aquecimento solar

Entre 14°C e 20°C, é recomendável o uso da massa térmica junto ao aquecimento solar passivo, com a finalidade de equilibrar as baixas temperaturas com o ganho do calor solar retido na estrutura do edifício, e, devolvido ao ambiente interno, quando a temperatura externa estiver mais baixa.

8. Zona de aquecimento solar passivo

O aquecimento solar passivo é indicado pela carta na região situada entre 10,5°C e 14°C. Neste caso é imprescindível o isolamento térmico da edificação para evitar as perdas de calor que deverão ser grandes. A edificação deverá incluir fachadas envidraçadas voltadas para o sol, poucas e pequenas aberturas nas áreas sombreadas.

9. Zona de aquecimento artificial

Em regiões muito frias, com temperaturas inferiores a 10,5°C, o aquecimento solar passivo pode não ser eficaz para se obter o conforto, necessitando, assim, da utilização do aquecimento artificial. É importante ressaltar que o uso em conjunto dos dois sistemas (artificial e solar passivo) é fundamental para o consumo eficiente de energia.

2.6.1 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

Através da observação do Ano Climático de Referência (TRY) de uma localidade, que incluem valores horários de temperatura e umidade relativa, entre outros, podem-se plotar os dados da cidade de interesse sobre a carta bioclimática e conseguir desta forma as principais estratégias bioclimáticas mais adequadas para cada período do ano. Em Lamberts et al (1997) algumas cidades brasileiras foram analisadas e suas cartas construídas, obtendo-se, assim, o comportamento climático ao longo do ano. Segue abaixo a carta bioclimática da cidade de Maceió, onde está localizado o objeto de estudo, do presente trabalho.

Analisando a carta bioclimática para a cidade de Maceió percebe-se uma concentração de pontos entre as temperaturas de 17°C e 32°C e com umidades relativas superiores a 40% (ver fig. 7). A análise dos percentuais indica que nos projetos para a cidade de Maceió, a fim de se obter conforto térmico e eficiência energética deve-se ter como estratégias de projeto mais recomendadas:

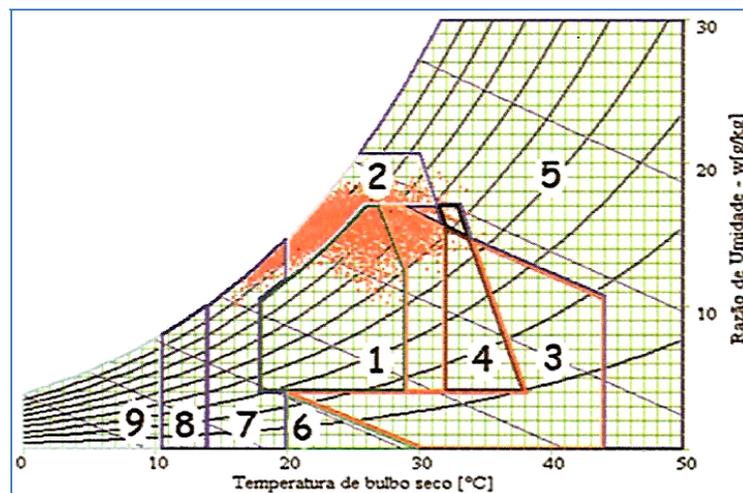


Figura 7 – Carta bioclimática de Maceió
Fonte: LAMBERTS et al, 1997

1. Ventilação (60,4%);
2. Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo (14,1%);

3. Massa térmica com aquecimento solar (5,4%).

Tabela 6 – Estratégias Bioclimáticas de Maceió (%)

Conforto				17,8	
Desconforto	Calor	V	60,4	76,1	82,1
		RE	0		
		MR	0,1		
		AC	0,4		
		U	0		
		V, MR	0,5		
		V, MR, RE	14,1		
		MR, RE	0,2		
	Frio	MA, AS	5,4	6	
		AS	0		
AA		0,5			

Fonte: LAMBERTS ET AL, 1997

A tabela comprova que a solução para o conforto térmico para a cidade de Maceió é priorizar a ventilação, visto que 75% das horas do ano seriam resolvidas com tal estratégia, principalmente cruzada. Os restantes 5,4%, que indicam massa térmica para aquecimento solar, podem ser facilmente resolvidos com a possibilidade de uso de isolamento térmico das aberturas, nos períodos mais frios, evitando, assim, perdas de calor. (LAMBERTS *et al*, 1997)

Maceió está localizado na região Nordeste do Brasil. Apresenta um clima quente e úmido, cujas características gerais apresentam oscilações diárias e sazonais pequenas e elevados níveis de umidade. A temperatura da pele está sempre abaixo da temperatura do ar. O céu característico é parcialmente nublado, produzindo uma grande quantidade de radiação difusa e muita luminosidade.

Nessas regiões, de clima quente e úmido, como reforça a carta bioclimática, os edifícios devem favorecer grande fluxo de ar e evitar ganhos de calor vindos da radiação solar, pois a principal estratégia do projeto arquitetônico, neste caso, deve ser o resfriamento, uma vez que a necessidade de aquecimento é raríssima. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005)

O resfriamento das edificações pode acontecer, como foi visto através da carta bioclimática, de forma ativa e ou passiva. O projeto de um edifício situado em uma região quente e úmida pode seguir três caminhos distintos. O primeiro utiliza tecnologias ativas, sendo priorizado o uso do ar condicionado, onde o isolamento da envolvente é fundamental para redução do consumo energético. O segundo usa o ar condicionado em algumas partes do edifício e nas demais o resfriamento passivo. E o terceiro emprega exclusivamente técnicas de refrigeração passivas, neste caso a ventilação natural, juntamente a permeabilidade da edificação ao vento desempenham papéis fundamentais. Para esta última situação é imprescindível o projeto bioclimático, uma vez que pode atender a camada mais pobre da sociedade a qual não dispõe de recursos financeiros a serem empregados em equipamentos com a finalidade de obter conforto. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

Bittencourt e Cândido (2005) orientam que para projetar em climas quentes, antes de resfriar é imprescindível proteger. Proteger contra os ganhos térmicos externos, através do sombreamento, principalmente, das aberturas, e, reduzir os internos (usuários e aparelhos elétricos) também. Utilização correta da vegetação e de cores claras são recursos eficientes para a redução dos ganhos externos de calor. Outro fator importante é o aproveitamento da iluminação natural, que na maioria das vezes apresenta-se mais eficaz que a artificial, essencialmente, quando bem dimensionada.

O principal caminho, a primordial estratégia nesse tipo de clima, porém, como foi visto, é resfriar. Resfriar, essencialmente, através da ventilação, “aparenta ser a solução de melhor custo-benefício para o contexto de regiões quentes e úmidas” (BITTENCOURT, 1993 apud BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005), uma vez que os outros processos de resfriamento (por radiação, por evaporação, por condução para o solo, por inércia térmica) apresentam sérias inconveniências (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

2.6.1.1 VENTILAÇÃO

Peixoto e Bittencourt (2003) afirmam que:

Em regiões de clima quente e úmido a ventilação natural, associada a uma boa proteção solar, constitui o meio mais eficiente para se atingir o conforto térmico com baixo consumo de energia elétrica. Nessas regiões, as oscilações de temperatura entre o dia e a noite são pequenas e o grau de umidade do ar é elevado. A ventilação natural possui, então, duas finalidades complementares. A primeira é resfriar a estrutura da edificação, aquecida pela radiação solar e por ganhos internos de calor. A segunda é obter o chamado resfriamento fisiológico através da evaporação do suor e das trocas de calor por convecção, quando correntes de ar entram em contato com o corpo humano. Este efeito é particularmente importante nas regiões quentes e úmidas, onde o suor é geralmente a principal queixa em relação ao desconforto térmico.

A afirmação acima resume de forma precisa o benefício que trás o uso e o aproveitamento da estratégia ventilação na edificação para o usuário. A ventilação é o vento em movimento. Em Maceió, tal potencial é bastante elevado, garantindo, assim, resultados satisfatórios, quando “bem utilizado como recurso para a obtenção de ambientes termicamente confortáveis”. (PEIXOTO; BITTENCOURT, 2003)

Cruz (2001) confirma a observação e destaca ser a ventilação fator fundamental no conceito de sustentabilidade do espaço edificado, reforçando que o uso correto desse recurso garante uma considerável economia no consumo energético, menor agressão à camada de ozônio, pelo fato da substituição dos aparelhos de ar condicionado pela ventilação natural, e por fim melhoria na qualidade do ar urbano, benefícios esses que se estendem a sociedade como um todo, independentemente da condição de cada um.

A ventilação é importante tanto para o conforto como para a eficiência energética. Porém, é necessário entender seu funcionamento para poder desta forma tirar o maior proveito possível de tal estratégia no planejamento de uma edificação.

Segundo Toledo (1999) a atuação do vento na renovação do ar no interior da edificação, em termos qualitativos é facilmente apreendido apesar das numerosas variáveis que intervêm no fenômeno.

O vento movimenta-se por dois fatores. O primeiro, por diferença de pressão, e o segundo, por diferenças de temperatura. O vento, quando incide em uma edifício, “dá origem, na superfície externa do mesmo, a zonas de sobrepressão e subpressão, isto é, pressões maiores ou menores que a atmosférica”. Quando incide sobre paredes expostas ao vento (barlavento) são positivas (sobrepressão), e, sobre o plano horizontal superior e paredes não expostas ao vento (sotavento), são negativas (subpressão).

Toledo (1999) segue afirmando que:

A distribuição destas zonas e o valor relativo nos vários pontos de cada uma delas dependem tanto da forma e dimensões do prédio, como da direção e tipo de vento incidente. O valor numérico das pressões, positivas ou negativas, nos vários pontos das diferentes zonas, depende da velocidade do vento, no momento considerado. De outra parte, as pressões internas nos diversos ambientes do edifício, provocadas pelo mesmo vento, dependem não só da configuração e do valor numérico das pressões externas, como das áreas e localizações das aberturas externas e internas por onde circula o ar.

A vazão e a velocidade do ar, dados importantes a serem considerados pelo projetista, resultam da área e da forma da abertura e da diferença de pressão que existe entre os dois lados da mesma edificação.

“O diferencial de pressão através de uma construção é uma força motriz para a ventilação, modificações de campos de pressão das construções implicam em mudanças nas características do fluxo de ar nos espaços arquitetônicos”. E alerta para um erro muito freqüente na avaliação do movimento do ar dentro de uma edificação que é a falta de conhecimento da interferência dos edifícios vizinhos no fluxo do ar, pois, a alta rugosidade do tecido urbano e as deflexões causadas por estruturas maciças reduzem consideravelmente a velocidade do vento. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005)

Quanto mais densa a região, maior será a rugosidade do solo, e conseqüentemente, maior será a diminuição na velocidade do vento em alturas próximas ao solo, e mais alta estará a cota onde o vento move-se livremente.

A direção e a velocidade de incidência do vento em um dado edifício e em um certo momento dependem da condição geral de circulação do ar, na região, e dos obstáculos existentes até a vizinhança do prédio. A configuração das pressões, positivas ou negativas, no exterior do prédio, depende do tipo de vento e da direção de incidência. A intensidade das pressões, em um instante dado, é função da velocidade do vento que incide no prédio. (Toledo, 1999)

Em algumas situações, dependendo da complexidade do projeto, é necessário o estudo em túneis de vento, simulações computacionais, etc., para se obter de forma precisa o comportamento do vento em uma determinada edificação. Este trabalho porém, pretende abordar a questão da ventilação lançando mão do conhecimento já existente sobre a conduta do vento ao atingir um edifício, com a finalidade de tirar o melhor partido do fluxo do ar para renovação do mesmo e para melhoria do conforto térmico. (TOLEDO, 1999)

A partir de dados horários das estações meteorológicas têm-se uma idéia do procedimento do vento ao longo do dia e do ano, em relação à direção, frequência, velocidade e períodos de calmarias. Estes precisam ser cuidadosamente considerados, uma vez que, detectados longos períodos de calmaria nas tardes de verão, por exemplo, juntamente com baixa velocidade do ar, “inviabilizaria a ventilação natural como estratégia de resfriamento dos espaços arquitetônicos” (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005), ou sugeriria a utilização de técnicas mistas, ou seja, passivas e ativas naturais e artificiais.

A frequência e a direção do vento variam ao longo do dia, ou de acordo com as estações do ano. Os ventos de verão apresentam particularidades diferentes daquelas que ocorrem no inverno. Daí, a importância do conhecimento da variação sazonal da direção do vento durante o ano para, a partir de então, avaliar de maneira adequada a melhor orientação das aberturas do edifício, respeitando as peculiaridades de cada época do ano.

É imprescindível a análise conjugada das informações sobre a frequência, direção e velocidades dos ventos para estimar quais as melhores orientações, não só das aberturas, como do próprio edifício. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005)

Toledo (2003) reforça que:

A escolha da forma e proporções do edifício, da orientação das fachadas e do sombreamento das aberturas de iluminação e ventilação irá influenciar diretamente no desempenho térmico do edifício. O conhecimento dos efeitos dessas escolhas, na composição da carga térmica de resfriamento do edifício pode levar a resultados úteis para a concepção de projetos de edifícios mais eficientes quanto ao consumo de energia operante e, conseqüentemente, poderá possibilitar melhores padrões de conforto térmico para seus usuários.

Evans (1973, *apud* Bittencourt e Cândido, 2005), estudou e analisou várias situações em túneis de vento com a finalidade de averiguar a influência da dimensão e forma das edificações, beirais e inclinações dos telhados. “Os resultados são apresentados em função do tamanho da esteira em relação à profundidade D do cubo, a fim de identificar zonas localizadas à sotavento do obstáculo onde o movimento de ar seria reduzido”. Concluiu que “o aumento na altura e na largura do modelo corresponde a uma expansão proporcional do tamanho da esteira, mas que aumentando a profundidade do modelo a esteira seria reduzida (fig. 8).

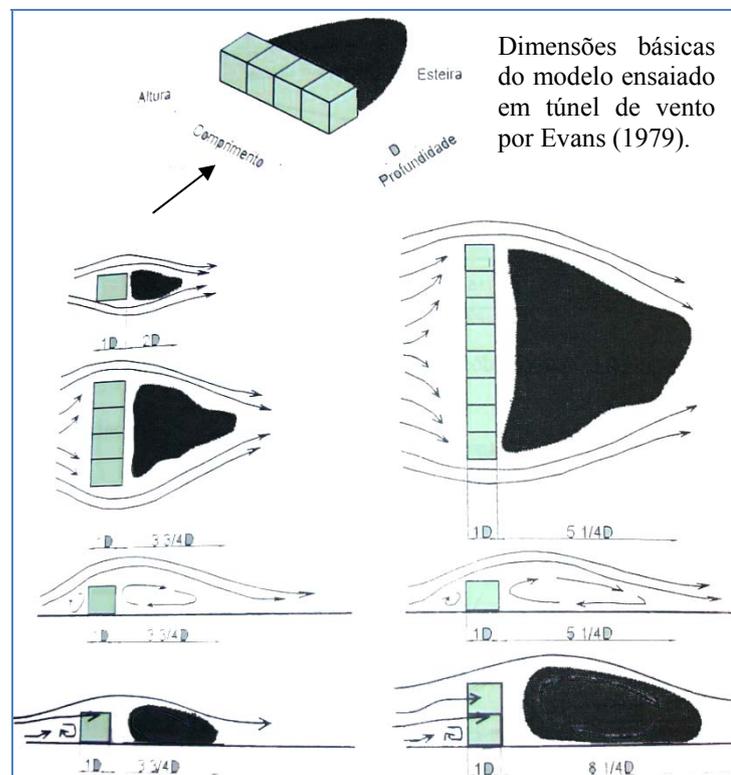


Figura 8 – Influência das dimensões do edifício no tamanho da esteira.
Fonte: Evans, 1979 *apud* Bittencourt e Cândido, 2005.

O tamanho da esteira pode ser diminuído através da porosidade das construções. As aberturas, desde que bem posicionadas e bem dimensionadas, contribuem para o aumento do fluxo do ar dentro das construções e, conseqüentemente, fora delas também, principalmente, através do uso da ventilação cruzada, recurso este bastante eficaz. Outro recurso eficiente é a utilização de pilotis, o qual pode reduzir até metade do tamanho da sombra de vento, e em localidades urbanas favorece a penetração do vento na malha urbana, na altura dos usuários. (Bittencourt; Cândido, 2005)

Com base no que foi dito acima, é de suma importância o estudo da forma e da orientação do edifício no lote, maximizando a exposição da construção aos ventos predominantes.

Como referido anteriormente, Olgyay (1998) considera para edifícios localizados em regiões quentes e úmidas, ótima a forma retangular, ressaltando o fato de que “desprende a mínima quantidade de calor no inverno e que absorve o mínimo de calor no verão – e a proporção de 1:1,7 – com as maiores fachadas orientadas para Norte e Sul. Toledo (2003) concorda e propõe essa mesma orientação para edifícios em Maceió.

A orientação e o sombreamento das edificações, concomitantemente com as aberturas produzem efeitos bastante significativos no tocante ao consumo final de energia elétrica do edifício, devendo, portanto, serem considerados na fase inicial do projeto. (TOLEDO, 2003)

Com relação às aberturas, três fatores influenciam diretamente na configuração do fluxo do ar no interior da edificação. São eles: o tamanho e a localização das aberturas de entrada do ar na parede; o tipo e a configuração das aberturas utilizadas e o terceiro diz respeito à localização de outros componentes arquitetônicos próximos às aberturas, como exemplo, protetores solares, marquises, etc. (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

A definição das aberturas de entrada é a estratégia mais eficaz para determinar o componente direcional do fluxo do ar, pois ela dirige os vetores das forças que afetam o ar penetrando na edificação. (Evans, 1983 *apud* Bittencourt e Cândido, 2005).

Bittencourt e Cândido (2005) observaram que quando o vento sopra na direção próxima à perpendicular à entrada de ar se obtêm uma maior diferença de pressão através da construção, conseqüentemente um maior fluxo de ar internamente, este fato comprova a importância da localização das aberturas em função da direção dos ventos quando a intenção é o uso da ventilação natural como estratégia bioclimática.

Além da forma, dimensão e localização das aberturas, a escolha do tipo de esquadrias a ser definido é primordial para um bom desempenho térmico do ambiente. A opção deverá atender à função de cada espaço, considerando aspectos ambientais, tais como ventilação, iluminação natural, controle da chuva, sol e som, e ainda, aspectos plásticos e estéticos, vista da paisagem, privacidade e segurança, como também custos.

Soluções interessantes para ventilação natural são encontradas nas venezianas móveis, gelosias, pois, podem controlar através de ajustes a incidência de chuva, sol, vento, iluminação natural, etc. O que é fundamental, porém, independentemente da tipologia adotada, é o alto grau de porosidade, facilmente conseguido através de painéis de elementos vazados, de que são exemplo, cobogós, ou janelas com venezianas. (ver fig. 9).



Figura 9 – Exemplo de cobogó e painéis de madeira vazados.
Fonte: www.vitruvius.com.

Holanda (1976) destaca a imensa gama de possibilidades construtivas e plásticas no uso do elemento vazado, o cobogó. E anota a sua presença freqüente nas modestas construções do Nordeste, “com desenhos fantasiosos ou ingênuos, mas sempre um elemento simples, leve, resistente, econômico, sem exigências de manutenção e com alto grau de padronização dimensional”. Continuando, ressalta a necessidade da proteção das aberturas externas para a criação de espaços agradáveis com baixo consumo de energia com refrigeração e iluminação artificiais, as melhorias econômicas dessas proteções são evidentes quando se compara o custo-benefício da instalação com o edifício em funcionamento, ao longo de sua vida útil. Enfatiza ainda, uma excelente solução: o peitoril ventilado.

Bittencourt e Cândido (2005) afirmam que o uso do peitoril ventilado apresenta bons resultados para ventilação natural. O peitoril ventilado localiza-se abaixo das janelas e funciona como fonte complementar do fluxo do ar proporcionado pela esquadria, (ver figura 10). É bastante útil para quartos de dormir, uma vez que favorece uma corrente de ar na altura da cama e “oferece proteção contra roubos e chuvas de vento, permitindo ser deixado aberto durante a noite”, e aberto, principalmente, durante as chuvas de verão ocorridas no Nordeste brasileiro, onde a sensação de acréscimo de calor, em função do aumento da umidade do ar, exige que os ambientes permaneçam ventilados, “sendo utilíssimo, nas edificações em altura.”

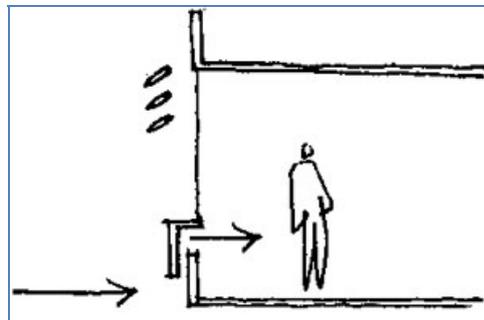


Figura 10 – Croqui de peitoril ventilado.

Fonte: http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp

Holanda (1976) chama também atenção para uma situação que merece cuidados e providências:

Retomemos a lição de Le Corbusier e protejamos as aberturas externas com projeções e quebras-sol, para que, abrigadas e sombreadas, possam permanecer abertas. Estudemos cuidadosamente a insolação das fachadas, identificando os caminhos do sol sobre nossas cidades durante o ano, para desenharmos proteções eficientes; proteções que, além de sombrearem as fachadas, permitam a renovação de ar dos ambientes, mesmo durante chuvas pesadas. Evitemos as desprotegidas fachadas envidraçadas, em cujos interiores tudo desbota e onde só se pode permanecer com as cortinas fechadas isolado do exterior. (p.23)

É imprescindível a utilização das cartas solares, para poder, com segurança, proteger as devidas fachadas com eficácia, visando o conforto térmico, visual, lumínico e conseqüentemente, a eficiência energética.

2.7 SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A atual situação energética do mundo neste momento exige mudanças. A possível falência dos recursos naturais, alerta a humanidade para a necessidade de uma ação sustentável. Capra (2003) destaca que “a medida que o nosso novo século se desdobra, um dos nossos maiores desafios é o de construir e manter comunidades sustentáveis”. O termo comunidade sustentável foi definido pela primeira vez em 1980, por Lester Brown, como sendo aquela “capaz de satisfazer às próprias necessidades sem reduzir as oportunidades das gerações futuras”.

Em 1987, a apreensão mundial com relação aos danos causados ao meio ambiente e seus reflexos sociais e econômicos, revelou-se no Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, à pedido da organização das Nações Unidas, preocupada em definir estratégias de ação, visando a obter um desenvolvimento sustentável como a saída para a crise ambiental.

O desenvolvimento sustentável entendido como aquele “que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às próprias necessidades”, destaca três componentes fundamentais: proteção ambiental, crescimento

econômico e equidade social, reconhecendo a necessidade de mudanças tanto na área tecnológica como na social, a fim de que se possa “alcançar equidade social e crescimento sustentável” (MOUSINHO, 2003).

Dentro do contexto da proteção ambiental, uma das questões básicas a considerar, para que se possa atingir o padrão de crescimento sustentável, é a energética, em face do impacto que tem sobre o meio ambiente.

No Brasil, essa questão passou a ser discutida com maior ênfase, a partir da criação, em 1985, do Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL, criado com a finalidade de promover o combate ao desperdício e estimular o uso eficiente e racional da energia elétrica na oferta e no uso final, contribuindo, dessa forma, para a melhoria da qualidade dos serviços, reduzindo, assim, os impactos ambientais e proporcionando maiores benefícios às comunidades e ao meio ambiente (LAMBERTS *et al*, 1996).

Atualmente, no Brasil, a questão energética assume feição cada vez mais preocupante. A industrialização, o aumento da população nas cidades, associado ao crescimento da economia e melhoria das condições sociais têm determinado uma demanda de energia cada vez mais acentuada, sem que o sistema de geração a acompanhe, de modo que já começa a apresentar sinais de falência, como ficou evidente, por exemplo, nos apagões ocorridos no ano de 2001, que impuseram um programa, estabelecido nacionalmente, de redução do consumo de energia elétrica.

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME) o consumo nacional de energia elétrica nas edificações representa 42% do consumo total de energia utilizada (LAMBERTS *et al*, 1996). Os usos que dependem diretamente do projeto arquitetônico são: iluminação, ar condicionado e aquecimento de água. Lamberts et al (1996) enfatizam que o conjunto do edifício, visto como uma “máquina”, pode apresentar, ou não, um funcionamento satisfatório, dependendo da “consciência global ao projetar e operar”.

Mascaró; Mascaró (1992) em suas pesquisas constataram que:

20% a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação; 30% a 50% da energia consumida são desperdiçados por falta de controles adequados da instalação, por falta de manutenção e também por mau uso; 25% a 45% da energia são consumidos indevidamente por má orientação da edificação e por desenho inadequado de suas fachadas, principalmente.

Em um país tropical como o Brasil, a luz natural é abundante praticamente durante o ano inteiro, em boa parte do dia, dependendo do lugar, a ventilação, uma constante. Diante de tal fato, deve ser considerado um imperativo o aproveitamento dos recursos naturais nos projetos, de forma equilibrada, para que se possa construir um meio ambiente edificado sustentável. A tônica deve ser maximizar o uso da iluminação e ventilação naturais e minimizar o consumo de energia elétrica.

A energia elétrica, hoje, é considerada indispensável à vida humana. E, dentre os seus consumidores, o setor residencial foi o que mais cresceu nos últimos anos. A arquitetura, nesse contexto apresenta-se com a grande responsável pelo uso racional da energia nas edificações.

Mascaró; Mascaró (1992) ressaltam que a crise não é só energética, mas também cultural, devendo ser vista como positiva, uma vez que “oferece a oportunidade de atuar a partir de uma profunda revisão crítica de uma cultura de habitar e construir, que contêm em si, tendências objetivamente aberrantes”.

A Arquitetura Internacional importada de maneira irresponsável, sem adaptações ao clima e ao local, é uma das grandes responsáveis pelo alto consumo energético na construção, pois seus edifícios dependem, para o seu bom funcionamento, da iluminação e climatização artificiais.

Dessa forma, a arquitetura deve sentir-se obrigada a buscar novos caminhos, novos paradigmas que possam refletir as necessidades de um povo de forma sustentável, considerando a interação entre indivíduo, sociedade e meio ambiente.

Surge, então, como “poupadora de energia” a Arquitetura Bioclimática, uma arquitetura comprometida com o meio ambiente, uma arquitetura com possibilidade de criar ambientes artificiais, relacionando-se equilibradamente com a natureza (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

A finalidade é obter o máximo conforto com o mínimo consumo de energia elétrica possível, daí a necessidade de introduzir o parâmetro energia na problemática do projeto, desde o momento inicial da sua concepção. Surge então, um novo e estimulante campo de busca estética e experimentações formais. (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

A adequação do padrão arquitetônico ao clima e ao local onde se insere a edificação é o caminho que exige menor investimento e proporciona uma das maiores economias de energia. (MACIEL; LAMBERTS, 2003). Dados da ELETROBRAS (1999) demonstram que o consumo de energia pode ser reduzido em prédios já existentes (*retrofit*) em aproximadamente 30% através de medidas específicas capazes de reduzir o seu consumo, ao tempo em que afirma que a economia de edifícios já projetados dentro do conceito de eficiência energética pode chegar a 50%.

Vários estudiosos da arquitetura bioclimática destacam a importância de duas estratégias fundamentais para que se possa promover o conforto térmico e a eficiência energética, em climas quente e úmido: ventilação natural e sombreamento.

A preocupação com a redução do consumo de energia elétrica não é só do Brasil, como também, do mundo, onde iniciativas de fomento nesse sentido junto a projetistas e promotores imobiliários vêm crescendo. Em Portugal, por exemplo, foi criado um concurso para eleger os melhores exemplos de edifícios construídos lá, entre 2000 e 2003, na área da eficiência energética e dos edifícios bioclimáticos. O prêmio (Prêmio DGE 2003- Eficiência Energética em Edifícios) visou a concepção de edifícios com alto grau de eficiência, quer em nível da envolvente, e de soluções passivas, bem como dos sistemas energéticos,

incentivando, assim, "a criação de um parque edificado sustentado". (GONÇALVES *et al*, 2005).

O Brasil, que tem 87% de sua energia proveniente de hidrelétricas, já foi vítima da crise energética em 2001, citado anteriormente, e ainda corre riscos quanto ao abastecimento satisfatório de energia, já que ainda depende de mais investimento no setor e não só de mais chuvas regulares. Segundo o CBIEE, a APINE, a ABRADE, a ABRACEEL e a ABCE- todos órgãos relacionados à produção, distribuição, comércio e investimentos em energia elétrica- para permitir um crescimento de 3,5% ao ano e gerar empregos são necessários nos próximos anos 20 bilhões anuais em investimentos no setor elétrico. (SOUZA *et al*, 2005)

A dimensão do problema energético avolumou-se de tal maneira que em agosto de 2006, a CEAL (Companhia Energética de Alagoas), órgão responsável pelo fornecimento de energia, lançou o programa de Eficiência Energética no Interior de Alagoas, “com o objetivo de orientar e capacitar os gestores públicos de prefeituras municipais quanto à necessidade de otimizar os recursos energéticos, diminuir o desperdício e controlar o consumo em empresas públicas como escolas, hospitais, postos de saúde”, etc. A perspectiva da CEAL é poder economizar 30% no consumo de energia nos prédios públicos. (CALHEIROS, 2006). O programa prevê, também, a substituição de equipamentos existentes de alto consumo, tais como, geladeiras, lâmpadas, fiação e etc. por equipamentos de baixo consumo energético. Pesquisas já realizadas na área, confirmam a importância dessa iniciativa, pois, Dilonardo et al (2005), em conclusão surpreendente aos estudos por eles efetuados afirmam que “equipamentos eficientes, mais do que fachadas eficientes ou controle do ar são um fator determinante na redução da fatura energética” dos edifícios.

Rabi (2005) ressalta que, em face da iminência de um novo colapso energético, qualquer iniciativa que venha poupar os recursos energéticos é bem vinda e louvável. A sua vez, Souza et al (2005) afirmam ser a arquitetura responsável pelo uso racional da energia das edificações através “do aprofundamento dos conhecimentos relativos à adaptação climática do edifício e a interferência do urbano na eficiência energética do mesmo. A interação entre clima e o desenho urbano tem caráter fundamental no consumo de energia das edificações”,

pois, as fontes de energia não- renováveis estão cada vez mais caras, gerando motivos, além dos ambientais, também econômicos e políticos para alternativas sustentáveis de geração de energia”.

Lippiatt (1998) afirma que a construção civil é o setor da atividade humana que mais demanda energia e recursos naturais, em torno de 40 a 50% respectivamente (apud LAMBERTS; TAVARES, 2005). Esse fato justifica o crescimento de estudos sobre o consumo energético nas edificações na medida da necessidade dos países, no mundo inteiro, a fim de estabelecerem as condições de sustentabilidade ambiental neste setor.

Os elementos que concorrem para a determinação da necessidade energética de um edifício são múltiplos e com variadas interdependências. O sistema edifício-instalação de climatização interage com o ambiente que o circunda e com as exigências e os hábitos de quem o utiliza. As exigências e os costumes ou hábitos do usuário são muito diversos, imprevisíveis e contrastantes com os objetivos da poupança energética. Portanto, para avaliação do comportamento econômico-energético de uma solução arquitetônica é indispensável o conhecimento da qualidade térmica e das características construtivas do edifício, “sua localização climática, o nível de conforto exigido no seu interior e a quantidade de horas por dia que ele será utilizado” (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

Diante da afirmação atual de alerta de que os recursos naturais são finitos, é imprescindível que os projetos visem ao conforto ambiental atrelado à redução do consumo energético. O conforto ambiental deve ser entendido como uma das prioridades, na medida em que exige que sejam adotadas diretrizes bioclimáticas como procedimento fundamental. Diretrizes bioclimáticas são propostas gerais que norteiam as decisões de projeto, gerando soluções eficientes do ponto de vista energético, buscando de maneira eficiente a interrelação entre a escolha do sítio, a utilização de materiais de construção adequados, a orientação e

eficiência das aberturas, o estudo da ventilação e da insolação, dos ganhos e perdas térmicas, do microclima e do macroclima, do impacto ambiental, da vegetação e dos aspectos culturais.

Enfim, a energia é de vital importância, pois, proporciona “serviços essenciais” à sobrevivência humana. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento afirma que “O desenvolvimento futuro depende indubitavelmente de que se disponha de energia por muito tempo, em quantidades cada vez maiores e de fontes seguras, confiáveis e adequadas ao meio ambiente” (NOSSO FUTURO COMUM, 1991, p.186).

Daí, a justificativa para tantos estudos e investimentos em pesquisas nas áreas de conforto térmico e eficiência energética em busca de um futuro sustentável. Tal fato é comprovado nos grandes Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCACs.

3. METODOLOGIA

Como declarado anteriormente, tomou-se como objeto deste estudo um edifício residencial multifamiliar, considerando-se as suas condições de conforto térmico e de eficiência energética, em face de suas características arquitetônicas, notadamente sua planta, orientação topográfica e localização. Os caminhos percorridos serão a seguir descritos.

Inicialmente, a pesquisa exigiu o apoio do referencial teórico, exposto nos capítulos anteriores, em que foram abordadas as principais questões necessárias à compreensão do tema. Para tanto levou-se a efeito: levantamento especulativo sobre conforto térmico, estratégias para climatização natural, comportamento térmico de edificações, princípios bioclimáticos para a concepção de projeto e exigências de conforto térmico da região em estudo, Maceió – AL, bem como sobre eficiência energética.

Esta pesquisa buscou a atualização e consolidação de conhecimentos relativos ao seu objeto-tema, através do registro e discussão sistemática dos resultados de investigações mais recentes efetivadas por pesquisadores de reconhecidos valor e competência.

Para o desdobramento deste estudo foi necessária a caracterização do clima da cidade de Maceió, considerando médias anuais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométricas, dados esses, citados em publicações recentes, e tendo como base as Normais Climatológicas de 1961- 90.

Com a finalidade de obter um resultado significativo e relevante a partir do estudo de caso, optou-se por selecionar uma área no bairro da ponta Verde, em Maceió – AL, em face de que sua intensa verticalização, constitui circunstância preocupante em razão, justamente, de sua influência sobre a ventilação natural, principal estratégia de refrigeração passiva para climas quentes e úmidos. A partir de uma análise das características tipológicas e construtivas da área escolhida, elegeu-se uma determinada edificação para objeto desta avaliação.

O exemplar arquitetônico foi selecionado por apresentar situações distintas na mesma planta baixa, com apartamentos orientados ao nascente e ao poente, o que, presumidamente, ofereceria condições para uma avaliação comparativa de conforto térmico e do consumo energético em razão dessas orientações geográficas.

Na estimativa qualitativa dessa edificação residencial vertical multifamiliar empregou-se os procedimentos metodológicos proposto em Corbella & Yannas (2003), levando em consideração os parâmetros de avaliação a saber: localização e implantação, forma do prédio e *lay out* interno, condições térmicas e consumo de energia.

A análise quantitativa foi efetuada através de medições da temperatura do ar “in loco” com o auxílio de data-loggers portáteis (HBO 8 da ONSET Computer Corporation).



Figura 11 – Aparelho de medição Hobo utilizado nas medições.

O monitoramento idealizado previa, de início, a análise em quatro apartamentos por andar, sendo dois nascentes e dois poentes, somando um total de doze habitações a serem avaliadas, assim distribuídas: quatro no primeiro pavimento, quatro no pavimento intermediário e quatro no último andar, totalizando 48 ambientes, considerando-se dois por apartamento. Entretanto, foi necessário um redimensionamento do objeto de estudo, reduzindo-o a duas unidades por andar, mercê da indisponibilidade de equipamentos

suficientes para medições, porém, sendo um nascente e um poente. Um dormitório e a sala de estar/jantar, foram os ambientes selecionados por apartamento; A medição interna da temperatura do ar foi efetuada a partir do dia 27 de fevereiro de 2007 às 22:00 hs até o dia 27 de março de 2007 às 20:00 hs, e os dados externos baseados nos registros existentes na Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, localizado no município de Rio Largo -Al, a aproximadamente 190m acima do nível do mar. (ver anexo I)

Com base nesses elementos, foram analisados comparativamente os apartamentos quanto às condições de conforto térmico e a eficiência energética resultante.

A avaliação térmica desenvolveu-se através de estudos de insolação e ventilação, da análise dos sistemas de fechamentos opacos e transparentes e dos tipos de proteção aos raios solares existentes, do estudo da tipologia, do sistema construtivo e da distribuição dos espaços internos.

Considerando, a afirmativa de Souza *et al* (2005) de que resultados encontrados em pesquisas revelam que, além da estrutura urbana e da temperatura, o perfil do usuário também exerce forte influência sobre o consumo energético, foi aplicado um questionário em cada apartamento analisado com a finalidade de obter as seguintes informações: a) número de habitantes por unidade habitacional, b) consumo de energia elétrica, c) equipamentos básicos utilizados na unidade habitacional. Atendendo recomendações de Lamberts e Dencker (2005), foram acrescentados à pesquisa dados sobre idade, peso, altura, atividade diária, condições de saúde, período de maior permanência na habitação, entre outros, e valorizando, ainda, as entrevistas com o objetivo de coletar informações a respeito das preferências térmicas, sensações de conforto e satisfação ou não com as condições construtivas das edificações.

Parece evidente que a pesquisa de campo constitui um elemento de grande significação para complementar os resultados obtidos através dos métodos qualitativos com os quantitativos, formando, assim, um conjunto capaz de dar maior consistência à própria

pesquisa em si, que, “quanto mais enriquecida em termos de dados e relatos, melhor”, conforme recomenda Cavalcante (2000).

Porém, a pesquisa de campo é extremamente complexa. As pessoas, hoje, estão sempre muito apressadas, estão sempre muito ocupadas. O contato com elas era sempre à noite depois das 20:00 hs. Cada apartamento recebeu um diário com a finalidade de que toda e qualquer alteração naqueles ambientes avaliados fossem registrados, como por exemplo, aberturas de portas e janelas, mudança no tempo, ligar ou desligar equipamentos como ar condicionado, ventilador, etc. Contudo, nenhum diário foi devolvido, e apenas dois questionários foram respondidos por apartamento (ver apêndice 9), e, com um agravante, uma mesma pessoa respondendo os dois.

A pretensão era avaliar os apartamentos considerando sua situação em relação à orientação (nascente e poente), assim como sua localização no edifício levando-se em conta que os apartamentos situados no primeiro andar sofrem influência do pilotis, os do piso intermediário, e os do último pavimento por receberem interferência da coberta. Entretanto, esses últimos não puderam ser analisados, em função da recusa de permissão por parte dos moradores, que deram respostas do tipo “se essa pesquisa não vai melhorar o MEU apartamento, não me interessa”, ainda, “MEU apartamento não é laboratório para ninguém”, impedindo que fossem ou não comprovadas suposições que afirmam a interferência da coberta, uma área que recebe uma grande insolação durante o dia, sobre o último pavimento.

Frente a essas dificuldades, o monitoramento aconteceu em dois apartamentos por andar, sendo um nascente e um poente, somando um total de quatro habitações avaliadas, dois no primeiro pavimento e dois no intermediário, no caso, 5º andar. Os ambientes averiguados por apartamento foram: a suíte e a sala de estar/jantar. (ver fig. 12).

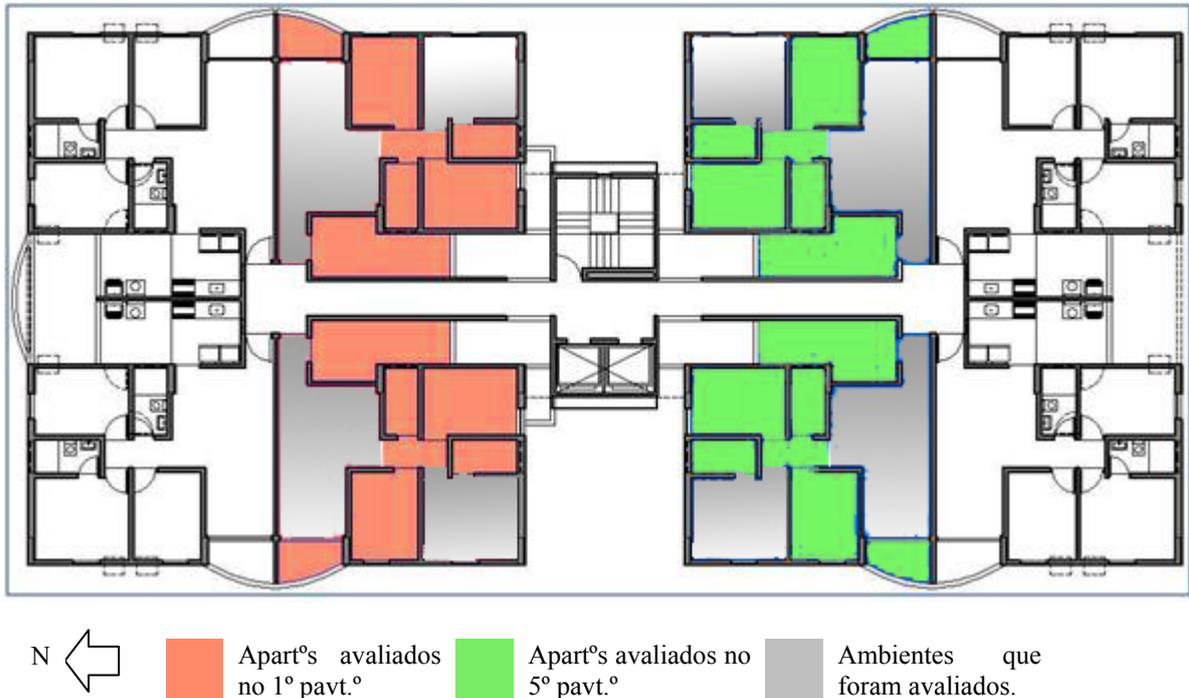


Figura 12 – Apartamentos e ambientes que foram avaliados.

3.1 A REGIÃO DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS E CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS DO BAIRRO DA PONTA VERDE.

Maceió, capital de Alagoas, conhecida como o “Paraíso das águas”, cidade abençoada por tantas belezas naturais, encontra-se às margens do Oceano Atlântico (ver fig. 13), do complexo lagunar Mundaú-Manguaba e é cortada por vários riachos. Situada entre a latitude $9^{\circ}39'57''$ Sul e longitude $35^{\circ}44'07''$ Oeste, apresenta um clima tropical quente e úmido. Maceió constitui um bom exemplo da constância de nível térmico que caracteriza o litoral do Nordeste brasileiro, com temperatura média anual de $25,4^{\circ}$ C, variação anual de $3,4^{\circ}$ C entre os valores médios mensais das temperaturas médias de $26,7^{\circ}$ C em fevereiro e $23,7^{\circ}$ C em julho (máximas médias de $30,2^{\circ}$ C e mínima média $21,1^{\circ}$ C), e uma alta umidade relativa média (78%). Está sob influência alternada dos ventos alísios de Sudeste, mais frequentes (de velocidade fraca a moderada) e os ventos de retorno do Nordeste nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março). O valor médio mensal da velocidade de vento é de $2,8\text{m/s}$,

podendo chegar a valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção Nordeste. A pluviosidade média anual é de 1654mm, com meses mais chuvosos de abril a julho (dados do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, 1961-1990).



Figura 13 – Mapa de Alagoas
Fonte: IBGE, 2007

Segundo estimativas do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000), Maceió abrange uma área urbana de 191,79 Km², com população de 668.000 habitantes e densidade demográfica de 4.144,33 hab/Km².

Com uma topografia definida basicamente pela planície litorânea, parte baixa da cidade, as encostas e o Tabuleiro, parte alta, apresenta um relevo modesto que não ultrapassa 300 metros em relação ao nível do mar. Fica evidente que não só a altitude, como também o entorno, atuam de forma direta sobre a temperatura e a umidade relativa do ar, fazendo com que surjam microclimas diferenciados, os quais, na maioria das vezes, não podem ser facilmente modificados.

Em um clima quente e úmido, como é o caso de Maceió, a estratégia mais adequada para obtenção de melhores condições de conforto térmico é maximizar a ventilação, o

sombreamento e controlar o consumo de energia. Acrescente-se a isso, que a forma do relevo, a baixa densidade de ocupação do solo, a alta permeabilidade do solo, a alta porosidade da estrutura urbana e as áreas verdes contribuem como fatores preponderantes para o bom desempenho bioclimático da área.

A partir de janeiro de 2000, Maceió passou a ter oficialmente 50 bairros, sendo o Benedito Bentes o maior em área territorial. Ao analisar o mapa do município de Maceió (Fig. 14) observa-se os vários bairros que a compõe, têm suas características próprias, em relação ao uso do solo, ventilação, arborização, etc. Porém, de um modo geral é importante maximizar a ventilação e controlar o ganho de energia tanto no espaço urbano como nas edificações.



Figura 14 – Mapa dos bairros de Maceió com destaque para o bairro da Ponta Verde (em vermelho)
Fonte: SMCCU, 2007

Para evitar situações como as do centro da cidade, o qual se encontra, hoje, com grande concentração de massa edificada, ruas estreitas com intenso tráfego de veículos, construções feitas sem recuos, formando grandes “paredões” que barram a circulação dos ventos e com um agravante: pouca área verde e muita pavimentação, o Plano Diretor (MACEIÓ, 2005) já reestruturado, estabelece índices como taxa de ocupação, recuos, gabarito definindo altura das edificações, densidade etc., todos eles visando o desenvolvimento saudável do local.

A cidade de Maceió apresenta, atualmente, junto a um crescimento horizontal, um adensamento no sentido vertical, principalmente em alguns bairros litorâneos, como Ponta Verde (ver fig. 15) e Jatiúca. Essa expansão tem ocorrido de forma contínua e desordenada, alterando não só a forma urbana, como também o comportamento térmico dos espaços microclimáticos do ambiente urbano. Barbirato et al (2003) constatam que, pela falta de um planejamento urbano eficiente e de políticas de fiscalização mais rígidas, as áreas verdes da cidade estão em degradação, principalmente as situadas nas encostas, vales e grotas, bem assim os jardins residenciais, praças, parques urbanos e canteiros centrais. Outros fatores como a pressão do mercado imobiliário, que defende o aumento das áreas impermeabilizadas em detrimento da vegetação urbana e os assentamentos ilegais existentes nas áreas de encostas e fundo de grotas, são apontados como prejudiciais ao ambiente urbano.



Figura 15 – Bairro de Ponta Verde - Maceió/AL
Fonte: Gazeta de Alagoas, 2004

A influência da área urbana sobre a temperatura é bastante significativa. Daí a importância da preservação dos espaços arborizados, pois as áreas verdes protegem da radiação solar, aumentam a umidade do ar, diminuem a poluição do ar, direcionam os ventos adequadamente, criando, assim, verdadeiros filtros, que amenizam o clima dentro da estrutura urbana. Além disso, a presença da vegetação tem implicações termodinâmicas que repercutem decisivamente no desempenho energético da cidade.

De um modo geral, a estratégia mais indicada para se obter conforto térmico em Maceió é através da ventilação e do sombreamento. Do quadrante Leste (SE e NE) vem a ventilação mais freqüente, sendo que o vento Nordeste sopra nos meses mais quentes (novembro a fevereiro) e o vento Sudeste nos demais meses do ano. Os bairros da Pajuçara, Ponta Verde, Jatiúca, Cruz das Almas, encontram-se hoje adensados, com pouca vegetação e muita pavimentação. São bairros litorâneos onde o predomínio do uso do solo é o residencial com presença de alguns serviços comerciais, como galerias, mini-shoppings, supermercados, escolas, clínicas, etc. As construções são em sua maioria térreas, porém, como já foi dito, uma intensa verticalização está ocorrendo principalmente em Ponta Verde e Jatiúca. Essa realidade é preocupante, pois, são áreas de grande ventilação que precisam ser porosas a fim de canalizar ventos para o restante da cidade. Estudos desenvolvidos em espaços públicos na Ponta Verde detectaram pontos críticos em relação ao conforto térmico por estar a sotavento da área bastante verticalizada.

Não só os espaços públicos, praças, ruas e avenidas, como também os recuos dos edifícios são fatores importantes para a circulação dos ventos na cidade. Essas vias devem ser arborizadas a fim de amenizar o microclima local. Tal fato foi comprovado, através de uma análise feita na avenida Fernandes Lima onde vários microclimas foram identificados ao longo de sua extensão, comprovando a relação existente entre a morfologia urbana e os efeitos conseqüentes na temperatura e umidade do ar (BARBIRATO et al, 2003).

Essa mesma situação foi constatada em outras ruas e avenidas analisadas pelo Grupo de Estudos em Conforto Ambiental - GECA, que pesquisa o clima urbano de Maceió. Ruas e avenidas do Centro, Stella Maris e Ponta Verde, comprovaram que as temperaturas do ar mais elevadas e menores umidades relativas do ar estão presentes (a) nos espaços de maior taxa de ocupação, pelo fato de as massas edificadas absorverem e armazenarem calor; (b) em recintos desprovidos de vegetação, que constitui elemento, modificador em escala microclimática.

Não só a vegetação, mas também a presença de massas d'água constituem aspecto relevante no comportamento climático de áreas urbanas. Como foi visto, Maceió encontra-se entre duas grandes massas d'água, a lagoa e o oceano, que apresentam um efeito termorregulador conforme a maior ou menor proximidade delas reduzindo, assim, as amplitudes térmicas diárias.

Com base nessa pesquisa constatou-se que os recintos urbanos que margeiam o Oceano Atlântico e a lagoa Mundaú, apresentam maiores temperaturas durante o período vespertino e noturno, ocasionado pela baixa amplitude térmica, e que os pontos de cotas topográficas elevadas, localizadas nos tabuleiros apresentaram maiores variações nos valores das temperaturas diárias em comparação com os recintos localizados na planície litorânea.

É imprescindível que diretrizes sejam adotadas a fim de evitar que os espaços naturais dêem lugar a áreas construídas, acarretando desconforto e prejuízo à população local. É preciso evitar o fenômeno chamado “ilha de calor”, que de todas as modificações climáticas produzidas pela cidade é a mais evidente e estudada. É consequência direta do aumento de rugosidade da superfície da terra, da redução na difusão do calor no meio urbano, dos baixos índices de evaporação, da poluição do ar e do calor gerado pelas atividades humanas. Geralmente, esse fenômeno coincide com o que ocorre nos centros densificados das cidades, em face da sua conformação urbana. Necessário se faz incrementar a ventilação natural e a arborização, pois, já foi comprovada a inexistência da ilha de calor nas áreas providas de

vegetação. Com base nas pesquisas efetuadas em Maceió constatou-se que a sua área urbana está sujeita ao desenvolvimento de “ilha de calor”.

Barbirato et al. (2003) observaram a partir de pesquisas de campo que “os recintos urbanos climaticamente mais favoráveis em Maceió estão localizados em áreas residenciais, com áreas verdes de dimensões significativas e bem arborizadas, em regiões elevadas da cidade e com reduzido índice de verticalização. Os pontos termicamente desfavoráveis foram observados nas áreas de uso comercial ou misto, com pouca ou nenhuma presença de vegetação, em cotas baixas, com tráfego intenso de veículos e de pedestres, aliado ao alto índice de verticalização” (p. 723).

Algumas medidas podem ser tomadas no sentido de viabilizar melhorias dos microclimas locais. Sabe-se que a morfologia urbana pode amenizar o clima resultando em conforto térmico através do arranjo urbano, ou seja, lotes mais largos, dispersos, esparsos e porosos, juntamente com a configuração das ruas paralelas à direção do vento dominante, fazendo com os ventos possam fluir livremente para as demais vias e edificações.

3.1.1 ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho está situado no bairro da Ponta Verde (fig. 16), localizado a sudeste da cidade de Maceió, o qual oficialmente tem o seu perímetro assim delimitado pela Prefeitura local:

Do ponto inicial segue pela rua Dep. José Lages. Continua pela travessa Hélio Pradines até a rua Prefeito Abdon Arroxelas prolongando-a até a margem do oceano Atlântico, na Praia de Ponta Verde. Segue pela orla marítima até encontrar o prolongamento da Rua Engenheiro Demócrito S. Barroca até encontrar a Rua Engenheiro Mário de Gusmão. Segue pela mesma até a rua José G. Pereira do Carmo. Daí segue a rua Durval Guimarães. Segue por esta até encontrar a Travessa Senador Firmino Vasconcelos. Continua pela mesma até encontrar a rua Soldado Eduardo dos Santos. Daí segue pela mesma até o ponto inicial, o seu encontro com a rua Deputado José Lages. (CAVALCANTE, 2000)



Figura 16 – Bairro da Ponta Verde – Maceió/AL
 Fonte: SOUZA, 2006

O bairro surgiu de um aglomerado de sítios de plantio de coqueiros, transformando-se em reduto das moradias de classe média, média alta e alta sociedade. Processo similar que aconteceu à maioria dos bairros litorâneos do Brasil, em função da paisagem litorânea. (NORMANDE, 2000 apud CAVALCANTE, 2000).

Na década de 1960, com a implantação de indústria, potencialmente poluente, a Salgema, no litoral Sul, o crescimento da cidade se deu no sentido contrário, para o Norte. Este fato fez com que o bairro da Ponta Verde atraísse maior número de moradores e passasse “a ser alvo da especulação imobiliária mais intensa da cidade, inclusive sendo o local de maior construção de edificações multifamiliares (prédios de apartamentos)”. (CAVALCANTE, 2000)

O bairro hoje apresenta uso misto, ou seja residencial e comercial, com grande concentração de equipamentos para lazer, como restaurantes, barzinhos e boates.

Cavalcante (2000) continua e reforça a também vocação turística do bairro, através da alta concentração de hotéis de luxo e pequenas pousadas. Na década de 80, com a explosão

do turismo o estado de Alagoas foi projetado nacional e internacionalmente como o “paraíso das águas”.

“O bairro da Ponta Verde passou então a ser produto vendido internacionalmente cujo valor agregado é a tranqüilidade paradisíaca (praias belas e limpas) associada ao ideal de ‘modernidade’ e conforto. Hoje é um dos bairros de maior concentração demográfica e de profunda especulação imobiliária.” (CAVALCANTE, 2000).

O bairro realmente possui potencial turístico, porém, o caráter residencial ainda é o mais forte, juntamente ao comércio e ao lazer. Em 2000, Cavalcante registrou em suas pesquisas de uso e ocupação do solo 46% de residências unifamiliares, 19% de residências multifamiliares e 35% demais usos. Souza (2006) levantou um total de 38% unifamiliares, 35% multifamiliares e 27% demais usos (ver gráficos 1 e 2).

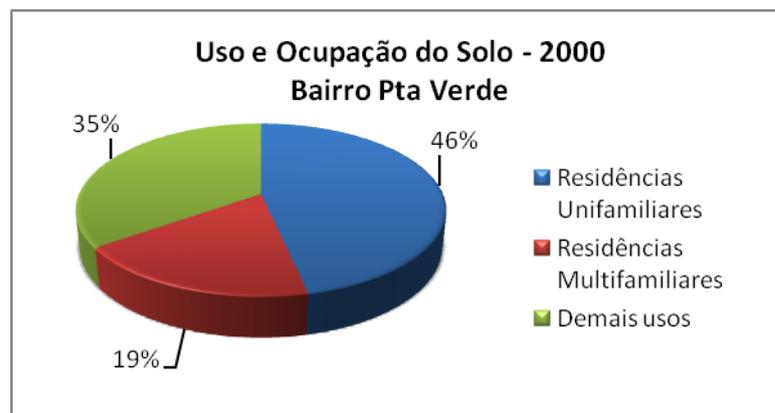


Gráfico 1 – Porcentagens de uso e ocupação do solo no bairro da Ponta Verde no ano de 2000.
Fonte: CAVALCANTE, 2000

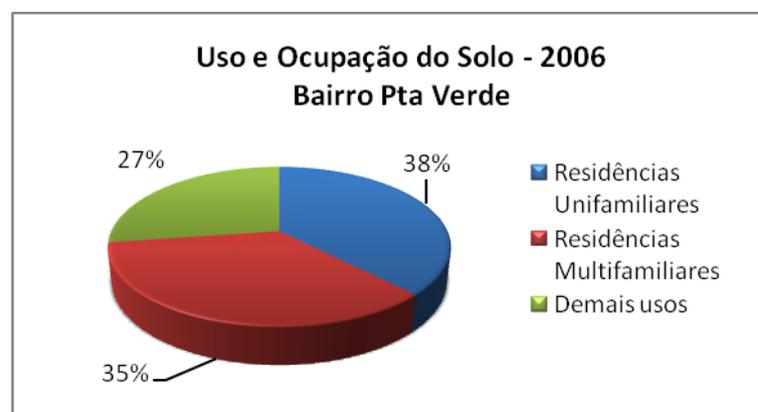


Gráfico 2 – Porcentagens de uso e ocupação do solo no bairro da Ponta Verde no ano de 2006.
Fonte: SOUZA, 2006

É preocupante a transformação rápida e progressiva desse bairro. Sua paisagem sofre mutações a cada instante. Antigas residências, consideradas como vazios potenciais segundo Lins (2004)⁷, são demolidas em fração de segundos, surgindo em seus lugares edifícios, na sua grande maioria, residenciais multifamiliares.

Este processo de verticalização despertou uma grande polêmica urbana sobre o gabarito dos edifícios, “qual seria a altura máxima ideal? Tal polêmica envolve diversos segmentos da comunidade como técnicos da Prefeitura, construtores, arquitetos e em menor grau a comunidade em si, a não ser por seus representantes eleitos” (CAVALCANTE, 2000, p. 37).

Mascaro; Mascaró (1992) afirmam que a edificação em altura custa a seus usuários, em média 30 a 40% a mais sobre o consumo energético individual para as alturas entre 12 e 15 pavimentos e à medida que a altura aumenta esse percentual crescerá proporcionalmente, onerando não só o orçamento individual, mas também o orçamento nacional. Essa influência da altura no consumo energético se deve aos equipamentos, em particular, aos elevadores e as bombas de elevação de água.

“O código de edificações da cidade apresenta o seu zoneamento conforme o caráter predominante (residencial, comercial, misto ou especial) e também apresenta coeficientes de aproveitamento máximo do lotes, bem como limitações do gabarito dos prédios” (CAVALCANTE, 2000).

fim de contrabalançar a limitação relativa ao número de pavimentos, os empreendedores imobiliários tentam obter o maior número possível de unidades habitacionais por andar. Tal comportamento tem induzido projetistas a comprometer a qualidade do conforto ambiental nas edificações, uma vez que são forçados a optar por orientações desfavoráveis aos ventos dominantes em algumas unidades habitacionais, o que vem de encontro à intenção inicial dos legisladores, que seria a de melhor aproveitar os recursos oferecidos pela ventilação natural. (BITTENCOURT *et al*, 1997, apud LEÃO p.72)

⁷ Regina Dulce Lins, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em intervenção feita num seminário na UFAL, 2004.

O objeto de estudo desta pesquisa é um retrato dessa situação, aproveitamento máximo da lâmina do pavimento tipo em função de um lucro financeiro por parte do investidor, em detrimento do conforto térmico dos moradores, e de suas possíveis conseqüências, o aumento energético.

3.1.2 O OBJETO DE ESTUDO

Toledo (2003) afirma que:

A escolha da forma e proporções do edifício, da orientação das fachadas e do sombreamento das aberturas de iluminação e ventilação irá influenciar diretamente no desempenho térmico do edifício. O conhecimento dos efeitos dessas escolhas, na composição da carga térmica de resfriamento do edifício, pode levar a resultados úteis para a concepção de projetos de edifícios mais eficientes quanto ao consumo de energia operante e, conseqüentemente, poderá possibilitar melhores padrões de conforto térmico.

Com fundamento nessa afirmação, o objeto de estudo será analisado com a finalidade de se chegar a conclusões capazes de nos permitir oferecer uma contribuição sobre os requisitos que devem ser atendidos para se ter um ambiente construído sustentável.

Constitui objeto de estudo o edifício residencial multifamiliar denominado Antilhas, situado no bairro da Ponta Verde, na Av. Dep. José Lages, nº 1225, na cidade de Maceió-AL.

O edifício está implantado em um terreno que mede 28,00m de frente, 58,30m em sua lateral direita, 57,70m em sua lateral esquerda e aproximadamente 28,00m de fundo, apresentando solução de planta baixa de forma retangular. (fig. 17). Conforme foi dito anteriormente, essa forma é considerada ideal para edificações em clima quente e úmido, desde que tenham suas maiores fachadas orientadas no sentido Norte – Sul (Olgay, 1998; Toledo, 2003; Mascaró e Mascaró, 1992). No caso desse edifício em estudo, a forma escolhida está correta, contudo, a orientação é justamente o contrário da recomendada, uma vez que suas maiores fachadas estão voltadas para Leste e Oeste. (fig. 18, 21 e 22).



Figura 17 – Mapa de situação da edificação em estudo
 Fonte: Google, 2008



Figura 18 – Fachada principal voltada para a rua Dep. José Lajes (orientação N).

O edifício compõe-se de 11 pavimentos (ver fig. 18), sendo um de pilotis, um mezanino e nove pavimentos-tipo. O de pilotis compreende estar e hall social, hall de serviço, garagem, e outros apoios de serviço. No mezanino ficam o salão de festas, de jogos e play ground. O apartamento tipo varia entre 70,00 m² e 73,00 m², apresentam três setores distintos:

social, íntimo e o de serviço. Compõe o social, a sala de estar, jantar e a varanda. O íntimo, dois quartos, um banheiro e a suíte. O serviço, a cozinha e a área de serviço. (ver figuras 19 e 20).

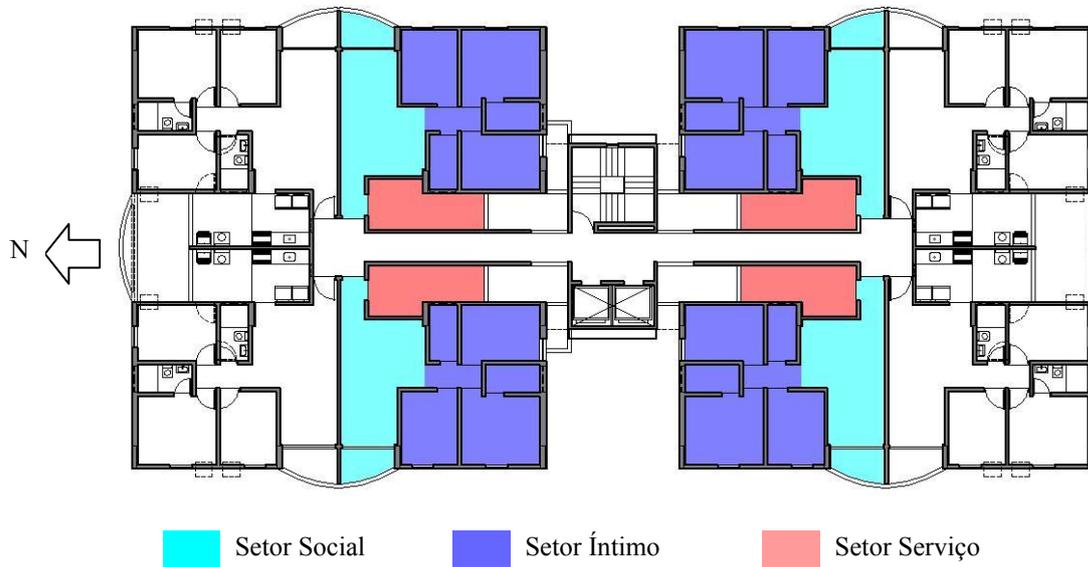


Figura 19 – Planta baixa da edificação em estudo com esquema de setores.

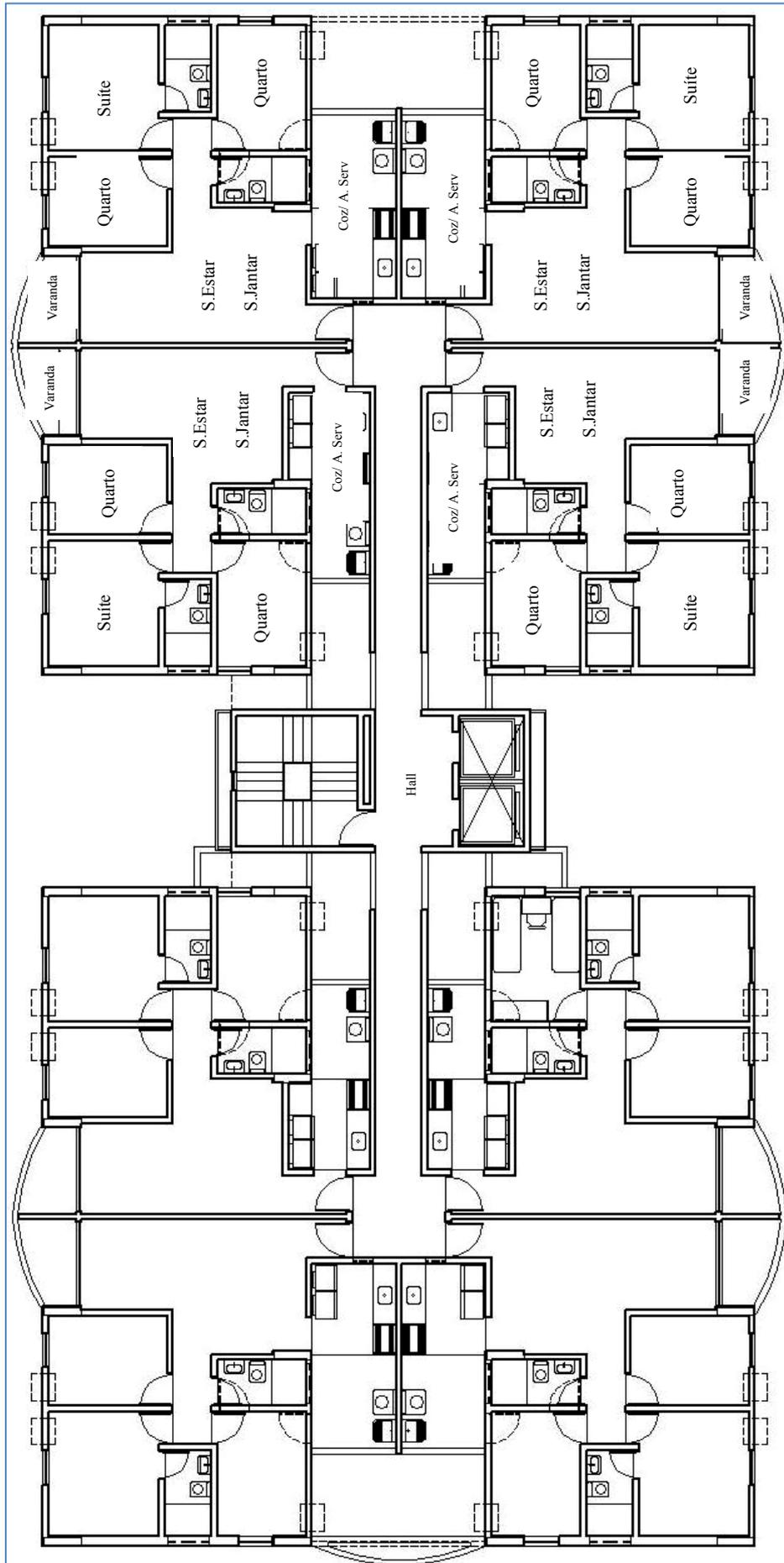


Figura 20 – Planta baixa
 pavtº tipo
 Edifício Antilhas
 Fonte: V2 Construções, 2006

Cada laje de piso dos pavimentos-tipo acolhe oito apartamentos, apresentando soluções simétricas, tanto em relação à planta baixa, como também, às fachadas. A adoção desse partido arquitetônico teve como resultado que uma parte das unidades habitacionais tem suas fachadas voltadas para o nascente e outras para o poente, de modo que, em decorrência dessas situações, os primeiros são favorecidos e os segundos desfavorecidos, sob o aspecto térmico.

Com efeito, as unidades voltadas para o nascente se beneficiam do fato de que recebem toda a ventilação dominante, pois, como se sabe, vem do quadrante Leste. Diferentemente, os apartamentos cujas fachadas estão orientadas para o poente, praticamente não recebem ventilação direta, talvez captem alguma através da abertura existente na cozinha (ver fig. 20). Por outro lado, quanto à carga térmica solar recebida, não há diferença significativa entre os apartamentos voltados para o nascente e para o poente, senão quanto aos horários. Os do nascente recebem a incidência dos raios do sol durante toda manhã, e os do poente, toda a tarde. Tal situação tem influência significativa em relação à eficiência energética. O apartamento nascente, como foi visto, embora aqueça durante toda a manhã, em função da ventilação constante, começa a resfriar à tarde e ao chegar à noite suas paredes já se encontram com temperaturas mais amenas, auxiliando o conforto térmico dos usuários. Os do poente, entretanto, por não receberem uma ventilação efetiva, transmitem para dentro da edificação todo o calor recebido, tornando-os desconfortáveis e dependentes da climatização artificial, ou seja, do ar condicionado.

O sistema construtivo adotado consistiu basicamente em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. Externamente é revestido com cerâmica, 10 x 10 cm, nas cores: mostarda, telha, branco e preto. Os fechamentos transparentes são vedados com esquadrias de alumínio anodizado preto e vidro fumê. O comportamento da envolvente e sua influência em relação ao conforto térmico e a eficiência energética será avaliado *in loco*

através de medições, das propriedades dos materiais utilizados e da percepção dos usuários, através das entrevistas. (ver figuras 21 e 22).



Figura 21 – Fachadas Leste e Norte.



Figura 22 – Fachadas Oeste e Sul.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

“O conforto térmico no interior das edificações depende de aspectos como insolação, ventos dominantes e características do entorno, além do posicionamento do edifício no lote, tipo de fachada, espessura de paredes, dimensão das aberturas e materiais empregados. O sistema de ar condicionado é recurso complementar que, quando bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar com custos reduzidos de operação e manutenção” (Revista Projeto nº 297, 2004, p. 100)

Com base nessa assertiva, os resultados da pesquisa efetuada no Edifício Antilhas, são os relatados a seguir.

4.1 QUANTO AO ENTORNO:

Quanto ao entorno, a situação atual da edificação estudada, ainda é bastante confortável, pois não existem barreiras, ou seja, construções altas que possam desviar a trajetória dos ventos. Ao contrário, ele próprio se transformou em obstáculo para o vento que percorria a Av. Capitão Marinho Falcão, segundo informações de moradores (ver figura 17). Do seu lado esquerdo (nascente), existe um prédio residencial bastante recuado, composto de térreo e mais três pavimentos, que, pelo seu médio porte, constitui fator favorável à ventilação do edifício. Do lado direito (poente), encontra-se um posto de gasolina, situação não muito interessante, pelo fato de, além de não protegê-lo da incidência solar, reflete parte da radiação incidente sobre suas telhas, principalmente, aos apartamentos do primeiro piso. (ver figuras 23, 24 e 25).



Figura 23 – Entorno lateral direito.



Figura 24 – Entorno lateral esquerdo.



Figura 25 – Entorno.

Presença de árvores, próximas ao edifício, casas térreas ao seu redor, traduzem pontos positivos, e reforçam a situação confortável. Mascaró; Mascaró (2002) afirmam que a vegetação, devido às suas características físicas e morfológicas, funciona como um termoregulador microclimático, ideal para ser utilizado no clima em estudo. Barbirato et al (2005) registram em seus estudos a redução em até 3,4°C da média térmica em praças com o uso da vegetação para sombreamento, e afirmam que tal estratégia bioclimática diminui o desconforto térmico urbano nesse tipo de clima. Contudo, sua área externa do edifício, inclusive, o pilotis, é na sua maior parte impermeabilizada, com pequenas áreas verdes (ver fig. 18). Com relação às edificações vizinhas, tanto a da esquerda quanto a da direita, a impermeabilização do solo é total.

4.2 QUANTO AO REVESTIMENTO E AO SISTEMA CONSTRUTIVO

Segundo pesquisas desenvolvidas pela Light (2000)⁸ juntamente com o Procel et al, “a maior espessura das paredes externas das edificações garante um isolamento térmico mais eficaz, como é observado no interior das construções antigas”, sugerindo o uso de tijolos deitados na parede externa. Ainda com base nos testes, em relação à absorção de calor:

“verificou-se que a escolha da cor nos revestimentos é mais importante que o tipo do material aplicado. Sendo assim, a opção por cores claras nas fachadas reduz sensivelmente o calor no interior da construção. Já no piso de varandas e terraços, não é indicado o uso da cor branca, pois, o seu alto nível de reflexão acaba direcionando a radiação solar para as paredes, o que acarreta no aumento da temperatura interna. Neste caso, o ideal é a utilização de bege claro ou argila”.

(LIGHT, 2000, p.1)

No entanto, tem-se que essa importância da cor se refere a primeira fase do processo de transmissão do calor, não podendo desconsiderar as características do material quanto a parcela absorvida.

Com base nas características dos materiais o edifício objeto deste estudo foi projetado sem nenhuma preocupação térmica: paredes singelas, presença do preto no revestimento externo, plantas baixas rebatidas e nenhum elemento externo de proteção nas fachadas, principalmente na Oeste.

Internamente suas paredes são pintadas com tinta PVA látex com massa corrida, e nas áreas molhadas cerâmica 10x10 cm, na cor branca. Externamente, revestido com cerâmica 10x10 cm, nas cores branco, preto, mostarda e telha. Suas fachadas foram trabalhadas com faixas largas que variam de cores, formando um jogo interessante do ponto de vista estético, a

⁸ Projeto Pioneiro, uso eficiente de energia em novas edificações, desenvolvido pela LIGHT, CONSTRUTORA PRISMA, CEPTEL e PROCEL, voltado para área da construção civil de edifícios residenciais.

saber: a) apartamento 107, mostarda, preto e telha; b) apartamento 506, branco, preto e telha; c) apartamento 102, branco, mostarda e preto; d) apartamento 503, branco e preto. (ver fig. 26 e 27). O piso das varandas, segundo a assertiva acima, representa um agravante: cerâmica 30x30 cm, na cor branca.



Figura 26 – Detalhe de cores dos apartamentos analisados na fachada Oeste.



Figura 27 – Detalhe de cores dos apartamentos analisados na fachada Leste.

É relevante anotar que quando comparados entre si, os apartamentos que apresentam melhores resultados são os que têm em sua composição uma boa parcela do revestimento branco, sabe-se que reflete com muita propriedade. Vale ressaltar, ainda, que dois desses apartamentos (102 e 506) não recebem o calor liberado pelas cobertas vizinhas, fato que se

repete com os dois (107 e 503). O apartamento 107 absorve do posto de gasolina e o 503 do edifício vizinho.

Na composição entre cheios e vazios, predominam os cheios e com um agravante, as aberturas são todas de alumínio anodizado preto do tipo correr com vidro fumê, acarretando uma diminuição de 50% do vão para ventilação e em função do tipo do vidro, redução também da iluminação natural. (ver fig. 28).

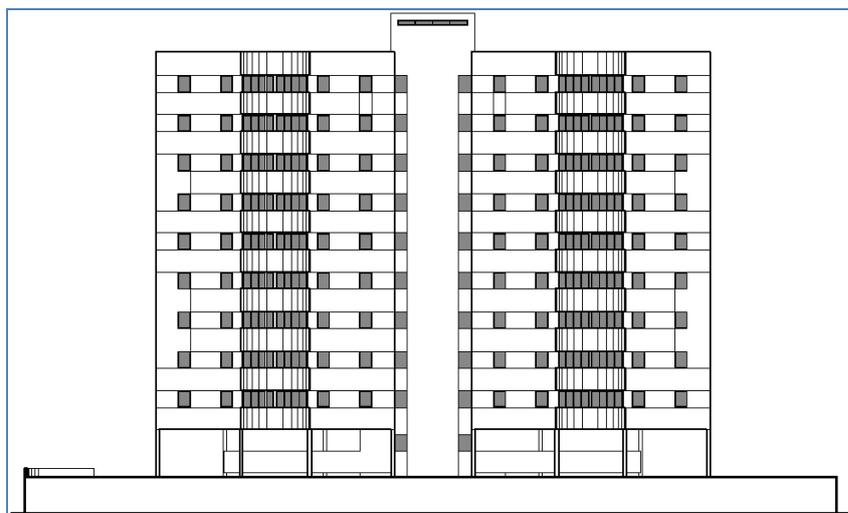


Figura 28 – Detalhe dos vazios.

4.3 Quanto à ventilação:

Bittencourt (2005)⁹ ressalta ser a ventilação natural uma tecnologia possível de ser amplamente utilizada, e reforça que, infelizmente, o vento não segue placas nem setas determinadas pelos projetistas, ao contrário, todo o seu movimento provém de diferenças de temperaturas ou diferenças de pressão (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Conforme anotado antes, segundo estudos desenvolvidos para a cidade de Maceió por Bittencourt ; Lima (1983) o predomínio dos ventos vem do quadrante Leste. O gráfico da figura 29 reforça a informação. Nordeste, nos meses mais quentes, o Sudeste com frequência regular durante todo o ano e o Leste presente também durante o ano, porém, com intensidade maior nos

⁹ Palestra proferida pelo professor doutor Leonardo Bittencourt na Universidade Federal de Alagoas, no dia 07/06/05 às 14:00 hs.

meses mais quentes. Confirmando o Leste como situação favorável e o Oeste, totalmente desfavorável à captação dos ventos naturais. Tal informação também foi comprovada pelo Comando da Aeronáutica através do sumário climatológico mensal (ver anexo 4) dos meses de fevereiro e março de 2007, período real das medições internas na edificação estudada, o qual identifica presença constante dos ventos Sudeste e Nordeste, com pequenos períodos de calmaria. A figura 29 mostra a rosa dos ventos para a cidade de Maceió.

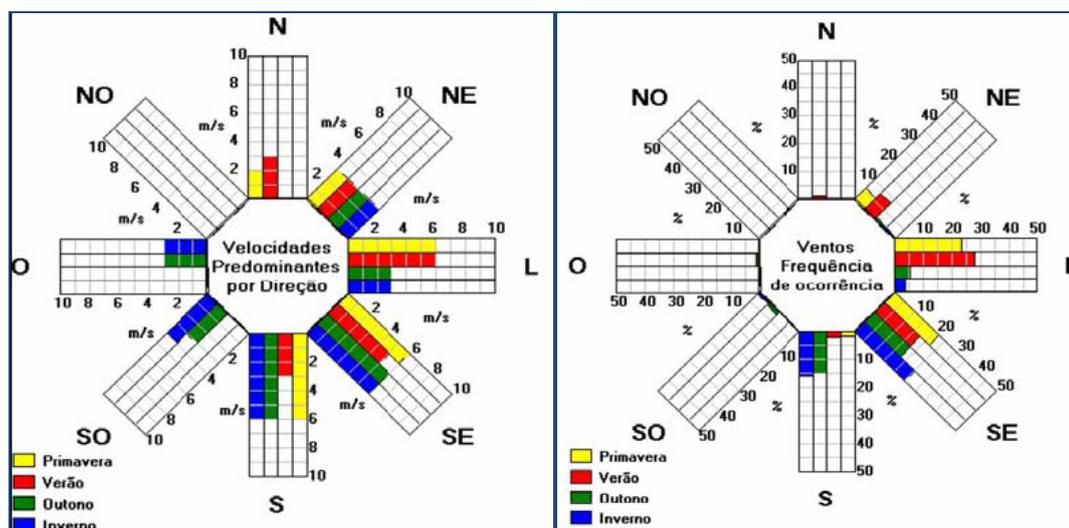


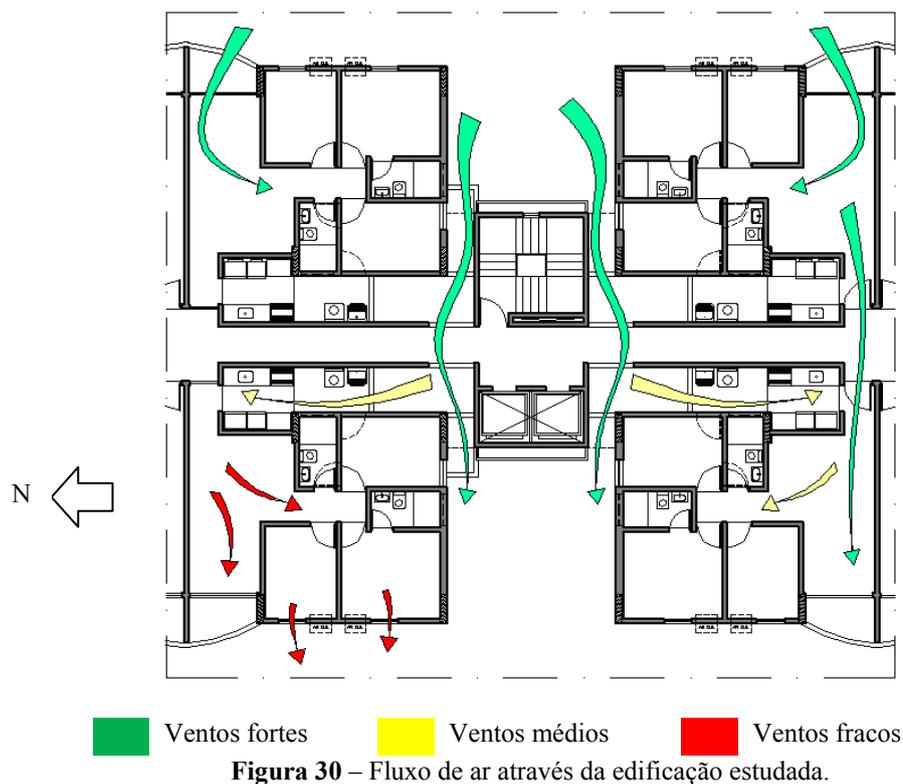
Figura 29 – Rosa dos ventos para a cidade de Maceió.

Fonte: Gráfico gerado a partir do software SOL-AR 5.0 - (LAMBERTS, MACIEL, ONO, 2005) apud CÂNDIDO, 2006.

No caso em estudo, com o entorno favorável, recuos laterais razoáveis, e edificação vizinha bastante recuada e de médio porte, praticamente não existem barreiras para captação da ventilação natural dominante pela fachada leste, (ver figura 21). A área externa do edifício é bem ventilada, portanto confortável.

É pacífico que o planejamento da ventilação de uma edificação deve considerar o aproveitamento máximo dos ventos dominantes por meio das aberturas externas que apresentam duas funções em relação à circulação do ar: captação e exaustão. O ingresso do fluxo do ar se dá através das aberturas de captação, as quais devem estar sempre voltadas para o quadrante dos ventos dominantes. No edifício em estudo, as aberturas de entrada no apartamento nascente, são constituídas pela porta da varanda, por janelas nos quartos e janela

alta no banheiro, ambas sem bandeiras, recurso, esse, interessante para o clima em questão. As aberturas de circulação que favorecem o fluxo no interior do apartamento são em geral, as portas internas, as quais são responsáveis pelo cruzamento do vento dentro das unidades residenciais, em direção às aberturas de saídas, localizadas no setor de serviço. No apartamento Leste as aberturas de entrada, estão situadas de forma favorável à captação dos ventos dominantes. O fluxo do ar no interior da unidade residencial analisada se dá através de ventilação cruzada entre as aberturas internas, na sua maioria, portas, ocasionando a diminuição da velocidade do ar, e conseqüentemente o comprometimento da ventilação no interior do apartamento. (ver figura 30).



No apartamento poente, as aberturas externas (portas e janelas dos quartos) são saídas de ar, enquanto a entrada está restrita à janela da área de serviço, salvo quando a porta de entrada do apartamento está aberta (ver figura 30). Observando o projeto, percebe-se essa tentativa de captação da ventilação para o apartamento poente através da área de serviço, porém o fluxo é pequeno, pois as aberturas tanto da circulação como as do serviço são

fechadas com esquadrias do tipo correr, as quais possibilitam o aproveitamento de apenas 50% do ar que incide sobre ela. A ocorrência de chuva constitui fator agravante, pois, todas essas entradas de vento precisam ser fechadas para evitar que a circulação seja molhada e se torne escorregadia, havendo inclusive registro de acidentes em decorrência disto. Esse fato é reforçado por Bittencourt e Cândido (2005) como “um dos aspectos mais problemáticos no uso da ventilação natural” que “é a penetração de chuvas nos ambientes construídos, provocada pelas chamadas ‘chuvas de vento’” (p.43). Esse problema, contudo, pode ser resolvido através de proteção às aberturas. Foi ressaltado por um dos moradores entrevistados que o vizinho do seu apartamento, poente, ficava muito agradecido quando ele (o morador) deixava a porta do seu apartamento nascente aberta, porém é evidente que tal solução não é eficaz, pois, para se obter um pouco de conforto, cria-se uma dependência entre apartamentos, gera-se um desconforto, perde-se a privacidade, portanto, trata-se de uma medida paliativa e pouco salutar.

Quanto às aberturas, os apartamentos nascentes e poentes, por apresentarem uma mesma tipologia de plantas, rebatidas, são iguais em tamanho e localização em relação aos ambientes em que estão inseridas, porém, com respostas ao conforto térmico e à eficiência energética completamente diferente em razão das orientações distintas.

As aberturas nas salas representam 26,55% do vão, nos quartos 11,66%, nos banheiros 13,33%, na cozinha e área de serviço 18,48%. O Código de Arquitetura e Urbanismo da Cidade de Maceió não apresenta tabelas ou regras pré-estabelecidas em relação aos vãos de iluminação e ventilação, o que é determinado apenas pela competência e a responsabilidade aos profissionais que assinam o projeto. No prédio em estudo, em um total de 309,56 m² (cheios e vazios) de área construída de fachada Leste ou Oeste, pois 116,39 m² são de aberturas (vazios) enquanto 193,17 m² representam os cheios, resultando num percentual de 62,4% de cheios contra 38% de vazios. Essa proporção seria razoável se não fosse um

agravante: as esquadrias externas (portas e janelas), como já foi dito, são todas do tipo correr, só abrem 50% do vão, donde o percentual para entrada de ar cai para 19%, tornando a proporção entre cheios e vazios, insuficiente. Além disso, apenas as aberturas das salas são protegidas; as demais estão expostas diretamente à radiação solar. Sabe-se que, para proporcionar altas taxas de ventilação, as janelas em regiões quentes e úmidas devem ser amplas e sombreadas (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005, p.29).

Das respostas dos moradores ao questionário aplicado constatou-se que algumas áreas do edifício foram consideradas agradáveis do ponto de vista climático: a recepção, salão de jogos e salão de festas. A recepção localizada no térreo, sem barreiras para captação da ventilação natural e a sua área de estar situada num corredor de vento, entre duas portas, (ver figura 31) confirmam a importância da entrada e saída do ar e seu cruzamento. O salão de festas e o salão de jogos estão no mezanino, também completamente abertos à ventilação natural. O salão de festas apresenta situação ainda mais favorável que o salão de jogos, por se encontrar bastante recuado em relação à lâmina do edifício, funcionando como um amplo beiral, protegido da chuva e do sol, (ver figura 32). A participação do pilotis e do mezanino nesse projeto é salutar, pois, favorece a circulação do vento na área urbana.

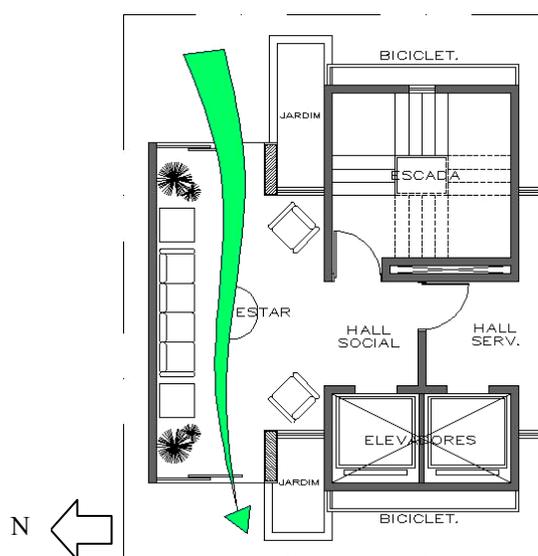


Figura 31 – Fluxo do ar na recepção.



Figura 32 – Fluxo do ar no pilotis.

A importância da ventilação é percebida pelos condôminos, pois, quando questionados sobre a adequação do prédio ao clima, a maioria identificou como requisito fundamental a ventilação. O inquilino do apartamento 102 é um exemplo, Sr. Rodrigo Rocha respondeu que “quando está ventando, sim” seu apartamento e o edifício são bem resolvidos climaticamente. Os moradores dos apartamentos do poente identificam como as áreas bem resolvidas do prédio, as bem ventiladas e, diferentemente, consideram seus apartamentos “quentes, mas muito quentes” (moradora do 506, Paola Alice Pereira Bandeira).

4.4 QUANTO À INSOLAÇÃO:

O Edifício Antilhas, está construído, conforme já foi visto, ao longo do eixo Norte-Sul com suas maiores fachadas voltadas para Leste e Oeste (ver figura 33). Com o auxílio das Cartas Solares, que são diagramas de projeção do percurso do sol ao longo do ano, e nas diversas horas do dia, num plano horizontal, foram analisadas as incidências do sol nas fachadas Leste e Oeste, (ver apêndice 14).

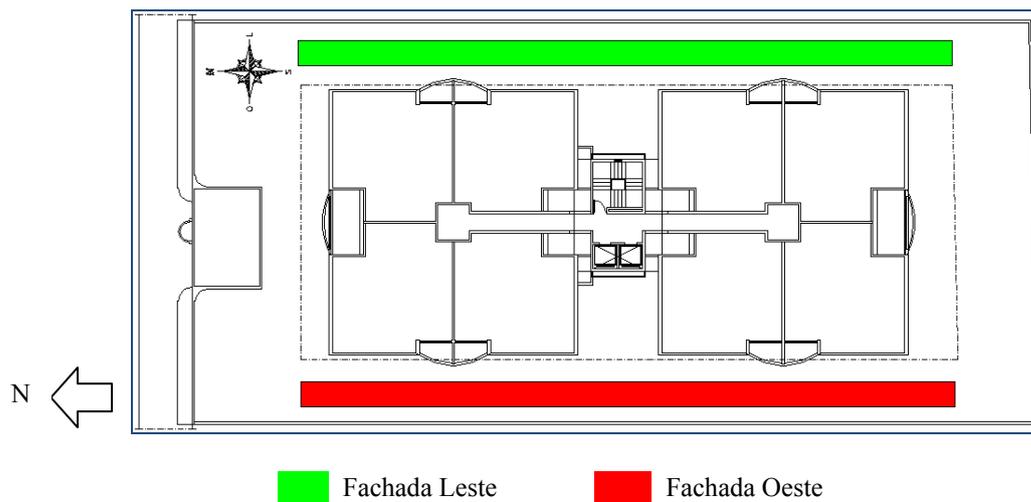


Figura 33 – Esquema da localização das fachadas.

Como já mencionado, o edifício apresenta um entorno livre de influências de construções vizinhas. Em razão disto, a carta solar revela que a fachada Leste recebe sol da manhã durante todo o ano até às 12h (ver tabela 7), e a fachada Oeste durante toda a tarde, a partir das 12h, também durante o ano todo (ver tabela 7). Esse estudo das Cartas Solares foi confirmado através do programa computacional TropFac 2. (CABÚS, 2007).

Tabela 7 – Insolação direta mediante estudos para a latitude 10° Sul

Orientação	Data	Período de Insolação (h)	Tempo (h)
Leste	22/06 – Solstício de Inverno	6:17 – 12:00	5:43
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	6:00 – 12:00	6:00
	22/12 – Solstício de verão	5:43 – 12:00	6:16
Sala Leste	22/06 – Solstício de Inverno	6:24 – 7:38	1:14
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	6:00 – 7:20	1:20
	22/12 – Solstício de verão	5:36 – 7:05	1:29
Suíte Leste	22/06 – Solstício de Inverno	6:24 – 11:13	4:49
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	6:00 – 11:10	5:10
	22/12 – Solstício de verão	5:36 – 11:07	5:31
Oeste	22/06 – Solstício de Inverno	12:00 – 17:43	5:43
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	12:00 – 18:00	6:00
	22/12 – Solstício de verão	12:00 – 18:17	6:17
Sala Oeste	22/06 – Solstício de Inverno	16:21 – 17:36	1:15
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	16:40 – 18:00	1:20
	22/12 – Solstício de verão	16:55 – 18:24	1:29
Suíte Oeste	22/06 – Solstício de Inverno	12:42 – 17:36	4:44
	21/03 e 24/09 – Equinócio de Outono e Equinócio de Primavera	12:48 – 18:00	5:12
	22/12 – Solstício de verão	12:50 – 18:24	5:34

O sol incide sobre as fachadas Leste e Oeste durante todo o ano, porém de acordo com os períodos, há variação da posição do sol, não só em função da hora do dia, como também da data. No solstício de inverno, por exemplo, apresenta um desvio para o lado Norte, já no solstício de verão, o desvio se dá para o lado Sul e “nos equinócios, o sol vem quase segundo o plano normal à fachada” (Frota, 2004, p.78).

Em relação à carga térmica recebida há igualdade entre os lados (nascente e poente); a diferença que se constata resulta de que o lado Leste consegue resfriar em função da presença quase que constante da ventilação natural e o Oeste não, como anotado antes. Observando-se a tabela 7, constata-se o uso nesse projeto de um elemento eficiente: a varanda, que, em relação aos ganhos térmicos, é de fundamental importância, uma vez que reduz o tempo de exposição e de incidência aos raios solares nas salas, tanto do Leste como do Oeste, apresentando uma diferença de aproximadamente 4 horas a mais de insolação nas suítes. (ver tab. 7 e apêndices 10 a 15).

Com base nos questionários aplicados, os apartamentos do lado Leste apresentaram respostas diferentes, quanto aos períodos considerados mais críticos em relação ao calor e ao frio, tanto na sala quanto na suíte. Os moradores do 102 apontam como horários críticos quanto ao calor na sala estar/ jantar das 11:00 às 16:00 h, e na suíte das 11:00 às 13:00h. Essa diferença, apesar da proximidade entre os cômodos, pode ser explicado pelo revestimento, pois a suíte apresenta uma boa parcela de branco; e ao frio, das 8:00 às 10:00h, na sala e na suíte, das 8:00 às 11:00 e 16:00 às 18:00 h (eles se referiram aos dias de chuva ou inverno). Já os moradores do 503 consideram por volta das 7:00h da manhã o horário crítico tanto na sala como na suíte, e especificam que isso ocorre no verão. Os apartamentos do lado Oeste apresentaram como horários críticos em relação ao calor das 14:00 às 16:30h, os moradores do 107, e os do 506 indicam das 12:00 às 16:00h, tanto na sala como na suíte. Sabe-se que a menor temperatura ocorre geralmente próximo ao nascer do sol, resultando de uma noite de

resfriamento e a mais alta no começo ou meio da tarde, enquanto o pico de radiação se dá ao meio dia.

Ratificando o que foi dito anteriormente, os moradores das terminações 02 e 03, ou seja, nascentes, consideram seus apartamentos agradáveis e bem ventilados, enquanto as terminações 06 e 07, poentes, consideram muito quente, chegando a usar o adjetivo pejorativo *HORRÍVEL!*

Conforme foi visto anteriormente, um dos fatores de agravamento da situação, quanto à exposição dos raios solares, está relacionado ao revestimento externo, principalmente, ao uso da cerâmica preta, com que o prédio é parcialmente revestido e que tem a característica de absorver o calor recebido e transmiti-lo para dentro do ambiente. Situação semelhante ocorre com as esquadrias externas com caixilho de alumínio anodizado preto e vidro fumê. A moradora do apartamento 107 relatou que o perfil de alumínio da esquadria, o vidro e a parede à noite ficam muito quentes, e acrescentou que se tocar nesse perfil “chega a se queimar”. Isto ocorre mercê da grande radiação recebida durante o período da tarde e da ausência da ventilação para refrescá-lo, isto associado à cor preta que absorve enquanto as cores claras refletem, o calor.

Questionados sobre quais características poderiam ter maior influência sobre o desconforto por calor, os usuários foram unânimes em afirmar como causas principais: a incidência do sol nas janelas e paredes, além de pouca ventilação dentro do ambiente, mesmo com as janelas abertas. As aberturas, conforme foi visto, se tornam insuficientes, em função do tipo de esquadrias existentes, de correr, pois, só libera 50% do vão para passagem do vento.

4.5 QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO

Os gráficos a seguir mostram o comportamento da temperatura do ar interno dos apartamentos estudados e da temperatura externa.

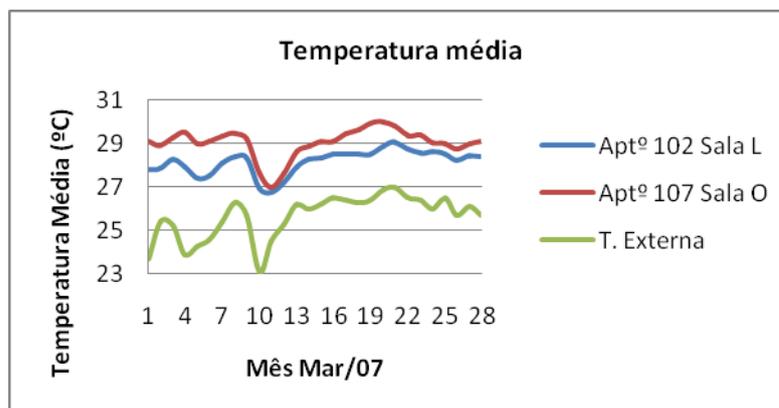


Gráfico 3 – Gráfico do comportamento das temperaturas das salas dos apartamentos estudados no primeiro andar e da temperatura externa.

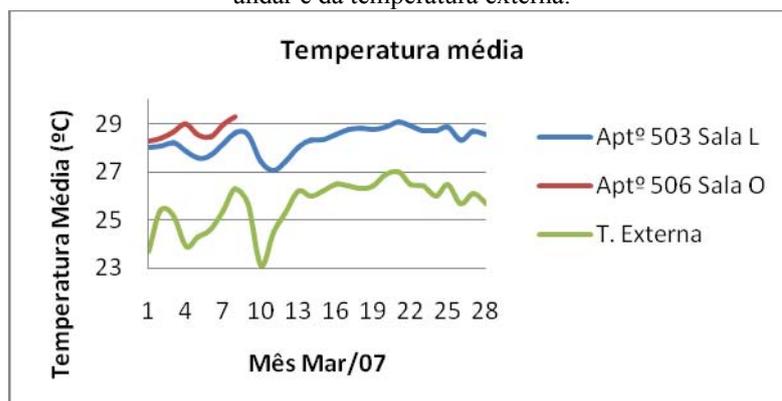


Gráfico 4 – Gráfico do comportamento das temperaturas das salas dos apartamentos estudados no quinto andar e da temperatura externa.

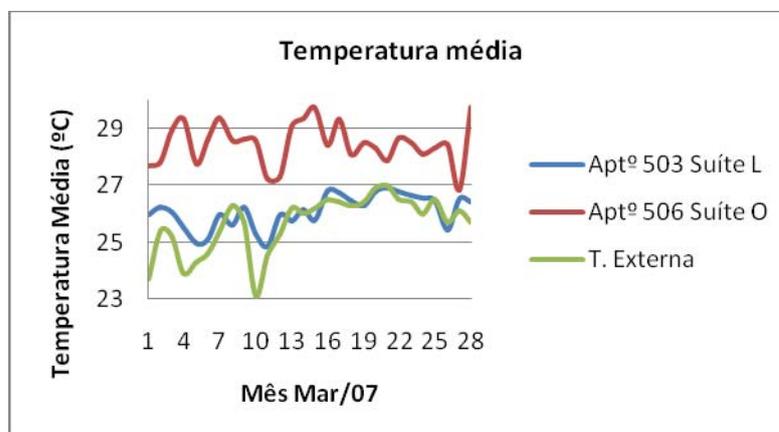


Gráfico 5 – Gráfico do comportamento das temperaturas das suítes dos apartamentos do quinto andar e da temperatura externa.

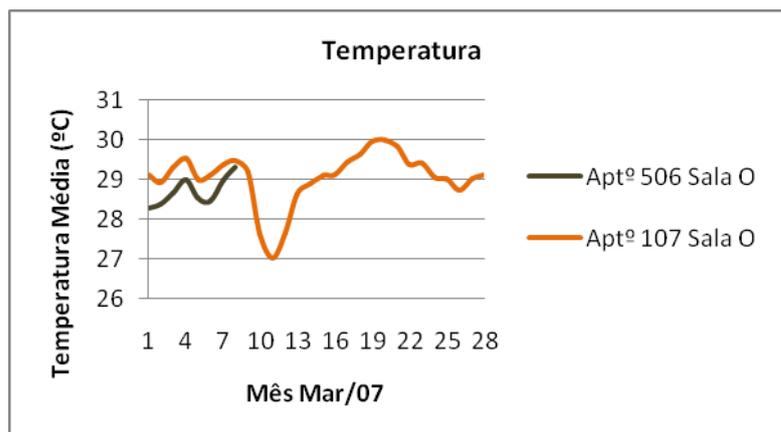


Gráfico 6 – Gráfico do comportamento das temperaturas dos apartamentos do oeste.

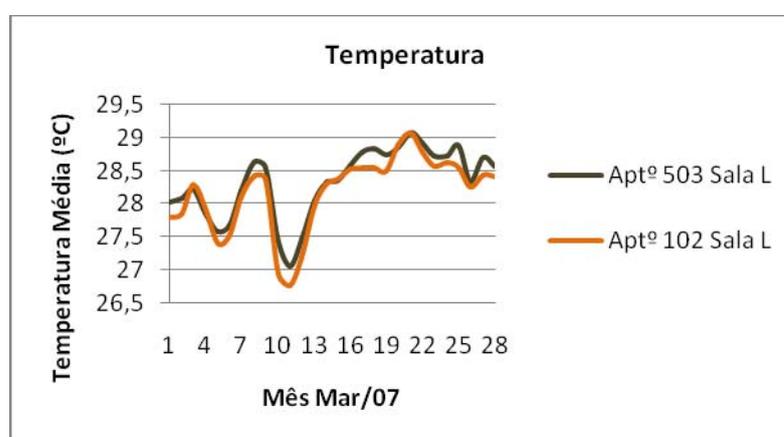


Gráfico 7 – Gráfico do comportamento das temperaturas dos apartamentos do leste.

De acordo com os objetivos a serem alcançados, foram feitas medições *in loco* a partir do dia 27 de fevereiro de 2007 às 22:00hs até o dia 27 de março de 2007 às 20:00 hs. Os aparelhos devidamente aferidos foram dispostos no estar/jantar e na suíte de cada apartamento escolhido, porém dois dos aparelhos instalados nas suítes do primeiro pavimento (Leste e Oeste) não registraram as medições de temperaturas desses ambientes, como também o da sala Oeste do 5º andar só fez registro no período de 22:00h do dia 27 de fevereiro até às 16:00horas do dia 07 de março de 2007.

Os aparelhos foram dispostos a uma altura aproximada de 0,80m nas salas e 0,60m nas suítes por serem alturas compatíveis com o uso desses ambientes, preservando-os contra a incidência dos raios solares. (ver fig. 34, 35, 36 e 37).

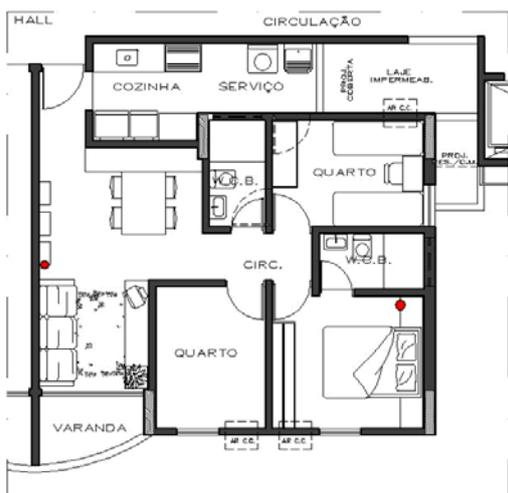


Figura 34 - Localização dos hobos no apartamento 107 (oeste).



Figura 35 - Localização dos hobos no apartamento 102(leste).



Figura 36 - Localização dos hobos no apartamento 503 (leste).



Figura 37 - Localização dos hobos no apartamento 506 (oeste).

As tabelas 1, 2 e 3 (ver apêndice 1, 2 e 3) e os gráficos 3, 4 e 5 apresentam os registros das médias das temperaturas do ar obtidas durante o período das medições. Ao observá-las constata-se um melhor desempenho térmico do Leste em relação ao Oeste, chegando a exibir uma diferença de temperatura de até $1,9^{\circ}$ às 21:00hs do dia 03/03/07 entre as salas do 5º andar. Nas suítes percebe-se também um melhor desempenho do nascente. Apesar de o aparelho de ar condicionado do apartamento 506 (oeste) ter capacidade maior (7500 BTUs) a temperatura mínima registrada foi de 24°C , enquanto a do 503 (leste) (5800 BTUs) foi de 20°C . Esse fato é devido à inadequação da capacidade do aparelho de ar

condicionado, pois segundo o cálculo simplificado de carga térmica¹⁰, baseado na NBR 5410 (ver anexo 2), para esse caso deveria ser um de 9000 ou de 10000 BTU.

A temperatura do ar máxima absoluta registrada foi de 31,1°C na sala do apartamento Oeste, localizado no primeiro pavimento (aptº 107) nos dias: 06/03/07 às 17:00h, 07/03 às 16:00h e 17:00h e dia 18/03 às 17:00 h. Nas salas do Oeste, entre o primeiro e o quinto andar, observou-se um melhor desempenho do quinto andar (ver gráfico 6). Esse fato pode ser decorrente da proximidade da coberta do posto de gasolina que fica ao lado do edifício e próximo desse apartamento, conseqüentemente esse calor é incorporado ao ambiente (ver fig. 38 e 39), ou ainda à menor velocidade dos ventos.



Figura 38 – Esquema da insolação refletida pelo telhado do posto para os apartamentos do poente.

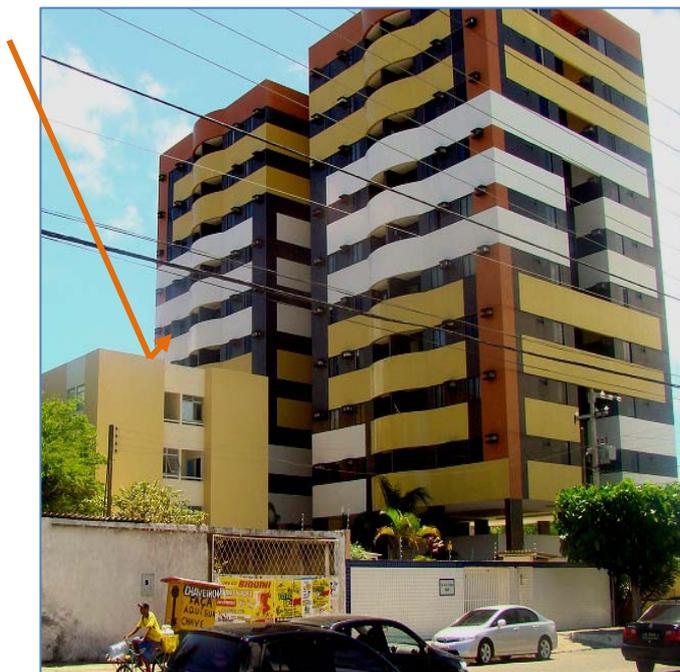


Figura 39 – Influência da coberta da edificação vizinha no 5º andar.

A temperatura mais baixa encontrada entre as salas do nascente nos apartamentos analisados (102 e 503) foi de 25,5°C, no dia 09/03 às 21:00h, registrada no 102. Confrontando

¹⁰ Cálculo simplificado do fabricante Otimoar (www.otimoar.com.br, acessado em julho de 2008)

o desempenho térmico entre as salas do nascente (ver gráfico 7), chega-se à conclusão de que o primeiro pavimento apresenta uma melhor resposta em relação ao quinto andar, possivelmente em razão, nesse caso, dos seguintes fatores: a) a maior permanência dos moradores em casa, e conseqüentemente, uma constante abertura das portas e janelas durante o dia; b) a existência do pilotis, fazendo com que o primeiro pavimento tenha sua laje de piso refrescada em razão da constante circulação do vento; c) proximidade da cobertura do edifício vizinho (ver fig. 39). No entanto, a circunstância do afastamento do apartamento em relação ao solo, conseqüentemente, da zona mais úmida, aumenta as perdas por convecção pela base conforme afirmam Corbella e Yannas (2003), que consideram ser essa, “uma solução acertada para um clima tropical úmido”. (ver fig. 40 e 41)



Figura 40 – Pilotis favorecendo a circulação do ar.



Figura 41 – Esquema, em corte, da ventilação no pilotis.

O desempenho térmico entre os apartamentos do nascente, o primeiro e o quinto andar, é bastante semelhante, dando uma margem para o primeiro pavimento de aproximadamente $0,50^{\circ}\text{C}$ de diferença quando existente (ver gráfico 7 e apêndice 7), ou seja, apresenta um desempenho equilibrado.

Em relação às salas do poente, pode-se afirmar que o quinto andar apresentou melhor desempenho, apesar do aparelho ter registrado apenas do dia 27/02 até o dia 07/03, variando em aproximadamente $1,0^{\circ}$ (ver gráfico 6 e apêndice 8). Acredita-se, que esse fato, decorra como já foi citado, da proximidade da coberta do posto de gasolina com o apartamento 107, apesar da ventilação quase que constante sob a laje, em função do pilotis e também da composição do seu revestimento externo (preto $\alpha = 0.9$, mostarda $\alpha = 0.6$ e telha $\alpha = 0.7$).

Esses dados comprovam as conclusões do estudo da insolação realizado, nos quais a menor temperatura do ar registrada encontra-se no lado Leste, ou nas primeiras horas do dia ou à noite quando o edifício já foi resfriado, pela presença quase que constante do vento, no caso estudado. E a maior temperatura, valor máximo ocorreu na parte da tarde no lado Oeste, após o pico da radiação solar que se dá por volta do meio dia, com um agravante: nesse quadrante não se tem ventilação.

A temperatura do ar externa considerada, medida pela estação meteorológica de referência, apresentou a máxima absoluta de $31,4^{\circ}\text{C}$ no dia 19/03 às 13:00 h e a mínima absoluta de $20,2^{\circ}\text{C}$ no dia 02/03 às 4:00 h.

Em comparação com as temperaturas do ar externas, os apartamentos estudados, tanto nascentes quanto poentes, apresentaram valores superiores, pelo fato de que as primeiras são medições livres de qualquer interferência de entorno.

A partir da inserção dos dados observados de temperatura do ar das medições realizadas foi possível gerar, através do programa Analysis Bio (UFSC/ECV/LABEEE,

2007), a carta bioclimática para os ambientes estudados com suas respectivas estratégias bioclimáticas.

O gráfico 8 apresenta a carta bioclimática da sala do apartamento 107 (Oeste) do edifício Antilhas, avaliado através das médias de temperaturas no período da medição (27 de fevereiro a 27 de março) e a tabela 8 mostra as estratégias bioclimáticas, geradas pelo programa.

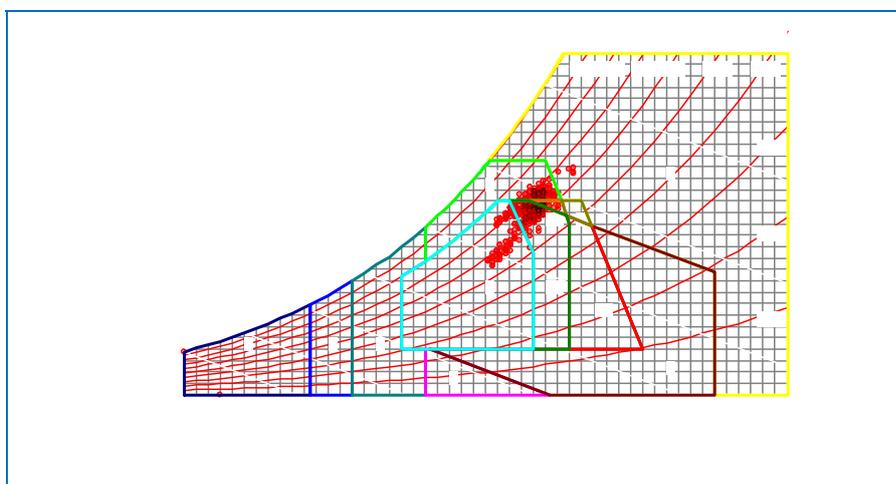


Gráfico 8 – Carta bioclimática para a sala oeste do apto 107.
Fonte: AnalysisBio, 2007.

Tabela 8 – Estratégias bioclimáticas para a sala oeste: apto 107

Geral	Conforto	12,7 %
	Desconforto	87,3 %
	Frio	0,111 %
	Calor	87,2%
Calor	Ventilação	86,4 %
	Alta inércia p/ resfr.	61,6 %
	Resfr. Evap.	50,8 %
	Ar condicionado	0,778 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. Solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0 %
	Aquec. Artificial	0,111 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99.8 %

Fonte: AnalysisBio, 2007

Com base na tabela 8 percebe-se que essa sala apresenta apenas 12,7% de conforto térmico, registrando 87,3% de desconforto, sendo o calor o seu grande responsável (87,2%).

A estratégia bioclimática predominante é a Ventilação, necessária em 86,4% das horas do ano, seguida por Alta Inércia para Resfriamento (61,6%), Resfriamento Evaporativo (50,8%) e o Ar Condicionado (0,778%). O sombreamento das paredes desse edifício, juntamente com suas aberturas, nesse caso, é recomendado em 99,8% das horas do ano. O grande problema desse apartamento reside na inexistência de ventos oriundos do Oeste. No estudo apresentado por Bittencourt e Lima (1988) há registro da incidência do vento Oeste e Sudoeste apenas no mês de maio, no horário das 12:00 hs, com pequena intensidade. Como já foi observado, a forma de captação da ventilação principal (Nordeste, Leste e Sudeste) nesse projeto é deficitária.

O gráfico 9 apresenta a carta bioclimática da sala 102 (Leste). Avaliando esse gráfico, observa-se um aumento considerável na área de conforto em relação à anterior: 28,4% de conforto térmico contra 71,6% de desconforto. Esse desconforto continua sendo por calor (71,4%). As estratégias são: Ventilação (71,4%), Alta Inércia para Resfriamento (67,6%), Resfriamento Evaporativo (66,8%) e o Ar Condicionado (0%). O sombreamento permanece recomendado em 99,8 % das horas do ano. (tabela 9)

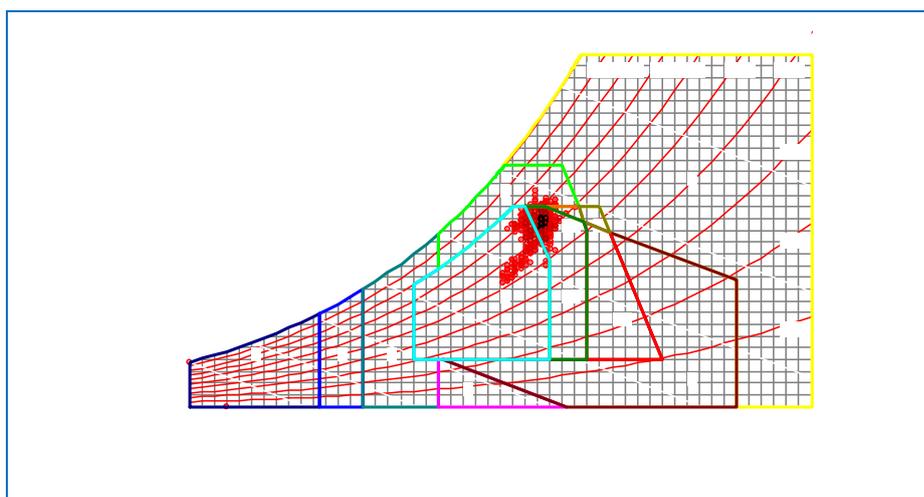


Gráfico 9 – Carta bioclimática para a sala leste do apto 102.

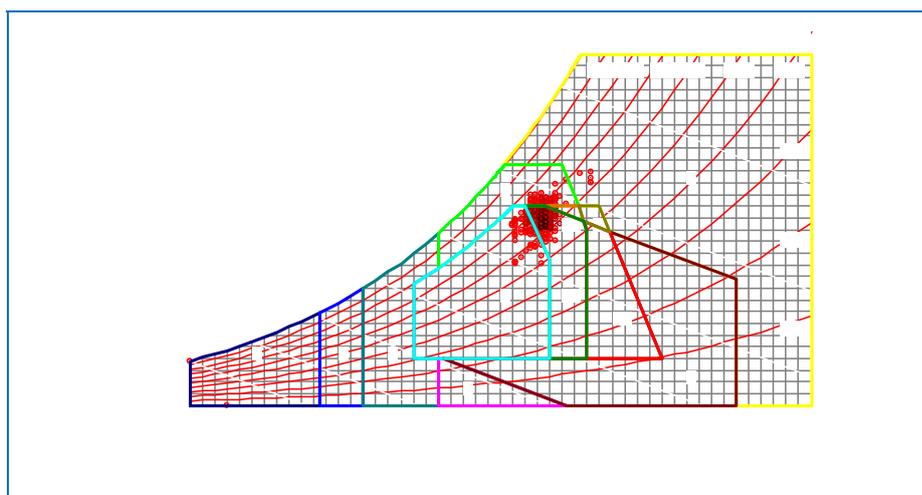
Fonte: AnalysisBio, 2008

Tabela 9 – Estratégias bioclimática para a sala leste: apto 102

Geral	Conforto	28,4 %
	Desconforto	71,6 %
	Frio	0,111 %
	Calor	71,4 %
Calor	Ventilação	71,4 %
	Alta inércia p/ resfr.	67,6 %
	Resfr. Evap.	66,8 %
	Ar condicionado	0 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. Solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0%
	Aquec. Artificial	0,111 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99,8 %

Fonte: AnalysisBio, 2007

O gráfico 10 reproduz a carta bioclimática da sala do 503 (Leste). Analisando o gráfico percebe-se uma diminuição na taxa de conforto (11,6%) de aproximadamente 16,8% e conseqüentemente, aumento do desconforto (88,4%), apresentando como responsável o calor. Suas estratégias são: Ventilação (87,8%), Alta Inércia para Resfriamento (75,1%) e Resfriamento Evaporativo (74,1%). O sombreamento reafirma-se como peça importante, responsável por 99,8 % das horas do ano. (tabela 10)

**Gráfico 10** – Carta bioclimática para a sala leste do apto 503.

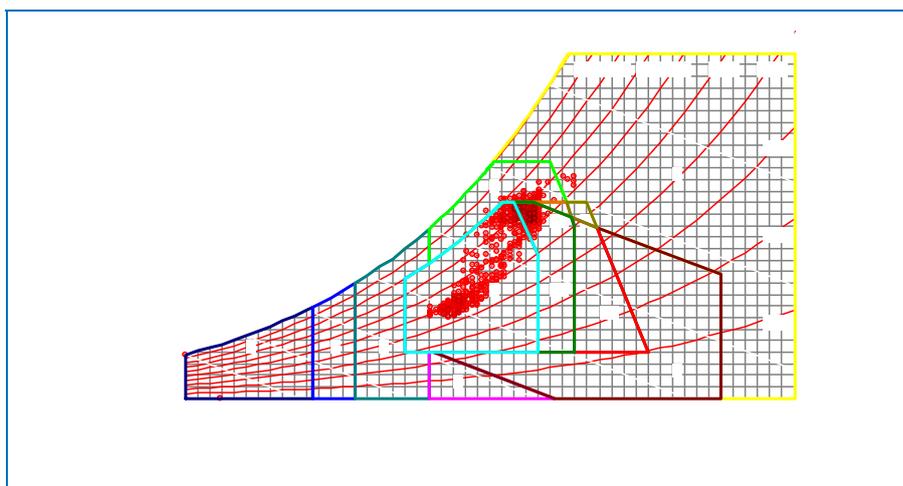
Fonte: AnalysisBio, 2007

Tabela 10 – Estratégias bioclimáticas para a sala leste: apto 503

Geral	Conforto	11,6 %
	Desconforto	88,4 %
	Frio	0,111 %
	Calor	88,3 %
Calor	Ventilação	87,8 %
	Alta inércia p/ resfr.	75,1 %
	Resfr. Evap.	74,1 %
	Ar condicionado	0 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. Solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0,111 %
	Aquec. Artificial	0 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99,8 %

Fonte: AnalysisBio, 2007

O gráfico 11 reproduz a carta bioclimática da suíte 503 Leste. Observa-se um aumento considerável da taxa de conforto (52,9%) pelo uso frequente do ar condicionado.

**Gráfico 11** – Carta bioclimática para a suíte leste do apto 503.

Fonte: AnalysisBio, 2008

Tabela 11 – Estratégias bioclimáticas para a suíte leste: apto 503

Geral	Conforto	52,9 %
	Desconforto	47,1 %
	Frio	0 %
	Calor	47 %
Calor	Ventilação	46,4 %
	Alta inércia p/ resfr.	39 %
	Resfr. Evap.	39 %
	Ar condicionado	0,556 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0 %
	Aquec. Artificial	0,111 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99,8 %

Fonte: AnalysisBio, 2008

O gráfico 12 apresenta a carta bioclimática da sala do apartamento 506 (Oeste). Conforto 4,29 % e desconforto 95,7 %. Continua o calor (95,3 %) sendo o principal motivo do desconforto. Em resposta a esta carta bioclimática surgem estratégias, tais como: Ventilação, 92,7%; Alta Inércia para Resfriamento, 76,4% e Resfriamento Evaporativo, 69,1%. O sombreamento aparece em 99,1 %. (tabela 12).

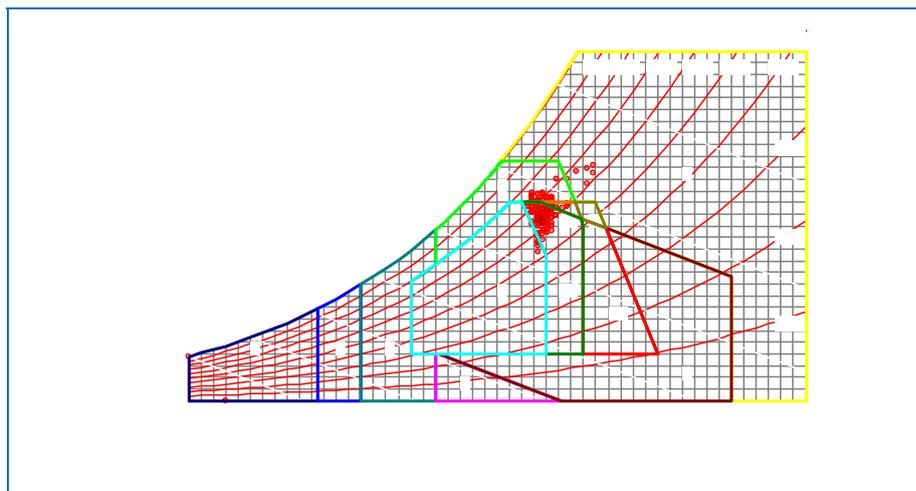


Gráfico 12 – Carta bioclimática para a sala oeste do apto 506.

Fonte: AnalysisBio, 2007

Tabela 12 – Estratégias bioclimáticas para a sala oeste: apto 506

Geral	Conforto	4,29 %
	Desconforto	95,7 %
	Frio	0 %
	Calor	95,3 %
Calor	Ventilação	92,7 %
	Alta inércia p/ resfr.	76,4 %
	Resfr. Evap.	69,1 %
	Ar condicionado	2,58 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. Solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0 %
	Aquec. Artificial	0,429 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99,1 %

Fonte: AnalysisBio, 2007

O gráfico 13 reproduz a carta bioclimática da suíte 506 Oeste. Em relação à sala do 506 Oeste apresenta um saldo positivo de 24,3% tanto em relação ao conforto quanto ao desconforto.

Em todas as tabelas o resfriamento evaporativo aparece como estratégia a ser considerada, porém, pelo fato de apresentarem valores de umidade relativa média alta, não é recomendável o uso do resfriamento direto, uma vez que poderia aumentar o desconforto pelo excesso de umidade do ar. Contudo, essa estratégia pode contribuir de forma salutar para o resfriamento, desde que seja através do uso da vegetação.

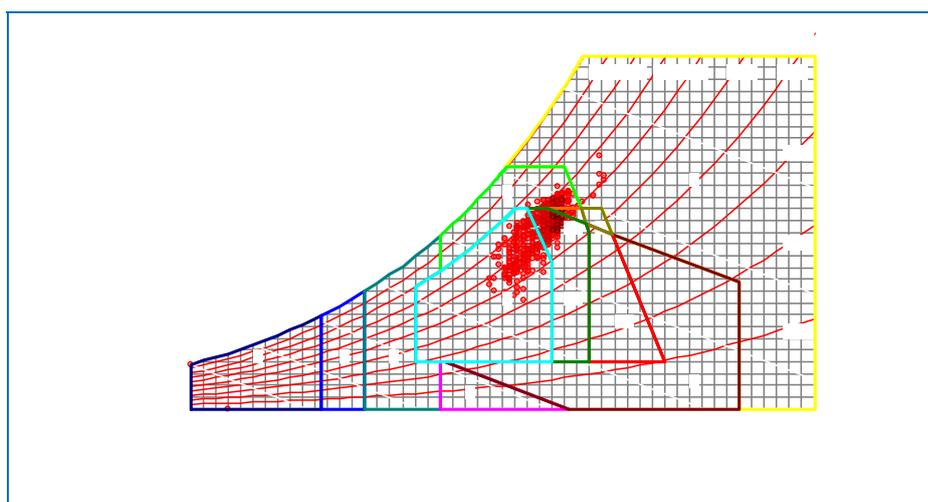


Gráfico 13 – Carta bioclimática para a suíte oeste do apto 506.
Fonte: AnalysisBio, 2008

Tabela 13 – Estratégias bioclimáticas para a suíte oeste: apto 506

Geral	Conforto	28,6 %
	Desconforto	71,4 %
	Frio	0,111 %
	Calor	71,3 %
Calor	Ventilação	70,4 %
	Alta inércia p/ resfr.	53,3 %
	Resfr. Evap.	45,3 %
	Ar condicionado	0,889 %
Frio	Alta inércia térmica/Aquec. solar	0 %
	Aquec. solar passivo	0 %
	Aquec. Artificial	0,111 %
	Umidificação	0 %
Sombreamento	Porcentagem	99,8 %

Fonte: AnalysisBio, 2008

Analisando os resultados encontrados, observa-se tanto no nascente quanto no poente, altos níveis de desconforto. Entretanto, através da pesquisa *in loco*, sem sombra de dúvidas, o

nascente é altamente superior em qualidade térmica, conseqüentemente, superior nas condições de bem-estar ofertadas aos seus moradores.

O primeiro andar do Leste, apresentou um desempenho superior ao do quinto andar. Tal fato pode ser devido, como já foi observado, pela presença do pilotis, pela maior permanência dos moradores durante o dia, talvez pela composição das cores da fachada e ainda por estar livre de barreira em relação à ventilação e de influências de calor emitido.

Entre os do Oeste, o resultado não confirma a avaliação anterior, pois, apresenta o primeiro piso como sendo superior, inclusive ao do quinto andar Leste. Fato curioso, uma vez que suas temperaturas são sempre superiores. Talvez, seja a influência da umidade relativa, que é considerada para a execução do gráfico. Porém, ambos são altamente sacrificados em relação aos do Leste (quadrante abundante de ventilação), pois, como visto, a ventilação é a grande responsável por sanar crucial problema de projeto para um clima tropical e úmido, que é o CALOR.

4.6 QUANTO À UMIDADE RELATIVA

Os gráficos 14, 15 e 16 apresentam a relação das médias das umidades relativas do ar encontradas nas medições internas comparadas com as externas, estas fornecidas pela estação de referência cuja área é bastante livre e sem barreiras. Observou-se que os valores das médias das umidades relativas internas permaneceram sempre menores que as externas.

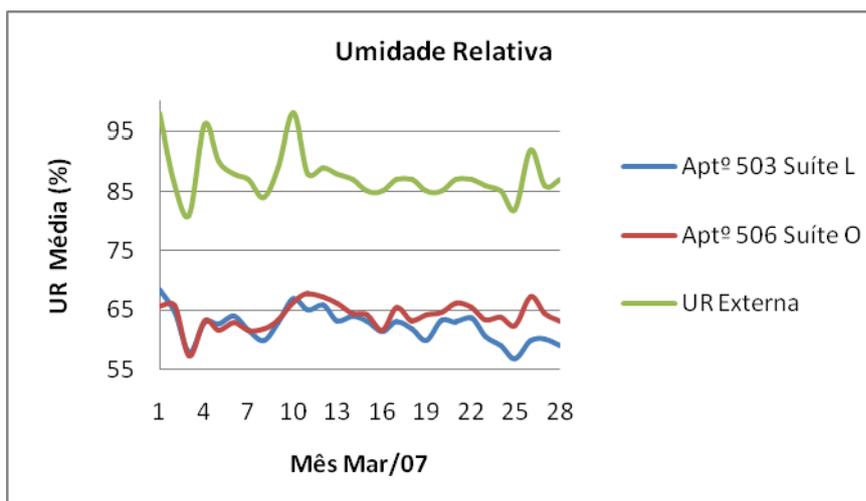


Gráfico 14 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.

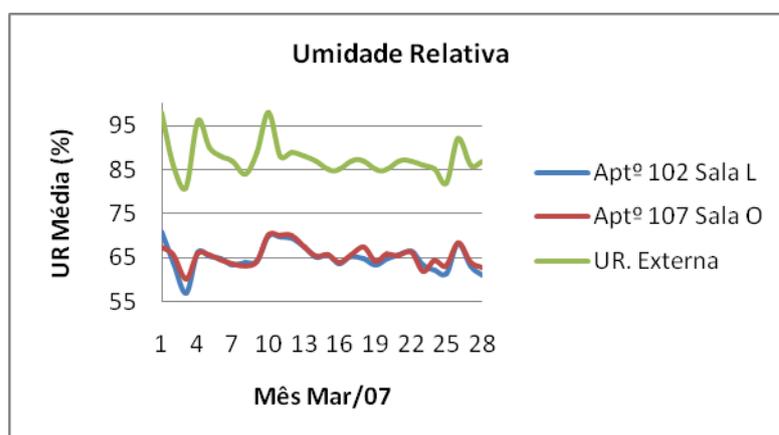


Gráfico 15 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.

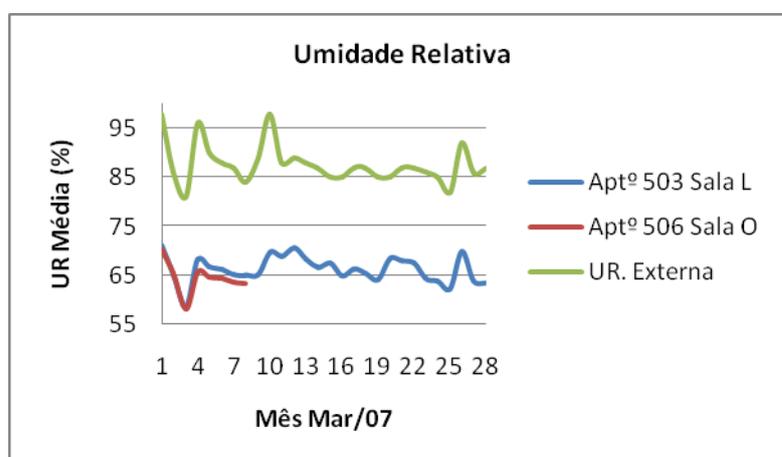


Gráfico 16 – Gráfico relacional entre as umidades dos apartamentos e a externa.

Os gráficos apontam uma aproximação entre as umidades relativas do lado Leste com o Oeste. A umidade relativa demonstra o grau de saturação de água no ar (%), de modo que “É fortemente influenciada pela temperatura do ar, sendo inversamente proporcional a esta” (BARBIRATO *et al*, 2007, p.33).

Contudo, a umidade relativa não pode ser avaliada isoladamente, pois alto índice de umidade relativa, ao que parece, pode não alterar o conforto humano, quando presente o fluxo de ar no ambiente e a temperatura efetiva estiver dentro das condições exigidas para obtenção do conforto (Bittencourt e Candido, 2005). O problema existe quando não há renovação de ar, gerando o aparecimento de mofo, porém tal problema não foi citado por qualquer dos condôminos entrevistados, até porque onde se tem pouco fluxo de ar, o que ocorre no poente, ela apresenta-se menor que o estabelecido para o aparecimento do bolor, Bittencourt e Cândido (2005) citam níveis acima de 80%.

4.7 QUANTO À SENSACÃO TÉRMICA HUMANA

Os índices de desconforto humano podem ser avaliados pela sensação de temperatura que o corpo humano sente e que é com frequência afetada por vários fatores; os mais significativos são: temperatura do ar, umidade relativa, vento e radiação solar. Existe um avaliador do conforto humano para o verão baseado em condições de temperatura e umidade (ITU, índice de temperatura e umidade)¹¹, assim expressado:

$$ITU = T - 0.55 (1 - UR) (T - 14)$$

onde, T é a temperatura em graus Celsius

UR é a umidade relativa dada em fração decimal.

¹¹ Notas de Aula- Metodologia Básica da Universidade Federal do Paraná, prof.^a Alice Marlene Grimm.

Valores de ITU acima de 25 indicam que a maioria das pessoas sentirá desconforto, entre 15 e 20 são aceitos como confortáveis.

Então, tomando-se como exemplo, o dia 06 de março de 2007 às 17:00 hs no apartamento 107 (Oeste), onde a temperatura registrada foi de 31,1 °C (maior temp. absoluta) e a Umidade Relativa 56,9 % (ver anexo 8), tem-se um resultado de grande desconforto. Buscando a mesma data e o mesmo horário no apartamento 102 (Leste), obtém-se, uma situação de pequeno desconforto.

Os resultados abaixo através dos cálculos confirmam as situações favoráveis dos apartamentos nascentes:

Apartamento 107 (oeste):

$$ITU = T - 0.55 (1-UR) (T- 14)$$

$$ITU = 31.1 - 0.55 (1 - 0.57) (31.1 - 14)$$

$$ITU = 31.1 - 0.55 \times 0.43 \times 17.1$$

$$ITU = 31.1 - 4.04 = 27.1$$

Apartamento 102 (leste):

$$ITU = 28.3 - 0.55 (1 - 0.64) (28.3 - 14)$$

$$ITU = 28.3 - 0.55 \times 0.36 \times 14.3$$

$$ITU = 28.3 - 2.83 = 25.5$$

Apartamento 506 (oeste):

$$ITU = 29.9 - 0.55 (1 - 0.62) (29.9 - 14)$$

$$ITU = 29.9 - 0.55 \times 0.38 \times 15.9$$

$$ITU = 29.9 - 3.32 = 26.6$$

Apartamento 503 (leste):

$$ITU = 28.7 - 0.55 (1 - 0.65) (28.7 - 14)$$

$$\text{ITU} = 28.7 - 0.55 \times 0.35 \times 14.7$$

$$\text{ITU} = 28.7 - 2.83 = 25.9$$

Este resultado também confirma a sequência do melhor desempenho entre os apartamentos e os andares, ou seja: 102; 503; 506 e por fim, o 107.

Calculando-se com a menor temperatura absoluta do ar, encontrada no apartamento 102, no dia 09 de março às 21:00 hs, tem-se o seguinte resultado:

Apartamento 102:

$$\text{ITU} = 25.6 - 0.55 (1 - 0.73) (25.6 - 14)$$

$$\text{ITU} = 25.6 - 0.55 \times 0.27 \times 11.6$$

$$\text{ITU} = 25.6 - 1.72 = 23.9$$

Apartamento 107:

$$\text{ITU} = 26.7 - 0.55 (1 - 0.71) (26.7 - 14)$$

$$\text{ITU} = 26.7 - 0.55 \times 0.29 \times 12.7$$

$$\text{ITU} = 26.7 - 2.03 = 24.7$$

Apartamento 503:

$$\text{ITU} = 26.3 - 0.55 (1 - 0.73) (26.3 - 14)$$

$$\text{ITU} = 26.3 - 0.55 \times 0.27 \times 12.3$$

$$\text{ITU} = 26.3 - 1.83 = 24.5$$

Apartamento 506: não se tem registro desse dia.

Bittencourt e Candido (2005) apoiado em Bedford (1964) afirmam que

A variabilidade e duração, por curtos períodos de tempo, de condições desconfortáveis, parece não constituir um sério distúrbio para a maioria das pessoas, pois os seres têm um sistema fisiológico flexível que preserva, por um certo período de tempo, uma resposta constante a despeito da mudança de ambiente (p.12).

Esse fator foi anotado, na pesquisa de campo. As pessoas que habitam o lado privilegiado em relação ao vento, o nascente, apesar de constatarem que durante a pesquisa o tempo na cidade estava quente, consideraram seus apartamentos confortáveis. Quanto aos moradores do poente, o desconforto é percebido e sentido a todo o momento. Todos, no entanto, reconhecem os fatores que podem ter maior influência sobre o problema do desconforto: a incidência direta do sol nas paredes e janelas, pouca ventilação dentro dos ambientes, mesmo com as janelas abertas.

Apenas dois dos entrevistados (nascente) não vêem no desconforto térmico uma maneira de afetar o seu humor; os demais concordam e afirmam que sim, principalmente os moradores do poente por experiência própria. Foi relatado por um morador que em todo verão apresenta um quadro de cefaléia, o qual ele associa ao calor (seu apartamento não foi avaliado, pois sua orientação é sudoeste, localizado no último pavimento e deve receber a influência da coberta).

Hoje, já foi comprovado que o estresse térmico afeta tanto a saúde como o bem-estar das pessoas. Um ambiente desconfortável termicamente é capaz de afetar o desempenho das pessoas, causar inquietação, perda de concentração, além de provocar, dependendo do grau do estresse, doenças mais complexas, como o diabetes, as cardiovasculares, as respiratórias etc. O estresse térmico pode ocorrer quando as trocas de calor entre o corpo e o meio ambiente são prejudicadas.

A moradora do 506 relatou que muitas vezes não consegue ficar no apartamento, refugiando-se no apartamento da mãe, que fica perto, porém em localização privilegiada em relação à ventilação. Os condôminos entrevistados foram unânimes em salientar a posição do nascente como requisito fundamental para a escolha de um imóvel, seja para alugar ou comprar.

Os moradores do apartamento 107 afirmaram que quando chegam à casa ligam de imediato o ar condicionado do quarto, onde permanecem a maior parte do tempo. Relataram também que não podem convidar amigos em razão do desconforto significativo sentido no ambiente de estar, e que já estão providenciando refrigeração artificial. É nesse momento que a grande questão do consumo energético entra em cena e torna-se uma preocupação, pois, em resposta a todas essas questões relacionadas à inadequação do edifício ao clima, quais sejam, falta de sombreamento das fachadas, tipo de revestimento externo sem preocupação com suas propriedades em termos de cor, tipos de esquadrias, etc. está uma total dependência de um equipamento que, conforme foi anotado anteriormente, deveria entrar apenas como recurso complementar para garantir o bem-estar com custos reduzidos, o ar condicionado.

4. 8 QUANTO AO CONSUMO ENERGÉTICO

O consumo de energia pode ser registrado através de uma caixa de medição M2 (NTF, 1996), aparelho que mede o gasto energético em quilowatt-hora (KWh). O quilowatt (KW) é igual a 1000Watts de potência. Então, o consumo depende da carga do eletrodoméstico, ou seja, da potência do aparelho e do tempo de sua utilização, nisso estão embutidos os hábitos de consumo.

Portanto, a questão do consumo energético não pode ser analisada de forma comparativa, uma vez que envolve variáveis referentes ao uso pessoal de equipamentos, os quais, dependendo da sua potência e da frequência e modo de consumir mais ou menos energia. O consumo mensal é a soma dos consumos dos eletrodomésticos, lâmpadas, equipamentos eletrônicos multiplicados pelo número de dias e horas de uso. Assim sendo, um mesmo apartamento com a mesma quantidade de pessoas com idades semelhantes,

eletrodomésticos e tipos de lâmpadas iguais, podem apresentar consumos diversos pelo fato de possuírem hábitos diferentes de usos dos equipamentos e por esses equipamentos apresentarem potências diferentes.

É evidente que, para se obter dados mais precisos, nos casos estudados, havia necessidade de um relatório diário e minucioso sobre cada equipamento; contudo isto não foi possível, em razão da indisponibilidade dos moradores por falta de tempo. Só se conseguiu aplicar um questionário. Nesse, as respostas foram muito superficiais, impossibilitando uma comparação. De qualquer forma, foi possível constatar que o uso do ar condicionado responsável por grande parte do consumo é realmente diferenciado. Em média os apartamentos analisados mantêm os aparelhos de ar ligados durante 8 a 9 horas por dia, entretanto, os do lado poente relataram que nos finais de semana permanecem ligados por mais tempo. No apartamento 506, por mais três horas e por mais duas a três horas no apartamento 107. Esse último ressaltou ainda que durante a semana o aparelho de refrigeração fica ligado por mais duas horas, totalizando onze horas por dia.

Sabe-se, pois, que nos edifícios residenciais, o principal vilão do gasto energético nas unidades habitacionais é o ar condicionado (33%), seguido pelas geladeiras (30%), Iluminação (20%) e demais (17%), (MASCARÓ; MASCARÓ, 1992).

A CEAL¹² (Companhia Elétrica de Alagoas) forneceu o consumo mensal de agosto de 2005 a maio de 2007 dos quatro apartamentos analisados (ver anexo 3). Porém, como foi visto, diante de tantas variáveis não se pode comparar consumos, pois, não se tem um diário específico de uso dos equipamentos e de costumes de cada família. No questionário aplicado (ver apêndice 8) a nona questão se refere aos equipamentos mais usados e sua frequência de uso, contudo poucos responderam em relação à frequência de uso, apenas citaram alguns aparelhos.

¹² Os dados foram fornecidos pelo engenheiro eletricista, Almir Pereira Menezes da Assessoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Conservação de Energia da CEAL.

O gráfico 17 apresenta o consumo energético (agosto de 2005 a abril de 2007) dos quatro apartamentos, com base nele pode-se observar o comportamento do gasto energético durante o ano.

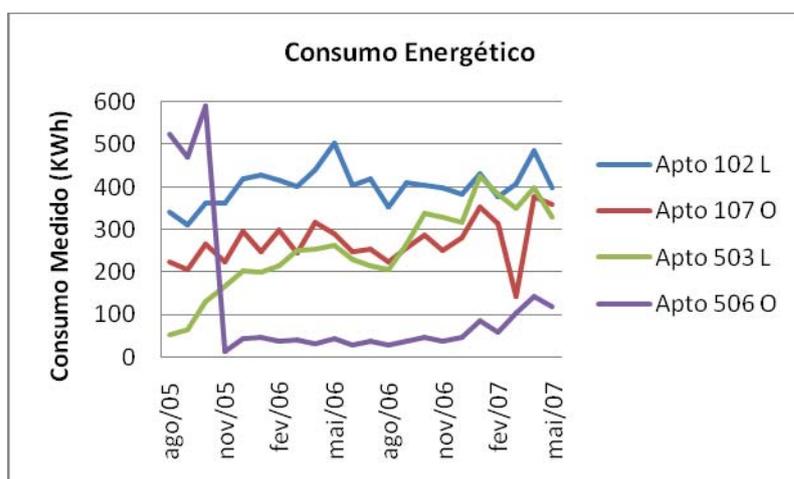


Gráfico 17 – Gráfico relacional entre o consumo energético e os apartamentos.

Mascaró; Mascaró (1992) em estudos sobre consumo energético dos edifícios em função da sua utilização dividiu o ano em dois semestres: o semestre quente (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) e o semestre frio (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro) para poder, dessa maneira, analisar a diferença de consumo, baseada nos fatores climáticos. Seguindo esse mesmo raciocínio, o gráfico 17 aponta para um declínio de consumo nos meses considerados mais frio (abril, maio, junho, julho e agosto).

No apartamento 102 (nascente) mora um casal (33 e 34 anos), que emprega uma diarista que presta serviços das 7:00 hs às 17:00 hs. O consumo mais elevado é justificado por ser um apartamento bem equipado, com eletrodomésticos que são utilizados com frequência, por exemplo: a máquina de lavar roupas é usada três vezes por semana; há maior permanência das pessoas durante o dia, além da presença de um split na sala de jantar, o qual não foi citado no questionário, mas detectado na visita.

No apartamento 506 (poente) moram três pessoas, duas moças e um menino (24, 18 e 8 anos). O consumo é condizente com o apartamento por ser muito simples e sem muitos equipamentos, aliado a isso está a pouca permanência de todos durante o dia, que durante a semana, só ocorre à noite.

No apartamento 107 (poente) mora um casal (30 e 31 anos). Duas vezes por semana presta serviços uma diarista, de 7:30 hs às 17:30 hs. É também um apartamento bem equipado, bem mobiliado, porém com uso diferenciado, pois, a máquina de lavar roupas só é utilizada uma vez na semana, e eles passam a maior parte do dia fora de casa. E viajam com muita frequência. Entretanto, quando estão em casa permanecem com o ar condicionado ligado.

O apartamento 503 (nascente) é habitado por um casal (ambos com 32 anos), uma criança (um ano e três meses) e uma babá (21 anos). Bem equipado, com permanência no período da tarde das 14:00 hs até às 18:00 hs e a partir das 21:00 hs até às 7:00 hs. Considerando permanência maior, maior número de pessoas inclusive uma bebê, a qual requer maior uso de equipamentos, tais como liquidificador que foi citado por uso frequente, ele apresenta um desempenho energético melhor do que o 107 (poente), no qual só moram duas pessoas, passam o dia fora e viajam muito. Tal fator se deve ao uso constante do ar condicionado, enquanto o 503 só utiliza à noite, a partir das 22:00 hs até às 5:00 hs.

Nos registros das temperaturas internas das suítes do quinto andar, observou-se que o apartamento poente não consegue refrigerar tanto quanto o nascente, o que parece decorrer da necessidade de um aparelho de ar com uma potência maior. Tal conclusão foi constatada através do cálculo simplificado de carga térmica segundo a NBR – 5410 (ABNT, 1997) que sugere um aparelho de 9000 ou de 10000 BTUs, pois, o cálculo da carga térmica total foi de 6.489,62 BTU/h. O cálculo também foi realizado para o apartamento nascente e apresentou um resultado de 5.503,97 BTU/h de carga térmica total seguido da sugestão de um ar

condicionado de 9000 BTUs. Entretanto, o apartamento nascente atualmente consegue refrigerar com o existente que, segundo questionário, é de 5800 BTUs e o do poente é de 7500 BTUs.

Nas pesquisas desenvolvidas, Mascaró; Mascaró (1992) afirmam que a orientação da edificação influi no consumo. Blocos orientados no sentido Norte-Sul apresentam menor consumo ao longo do ano e apartamentos com boa orientação geram menores gastos energéticos. Tal afirmativa foi confirmada para os casos estudados. Este trabalho não obteve dados numéricos que comprovem essa assertiva, porém, o fato de utilizar a refrigeração artificial por mais horas e de necessitar de um aparelho mais potente para atingir um mesmo conforto reforça a conclusão referida. Leão (2008) ressalta que em seus estudos “foi revelada a grande influência econômica que o consumo energético resultante do uso de aparelhos de ar condicionado pode exercer sobre o orçamento familiar” (p.142) E, afirma:

Os resultados dos ensaios de ventilação natural mostraram melhor desempenho para os apartamentos situados no quadrante Leste e pior para os apartamentos situados no quadrante Oeste. Esses resultados mostram que os apartamentos situados na fachada sudeste possuem maior potencial de economia de energia através do uso da ventilação natural como estratégia de conforto térmico (p.141).

Entretanto, esse fato não significa que só possam existir apartamentos nascentes, ou que só o nascente é econômico, ou que só o nascente é confortável. Pesquisas desenvolvidas por Toledo (2006) constataram “que as orientações mais favoráveis à captação dos ventos não garantiram, necessariamente, os melhores desempenhos; bem como, as orientações menos favoráveis, mediante artifícios de projeto utilizados, apresentaram desempenhos acima do esperado” (p.250).

Alva (1997) ressalta:

O consumo de energia elétrica em edifícios mal orientados e mal desenhados do ponto de vista do conforto térmico é várias vezes superior ao mesmo consumo em edificações semelhantes nas quais se tenham levado em conta a insolação e a ventilação naturais, assim como as condições térmicas dos materiais de construção utilizados. (p. 45)

É importante, enfim, sombrear e ventilar as edificações conforme ressaltaram as estratégias obtidas pela Carta Bioclimática e o que já afirmava Holanda (1976) em seu Roteiro para Construir no Nordeste.

CONCLUSÕES

Não há dúvida de que a busca do bem-estar pessoal constitui um anseio sempre perseguido pelos seres humanos. Também é inquestionável que esse ideal de bem-estar envolve, com bastante relevância, o conforto habitacional, em que está incluído o conforto térmico.

Conforme já relatado ao longo do texto, para obtenção dos objetivos pretendidos no desenvolvimento deste trabalho várias dificuldades foram enfrentadas decorrentes, principalmente, da recusa de alguns moradores do prédio escolhido como objeto do estudo em colaborar para o melhor êxito da pesquisa, não permitindo a instalação de equipamentos de medição das variações de temperatura em seus apartamentos. Os que permitiram, em razão de falta de tempo, não responderam, com maiores detalhes, aos questionários apresentados, através dos quais se pretendia investigar sobre as condições de utilização dos equipamentos domésticos capazes de influenciar no consumo energético, nem confeccionaram um diário sobre a permanência em casa, com o que se obteria maior nível de certeza sobre as conclusões a serem apresentadas. Outro problema enfrentado foi a ferramenta computacional, o programa Analysis Bio, cujos resultados foram, em algumas situações, incompatíveis com as observações *in loco*. Apesar disto, foi possível obter informações suficientes que permitiram fosse alcançado o objetivo inicialmente proposto, consolidado nas observações a seguir resumidas:

1. O conforto térmico, sem dúvida, pode ser obtido pelo uso de aparelhos de ar condicionado (climatização artificial) e ventiladores (ventilação mecânica). Contudo, tais soluções impõem um considerável dispêndio de energia, cada vez mais cara, mais escassa e mais afrontosa ao meio ambiente;

2. Esse conforto térmico, no entanto, pode também ser alcançado, senão em toda sua plenitude, mas em boa proporção, através da exploração de agentes postos à disposição da Arquitetura pela própria natureza, em especial o potencial eólico, do que resulta uma substancial redução dos agravos impostos em consequência das implicações econômicas e ecológicas acima mencionadas, exigindo apenas a preocupação de projetistas e construtores em adotar soluções arquitetônicas adequadas e de eficácia já testada e aprovada.

A partir dessas premissas e dos dados coletados durante as pesquisas levadas a efeito e de sua análise, com fundamento no referencial teórico eleito, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1. As soluções arquitetônicas com adequação ao clima e ao ambiente nem sempre são atendidas, tanto em virtude de uma exigência por parte do setor imobiliário e do empreendedor, os quais buscam sempre o maior lucro, como também, por decorrência do descaso dos projetistas em prol de uma qualidade ambiental e humana satisfatórias;
2. Consequentemente, são produzidos ambientes desconfortáveis do ponto de vista térmico. Conforme já referido nas premissas destas conclusões, esse problema pode ser superado através de soluções artificiais as quais, porém, não são acessíveis a todos, pois, uma boa parcela da população não pode pagar pelo alto consumo energético. Acrescente-se que a parte da sociedade privilegiada, que pode arcar com este ônus, geralmente impõe um outro maior: o desgaste dos recursos da natureza, já altamente comprometidos;
3. É pacífico que a Arquitetura põe à disposição do homem meios de filtrar o microclima externo, explorando suas características favoráveis e evitando as desfavoráveis. Através da análise realizada no edifício objeto desta pesquisa, conclui-se que questões como a orientação, insolação, ventilação, sistemas construtivos, tipos de fechamentos e seus revestimentos, têm influência no conforto térmico, e, consequentemente, na eficiência energética;

4. As soluções arquitetônicas para a região em estudo devem contemplar: a) o sombreamento das aberturas; b) a proteção dessas contra a incidência direta dos raios solares; c) a busca de uma proporção ideal entre cheios e vazios que permitam a circulação do vento, que constitui fator fundamental para saúde e bem-estar do ser humano; d) e/ou o tratamento térmico das paredes revestindo-as com cores claras, a fim de obter benefícios quanto ao conforto térmico;
5. Fica evidente que, para Maceió, considerando sua posição geográfica, as unidades habitacionais, orientadas a Leste apresentaram-se mais confortáveis termicamente, que as orientadas a Oeste, essas altamente desconfortáveis, precisamente em razão da precariedade da ventilação e insolação nesse quadrante;
6. Em face dessa observação, parece ser de fundamental importância definir diretrizes que possam orientar os consumidores na escolha de projetos mais adequados, sob o ponto de vista do conforto térmico e da eficiência energética. E, divulgá-las, através de meios midiáticos e em forma de cartilha, a fim de criar uma maior conscientização do consumidor o que implicará a possibilidade de gerar condições capazes de influir sobre o comportamento do setor imobiliário. A necessidade dessa cartilha é comprovada por dois fatos constatados: no edifício estudado, em um dos apartamentos avaliados do poente, a moradora é uma arquiteta. Ela relatou que não convida ninguém para ir ao seu apartamento pelo desconforto insuportável, mas que já está providenciando um “split” para a sala. Há quatro anos, uma outra arquiteta, comprou um amplo apartamento Noroeste no bairro da Ponta Verde, onde todos os quartos estão orientados a Oeste. Em face do calor insuportável que veio a enfrentar, procurou adotar soluções para superar o problema, colocando película refletiva nos vidros, cortinas painéis e painéis de madeira revestidos de fórmica. Apesar de todos os aparatos e o grande investimento, o apartamento continuou intolerável. E mais, à força do calor, as fórmicas dos painéis “descolaram” e também as dos móveis, o que a levou a decidir pela negociação com outro apartamento, e dessa vez com a preocupação de colher informações

sobre o comportamento dos ventos ao longo do ano e sua relação com a orientação, ou seja, escolhendo com consciência. Ambas não se preocuparam, no momento da compra dos imóveis com esses aspectos fundamentais;

7. Esses exemplos reforçam a importância do projeto bioclimático, uma vez que as soluções adotadas no sentido de amenizar o desconforto poderiam ter melhor êxito se aplicadas externamente, a fim de não permitirem a penetração da radiação solar no ambiente, e não internamente. Daí a necessidade de uma arquitetura comprometida com os elementos climáticos e com bem-estar social;

8. É preciso estar atento a esses aspectos e ter muito cuidado quando da escolha de um imóvel, seja para compra ou aluguel, pois, os agentes do mercado imobiliário usam de artifícios para esconder o desconforto térmico. Apartamentos Poentes, por exemplo, não são visitados na parte da tarde e, sempre apresentam como atrativos, vantagens de lucro financeiro, na faixa de 5%. Contudo esse “barato” sai caro, por tudo o que já foi visto no decorrer desta pesquisa;

9. O aspecto relativo à eficiência energética é mais um que deve ser considerado pelos projetistas atuais dentre tantos outros, tais como: climáticos, humanos, formais, funcionais, estruturais. Não se pode ignorar o momento crítico que se está vivendo, no que diz respeito à crise energética. Em face disto, é necessário construir novos paradigmas, buscando outros referenciais que enfatizem a adequação do ambiente construído em relação à natureza, conseqüentemente, em prol da humanidade;

10. Conservar no sentido do uso racional, buscando o máximo de desempenho com o mínimo de consumo é “uma atitude moderna, aplicada no mundo desenvolvido como medida lógica e consciente” (ELETROBRÁS, 1999, p.15). Essa atitude está refletida na regulamentação para etiquetagem, por enquanto, facultativa do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, aprovada em março de 2009 (MME, 2009). Pela

importância espera-se que esses mesmos critérios sejam estendidos para os edifícios residenciais. Essa medida tem um reflexo muito positivo na proteção ao consumidor, que fica habilitado a decidir por soluções mais adequadas ao seu bem-estar.

11. Por fim, é preciso que os projetistas se conscientizem de que lhes cabe a responsabilidade social, não apenas de projetar e criar com a preocupação de atender as questões essenciais que envolvem o conforto térmico com economia energética, mas também de procurar transmitir à sociedade a consciência de seus direitos relativos a esses aspectos da vida. Deve-se fazer Arquitetura de modo “que o nosso tempo seja lembrado pelo despertar de uma nova reverência diante da vida, por um compromisso firme de alcançar a sustentabilidade, pela rápida luta pela justiça, pela paz e pela alegre celebração da vida” (BOFF, 2003, p. 130).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto de Norma 02-135**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ALBINI, F. A arquitetura das conexões.[S.I.:S.N.], 1997. *In* FAROLDI, E., VETTORI, M.P. **Diálogos de arquitetura**. São Paulo: Ed. Siciliano, 1997.

ALVA, E.N. **Metrópoles (in) sustentáveis**. Rio de Janeiro: Ed. Relume Dumará, 1997.

AMORIM, C.N.D. **Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília-UNB. Brasília, 1998.

ANALYSIS BIO, versão 2.1.3. Universidade Federal de Santa Catarina – PR. Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: www.labee.ufsc.br. Acessado em jun, 2007.

ANDREASI, W. A., SILVA, J. N. **Estudo das variáveis climáticas internas que influenciam no conforto térmico e na eficiência energética das edificações**. [S.I.]: Mato Grosso do Sul, [200-]. Disponível em www.dec.ufms.br/lade/docs/jucimeire.pdf. Acesso em out, 2006.

ARAÚJO, V. M. D., VIDAL, R. D. M., ARAÚJO, E. H. S., COSTA, A. D. L. Estudos do Clima Urbano de Natal – RN como ferramentas para o planejamento urbano e edificações. *In*: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: UFCE, 1999.

BALTAZAR, A. P. Energia os brasileiros que já vivem na era pós petróleo. **Revista Veja**, São Paulo, n°. 50, p.162-172, dezembro 2006.

BARBIRATO, G.M., CAVALCANTE, M.R.C., ÁVILA, I. Efeito microclimático da presença de vegetação em recintos urbanos em Maceió-AL. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

BARBIRATO, G.M., TORRES, T.A. Clima urbano em espaços públicos: perfil climático de uma grande avenida em Maceió-AL. *In* VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente

Construído e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

BARBIRATO, G.M., BARBOSA, R.V.R., VECCHIA, F.A.S. Vegetação urbana: Análise experimental em cidade de clima quente e úmido. *In* VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003,

BARBIRATO, G.M., MARROQUIM, F. Avaliação do desempenho térmico e condições de conforto de um conjunto horizontal na cidade de Maceió-AL. *In* VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

BARBIRATO, G.M., SOUZA, L.C.L, TORRES, S.C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares** – diretrizes para arquitetos. Maceió: Edufal, 1990.

BITTENCOURT, L., LIMA, B.M. **Análise do clima de Maceió**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Maceió: UFAL, 1998.

BITTENCOURT, L., CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió. EDUFAL, 2005.

BOFF, L. **Ethos Mundial um consenso mínimo entre os humanos**. Rio de Janeiro. Sextante, 2003.

CABÚS, R. **TropFac 2**, versão 2.0. Maceió: GRILU, 2007.

CALHEIROS, V. Companhia leva programa para os municípios. **Jornal Tribuna**, Maceió, 23 de agosto de 2006. Economia, 18.

CARAM, R, SICHIERI, E., LABAKI, L. C. **Conforto ambiental** - Conforto térmico e efeito estufa. [S.I.:S.N.], [200-]. Disponível em: www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia43.asp.57K. Acesso em set, 2008.

CARLO, J., GHISI, E., LAMBERTS, R., MASCARENHAS, A.C. Eficiência energética no código de obras de Salvador. *In* VII Encontro Nacional e III Conferência Latino-Americana

sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

CAVALCANTE, E.G. **Sustentabilidade do desenvolvimento** - fundamentos teóricos e metodológicos do novo paradigma. Recife: Ed Universitária, 1998.

CAVALCANTE, M. **Meio Ambiente Construído, Globalização e Sustentabilidade Cultural** – estudo de caso: o bairro da Ponta Verde (Maceió). Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente – PRODEMA. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, 2000.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os tópicos** – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Recan, 2003.

CORBIOLI, N. Ar condicionado: janela, split ou central. Para esfriar o ambiente, e o bolso. In: **Revista Projeto Design**. São Paulo, ed. 297, 2004.

CORBUSIER, L. **Por uma arquitetura**. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1981.

CRUZ, J.M. **Sustentabilidade do Ambiente Construído**: Conservação de Energia através do Uso da Ventilação Natural como Forma de Refrigeração Passiva do Ambiente Urbano. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e o Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, 2001.

DERIZANS, A. **Insolação** – Tabelas e gráficos para 27 cidades brasileiras. Rio de Janeiro: UFRJ, 1991.

DORNELLES, K.A., RORIZ, M. Inércia térmica, conforto e consumo de energia em edificações na cidade de São Carlos, SP. In VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

Empresa Brasileira de Energia Elétrica (ELETROBRÁS). [S.I.:S.N.], 1999. Disponível no site: www.eletrabras.gov.br. Acesso em jun, 2007.

FIGLIOLI, F.A.S., NETO, A.H., TRIBESS, A. Avaliação de estratégias para racionalização do consumo de energia em edifícios com ar condicionado. In: VI Encontro Nacional e III Encontro sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, 2001. **Anais**. São Pedro: [S.N.], 2001.

FERRARO, N.G., SOARES. **Física básica**. 2ªed. [S.I.]: Ed Atual, 2004.

FERREIRA, A.B.H. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova fronteira, 1986.

FREITAS, R. O que é conforto. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

FROTA, A. B. **Geometria da insolação**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Geros, 2004.

FROTA, SCHIFFER. **Manual de conforto térmico**. 5ª Ed. São Paulo: Nobel, 1995.

GELLER, H.S. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Tradução de Maria de Fátima Costa. [S.I.:S.N.], [200-].

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. 2ª ed. London: Applied Science, 1981.

GONÇALVES, H., NASCIMENTO, C., MALDONADO, E. Edifícios energeticamente eficientes em Portugal. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

GOULART, N. **Quadro da arquitetura no Brasil**. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1983.

GURGEL, M.S. **Influência do clima no planejamento urbano e análise do comportamento termohigrométrico do conjunto habitacional**. Ponta Negra, Natal/RN. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo (USP), 1999.

HAWKES, D., FORSTER, W. **Energy Efficient Buildings Architecture, Engineering, and Environment**. New York: Norton, 2002.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em Arquitetura**. Como projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil. São Paulo: Ed. Pioneira, 1998.

HOLANDA, A. **Roteiro para construir no nordeste**. Recife: UFPE, 1976.

IZARD, J; GUYOT, A. **Arquitectura bioclimática**. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1980.

KOWALTOWSKI, D.C., LABAKI, L., PINA, S. M., BERTOLLI, S. R. A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. *In*: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Qualidade no Processo Construtivo. Florianópolis, 1998. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 1998.

KOWALTOWSKI, D.C., LABAKI, L., PINA, S. M., SOUZA, S.N.P.O., NASCIMENTO, M.G. **Manual de conforto ambiental**. Campinas: UNICAMP, 2005.

KRÜGER, E.L., LIMA, L.P. Avaliação do efeito das condições climáticas locais nos graus de conforto e no consumo de energia em edificações. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

LAMBERTS, R., GHISI, E., ABREU, A. L., CARLO, J.C., BATISTA, J. O., MARINOSKI, D. L. **Apostila desempenho técnico de edificações**. Florianópolis: UFSC, 2000. Disponível em: <http://www.labee.usfc.br>. Acesso em out, 2006.

LAMBERTS, R.; TAVARES, DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. Florianópolis: PROCEL/UFSC, 1997.

LAMBERTS, R., TAVARES, S.F. Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

LEÃO, R.S.N. **Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residenciais na cidade de Maceió/AL**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA). Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, 2008.

LIGHT. **Construções residenciais: Maior conforto e menor custo com energia**. [S.I.:S.N.], 2000.

LIPPIATT (1998) *In* LAMBERTS, R., TAVARES, S.F. Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

LOMBARDO, M.A. O clima e a cidade. *In*: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador, 1997. **Anais**. Salvador: UFBA, 1997.

MACIEL, A.A., LAMBERTS, R. (2003) Avaliação de estratégias passivas em edifícios de escritório em Brasília. *In* VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

MAGISTRETTI, V. A arquitetura da realidade. [S.I.:S.N.], 1997 *In* FAROLDI, E.; VETTORI, M. P. **Diálogos de arquitetura**. São Paulo: Ed. Siciliano, 1997.

MAHFUZ, E. da C. **Ensaio sobre a razão compositiva**. Belo Horizonte: APCultural, 1995.

MASCARÓ, J., MASCARÓ, L. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: SAGRA-DC LUZZATO, 1992.

MASCARÓ, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.

MASCARÓ, L. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo, Ed. Nobel, 1998.

MASCARÓ, L. **Energia na edificação – estratégias para minimizar seu consumo**. São Paulo: Ed. Projeto, 1991.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Regulamento Técnico do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: março/2009.

MONTEIRO, P. Conta de energia tem reajuste de 7,91%. **Gazeta de Alagoas**. Maceió, 23 de agosto de 2006. Economia, pg. A8.

NESBITT, K. *org.* **Uma nova agenda para a arquitetura**: antologia teórica (1965-1995). Tradução de Vera Pereira. São Paulo: Cosac Naify, 2^a ed., 2008.

NOGUEIRA-NETO, P. *In* TRIGUEIROS, A **Meio ambiente no séc 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro, Ed. Sextante, 2003.

NOSSO FUTURO COMUM **Comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 2ªed. Rio de Janeiro. Editora da fundação Getúlio Vargas, 1991.

NIEMEYER, M. L.; MOREIRA, A. A. M.; MORGADO, C. O. Barreiras naturais-movimento de terra como elementos de proteção acústica. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, 1999. **Anais**. Fortaleza: UFCE, 1999.

NTF. **Norma técnica para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição**. Maceió: CEAL, 1996.

OLGYAY, V. **Arquitetura y clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanista. Barcelona, Gustavo Gili S.A., 1998.

OLGYAY, V. *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. 4ª ed, Princeton: Princeton University, 1973.

OLIVEIRA, P.M.P. **Indicações para o planejamento e o desenho da forma urbana apropriada à região tropical de clima quente-úmido**. Disponível em: www.tropicologia.org.br/conferencia/1986indicacoesarquitectas.html. Acesso em mar, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ (PMM). **Plano diretor de Maceió**. Maceió: PMM, 2005. Disponível em www.maceio.al.gov.br. Acesso em dez, 2006.

PEIXOTO, L.K.O., BITTENCOURT, L. Estudo de ventilação natural na UFAL através da simulação computacional. In VII Encontro Nacional e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

PIETROBON, C. E.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R. Simulação computacional paramétrica acerca da influência do paisagismo no desempenho energético e luminoso de escolas. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza, 1999. **Anais**. Fortaleza: UFCE, 1999.

RASMUSSEN, S.E. **Arquitetura vivenciada**. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 2002.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima. Acondicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 1985.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Proeditores, 2000.

RUAS, A.C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. 1ª ed. São Paulo: Fundacentro, 1999.

RUAS, A.C., LABAKI, L.C. Ventilação do ambiente e conforto térmico. *In*: VI Encontro Nacional e III Encontro sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, 2001. **Anais**. São Pedro: [S.N.], 2001.

RYBCZYNSKI, W. **Casa: pequena história de uma idéia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2002.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**. Desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel, 1993.

SAUNDERS, T. **A síndrome do sapo cozido: sua saúde e o meio ambiente construído**. Tradução Okky de Souza. São Paulo: Cultrix, 2004.

SCHMID, A.L. **A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SILVA, M.L. **Luz, lâmpadas e iluminação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

SOUZA, E.P.N. de. **Símbolo da Violência: a nova face das residências unifamiliares, multifamiliares, comércio e serviços no espaço do bairro da Ponta Verde – Maceió/AL**. Trabalho Final de Graduação. Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, 2006.

SOUZA, L., PEDROTTI, F., LEME, F., CORRÊA, J. Consumo de energia urbana: influência do perfil do usuário da geometria urbana e da temperatura. *In* VIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VI Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió, 2005. **Anais**. Maceió: UFAL, 2005.

SOUZA, L.; PIZARRO P. Analisando a influência da orientação no consumo de energia em um conjunto habitacional. *In*: VI Encontro Nacional e III Encontro sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, 2001. **Anais**. São Pedro: [S.N.], 2001.

SOUZA, O., CAMARGO, L. Megassoluções para um megaproblema. **Revista Veja**, São Paulo, p.138-149, dez 2006.

TOLEDO, A. A contribuição da orientação e do sombreamento na composição das cargas e no consumo final de energia elétrica de um edifício de escritórios climatizados. *In* VII Encontro Nacional e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

TOLEDO, A. **Avaliação da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. Florianópolis, 2006.

TOLEDO, A. **Auditoria do consumo de energia elétrica em uma unidade residencial**. *In*: VI Encontro Nacional e III Encontro sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, 2001. **Anais**. São Pedro: [S.N.], 2001.

TOLEDO, A. Ventilação e insolação: critérios para construção de diagramas de orientações preferenciais para dormitórios em Maceió-AL. *In* VII Encontro Nacional e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações. Curitiba, 2003. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2003.

TOLEDO, A. **Ventilação Natural e Conforto Térmico em Dormitórios**: aspectos bioclimáticos para uma revisão do código de obras e edificações de Maceió. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

TOLEDO, E. **Ventilação Natural das Habitações**. Maceió: Edufal, 1999.

TRIGUEIROS, A.coord. **Meio ambiente no século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro. Sextante, 2003.

TUDELA. *In* ALVA, E.N. **Metrópolis(in) sustentáveis**. Rio de Janeiro: Relumé Dumará, 1997.

WONG, W. **Princípios de forma e desenho**. 1ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.