

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

FABIANA TRINDADE DA SILVA

**CONFORTO TÉRMICO DO TRANSEUNTE: A POROSIDADE URBANA
COMO CONDICIONANTE DA VENTILAÇÃO**

VITÓRIA
2014

FABIANA TRINDADE DA SILVA

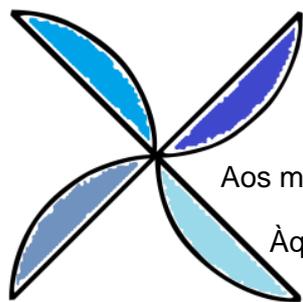
**CONFORTO TÉRMICO DO TRANSEUNTE: A POROSIDADE URBANA
COMO CONDICIONANTE DA VENTILAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU – da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristina Engel de Alvarez

VITÓRIA

2014



Aos meus pais e ao meu irmão por todo apoio e carinho.

Àqueles que ousam tentar e persistem em continuar.

AGRADECIMENTOS

Só posso agradecer a todos pelo auxílio nesta importante etapa da minha vida, poder contar com vocês tornou essa experiência tão gratificante e edificante.

Agradeço à Prof^a Dr^a Cristina Engel de Alvarez, minha orientadora, minha mentora, meu exemplo profissional. Obrigado por acreditar em mim, e me passar inestimáveis ensinamentos que levarei comigo por toda vida.

Levo comigo também o aprendizado adquirido pelas orientações da Prof^a Dr^a Lucila Chebel Labaki e Prof^a Dr^a Andréa Coelho Laranja que gentilmente aceitaram o convite para participar da minha banca de qualificação e de mestrado.

Valiosa foi a experiência adquirida pelo compartilhamento constante de informação com os colegas professores, doutorandos, mestrandos e graduandos do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP).

Em especial agradeço aos colegas do LPP que prestaram valoroso auxílio na etapa de campo, Ricardo, Karla, Jociane, Gleica, Karina e Ramon. Agradeço também à Brenda pela assistência na confecção dos mapas e rosas-dos-ventos, e tabulação dos dados das medições.

Obrigado aos professores do PPGAU pelos ensinamentos e aos colegas do mestrado pela troca de aprendizado. Em especial à Natália que compartilhou comigo as aflições e conquistas do processo de pesquisa e me ajudou na pesquisa de campo.

Levo também meu agradecimento ao LPP, na pessoa da coordenadora Prof^a Dr^a Cristina Engel de Alvarez, pela compra e empréstimo dos equipamentos para as medições, sem os quais não seria possível o desenvolvimento da pesquisa.

Obrigado a todos os amigos que de alguma forma contribuíram para a concretização dessa etapa, seja com o apoio e incentivo ou indo a campo. Aos amigos Ricardo, Zuleica e Fabíola que tão prestativamente se dispuseram a auxiliar na etapa de campo da pesquisa.

Respeitosamente agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro concedido por meio da bolsa de mestrado.

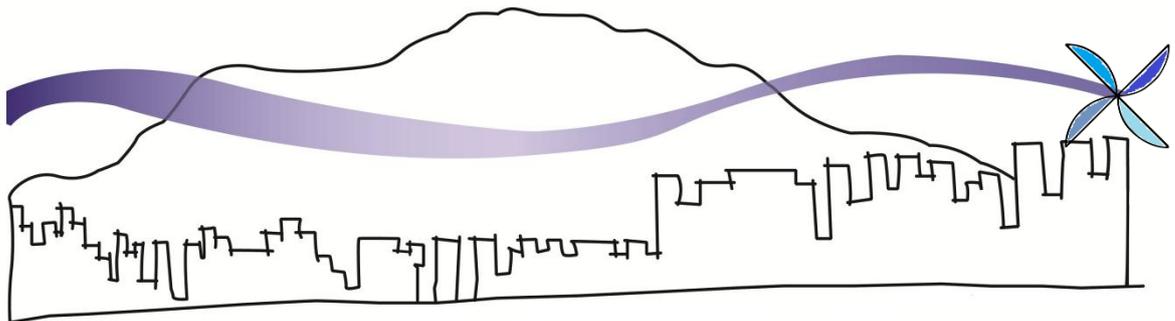
Um agradecimento especial ao meu irmão Filipe pela consultoria jurídica.

Meu profundo agradecimento aos meus pais Fabio e Silvia e ao meu irmão Filipe: palavras não conseguem expressar toda a minha gratidão. Obrigado pelo apoio incondicional, pelo carinho, pelo incentivo e também pela ajuda na etapa de campo da pesquisa. Minha família, minha motivação: obrigada por tudo.

À todos, meu sincero agradecimento.

“Daria tudo que sei pela metade que ignoro.”
René descartes

“O pessimista se queixa do vento, o otimista
espera que ele mude e o realista ajusta as velas.”
William George Ward



RESUMO

As modificações das estruturas urbanas associadas à falta de inclusão de questões climáticas nos Planos Diretores geram consequências ambientais que podem contribuir para o desconforto térmico do transeunte. Para regiões de clima quente e úmido, como o caso de Vitória (ES), a ventilação é especialmente relevante na promoção do necessário arejamento. Esta pesquisa objetivou avaliar a importância do vento para o conforto térmico do transeunte em climas quente e úmido, através de uma abordagem integrada de análise das configurações urbanas, da percepção térmica e da legislação urbana. Dessa forma, foi proposto o Método Integrado de Avaliação de Ventilação, cuja área de amostragem se concentra em um trecho urbano da Orla de Camburi em Vitória (ES). O Método utilizou medições microclimáticas simultâneas à aplicação de questionários de sensação térmica. As pesquisas de campo ocorreram nas estações de inverno, primavera e verão (totalizando seis dias de medições) e o total de 841 entrevistados. Os resultados da pesquisa forneceram subsídio para a proposição de escala de percepção e preferência de vento; proposição inicial de calibração do índice preditivo de conforto térmico PET (*Physiological Equivalent Temperature*) para a realidade climática de Vitória; e sistema para avaliação de adequabilidade quanto às questões de ventilação do PDU. A partir das medições registrou-se a maior redução da velocidade do vento em configurações urbanas de casas de até seis metros de altura e poucos afastamentos, enquanto a velocidade permanece praticamente a mesma entre edifícios altos, mas com generosos afastamentos entre eles. Identificou-se assim, a porosidade (afastamentos) das configurações urbanas como a característica de maior impacto da ventilação no nível do transeunte.

Palavras-chave: Ventilação. Conforto térmico. Transeunte. Porosidade urbana. Plano Diretor.

ABSTRACT

The changes of urban structures associated with the non-inclusion of climate issues in Zoning Ordinances generate environmental consequences that may contribute to the passerby's thermal discomfort. For regions of hot and humid weather, as the case of Vitória (ES), ventilation is especially important to promote the necessary aeration. This research aimed to evaluate the importance of wind for the passerby's thermal comfort in hot and humid climates, through an integrated approach to the analysis of urban settings, thermal perception and urban legislation. Thus, was proposed the Integrated Assessment Method of Ventilation, whose the sample area focused on an urban section of Camburi's coast in Vitória (ES). The method used simultaneous microclimatic measurements to questionnaires about thermal sensations. The fieldwork was made during winter, spring and summer seasons (totaling six days of measurements) and the total of 841 respondents. The survey results provided subsidy for the proposition of the perception's scale and wind preference; initial calibration's proposition of predictive thermal comfort index PET (Physiological Equivalent Temperature) for Vitória's climatic reality, and system for evaluation of adequacy for matters of ventilation contained in the PDU. From the measurements that were recorded the major reduction of wind speed was in urban homes of up to six meters high and little distance between them, while the velocity remains practically the same in high buildings with large setback areas. It was identified that porosity (setback areas) of urban settings is the characteristic that provides the higher impact in ventilation on the passerby's level.

Keywords: Ventilation. Thermal comfort. Passerby. Urban porosity. Master Plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do delineamento da pesquisa.....	18
Figura 2 – Diagrama dos ventos no globo terrestre	20
Figura 3 – Níveis das camadas urbanas	22
Figura 4 – Estruturação da CLA em condições de estabilidade neutra	23
Figura 5 – Gradiente de velocidade influenciado pela rugosidade	24
Figura 6 – Regimes de escoamento perpendicular em cânions urbanos de diferentes proporções.....	25
Figura 7 – Mesoescala.....	25
Figura 8 – Escala local (b) e Microescala (c)	26
Figura 9 – Efeito do vento sobre os edifícios	28
Figura 10 – Disposição dos lotes (em perspectiva) em relação à ventilação.....	28
Figura 11 – Sombra de vento em função da geometria do edifício.....	29
Figura 12 – Perfis de vento e zonas de fluxo normal a um obstáculo.....	30
Figura 13 – Orientação das habitações em Kahun	32
Figura 14 – Representação gráfica de Da Vinci sobre o escoamento dos fluidos	33
Figura 15 – Pirâmide de Kelsen.....	52
Figura 16 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos	63
Figura 17 – Direção do vento no município de Vitória (ES) considerando os dados de 2000 à 2013	66
Figura 18 – Rosa dos ventos (2000 -2013): primeiro semestre.....	67
Figura 19 – Rosa dos ventos (2000 – 2013): segundo semestre	67
Figura 20 – Questionário: votos de sensação e preferência térmica.....	81
Figura 21 – Figura de tela do <i>Software</i> RayMan, com inserção de dados da área de estudo	83
Figura 22 – Resultados da aplicação do Método Integrado de Avaliação de Ventilação	88
Figura 23 – Direção do vento e tipologia do Trecho A: pontos A1, A2 e A3	92
Figura 24 – Direção do vento e tipologia do Trecho A: ponto A4	93
Figura 25 – Direção do vento e tipologia do Trecho A: ponto A5	93
Figura 26 – Direção do vento e tipologia do Trecho B: pontos B1 e B2	94
Figura 27 – Direção do vento e tipologia do Trecho B: pontos B3, B4 e B5	95
Figura 28 – Direção do vento e tipologia do Trecho B: ponto B6	96
Figura 29 – Zoneamento urbanístico do bairro Mata da Praia / ES.....	107

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Caracterização tipológica da área de estudo.....	69
Mapa 2 – Malha viária da área de estudo	70
Mapa 3 – Método inicial: área de estudo e pontos de amostragem climática.....	71
Mapa 4 – Sobreposição da área de estudo inicial e da área de estudo ampliada	75
Mapa 5 – Demarcação da área de estudo e definição dos pontos de amostragem	76
Mapa 6 – Demarcação da área de estudo e definição dos pontos de amostragem	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 01	72
Gráfico 2 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 02	73
Gráfico 3 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 03	74
Gráfico 4 – Comportamento do vento: trecho A	92
Gráfico 5 – Comportamento do vento: Trecho B	94
Gráfico 6 – Percepção e preferência de vento: campanha do inverno	98
Gráfico 7 – Percepção e preferência de vento: campanha da primavera	99
Gráfico 8 – Percepção e preferência de vento: campanha do verão	100
Gráfico 9 – Percepção e preferência de vento em função da velocidade de vento média..	100
Gráfico 10 – Gráfico de dispersão das variáveis climáticas.....	102
Gráfico 11 – Frequência relativa da ocorrência de sensação térmica em função do índice PET	104
Gráfico 12 – Percepção de conforto para as três campanhas.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Efeitos aerodinâmicos de vento sobre conjuntos de edificações	30 - 31
Quadro 2 – Efeitos aerodinâmicos de vento sobre barreira vegetal	32
Quadro 3 – Esquematização acerca da hermenêutica jurídica	51
Quadro 4 – Constituição Federal: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa.	52
Quadro 5 – Estatuto da Cidade: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa.....	54
Quadro 6 – Plano Diretor de Vitória: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa ..	56
Quadro 7 – Código de obras: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa.....	59
Quadro 8 – Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho A.....	77 - 78
Quadro 9 – Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho B.....	78 - 79
Quadro 10 – Períodos de amostragem climática	85
Quadro 11 – Influência das condicionantes do assentamento urbano na ventilação.....	87
Quadro 12 – Desdobramento dos aspectos da configuração urbana em índices urbanísticos	87
Quadro 13 – Sistema para avaliação do Plano Diretor Urbano (PDU) em relação à ventilação	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de Beaufort.....	35
Tabela 2 – Velocidade do vento x temperatura do ar.....	42
Tabela 3 – Valores de PMV de acordo com o Método de Fanger.....	44
Tabela 4 – Taxas metabólicas de acordo com a ISO 7730:2005.....	44
Tabela 5 – Isolamento térmico do vestuário.....	45
Tabela 6 – Classificação do índice PET.....	47
Tabela 7 – Voto real de sensação (ASV).....	48
Tabela 8 – Resumo das médias dos dados climáticos do período 2000 a 2013.....	65
Tabela 9 – Registros da medição: situação 01.....	72
Tabela 10 – Registros da medição: situação 02.....	73
Tabela 11 – Registros da medição: situação 03.....	74
Tabela 12 – Descrição dos instrumentos utilizados nas medições microclimáticas.....	80
Tabela 13 – Características requeridas e desejáveis dos instrumentos.....	80
Tabela 14 – Dados pessoais dos entrevistados nas três campanhas de medição.....	82
Tabela 15 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 19/08/2013 e 20/08/2013)	89
Tabela 16 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 25/10/2013 e 26/10/2013)	90
Tabela 17 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 25/01/2014 e 26/01/2014)	91
Tabela 18 – Escala de percepção e preferência de ventilação.....	101
Tabela 19 – Escala de percepção de ventilação.....	101
Tabela 20 – Número de questionários aplicados por estação.....	103
Tabela 21 – Intervalos de PET para Vitória.....	104
Tabela 22 – Aplicação do sistema para a ZOC3 do PDU de Vitória (ES).....	108
Tabela 23 – Aplicação do sistema para a ZOR / 09 do PDU de Vitória / ES.....	109

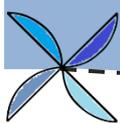
LISTA DE SIGLAS

ASV - *Actual Sensation Vote*
BDM - Banco de Dados Meteorológicos
CI – Camada Intra-urbana
CLA – Camada Limite Atmosférica
CLU – Camada Limite Urbana
CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CRFB - Constituição da República Federativa do Brasil
CTA - comissão técnica de avaliação de impacto urbano
EIA - estudo prévio de impacto ambiental
EIV - estudo prévio de impacto de vizinhança
ES – ESPÍRITO SANTO
INCANPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
ISO - *International Standard Organization*
MEMI - *Munich Energy-balance Model for Individuals*
N – Norte
NE – Nordeste
NO - Noroeste
PBL – *Planet Boundary Layer*
PDU – Plano Diretor Urbano
PET - *Physiological Equivalent Temperature*
PMV - *Predicted Mean Vote*
PPD - *Percentage of Dissatisfied People*
RUROS - *Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*
S- Sul
SE- Sudeste
SO - Sudoeste
TO – Taxa de Ocupação
TP – Taxa de Permeabilidade
ZAR – Via Arterial
ZOC - Zona de Ocupação Controlada
ZPA - Zona de Proteção Ambiental
ZOR - Zona de Ocupação Restrita

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2.1. O VENTO	20
2.2. O PERFIL DE VENTO E A RELAÇÃO COM A CIDADE	22
2.3. A CONFIGURAÇÃO URBANA E A VENTILAÇÃO NATURAL	26
2.3.1. Rugosidade e Porosidade.....	27
2.3.2. O efeito do vento no entorno dos edifícios	29
2.4. A VENTILAÇÃO URBANA NO CONTEXTO HISTÓRICO.....	32
2.5. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA	36
3. CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS.....	37
3.1. TERMO REGULAÇÃO HUMANA	37
3.1.1. Variáveis que influenciam a sensação de conforto térmico	38
3.1.2. O conforto do transeunte e a ventilação natural	41
3.2. ÍNDICES DE ESTRESSE E CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS ...	42
3.3. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA.....	48
4. INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO	50
4.1. HERMENÊUTICA: CONCEITO, IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO NA PESQUISA	50
4.2. INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO ANALISADOS NA PESQUISA.....	51
4.2.1. Constituição Federal	51
4.2.2. Estatuto da Cidade	54
4.2.3. Plano Diretor.....	56
4.2.4. Código de Obras.....	59
4.2.5. Do descumprimento dos estipulados na legislação	60
4.3. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA.....	61
5. MÉTODO INTEGRADO PARA ANÁLISE DE VENTILAÇÃO	63
5.1. ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	64
5.2. ETAPA 2: DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	64
5.2.1. Aspectos climáticos de Vitória / ES	64
5.2.2. Recorte territorial	68
5.3. ETAPA 3: APLICAÇÃO E TESTE DO MÉTODO INICIAL.....	70
5.4. ETAPA 4: MÉTODO INTEGRADO DE AVALIAÇÃO DE VENTILAÇÃO	75

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	87
6.1. ASPECTOS DA CONFIGURAÇÃO URBANA X INFLUÊNCIA NA VENTILAÇÃO.....	87
6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO INTEGRADO DE AVALIAÇÃO DE VENTILAÇÃO	88
6.2.1. Medições e aplicação dos questionários.....	88
6.2.2. Sistema para avaliação do PDU	105
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
8. REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A – Modelo de questionário do método inicial	119
APÊNDICE B – Modelo de questionário do Método Integrado para Avaliação de Ventilação	120



A expansão da malha urbana associada à verticalização e adensamento das estruturas citadinas condicionam o clima urbano e, conseqüentemente, impactam nas condições de conforto térmico da população. Essas modificações das configurações urbanas interferem nas variáveis climáticas alterando suas grandezas, formando um mosaico de microclimas, do qual o clima urbano é composto.

Os estudos climáticos no meio urbano têm sido realizados por pesquisadores em várias localidades do mundo, tendo em vista que as cidades formam aglomerados urbanos crescentes e esses tem exercido grande influência na mudança de temperatura e na ventilação natural (ALCOFORADO; ANDRADE, 2007).

A mudança da direção e velocidade do vento, associados às alterações da configuração urbana é um dos fatores que mais condiciona o clima das cidades (VASCONCELOS; LOPES, 2006). As diferentes configurações urbanas impactam de formas diversas no fluxo natural de ventilação, tornando essencial o entendimento de como isso ocorre, cujo método de análise pode ser feito através de simulações ou com medições controladas visando mensurar o impacto dessa configuração urbana na velocidade de vento.

Os modelos de ocupação com edificações altas são frequentemente apontados como obstáculos para a ventilação. Na presente pesquisa se constatou que a ventilação no nível do transeunte sofre significativas reduções em configurações urbanas formadas por casas de pouca altura e com poucos afastamentos. No entanto, essa velocidade permanece praticamente a mesma entre edifícios altos (16 pavimentos), mas com generosos afastamentos entre eles.

A eficácia da ventilação urbana depende da interação do vento em diversas escalas e das características naturais e artificiais das cidades, cujo planejamento urbano deve intervir para criar condições propícias à promoção de ventilação, visando o conforto térmico dos cidadãos. Para o clima tropical úmido, característico da cidade de Vitória, a ventilação é especialmente importante para acelerar as trocas de calor entre o homem e meio, e assim promover o necessário arejamento.

O crescimento das cidades associado à falta de inclusão das questões climáticas nos instrumentos de planejamento urbano geram conseqüências ambientais que contribuem para o agravamento das modificações climáticas, especialmente com a ampliação das



temperaturas e formação de ilhas de calor. Além da exigência constitucional, a crescente expansão urbana observada nas cidades brasileiras reafirma o papel do planejamento local como importante instrumento para organização das ações governamentais, visando o bem-estar coletivo (SILVA; ALVAREZ, 2013a).

Cabe ao Plano Diretor a função de intervir no processo de desenvolvimento local a partir da compreensão integradora dos diversos fatores que influem na dinâmica citadina, dentre eles os fatores ambientais (SILVA; ALVAREZ, 2013a). Portanto, se faz necessário o entendimento dos efeitos climáticos originados pelas modificações das configurações urbanas para estabelecer medidas de mitigação do desconforto térmico local.

Do ponto de vista bioclimatológico, Hoppe (2002) aponta que as alterações microclimáticas são umas das principais consequências decorrentes dos processos de urbanização. No entanto, nem toda alteração microclimática é prejudicial, podendo-se citar como exemplo, locais de climas frios, cujo efeito da ilha de calor pode resultar em melhores condições de conforto. Dessa forma, as alterações microclimáticas são negativas apenas quando configuram situações que fogem da zona de conforto térmico dos indivíduos.

O conforto térmico no meio urbano é um assunto que apresenta mais complexidade que em ambientes internos, pois envolvem uma maior variação das condições climáticas (LOIS; LABAKI, 2001). Além da variabilidade das condições climáticas, outra dificuldade no trato do assunto é a aclimação regional dos indivíduos, que denota na indispensabilidade de estudos locais para o entendimento das necessidades de conforto térmico de cada população.

Vários índices preditivos de conforto térmico foram desenvolvidos em busca de prever a sensação térmica dos indivíduos, como o caso do índice PET ou *Physiological Equivalent Temperature* (HOPPE, 2000) elaborado para a população europeia. No entanto a realidade climática europeia é distinta da realidade brasileira, e ainda as diversas regiões brasileiras são diferentes entre elas.

A temática da ventilação urbana, objeto deste estudo, se mostra importante na tentativa de entender e prever cenários futuros com melhores condições de vida nas cidades. Tendo em vista que as configurações urbanas impactam nas condições climáticas locais; que a ventilação para o clima de Vitória é fundamental para a mitigação do desconforto térmico; e que o planejamento local é instrumento importante para regular a estrutura urbana, foram estabelecidas as seguintes hipóteses de trabalho:

1. As diferentes configurações urbanas impactam de formas diversas no fluxo de ventilação natural;



2. A percepção e preferência de vento do transeunte dependem das condições climáticas do ambiente; e
3. O Plano Diretor de Vitória não considera suficientemente as questões de ventilação nos índices urbanísticos, estabelecidos para cada zona urbana.

A fim de testar as hipóteses levantadas delineou-se esta pesquisa considerando a interferência conjunta entre as variáveis, ventilação, configuração urbana e conforto térmico do transeunte. Dessa forma, o **objetivo principal** da pesquisa foi avaliar a importância do vento para o conforto térmico do transeunte em regiões litorâneas de clima quente e úmido.

Para o alcance dos resultados, definiu-se como amostragem um trecho urbano da Orla de Camburi em Vitória (ES), foram estabelecidos cinco objetivos específicos:

1. Avaliar o impacto que diferentes configurações urbanas exercem no fluxo de ventilação natural;
2. Testar a associação entre as seguintes variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação;
3. Estabelecer a forma como os transeuntes percebem e preferem o vento em dias frescos e quentes;
4. Propor uma calibração inicial da faixa térmica de PET para a população de Vitória; e
5. Avaliar a adequabilidade do Plano Diretor de Vitória quanto às questões concernentes a ventilação.

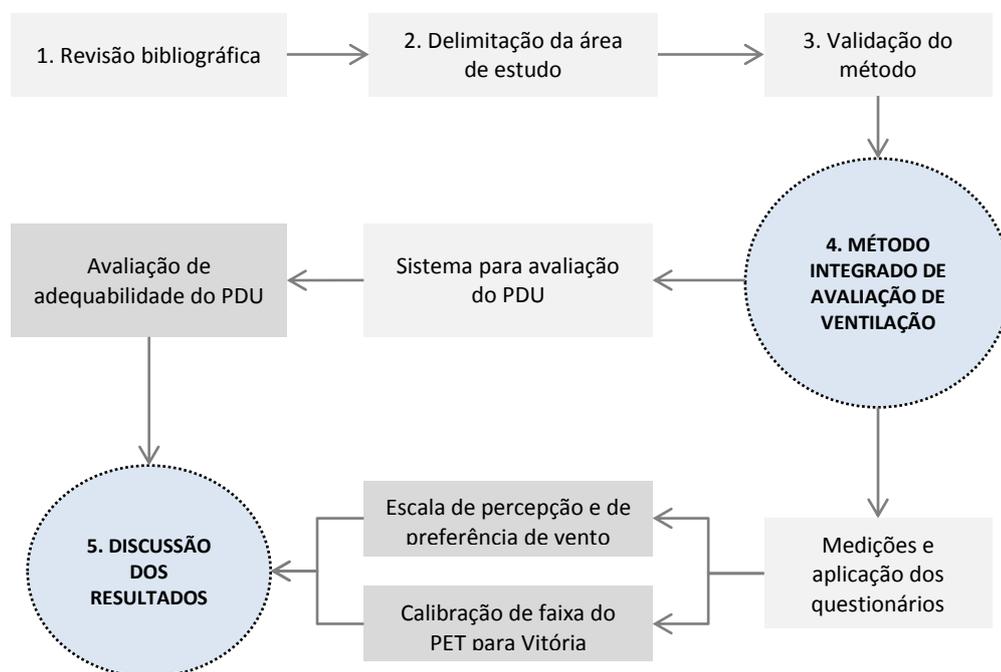
O método utilizado foi o bibliográfico (revisão de literatura), indutivo experimental (levantamento de campo de variáveis microclimáticas, variáveis pessoais e subjetivas) apoiado por método comparativo (associação entre variáveis microclimáticas e associação com interferência entre as variáveis, vento, tipologia e conforto térmico).

Os resultados do estudo forneceram subsídio para a proposição de: (a) escala de percepção e preferência de vento; (b) proposição inicial de calibração do índice preditivo de conforto térmico PET para a realidade climática de Vitória; (c) sistema para avaliação de adequabilidade quanto às questões de ventilação do PDU.

O delineamento da pesquisa seguiu, portanto as seguintes cinco etapas principais (Figura 1):

1. Revisão bibliográfica;
2. Delimitação da área de estudo;
3. Aplicação e teste do método inicial (validação do método);
4. Proposição e aplicação do Método Integrado de Avaliação de Ventilação;
5. Análise e discussão dos resultados.

Figura 1- Fluxograma do delineamento da pesquisa



A **estrutura da dissertação** foi composta por oito capítulos.

No **capítulo 1** de introdução, que ora se finaliza, realizou-se uma contextualização da relação das configurações urbanas para a formação dos microclimas e a importância da ventilação em áreas de clima tropical úmido. Foi abordada também a questão do impacto dessas relações no conforto térmico do transeunte e do tratamento das questões climáticas nos instrumentos de planejamento urbano. Apresentaram-se, ainda, as justificativas, as hipóteses de trabalho, os objetivos, o delineamento da pesquisa, e a estrutura dos capítulos.

No **capítulo 2** foram realizadas a revisão bibliográfica e a revisão histórica para compreensão dos conceitos, ações do vento e importância do vento no meio urbano. Especial atenção foi dada aos efeitos das ações do vento e a importância da ventilação no meio urbano. Foram ainda trabalhados os conceitos e definições do vento, o perfil de vento



e sua relação com a cidade, assim como a conceituação das camadas limite urbana e intra-urbana.

No **capítulo 3** é tratada a importância da ventilação natural para o conforto térmico do transeunte. Foram expostos também alguns índices e modelos preditivos de conforto, assim como os processos de balanço térmico do corpo humano.

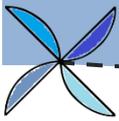
No **capítulo 4** foram analisados os instrumentos de planejamento urbano com destaque para a Constituição Federal, o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor e o Código de Obras, especialmente com foco na consideração dos elementos climáticos voltados para a obtenção de conforto térmico urbano.

No **capítulo 5** foi definida e caracterizada a área de estudo em Vitória (ES) quanto aos aspectos climáticos e geográficos. Sequencialmente foi definido e descrito o Método Integrado de Avaliação de Ventilação proposto nesta pesquisa, assim como a disposição dos pontos de medições, os instrumentos utilizados e a aplicação do método em dias pré-definidos.

No **capítulo 6** sintetizou-se os dados coletados no capítulo anterior, onde foram apresentados e analisados os resultados das medições. Os valores obtidos nos pontos de amostragem climática foram organizados em gráficos e tabelas que ilustram e demonstram as informações referentes às variáveis climáticas e os votos de sensação térmica dos transeuntes.

No **capítulo 7** foram feitas as considerações finais a respeito do trabalho e sugestões para a realização de estudos futuros. Reforçando a importância do aprofundamento do tema através da realização de estudos climáticos para a mitigação do desconforto térmico local.

No **capítulo 8** são apresentadas as referências citadas na presente dissertação.



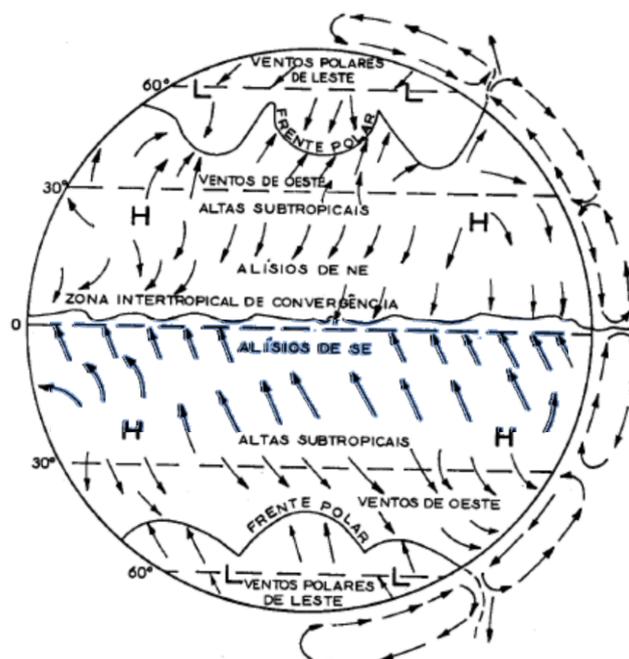
Este capítulo apresenta inicialmente a definição dos conceitos adotados na pesquisa relacionados às ações e perfil do vento, bem como sua relação com a cidade. Em seguida é apresentada uma revisão histórica acerca do tratamento dado à ventilação urbana em diversas culturas e períodos temporais que ressaltam a necessidade de adaptar o meio urbano às condições de ventilação locais.

2.1. O VENTO

Os ventos são movimentos de ar ocasionados pela distribuição de radiação desigual na superfície da Terra e pelo seu movimento de rotação (AYOADE, 2011). No primeiro caso, ocorre variações da distribuição sazonal das pressões atmosféricas; e no segundo caso, o movimento de rotação da Terra dá origem ao Efeito de Coriolis (FERREIRA, 2006).

De acordo com Ayoade (2011), sobre cada hemisfério há cintos de alta e baixa pressão atmosférica, podendo ser permanentes ou cíclicos. Em cada hemisfério há três cintos globais de vento: os alísios, os de oeste e os polares (**Figura 2**).

Figura 2 – Diagrama dos ventos no globo terrestre



Fonte: Adaptado de Ayoade (2011)



Os ventos alísios são fracos e formam o cinto de calmaria equatorial de baixa pressão no Equador; os ventos oeste são rápidos e se deslocam através das regiões subárticas de baixa pressão; e os polares são tempestuosos, pois são formados por massas de ar frio (AYOADE, 2011; FERREIRA, 2006; CUADRAT; PITA, 2006).

No hemisfério Sul se encontram os ventos alísios de sudeste, os predominantes de oeste e os polares de leste. No Brasil os ventos principais são os originários das regiões subtropicais de alta pressão, sendo predominantes no país os ventos alísios de sentido sudeste (AYOADE, 2011).

Romero (1998) ressalta que para o desenho urbano é importante concentrar-se no estudo dos ventos locais, sendo assim necessário conhecer como se processam os mecanismos do vento nas camadas mais baixas da atmosfera. Os perfis típicos de vento para as condições de atmosfera neutra são influenciados pelas características da superfície a ser ultrapassada, o que conseqüentemente resulta em perfis com diferenças em altura.

A movimentação do ar nos baixos níveis ocorre por convecção, onde o ar acima de uma determinada superfície é aquecido desigualmente (FERREIRA, 2006). O ar aquecido se torna menos denso e sobe, enquanto o ar mais frio, localizado em suas proximidades desce.

Esse efeito pode ser percebido em regiões litorâneas na formação das brisas diurnas (sentido mar – terra) e noturnas (sentido terra – mar). Durante o dia a terra se aquece mais rapidamente que o mar e a diferença de pressão faz com que o ar se movimente em direção a terra. O efeito contrário acontece durante a noite, quando a água demora mais tempo para esfriar que a terra, formando assim uma brisa terra-mar.

A despeito desses aspectos de formação do vento, coexistem no meio urbano outros fatores intrincados que influenciam essas correntes de ar a nível local, como a morfologia e a tipologia das configurações urbanas. O impacto dessas características urbanas na ventilação será tratado adiante, nos subcapítulos subsequentes.

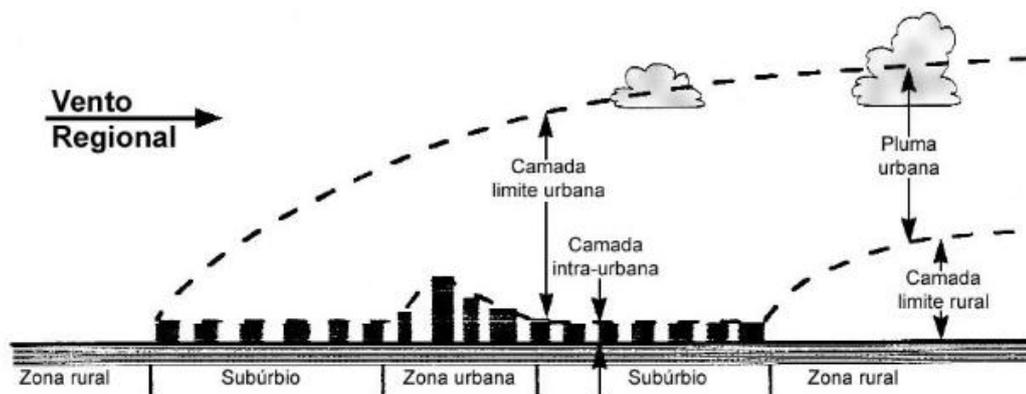


2.2. O PERFIL DE VENTO E A RELAÇÃO COM A CIDADE

Para a compreensão do efeito do vento no meio urbano é necessário entender a configuração da Camada Limite Atmosférica¹ (CLA). Essa camada, de acordo com Oke (1996) se subdivide em duas camadas: a camada limite urbana² e a camada intra-urbana³.

A cidade que apresenta um perfil de rugosidade maior que os arredores rurais pode alterar as características do fluxo de ventilação natural, tanto na intensidade quanto na direção (Figura 3).

Figura 3 – Níveis das camadas urbanas



Fonte: Adaptado de Faria (1997)

A massa de ar atmosférica, ao entrar em contato com a superfície terrestre gera um atrito que ocasiona uma força de arrastamento, com direção e sentido contrário, que reduz sua velocidade (SILVA, 2003).

A região onde o escoamento caracteriza-se pela existência de um gradiente vertical de velocidade denomina-se **camada limite atmosférica (CLA)** (SILVA, 2003). A delimitação desta camada depende da topografia local, das dimensões e forma dos obstáculos naturais e artificiais (rugosidades) até uma cota vertical na qual se atinge uma velocidade constante.

¹ Tradução nossa do termo original em inglês *Planetary Boundary Layer* (PBL).

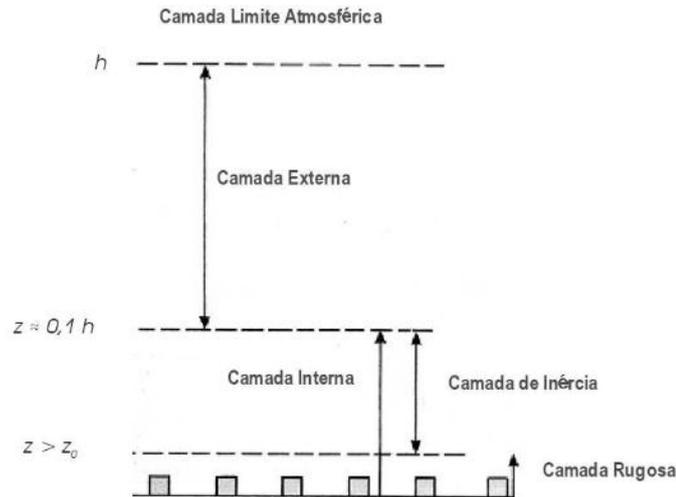
² Tradução nossa do termo original em inglês *Urban Boundary Layer* (UBL).

³ Tradução nossa do termo original em inglês *Urban Canopy Layer* (UCL)



A estrutura típica da CLA em condições de estratificação neutra é composta por 02 (duas) camadas distintas: a interna ou de superfície; e a externa ou de Ekman (GARRATT, 1994), como ilustra a **Figura 4**.

Figura 4 – Estruturação da CLA em condições de estabilidade neutra



Fonte: Garratt (1994)

Na camada interna ou de superfície, o fluxo de ar depende das características físicas da superfície. Esta camada subdivide-se em duas subcamadas: a rugosa e a de inércia. A camada rugosa é formada pelos elementos construídos (rugosidades) que originam fluxos complexos à sua volta, denominados vórtices ou turbilhões (GARRATT, 1994). A camada de inércia tem como principal característica um perfil de vento logarítmico em condições de estabilidade neutra (GARRATT, 1994).

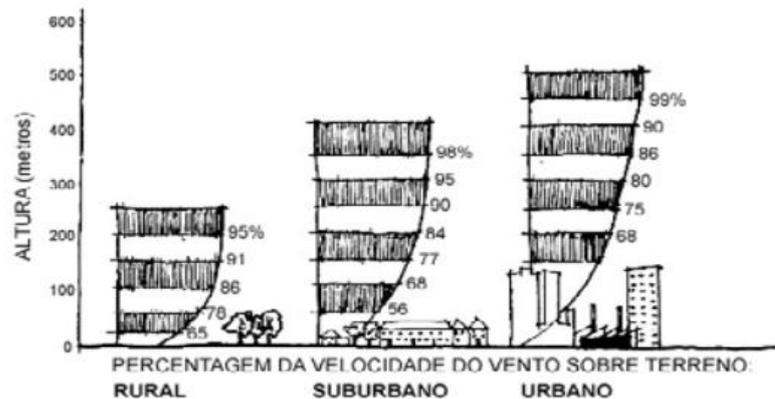
A denominada **camada limite urbana (CLU)** é uma subdivisão da camada atmosférica sendo especialmente importante para análise da ventilação, pois essa variável climática é impactada pela rugosidade da tipologia urbana.

O vento distante dos efeitos superficiais, apresenta um perfil de velocidade vertical aproximadamente constante, ao se aproximar do solo tem sua velocidade reduzida, criando assim um gradiente de velocidade (MASCARÓ, 2004; COCEAL; BELCHER, 2006).



Assim, a camada limite rural, existente nas zonas agrárias, possui um gradiente de velocidade do vento menor (altura) em relação à zona urbana, pois nessa o vento não sofre alteração da superfície rugosa da tipologia urbana (Figura 5).

Figura 5 – Gradiente de velocidade influenciado pela rugosidade



Fonte: Mascaró (2004)

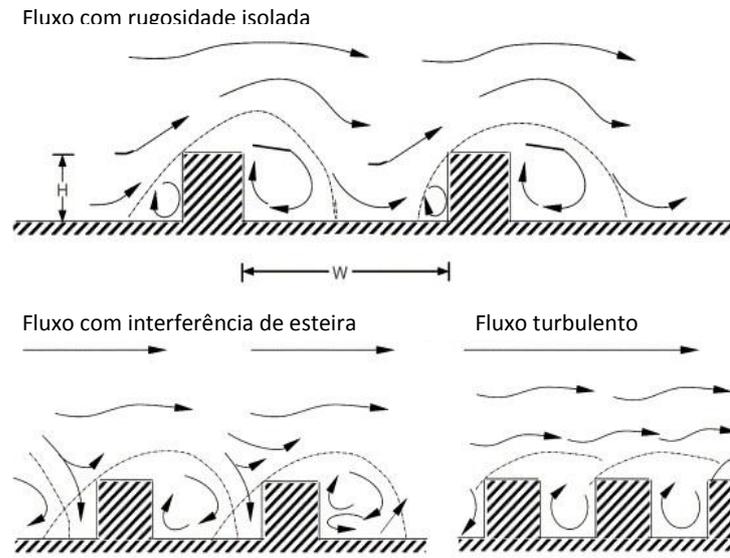
Já a **camada intra-urbana** é composta pelas áreas não edificadas inseridas no ambiente construído, como ruas e praças, e é nessa camada que estão concentrados os estudos desta pesquisa. Esta camada pode apresentar diversas condições de ventilação, pois sofre interferências de inúmeras características do meio edificado, como o tamanho das edificações, orientações das construções, densidades da área construída e padrões gerais de uso do solo (HIGUERAS, 2006).

De acordo com Grimmond e Oke (1999), existem 03 (três) formas de avaliar a interferência da geometria das configurações urbanas na ventilação natural (Figura 6):

1. Fluxo com rugosidade isolada: quando as edificações são dispostas espaçadamente entre si, fazendo com que não haja interferência no fluxo de ar dos obstáculos que estão a sotavento (lado oposto do qual sopra o vento).
2. Fluxo com interferência de esteira: quando a esteira do vento, ao atingir os obstáculos a sotavento, causa interferência no fluxo de ar.
3. Fluxo turbulento: quando a distância entre dois obstáculos é tão estreita que o fluxo de ar é desviado para cima dos obstáculos, ocasionando um movimento turbulento no espaço entre esses obstáculos.



Figura 6 – Regimes de escoamento perpendicular em cânions urbanos de diferentes proporções



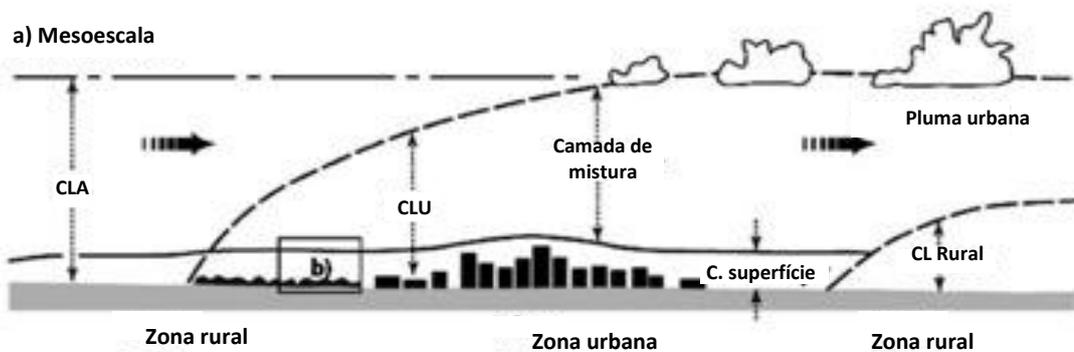
Fonte: Adaptado de Oke (1988, apud Ahmad et. al., 2005)

Escalas de análise climática

De acordo com Oke (1996) as escalas de análise climática podem ser divididas em três categorias: mesoescala, escala local e microescala. Cada uma dessas escalas geram dados climáticos específicos, pois sofrem influências de naturezas diferentes.

A mesoescala corresponde à influência integrada da cidade e compreende vários climas locais (Figura 7). Nessa escala os dados como insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade do ar e ventos são obtidos em estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma determinada região.

Figura 7 - Mesoescala



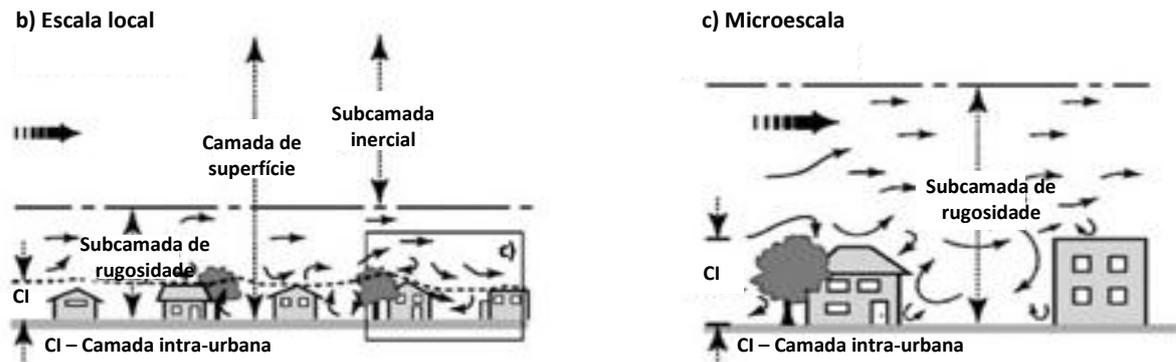
Nota: CLA – Camada Limite Atmosférica, CLU – Camada Limite Urbana

Fonte: Adaptada de Oke (1997, apud Oke, 2006)



A escala local corresponde a uma combinação característica de elementos, podendo corresponder a um tipo diverso de ocupação urbana, como bairros, parques, dentre outros; ou ainda a condições topográficas específicas, tais como vales e colinas. Sendo assim, um clima local engloba um mosaico de microclimas (**Figura 8**).

Figura 8 – Escala local (b) e Microescala (c)



Fonte: Adaptada de Oke (1997, apud Oke, 2006)

A microescala é a menor escala climática e reflete a influência de elementos urbanos individuais e dos seus arranjos básicos, como os edifícios e as suas partes constituintes; e trechos de ruas e praças, e é nessa escala que se concentram os estudos desta pesquisa (SILVA; ALVAREZ, 2013b). Sendo assim, os diversos microclimas de uma cidade são responsáveis por formar o clima local.

2.3. A CONFIGURAÇÃO URBANA E A VENTILAÇÃO NATURAL

Nos estudos acerca do clima urbano, um dos aspectos que tem sido abordado com mais frequência é a relação da forma urbana com a formação dos microclimas, sendo o ajuste da forma urbana apontado como uma das soluções para o alcance do conforto térmico ambiental (SILVA; ALVAREZ, 2013b).

Para a realização da análise ambiental urbana é necessário entender o espaço em sua tridimensionalidade, considerando seus elementos constituintes visando o estabelecimento efetivo dos fatores de interferência.

O tecido urbano pode reduzir consideravelmente a velocidade do vento devido a diversos fatores, tais como a alta rugosidade e a baixa porosidade da estrutura urbana. O arranjo das



construções, sua configuração e a presença de obstáculos externos também exercem papel importante na modificação do perfil do vento.

A configuração urbana espacial é representada pelos afastamentos, disposição, altura, largura e profundidade da massa edificada, associados às características dos aspectos morfológicos, como a topografia. De acordo com Oliveira (1998), as configurações urbanas formam condicionantes do clima urbano através de características como, rugosidade e porosidade, densidade construída e ocupação do solo, horizontalidade e verticalidade, presenças de massas d'água e vegetação, dentre outras.

Pesquisas como a realizada por Rocha e outros (2011) apontam que a presença de vegetação e permeabilidade do solo associados as características de uso e ocupação do solo exerce influência significativa na diminuição da temperatura do ar noturna e, conseqüentemente, na minimização das ilhas de calor. Labaki e outros (2011) alertam que em relação ao conforto térmico deve-se observar o formato das árvores, que podem dificultar a circulação do vento sob elas reduzindo assim os níveis de conforto.

O adensamento urbano exerce influência direta na redução da velocidade dos ventos na camada intra-urbana. Blessman (1990) afirma que a densidade das massas edificadas forma um obstáculo significativo para um escoamento do ar sem grandes turbulências.

A topografia em que se insere uma configuração urbana impacta na ventilação, sendo que cidades planas, em acrópole, vales ou estuários influenciam de formas diferentes no fluxo de ventilação. Conforme Romero (2000), nas cidades planas o vento incidente é moderado; as acrópoles recebem ventos fortes, já os vales ou estuários impedem que os ventos cheguem ao seu interior. No entanto, o vento pode ser mais ou menos desejável, de acordo com as características locais, como temperatura e umidade do ar.

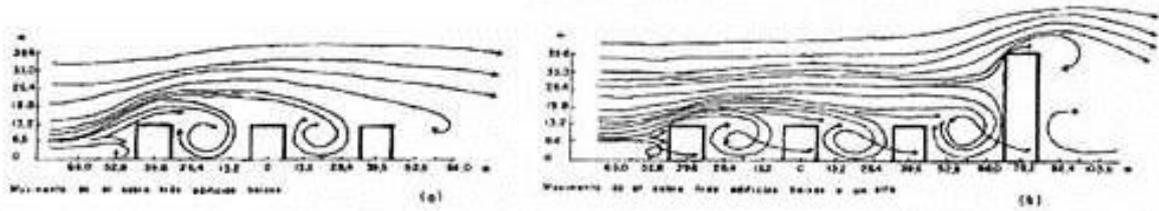
2.3.1. Rugosidade e Porosidade

A rugosidade e porosidade do meio urbano são características morfológicas e tipológicas que determinam o desempenho da estrutura urbana em relação a um maior ou menor aproveitamento dos ventos.

Segundo Santos (2004) a rugosidade é formada pela superfície das massas edificadas (altura das edificações) e altera significativamente a forma de deslocamento das massas de ar, pois altera seu movimento natural laminar para um movimento turbilhonar através do efeito de fricção que exerce sobre os ventos (**Figura 9**).



Figura 9 – Efeito do vento sobre os edifícios



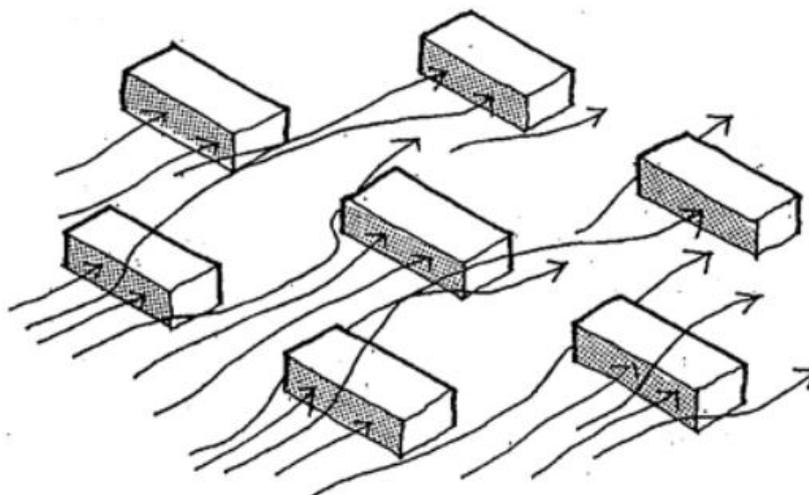
Fonte: Villas Boas (1983)

A porosidade é representada pela maior ou menor permeabilidade de uma estrutura urbana à passagem dos ventos, sendo expressa entre a relação entre espaços abertos e espaços edificados (SANTOS, 2004). A porosidade urbana é formada pelos afastamentos entre edifícios, a taxa de ocupação, a existência de espaços vazios e a largura das vias.

Do ponto de vista do desenho urbano, generosos recuos progressivos e reduzidos coeficientes de aproveitamento do terreno, são ferramentas mais eficientes que a limitação de gabaritos para incentivar a circulação da ventilação natural no interior da malha urbana (CÂNDIDO; BITTENCOURT, 2005).

Edifícios dispostos próximos uns dos outros dificultam a circulação do ar e acarretam em prejuízos para as edificações posteriores (BITTENCOURT et al., 2005). Dessa forma, Evans e Schiller (1994) orientam a disposição dos lotes de forma que o fluxo de ventilação alcance todos os edifícios de uma quadra, como no arranjo tipo tabuleiro de damas (**Figura 10**).

Figura 10 – Disposição dos lotes (em perspectiva) em relação à ventilação



Fonte: Evans e Schiller (1994)



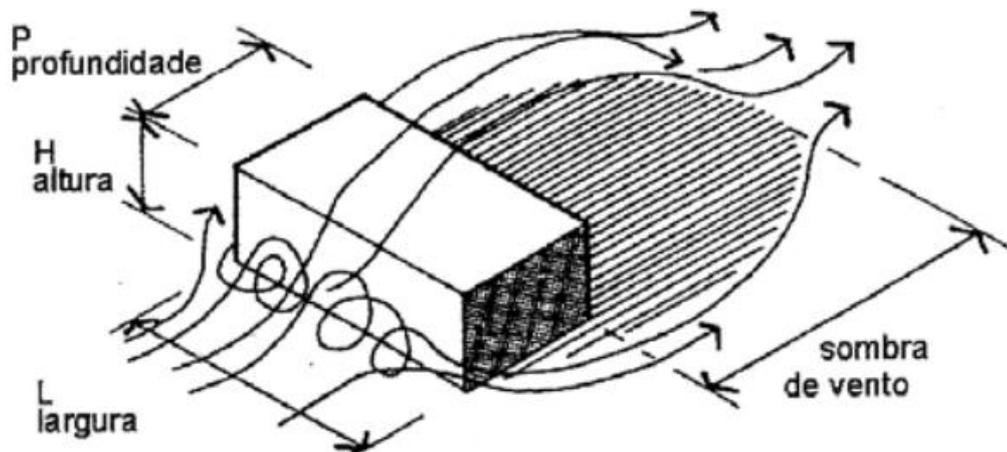
2.3.2. O efeito do vento no entorno dos edifícios

O campo de escoamento do vento ao redor de um edifício é determinado pelas características do vento a barlavento (lado onde sopra o vento) e pelas características geométricas do edifício.

A zona de separação entre o fluxo livre do vento e a região turbulenta, que depende da geometria do edifício, é denominada de esteira (ASSIS; VALADARES, 1995), que também é conhecida como sombra de vento, está localizada a sotavento do edifício e é caracterizada pela formação de vórtices e de zonas de recirculação do ar.

O escoamento que ocorre a sotavento e no entorno do edifício é influenciado por diversos fatores e entre eles destacam-se a geometria do edifício, suas relações em função da largura e a direção do vento incidente na face à barlavento, ressaltando que esses fatores irão influenciar no tamanho da esteira (EVANS; SCHILLER, 1994), conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Sombra de vento em função da geometria do edifício

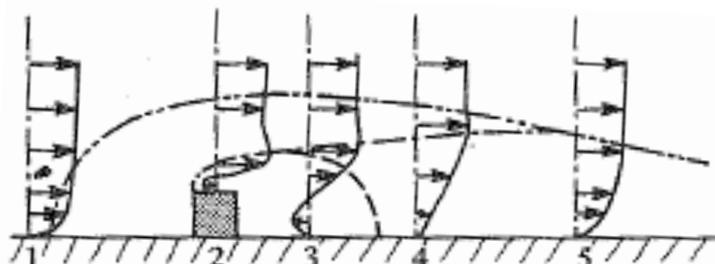


Fonte: Evans e Schiller (1994)



O comportamento vertical do fluxo de vento ao encontrar um edifício sofre uma variação na sua velocidade em altura. O vento imediatamente após ultrapassar um obstáculo tem sua velocidade aumentada acima do mesmo, enquanto no nível do solo tem sua velocidade reduzida. Ao se afastar da obstrução há um reajuste no perfil de vento inicial (**Figura 12**).

Figura 12 – Perfis de vento e zonas de fluxo normal a um obstáculo



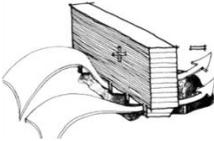
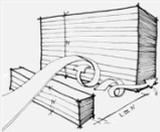
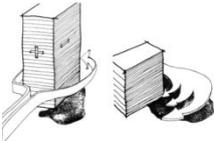
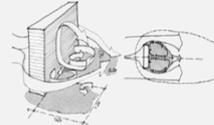
Fonte: OKE (1987)

Os escoamentos no nível do transeunte são estabelecidos pela complexa interação entre o vento e o meio construído. As configurações do meio urbano, formadas pelas justaposições dos elementos constituintes da cidade definem zonas de baixas e altas pressões ao redor dos edifícios, que podem gerar ou não aceleração do vento.

Os efeitos do vento no entorno do edifício são descritos a seguir no **Quadro 1**.

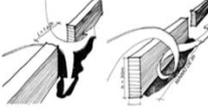
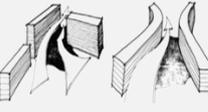
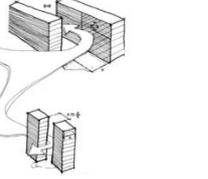
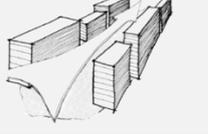
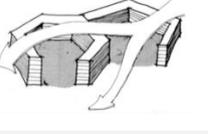
Quadro 1– Efeitos aerodinâmicos de vento sobre conjuntos de edificações

(continua)

Efeito	Esquema	Definição	Características	Relações
Efeito Pilotis		Escoamento através de pilotis que ligam as áreas em pressão positiva e negativa	Entrada de ar difusa, saída localizada	$h \geq 15m$
Efeito de Redemoinho ou "Wise"		Rolo turbilhonar ao pé da face do edifício exposta ao vento	Zona de turbulência incômoda ao pé do edifício. O efeito é reforçado pela presença de um edifício mais baixo ($10 \leq h \leq 15m$), à frente	$h \geq 15m$
Efeito de esquina ou de canto		Escoamento nos ângulos do edifício	Gradiente horizontal elevado e desconfortável para o pedestre. Quanto mais alto o edifício, pior o efeito	$h \geq 15m$, para edifícios isolados; $h \geq 30m$, para conjuntos de edifícios.
Efeito Esteira		Circulação em turbilhão atrás do edifício	Zona de turbulência incômoda na parte posterior do edifício	$15m \leq h \leq 35m$, o efeito persiste por cerca de 4h,

**Quadro 1**– Efeitos aerodinâmicos de vento sobre conjuntos de edificações

(conclusão)

Efeito	Esquema	Definição	Características	Relações
Efeito Barreira		Desvio em espiral do escoamento, ao cruzar um edifício com ângulo de incidência de cerca de 45°	Zona de turbulência incômoda na parte posterior central do edifício. O efeito ocorre em edifícios com forma mais alongada	$h < 25m$ e $\geq 8h$; $d \leq h$; o efeito persiste por cerca de 2h
Efeito Venturi		Um coletor formado pela disposição dos edifícios faz um ângulo aberto ao vento	Saída em jato, muito incômoda na área de estrangulamento	$h > 15m$; $c1+c2=100m$
Efeito União de Zonas de Pressão Diferentes		Escoamento entre zonas de pressão diferentes formadas pela disposição de edifícios paralelos	Influência preponderante da altura dos edifícios, provoca alteração na direção do vento	$h \geq 15m$; $d' \leq h$; $a \geq h$; para $h > 100m$, $d' = e/4$
Efeito de Canalização		Escoamento por um conjunto construído que forma um corredor aberto	Não é, por si só, causa de incômodo, a não ser quando associado a outro efeito ou quando a velocidade do vento é muito grande	$h \geq 6m$; $d' < 2h$
Efeito Malha		Escoamento através de um arranjo de edifícios que forma pátios centrais ou bolsões	O pátio central pode ser protegido do vento ou, pelo contrário, há interesse em que seja ventilado	$h > e$; $b \leq P/4$; $S/h2 \leq 10$ para $15m \leq h \leq 25m$ (efeito de proteção)
Efeito Pirâmide		Escoamento através de um conjunto de edificações destacado e de forma piramidal	Esta forma dissipa o máximo da energia eólica, em qualquer direção do vento. Alta turbulência	Áreas críticas são os cantos dos edifícios e os terraços ou varandas

LEGENDA: **h** - altura média do edifício ou conjunto de edifícios; **e** - largura do edifício; **c** – comprimento do edifício ou comprimento total dos edifícios alinhados; **d** - distância entre edifícios alinhados; **d'** distância entre edifícios paralelos; **a** - diferença de comprimento entre dois edifícios paralelos; **b** comprimento da abertura do pátio; **P** - perímetro da malha; **S** - área do pátio central.

Fonte: Adaptado de Assis e Valadares (1995)

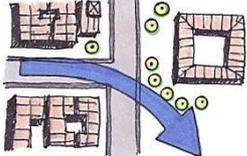
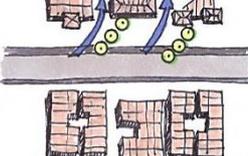
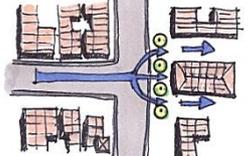
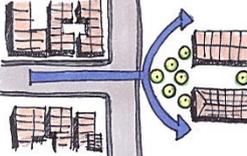
Além dos edifícios, a presença de muros no perímetro dos lotes pode produzir uma significativa redução do movimento do ar, especialmente se os muros forem altos e fechados. Ressalta-se que a velocidade do ar na região da sombra de vento é dada em função da altura do muro, do tipo de fechamento e da distância entre ele e a edificação (CÂNDIDO; BITTENCOURT, 2008).

Visto que a disposição dos edifícios no meio urbano impacta no fluxo de ventilação natural, há de se considerar também a influência que a vegetação exerce no vento. O impacto da vegetação no fluxo de ar é mais intenso próximo ao solo e depende do arranjo de plantio e das espécies utilizadas (GIVONI, 1998).



Podem ser apontados quatro efeitos básicos da vegetação no fluxo de ventilação natural: deflexão, condução, filtragem e obstrução, como descritos no **Quadro 2**.

Quadro 2 – Efeitos aerodinâmicos de vento sobre barreira vegetal

Deflexão	Condução	Filtragem	Obstrução
			
Desvio da direção do fluxo de ar	Direcionamento do fluxo de ar	Redução da velocidade do vento	Bloqueio do fluxo de ar

Fonte: Elaborado a partir de Mascaró (2004)

2.4. A VENTILAÇÃO URBANA NO CONTEXTO HISTÓRICO

As preocupações referentes à ventilação urbana são muito antigas, como por exemplo, na cidade de Kahun, no antigo Egito, aproximadamente no ano de 2000 a.C., em que as construções eram orientadas de forma a tirar proveito dos ventos dominantes do Vale do Nilo (SARAIVA, 1994).

A casa dos oficiais recebia o vento mais fresco proveniente da região do Vale do Nilo, enquanto as casas dos trabalhadores serviam de bloqueio para que o vento quente não atingisse as casas dos oficiais (**Figura 13**).

Figura 13 – Orientação das habitações em Kahun



Fonte: Adaptado de Saraiva (1994)

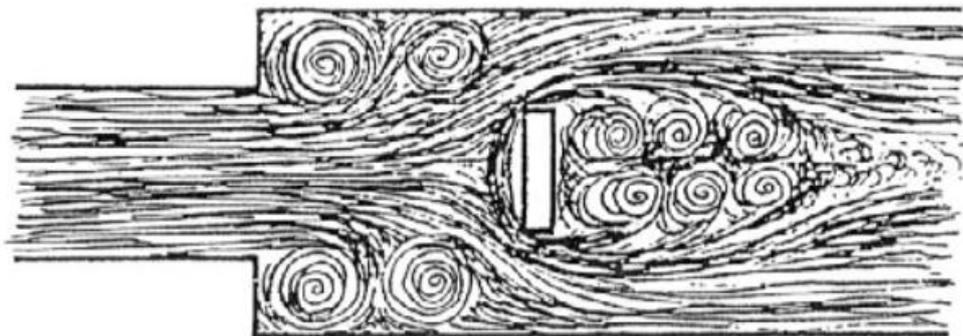


Vitrúvio no séc. I a.C. no livro *Tratado de Arquitetura* (VITRÚVIO, 2007) orienta que a disposição, os materiais e o *lay-out* interno das casas precisam considerar as questões climáticas locais, estabelece parâmetros para a implantação de cidades em função dos ventos dominantes. Dispõe sobre a orientação das ruas em relação aos ventos e no primeiro parágrafo relata o efeito dos ventos nos transeuntes (VITRÚVIO, 2007).

Os ventos frios são desagradáveis, os ventos quentes enervantes, os ventos úmidos insalubres. Devemos, portanto, evitar erros nesta matéria e tomar cuidado com a experiência comum de muitas comunidades. Por exemplo, Mitilene, na ilha de Lesbos é uma cidade construída com magnificência e bom gosto, mas a sua posição mostra uma falta de previsão. Nessa comunidade, quando o vento é sul, as pessoas adoecem, quando é noroeste, elas começam a tossir, com um vento norte elas podem de fato se recuperar, mas não podem permanecer nos becos e ruas, devido ao frio intenso (VITRÚVIO, 2007).

Avançando cronologicamente, por volta de 1500, Leonardo da Vinci esboça o que pode ser a primeira representação, com alguma realidade física, do escoamento de fluidos ao redor de um obstáculo físico (SARAIVA, 1994), conforme se pode observar na **Figura 14**.

Figura 14 – Representação gráfica de Da Vinci sobre o escoamento dos fluidos



Fonte: Saraiva (1994)

No ano de 1573, foram estabelecidos parâmetros para a localização de cidades espanholas da América do Sul e América Central, prevendo-se que essas deveriam situar-se em elevações orientais ou ocidentais de montanhas, com o objetivo de se protegerem dos ventos indesejáveis (SARAIVA, 1994).



O crescimento não planejado da cidade industrial, na segunda metade do século XIX, acarretou condições agravantes de insalubridade. A alta densidade das configurações urbanas e as ruas estreitas associadas às edificações conjugadas impediam o necessário arejamento e insolação urbana o que contribuía para a manifestação de doenças, especialmente devido à falta de renovação do ar (HALL, 2002).

Nos anos seguintes, as tendências urbanísticas das cidades industriais foram refletidas em propostas e aprovações de leis sanitárias. As preocupações com as condições de salubridade das cidades para a saúde dos cidadãos nortearam planos como os de: Paris de Haussman (1851), Barcelona de Cerdá (1859), e as cidades Jardins de Howard (1898).

Em 1818, Luke Howard realiza o primeiro estudo sobre clima urbano, constatando que a temperatura do centro de Londres era maior do que as registradas nos arredores rurais da cidade (ASSIS, 2005). Os resultados deste estudo apontam para a ocorrência das Ilhas de Calor Urbano (*Urban Heat Island*) apesar de não receber esta nomenclatura na época.

O fenômeno das ilhas de calor urbano pode ser explicado como o resultado das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização (GARTLAND, 2010). Na segunda metade do século XXI na França e na Alemanha, estudos acerca da temática multiplicaram-se em função da expansão das redes de observação meteorológica (ASSIS, 2005).

No final do século XX, Oke (1982) aponta que a variável meteorológica de impacto mais significativo na redução da intensidade das ilhas de calor é a velocidade do vento, sendo esta afirmação corroborada por estudos estatísticos realizados por Sundborg; Duckwort; Sandberg (1951, 1954, 1965 apud OKE, 1982).

Inicialmente o estudo da ventilação baseou-se na observação de seus efeitos. Em 1806, Beaufort a partir da observação do efeito sobre o aspecto da superfície do mar criou uma escala que descreve a intensidade dos ventos (PENWARDEN, 1973). Originalmente desenvolvida para o uso no mar, esta escala foi revista e estendida para o uso em terra.



O sistema adotado por Beaufort para calcular e informar a velocidade do vento é baseado no número de Beaufort, o qual é composto pela velocidade do vento, um termo descritivo e os efeitos visíveis sobre as superfícies da terra ou do mar (**Tabela 1**).

Tabela 1– Escala de Beaufort

Grau	Designação	m/s	Km/h	Ilustração	Efeitos em terra
0 - 1	Calmaria	0 – 1,5	0 - 5		Fumaça sobe na vertical
2	Brisa leve	1,6 -3,3	6 - 11		Fumaça indica a direção do vento; as folhas das árvores movem
3	Brisa fraca	3,4 - 5,4	12 - 19		As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	Brisa moderada	5,5 - 7,9	20 - 28		Poeira e pequenos papéis levantados, movem-se os galhos das árvores
5	Brisa fresca	8 - 10,7	29 - 38		Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas
6	Brisa forte	10,8 - 13,8	39 - 49		Movem-se os ramos das árvores, dificuldade em manter um guarda-chuva aberto, assobio em fios de postes
7	Vento fraco	13,9 - 17,1	50 - 61		Movem-se as árvores grandes, dificuldade de andar contra o vento
8	Vento moderado	17,2 - 20,7	62 - 74		Quebram-se galhos de árvores, grande dificuldade em andar contra o vento
9	Vento forte	20,8 - 24,4	75 - 88		Danos em árvores e pequenas construções, impossível andar com o vento

Fonte: adaptado de Penwarden (1973) e Mount Washintong (2013)

O efeito do vento nas pessoas foi investigado quantitativamente inicialmente por Penwarden (1973), cujo objetivo foi estabelecer os limites de vento considerados aceitáveis ou não. Para o alcance do objetivo utilizou-se de fórmulas para o entrecruzamento de dados da escala de Beaufort com as variáveis ambientais, temperatura do ar e velocidade do vento, e os fatores pessoais, como atividade e vestimenta.

A análise do clima das cidades em função de sua urbanização mostra-se de suma relevância, especialmente no século XXI onde a maioria da população mundial se encontra nos centros urbanos. A ventilação é apontada como meio de alcançar melhores condições de conforto ambiental nas cidades, seja permitindo ventos agradáveis ou bloqueando os indesejáveis; conseguindo condições de salubridade ou mitigando o desconforto térmico.

No meio acadêmico, tem sido evidenciado o aumento nos estudos acerca do clima urbano e suas aplicações no planejamento das cidades, tanto no Brasil quanto internacionalmente.



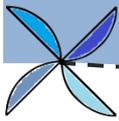
Como desdobramento desses estudos entendeu-se a necessidade do conhecimento das variáveis climáticas e a sua dinâmica de atuação nas configurações urbanas para minorar o desconforto climático (OKE et al., 1999; GOMES. LAMBERTS, 2009), em especial a ventilação para as cidades de clima tropical úmido.

2.5. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA

O levantamento do referencial teórico refirma a importância da ventilação urbana para o conforto térmico tanto para o transeunte como no interior das edificações. Identificou-se a configuração urbana como um dos principais fatores de influência na velocidade e direção do fluxo de ventilação natural. Destaca-se a importância de se obter dados locais, visto que há uma grande diferença na dinâmica do fenômeno em cada localidade.

O impacto da configuração urbana na ventilação mostrou-se como um fato, no entanto são necessários dados quantitativos que mensurem o impacto efetivo que uma determinada configuração urbana exerce no fluxo de ventilação natural. Ressalva-se que a ventilação é mais ou menos desejável de acordo com a realidade climática de cada área, reiterando a necessidade de estudos locais individualizados.

Dessa forma, a presente pesquisa tendo em vista o panorama dos estudos realizados, busca contribuir para o avanço da temática, através da adoção de metodologia que procura conciliar os dados quantitativos das configurações urbanas e das variáveis climáticas - ventilação, temperatura, umidade e temperatura radiante -, aos dados qualitativos de conforto térmico e a análise dos instrumentos de planejamento urbano.



O presente capítulo trata do conforto térmico do transeunte, apresentando índices preditivos de conforto desenvolvidos para analisar qualitativamente um ambiente assim como as variáveis ambientais e pessoais que influem no bem-estar térmico. Enfoca especialmente a importância da ventilação natural para o alcance do conforto térmico do transeunte.

O conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano, sendo que esse equilíbrio é influenciado por fatores ambientais e pessoais. De acordo com Ruas (1999), o conforto térmico em um ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por um indivíduo, como resultado de uma combinação satisfatória entre as variáveis ambientais e a atividade realizada.

Os aspectos microclimatológicos referentes à interação higratérmica entre o indivíduo e o meio urbano dizem respeito às condicionantes ambientais e pessoais. A literatura científica, segundo Monteiro e Alucci (2007) a respeito da interação mencionada relaciona quatro condicionantes microclimáticas de especial relevância: a temperatura do ar, a umidade do ar, a velocidade do ar e a radiação térmica, sendo esta última comumente considerada por meio da temperatura radiante média.

3.1. TERMO REGULAÇÃO HUMANA

O controle térmico corporal é realizado através do sistema termorregulador, que através da vasodilatação e vasoconstrição comanda a quantidade de sangue que circula no corpo, possibilitando, respectivamente, maior ou menor troca de calor com o meio (RUAS, 1999). A sensação de conforto está relacionada com o balanço térmico do corpo, na medida em que a sensação de bem-estar depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo humano.

A temperatura interna do corpo humano varia entre 35°C e 37°C, no entanto, para que um indivíduo esteja em estado de conforto térmico no desempenho das atividades, são admitidas pequenas oscilações nessa temperatura interna (LAMBERTS, 2012). Em situações mais extremas, admitem-se variações um pouco maiores para que assim se evite o perigo de estresse térmico.

As exigências humanas de conforto térmico são determinadas pelo funcionamento de seu organismo e podem ser alcançadas quando as trocas de calor entre o corpo humano e o



meio ocorrem sem muito esforço. No entanto, as variáveis humanas, como a atividade desempenhada, vestimentas e parâmetros pessoais, impactam a percepção individual de conforto.

As trocas de calor entre o homem e o meio podem ocorrer de quatro formas: pela radiação, pela convecção, pela condução e pela evaporação. A radiação depende da temperatura das superfícies ao redor; a convecção depende da temperatura e da velocidade do ar; a condução depende da temperatura das superfícies onde existe um contato físico; e a evaporação depende da atividade física, da umidade relativa do ar e da velocidade do ar (RUAS, 1999).

3.1.1. Variáveis que influenciam a sensação de conforto térmico

A partir do entendimento que a sensação de conforto térmico em um indivíduo depende do grau de esforço do sistema termorregulador para manter a temperatura interna do corpo, faz-se necessário o conhecimento dos fatores que influenciam nos processos de troca de calor do corpo com o meio.

As variáveis que atuam na sensação de conforto são de duas naturezas: as microclimáticas, que são a temperatura do ar, a umidade do ar, a velocidade do ar e a radiação; e as variáveis pessoais, que referem-se ao isolamento térmico da vestimenta e a taxa metabólica (INTERNATIONAL..., 2005).

Há ainda os fatores psicológicos, como a expectativa psicológica e o histórico térmico, que podem influenciar na sensação de conforto térmico (HOPPE, 2002; NIKOLOPOULOU, 2004). Apesar desses fatores não serem o objeto de estudo da presente pesquisa, esses são contemplados em questões de percepção e preferência contidas nos questionários que integram o método de avaliação da pesquisa.

De acordo com a ISO 7726 (1998), a **temperatura do ar** representa a temperatura da massa de ar existente no entorno do corpo humano e influencia na sensação de conforto térmico à medida que quanto menor essa for em relação à temperatura da pele, maior será a remoção de calor por convecção (RUAS, 1999). No sentido inversamente proporcional, se o ar estiver a uma temperatura superior à da pele, o ar cederá calor para o corpo por convecção, constituindo dessa forma um obstáculo para a dissipação do calor por convecção (KOENISBERGER et al., 1997).

A **umidade do ar** é descrita pela quantidade de vapor d'água contido na atmosfera, sendo a umidade relativa do ar inversamente proporcional à temperatura. Para as medições



microclimáticas utilizam-se os valores de umidade relativa. Essa variável influencia na perda de calor do corpo para o ambiente por meio da evaporação. Em ambientes moderados – temperaturas menores que 26°C e atividade menor que 2met – a umidade do ar tem um impacto modesto na sensação térmica, enquanto em ambientes com temperaturas mais elevadas e atividades mais pesadas a influência da umidade é maior (INTERNATIONAL..., 2005).

Em condições transitórias, a umidade pode também ter uma influência significativa. A ISO 7730 (2005) ressalva que se os limites de umidade forem baseados apenas nas condições de conforto – incluindo sensação térmica, umidade ou ressecamento da pele e irritação ocular – uma vasta gama de valores de umidade é aceitável. Supõe-se geralmente que, em condições de calor, onde a perda de calor metabólico por convecção e radiação diminui e o volume de perdas de calor é via evaporação, o aumento da umidade acarreta em aumento do desconforto (NICOL, 2004).

Diante do exposto é possível afirmar que é necessário conhecer a temperatura e umidade relativa do ar para analisar a capacidade de contribuição da ventilação na remoção de calor no corpo humano (RUAS, 1999). Para uma condição de ar não saturado e com temperatura inferior à da pele, quando a ventilação aumenta, o processo de evaporação aumenta porque a umidade do corpo é retirada mais rapidamente. Nessa condição o processo de convecção também aumenta porque a velocidade de troca do ar que envolve o corpo é maior enquanto que quando a ventilação diminui, os processos de convecção e evaporação também diminuem (RUAS, 1999).

Dessa forma, percebe-se que a **velocidade do ar** precisa ser considerada para a determinação da transferência de calor por convecção e evaporação, podendo ser descrita por sua magnitude e direção (INTERNATIONAL..., 1998). Em climas tropicais o movimento do ar é um importante fator na determinação do conforto térmico (NICOL, 2004) e o incremento na velocidade do ar pode ser usado para compensar a sensação de calor causada pelo aumento de temperatura (INTERNATIONAL..., 2005).

Usualmente, a velocidade do ar em ambientes internos tem sido enquadrada em termos de limites máximos admissíveis para minimizar o desconforto dos usuários por correntes de ar. A ASHRAE 55 (2010) estabelece como limite máximo aceitável o valor de 0,80m/s, no entanto autores como Cândido e outros (2010) percebem que para climas quente e úmidos as pessoas preferem velocidades de vento maiores para se sentirem confortáveis.

Apesar dos dois exemplos serem baseados em ambiente internos, os conceitos se estendem para ambientes externos, onde as condições térmicas sofrem maiores variações.



De forma a estabelecer limites de ventilação para o conforto é necessário atentar para as condições climáticas locais (NG; CHENG, 2012).

A **radiação** é expressa nas medições microclimáticas por meio da temperatura radiante e a ISO 7726 (1998) a define como a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano é igual à transferência de calor em um ambiente real não uniforme. Isso pressupõe que os efeitos do ambiente real no homem, que geralmente é heterogêneo, e o ambiente virtual que é definido como homogêneo, são idênticos (INTERNATIONAL..., 1998).

O conceito de temperatura radiante média permite o estudo das trocas radiativas entre o homem e o seu meio. Em cada ambiente ocorre uma troca contínua de energia radiante que é refletida, absorvida e/ou transmitida. O conforto térmico recebe influência tanto das radiações de ondas curtas – solares – quanto das radiações de ondas longas – terrestres. De acordo com Kenny e outros (2008), a radiação solar é percebida na forma de luz visível e de radiações infravermelhas, e a radiação terrestre é emitida em função da temperatura e emissividade dos objetos.

A temperatura radiante média, independente do índice preditivo de conforto térmico utilizado, apresenta-se como um importante fator para a avaliação do conforto em ambientes externos ensolarados (MAYER; HOPPE, 1987).

A sensação de conforto térmico, como mencionado anteriormente, depende das variáveis microclimáticas e das variáveis pessoais, sendo estas últimas representadas pela vestimenta e metabolismo (idade, gênero, peso e atividade realizada).

A **vestimenta** é um elemento que dificulta a remoção do calor do corpo, sendo que esta pode reduzir o ganho de calor por radiação solar direta, diminuir o processo de evaporação do suor (de acordo com a permeabilidade da roupa ao vapor d'água), e reduzir também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar (RUAS, 1999).

O corpo humano necessita de energia para trabalhar e produzir calor de forma a manter a temperatura interna corporal perto de 37°C (HAVENITH et al., 2002). Quanto maior for a atividade, maior o calor produzido, e se o calor produzido for elevado, o corpo irá transpirar por excesso de esforço causando a sensação de desconforto. Quando a quantidade de calor gerada for pequena, o sangue é retirado das mãos e pés, a temperatura do corpo diminui e o indivíduo se sente com frio e desconfortável (HAVENITH et al., 2002).

A idade e o gênero também podem interferir nas preferências térmicas. O **metabolismo** dos idosos é mais lento do que o dos jovens, assim como o metabolismo das mulheres é mais



lento do que o dos homens (KOENIGSBERGER et al., 1997). Esses fatores acarretam numa preferência por parte dos idosos e das mulheres por temperaturas maiores em relação aos jovens e aos homens, respectivamente (KOENIGSBERGER et al., 1997).

A forma do corpo, ou seja, a relação superfície e volume é também um parâmetro relevante no cálculo do metabolismo. Assim, a diversidade de biotipos significa também diferentes preferências térmicas. Uma pessoa magra e alta, por exemplo, ao dissipar mais calor, preferirá um ambiente com temperatura mais alta em relação a uma pessoa baixa e corpulenta.

De acordo com Koenigsberger e outros (1997), a gordura armazenada sob a pele funciona como isolante térmico, sendo assim, uma pessoa com maior quantidade de gordura subcutânea necessita de uma temperatura de ar mais baixa para dissipar a mesma quantidade de calor que outra pessoa com menor quantidade de gordura subcutânea.

3.1.2. O conforto do transeunte e a ventilação natural

A percepção de conforto térmico do transeunte acontece de duas maneiras: de forma fisiológica e de forma subjetiva. De forma fisiológica baseia-se nas reações originadas por condições de temperatura e velocidade do ar; e de forma subjetiva, baseada nas sensações individuais de conforto (RUAS, 1999). Da forma fisiológica a ventilação urbana é capaz de acelerar as trocas de calor, por convecção (troca de calor seca) e/ou evaporação (troca de calor úmida), entre transeuntes e o meio urbano.

Em relação ao vento as trocas de calor entre o homem e o meio acontecem de duas formas: por convecção, que afeta a troca de calor entre o corpo e o ar proporcionalmente à velocidade do ar; e por evaporação, à medida que aumenta a evaporação de suor e, por conseguinte o resfriamento da pele.

Alguns autores utilizam a expressão *wind chill* para se referir a ação do vento como fator de arrefecimento. Nesse caso, o indivíduo estaria submetido em condições de calma para perder por convecção a mesma quantidade de calor recebida em um dado ambiente (SARAIVA, 1994).

Isolando as variáveis temperatura e velocidade do ar, Saraiva (1994), elaborou uma tabela que as relaciona, definindo a temperatura de percepção do indivíduo em relação a velocidade do ar. Os valores contidos na tabela elaborada por Saraiva (1994) foram convertidos e arredondados, os valores de velocidade do vento foram transformados de



milhas por hora para metros por segundo, e os de temperatura do ar de graus Fahrenheit para graus Celsius.

Adotando, por exemplo, que um indivíduo está exposto a uma temperatura de 31°C e velocidade de vento de 6,7m/s, sua percepção da temperatura será equivalente a 28,5°C, ou seja, quase três graus a menos que a temperatura registrada (**Tabela 2**).

Tabela 2– Velocidade do vento x temperatura do ar

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)										
20	15,5	11	9	6,7	4,5	2	1,3	0,9	0,5	°C
Leitura de temperatura (°C)										TEMPERATURA EQUIVALENTE
32,5	32	31,7	31,4	31	31,5	30,8	30,5	30	29,2	28,5
28	27,5	27	26,7	26,4	25,5	24,5	23,5	22,5	21	15,5
22	21,7	20,8	20	19,5	18	15,5	14	12	8,5	-5
17	16	15	14	13	11	7	4	1,5	-6,5	-24
10,5	9,5	8,5	7	6	3,5	-2,	-7,5	-15	-18	-33
5	4	2	1	-0,8	-4,5	-12	-18	-23	-31	-39
-1	-2	-4	-5	-8	-11,5	-20,5	-27	-40	—	—

Nota: os valores originais de milhas por hora foram convertidos para metros por segundo, e os valores de graus Fahrenheit foram convertidos para graus Celsius.

Fonte: Adaptado de Saraiva (1994)

A tabela proposta por Saraiva (1994) baseada no clima europeu demonstra que a velocidade do vento interfere na percepção de temperatura, no entanto, a percepção da faixa térmica de conforto pelo indivíduo depende, entre vários fatores, da aclimação regional. Isso significa que a sensação térmica em função da velocidade do vento tem que ser definida para cada realidade climática, como o caso de Vitória que apresenta usualmente temperaturas maiores que na Europa.

3.2. ÍNDICES DE ESTRESSE E CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS

Segundo Hoppe (1993) a avaliação do ambiente térmico no conforto térmico do corpo humano é um dos principais objetivos da bioclimatologia humana. A princípio, os índices empíricos utilizados como indicadores de conforto de um ambiente térmico não consideravam parâmetros pessoais relevantes, como atividade, vestimenta, altura, peso, idade e sexo (HOPPE, 1993). Com a evolução dos estudos verificou-se que valores iguais



de um índice empírico não indicam, necessariamente, estados térmicos iguais do corpo humano.

Apesar de terem sido estabelecidos determinados padrões ao longo do século XIX foi apenas no início do século XX que foram desenvolvidos métodos capazes de medir as variáveis climáticas e correlacioná-las com o conforto térmico (ALUCCI; MONTEIRO, 2005). A grande maioria dos estudos inicialmente se concentrou na avaliação do conforto em ambientes climatizados, sendo que alguns desses são passíveis de aplicação em ambientes não condicionados, enquanto outros foram adaptados para o meio externo e outros ainda foram desenvolvidos especificamente para o ambiente externo.

O modelo teórico para avaliação das condições de estresse e conforto térmico das pessoas em espaços abertos alude ao balanço termo fisiológico entre o corpo humano e o entorno. A diferença entre os diversos métodos propostos por diferentes autores refere-se à adoção de formulações matemáticas que consideram dados empíricos de diferentes fontes ou métodos de cálculo com diferentes graus de precisão (ALUCCI, 2011).

Vários índices preditivos de conforto térmico foram desenvolvidos com o intuito de estimar o grau de conforto experimentado pelos usuários de um dado ambiente. Os índices PMV (Voto Médio Estimado⁴) de Fanger (1972) normatizado pela ISO 7730 (2005), PET (Temperatura fisiológica equivalente⁵) de Hoppe (2000), ASV (Voto de Sensação Real⁶) de Nikolopoulou (2004) são amplamente utilizados em pesquisas sobre a temática e embasam o Método Integrado de Avaliação de Ventilação proposto nesta pesquisa.

- **PMV e PPD (Fanger, 1972)**

Com o intuito de estimar o grau de desconforto térmico experimentado pelas pessoas em ambientes com condições térmicas variadas, Fanger (1972) estabeleceu o PMV (Voto médio Estimado), que consiste em um valor numérico que indica a percepção térmica humana. Definiu também o PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas⁷), que estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente.

A escala de sensação térmica de Fanger é simétrica em torno do ponto 0, onde é atribuído valores positivos de 1 à 3 que correspondem à sensação de calor e valores negativos de 1 à 3 que correspondem à sensação de frio, sendo que o zero corresponde à sensação de neutralidade (**Tabela 3**).

⁴ Tradução nossa do termo original *Predicted Mean Vote*.

⁵ Tradução nossa do termo original *Physiological Equivalent Temperature*.

⁶ Tradução nossa do termo original *Actual Sensation Vote*.

⁷ Tradução nossa do termo original *Percentage of Dissatisfied People*.

**Tabela 3-** Valores de PMV de acordo com o Método de Fanger

PMV	-3	-2	-1	0	1	2	3
Sensação Térmica	Muito Frio	Frio	Levemente Frio	Neutralidade Térmica	Levemente Calor	Calor	Muito Calor

Fonte: Valores extraídos da ISO 7730 (2005)

A sensação real é estimada pela equação proposta por Fanger para o cálculo do PMV, que pode ser expressa da seguinte forma:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot L$$

[Equação 1]

Onde:

PMV = voto médio estimado

M = atividade desempenhada pelo indivíduo – atividade metabólica (W/M²)

L = carga térmica atuante sobre o corpo

O método de Fanger é normatizado pela ISO 7730 (2005) que busca a determinação da sensação térmica e do grau de desconforto térmico das pessoas em um dado ambiente moderado, e especifica condições térmicas aceitáveis para o conforto. Os anexos B e C dessa norma estabelecem respectivamente os valores da taxa metabólica para diferentes atividades e o isolamento térmico para diferentes vestimentas, como apresentado resumidamente nas **Tabela 4** e **Tabela 5**.

Tabela 4 – Taxas metabólicas de acordo com a ISO 7730:2005

Atividade	Taxa metabólica	
	W/m ²	met
Reclinado	46	0,8
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividade sedentária (escritório, casa, escola, laboratório)	70	1,2
Em pé, atividade leve (shopping, laboratório, indústria leve)	93	1,6
Em pé, atividade média (trabalho doméstico, máquina)	116	2,0
Caminhando:	–	–
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Legenda: km/h: quilômetros por hora; W/m²: watts por metro quadrado; met: metabolismo

Fonte: ISO 7730 (2005)

**Tabela 5 – Isolamento térmico do vestuário**

Peças de vestuário	I_{cl}	
	clo	m ² . KW
Roupa de baixo		
Calcinha, cueca	0,03	0,005
Calcinha e sutiã	0,03	0,005
Blusas		
Blusa de manga curta	0,15	0,023
Blusa de manga comprida	0,25	0,039
Calças		
Bermuda	0,06	0,009
Calça leve	0,20	0,031
Calça normal	0,25	0,039
Calça pesada	0,28	0,043
Vestidos e saias		
Saia leve (verão)	0,15	0,023
Vestido leve de manga curta	0,20	0,031
Vestido de manga comprida	0,40	0,062
Suéteres		
Suéter	0,28	0,043
Paletó / Casaco		
Paletó	0,35	0,054
Casaco	0,60	0,093
Diversos		
Meias	0,02	0,003
Sapatos	0,04	0,006

Legenda: I_{cl}: isolamento térmico clo; clo: clothing (unidade de medida); m². KW:

Fonte: ISO 7730 (2005)



- **PET (Hoppe, 2000)**

O método PET (2000) foi baseado no MEMI (HOPPE, 1999) (Modelo de Munique: Balanço de Energia para Indivíduos⁸) que tem como base o balanço de energia. Segundo Hoppe (1999) o balanço termofisiológico do corpo humano pode ser representado pela seguinte equação:

$$M + W + R + C + E_P + E_{RE} + E_{SW} + S = 0$$

[Equação 2]

Onde:

M= taxa metabólica (W)

W= atividade física (W)

R= saldo devido às trocas por radiação (W)

C= fluxo de calor convectivo (W)

E_p= perda por difusão do suor

E_{re}= perda requerida por evaporação (W/m²)

E_{sw}= fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele (W/M²)

S= fluxo de sangue do centro do corpo para a pele (função de t_c e t_{sk}) (1s m²)

O índice PET consiste em encontrar, através de modelo numérico, a temperatura do ar na qual em uma situação típica, o balanço térmico do corpo humano é mantido. Esse índice considera os dados de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar, temperatura radiante média, metabolismo de trabalho e vestimenta. O estabelecimento do índice foi baseado na equação de equilíbrio térmico humano em estado de uniformidade, sendo que a equações aplicadas para o cálculo do PET, são:

$$M - W + R + C + Q_{res} - E_{dif} - E_{rsw} = 0$$

[Equação 3]

$$F_{c-sk} = V_b \cdot \rho_b \cdot c_b \cdot (t_c - t_{sk})$$

[Equação 4]

$$F_{sk-cl} = (t_{sk} - t_{cl}) / I_{cl}$$

[Equação 5]

Onde:

M= taxa metabólica (W)

W= atividade física (W)

R= saldo devido às trocas por radiação (W)

C= fluxo de calor convectivo (W)

Q_{res}= perda pela respiração (Wm²)

E_{dif}= perda por difusão do suor

E_{rsw}= perda requerida por evaporação (W/m²)

⁸ Tradução nossa do termo original *Munich Energy-balance Model for Individuals*.



F_{c-sk} = fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele (W/M^2)

V_b = fluxo de sangue do centro do corpo para a pele (função de t_c e t_{sk}) ($l/s m^2$)

ρ_b = densidade do sangue (Kg/l)

C_b = calor específico do sangue ($W s/K kg$)

F_{sk-cl} = fluxo de calor da superfície da pele para a superfície externa da roupa (W/m^2)

I_{cl} = resistência térmica da vestimenta ($Km^2 W^{-1}$)

Com o intuito de auxiliar o cálculo do índice PET foi desenvolvido pelo Instituto Meteorológico de Freiburg o *software* RayMan (RUTZ et. al, 2000) que calcula os valores de PET e PMV (Matzarakiz et al., 2000). O RayMan tem sido utilizado por diversos pesquisadores brasileiros devido a sua facilidade de inserção dos dados de entrada. Os resultados dos valores de PET são classificados segundo Matzarakis e Bas (2000) de acordo com a **Tabela 6**.

Tabela 6– Classificação do índice PET

PET	Grau de estresse fisiológico	Percepção térmica
$\leq 4^\circ C$	Estresse por frio extremo	Muito frio
$4^\circ C < PET \leq 8^\circ C$	Estresse por frio forte	Frio
$8^\circ C < PET \leq 13^\circ C$	Estresse por frio moderado	Frio moderado
$13^\circ C < PET \leq 18^\circ C$	Estresse por frio leve	Levemente frio
$18^\circ C < PET \leq 23^\circ C$	Sem estresse	Confortável
$23^\circ C < PET \leq 29^\circ C$	Estresse por calor leve	Levemente quente
$29^\circ C < PET \leq 35^\circ C$	Estresse por calor moderado	Calor moderado
$35^\circ C < PET \leq 41^\circ C$	Estresse por calor forte	Quente
$> 41^\circ C$	Estresse por calor extremo	Muito quente

Fonte: Matzarakis e Bas (2000)

- **ASV (Nikolopoulou et al., 2001)**

Nikolopoulou e outros (2001) conduziram um dos primeiros estudos de respostas subjetivas humanas em ambientes externos, através da aplicação de questionários aos transeuntes em diferentes locações durante a primavera, o verão, o outono e o inverno em Cambridge, Reino Unido.

A partir dos levantamentos realizados para o projeto RUROS (Redescobrimdo o Reino Urbano e os Espaços Abertos⁹), Nikolopoulou (2004) propõe um modelo combinado de

⁹ Tradução nossa do termo original *Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*.



predição térmica. O modelo proposto é o ASV que representa diversas realidades climáticas da Europa.

O ASV é composto por uma escala de sensação térmica em torno de 05 (cinco) sensações possíveis (Tabela 7).

Tabela 7 – Voto real de sensação (ASV)

ASV	SENSAÇÃO
> 1,5	Muito quente
0,5 a 1,5	Quente
-0,5 a 0,5	Confortável
-1,5 a 0,5	Frio
< 1,5	Muito frio

Fonte: Nikolopoulou (2004)

A partir da aplicação do ASV Nikolopoulou e Lykoudis (2006) encontraram forte evidências que tanto a adaptação física (vestimentas) quanto a psicológica influenciam na sensação de conforto térmico de acordo com a estação do ano.

3.3. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA

As pesquisas sobre conforto térmico em espaços abertos são mais complexas que as desenvolvidas em ambientes internos, pois envolvem uma maior oscilação das condições climáticas (LOIS; LABAKI, 2001). Apesar dos índices preditivos buscarem equacionar as condições climáticas e o conforto térmico humano, é preciso atentar para as particularidades de cada um.

Observa-se uma ampla aplicação do índice PET em pesquisas brasileiras, aspecto que pode ser atribuído, em parte, à facilidade de uso do *software* RayMan (LABAKI et al., 2012). Porém é necessário atentar que esse é um índice adaptado à realidade europeia e que pode não representar, necessariamente, a real sensação de conforto do usuário local (ROSSI et al., 2013; ABREU; LABAKI, 2010).

A respeito do PMV, de acordo com Nikolopoulou e outros. (2001), este tem sido frequentemente adotado, inclusive para ambientes externos. No entanto há questionamentos sobre sua utilização, como, por exemplo, as relatadas por Rossi e outros



(2013) e Monteiro e Alucci (2010), considerando que Fanger (1972) baseou sua pesquisa em câmaras climatizadas.

Monteiro e Alucci (2010) destacam a importância de uma base empírica que possibilite a interpretação cruzada de dados obtidos em diferentes pesquisas. Pelo fato do índice PET ser baseado na população europeia, pesquisas como as realizadas por Hirashima (et al., 2011) e Rossi (et al., 2013) estabeleceram valores adequados para as realidades climáticas das cidades de Belo Horizonte (PET) e Curitiba (proposição de modelo preditivo de conforto), respectivamente.

Considerando o exposto, o Método Integrado de Avaliação de Ventilação proposto nesta pesquisa foi embasado nas pesquisas de Monteiro e Alucci (2010), Hirashima e outros (2011), e Rossi e outros (2013) adotando-se assim uma metodologia comparativa entre o índice PET e as repostas dos questionários de sensação térmica. Os questionários foram elaborados com base na escala de sete pontos de PMV e o modelo de questionário de ASV.

As medições microclimáticas concomitantes a aplicação de questionários junto aos transeuntes que integram o método proposto foram estruturados a partir da identificação das variáveis de influência no conforto térmico especificadas nesse capítulo. Dessa forma, as medições registraram os dados de velocidade do ar, temperatura, umidade e temperatura de globo (para o cálculo da temperatura média radiante); sendo que nos questionários foram registrados dados pessoais, como vestimenta e metabolismo (idade, peso, gênero, altura e atividade realizada), além das repostas de sensação e preferência térmica.



O capítulo em questão trata da análise dos instrumentos de planejamento urbano através do método de hermenêutica jurídica. Inicialmente é apresentado o conceito de hermenêutica jurídica e sua aplicação na presente pesquisa. Em sequência são analisados os principais instrumentos impactantes no meio urbano, com foco local na cidade de Vitória (ES).

4.1. HERMENÊUTICA: CONCEITO, IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO NA PESQUISA

A hermenêutica é a “ciência que tem por objetivo a interpretação de textos, especialmente os religiosos, filosóficos e jurídicos” (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008). Para o Direito, é a ciência interpretativa que determina princípios e métodos, a fim de compreender seu exato sentido. Por meio da hermenêutica jurídica, busca-se tornar objetiva uma interpretação naturalmente subjetiva.

Dessa forma, visa-se revelar o alcance, o sentido e o conteúdo de determinada norma, com o fim de fazê-la incidir sobre o conceito de um fato, de acordo com a capacidade expressiva de um texto normativo (MORAES, 2004).

Princípios traduzem a ideia de começar ou principiar, de ser a causa primeira de algo, seu sustentáculo. Portanto,

[...] um princípio tem um sentido e alcance mínimos, um núcleo essencial, no qual se equiparam às regras. A partir de determinado ponto, no entanto, ingressa-se em um espaço de indeterminação, no qual a demarcação de seu conteúdo estará sujeita à concepção ideológica ou filosófica do intérprete (BARROSO, 2009).

Os princípios presidem e orientam uma interpretação jurídica, não devendo ocorrer contradição entre a regra e os princípios, sendo assim, as regras devem adequar-se aos princípios. Com a utilização dos métodos interpretativos busca-se reduzir a discricionariedade judicial, pautando-se na razão e obtendo-se assim previsibilidade jurídica. Foge-se do acaso, o da simples decisão pela decisão (VIEIRA, 2007).

Uma norma jurídica modifica a realidade social, devendo ser interpretada de acordo com o interesse social, que visa o bem-comum. Por isto, revela-se importante o estudo da hermenêutica jurídica e de sua aplicação interpretativa e construtiva do Direito.



O **Quadro 3** sintetiza esquematicamente o conceito, a importância e a aplicação da hermenêutica jurídica.

Quadro 3– Esquematização acerca da hermenêutica jurídica

HERMENÊUTICA
<p>CONCEITO</p> <p>O QUE É: ciência cujo objetivo é a interpretação de textos</p> <p>DIREITO: determinação de princípios e métodos; instrumentos de interpretação de uma norma jurídica</p> <p>PRINCÍPIOS: orientar uma interpretação; as regras devem adequar-se aos princípios</p>
<p>IMPORTÂNCIA</p> <p>DIREITO: abrange mais que a mera lei. É fruto de um desenvolvimento que abarca diversas vertentes sociais</p> <p>HERMENÊUTICA JURÍDICA: deve ser, na medida do possível, interpretada de forma adequada ao interesse social</p>
<p>APLICAÇÃO NA PESQUISA</p> <p>Integrar a normatividade ao seu objetivo social maior, o bem comum.</p>

Fonte: Elaborado com base em Moraes (2004), Barroso (2009) e Vieira (2007)

4.2. INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO ANALISADOS NA PESQUISA

O adequado tratamento das variáveis climáticas no planejamento urbano, pela compreensão de suas interações com o meio urbano é fundamental para garantia do conforto ambiental. Salienta-se assim a necessidade de análise da legislação capaz de intervir no ordenamento urbano, com foco no âmbito local da cidade de Vitória (ES). Para esta pesquisa foram considerados os seguintes instrumentos como fundamentais para o alcance dos objetivos: a Constituição Federal; o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor de Vitória e o Código de Obras de Vitória.

4.2.1. Constituição Federal

A Constituição Federal é o ápice normativo de um ordenamento jurídico; é a forma escrita (normalmente) de limitar o poder, de garantir os direitos fundamentais, de criar parâmetros de atuações governamentais e em suma, de traçar as particularidades básicas de governo (LENZA, 2009; KELSEN, 2009).

Kelsen, em 1984, apresentou o conceito de que a Constituição daria validade a todo o ordenamento jurídico (KELSEN, 2009). Pelo seu pensamento foi esquematizado o que se convencionou chamar de “Pirâmide de Kelsen”, na qual a Constituição apresenta-se como



norma fundamental de todo o sistema e, assim, o princípio da supremacia da Constituição (LENZA, 2009).

Objetivando o entendimento da hierarquia das normas utilizadas nesta pesquisa esquematizou-se um modelo de Pirâmide de Kelsen (**Figura 15**).

Figura 15– Pirâmide de Kelsen



Fonte: Baseado em KELSEN, 2009

A partir desse enfoque, observa-se que a análise da Constituição dará validade ao estudo das normas jurídicas, incluindo as questões referentes ao conforto urbano. Para o direito urbanístico são particularmente importantes os artigos sintetizado no **Quadro 4**.

Quadro 4- Constituição Federal: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL
O QUE É
O ápice normativo de um ordenamento jurídico; cria parâmetros de atuações governamentais
ARTIGOS INTERPRETADOS
Artigo 24: definição de competências para legislar sobre, dentre outros assuntos, o direito urbanístico
Artigo 30: define a competência dos municípios
Artigo 182: da Política de desenvolvimento urbano
- obrigatoriedade do Plano Diretor para cidades com mais de 20.000 habitantes;
- execução da política de desenvolvimento urbano conforme diretrizes gerais fixadas em lei, no caso o Estatuto da Cidade;
- fornece os objetivos que as normas infraconstitucionais (Estatuto, PDU) deverão buscar
Artigo 5, inciso 23: estabelece que a propriedade urbana deve cumprir sua função social
Artigo 170, inciso 3: a função social da propriedade é também princípio da ordem econômica e financeira pátria

Fonte: Constituição Federal (BRASIL, 1988)



A Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB) define que a competência para legislar sobre direito urbanístico é da União, dos Estados e do Distrito Federal (artigo 24, *caput* c.c inciso I). A competência da União, nos casos de legislação concorrente, é de estabelecer normas gerais (art. 24, § 1º). Em relação aos Municípios, compete legislar sobre assuntos de interesse local e suplementar a legislação federal e estadual no que couber (art. 30 *caput* e incisos I, II).

O artigo 24 em uma primeira interpretação não permite exceções, o que excluiria a aplicação dos incisos I e II do artigo 30. No entanto, no direito utiliza-se o princípio da máxima efetividade dos preceitos constitucionais que interpreta de forma harmônica o ordenamento jurídico. Sendo assim, a interpretação do propósito da lei possibilita a aplicação de ambos os artigos (30 e 24), que se complementam e potencializam para o alcance do interesse coletivo.

A Constituição menciona, ainda, que a política de desenvolvimento urbano será executada conforme diretrizes gerais fixadas em lei, no caso o Estatuto da Cidade (art. 182, *caput*), e que o Plano Diretor será aprovado pela Câmara Municipal sendo obrigatório para as cidades com mais de 20.000 habitantes (art. 182, § 1º).

O referido artigo (182) fornece os objetivos que as normas infraconstitucionais (o Estatuto e o PDU) deverão buscar, que são: ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade; garantir o bem-estar de seus habitantes e, no caso do PDU, também servir como instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

A propriedade deve cumprir sua função social (art. 5º, XXIII); direito fundamental do ser humano, e princípio da ordem econômica e financeira pátria (art. 170, III). A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor (art. 182, § 2º).

A Constituição ao determinar a execução e regulamentação legislativa da política de desenvolvimento urbano e ao atribuir as competências aos entes federativos, ressalta a importância do planejamento urbano como instrumento responsável pelo adequado desenvolvimento das funções sociais da cidade.

Destaca-se ainda que é competência do planejamento local, através do Plano Diretor e do Código de Obras, legislar a respeito das condições regionais de bem-estar da população. Dessa forma, a regulamentação urbanística deve buscar o conforto ambiental, mais especificamente, o conforto térmico do transeunte.



O cumprimento da função social da propriedade urbana é necessária e obrigatória, cabendo ao Plano Diretor definir suas exigências, o que ressalta a sua essencialidade no estabelecimento de diretrizes para o alcance dos princípios básicos da Constituição.

4.2.2. Estatuto da Cidade

O Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257 de 10 de julho de 2001) regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais da política urbana e dando outras providências. O Estatuto reúne importantes instrumentos urbanísticos, tributários e jurídicos que podem garantir efetividade ao Plano Diretor, responsável pelo estabelecimento da política urbana na esfera municipal.

Destaca-se a importância do Estatuto, visto que este, ao regulamentar as exigências constitucionais, reúne normas relativas à ação do poder público e fixa princípios básicos norteadores destas ações.

O **Quadro 5** apresenta a síntese dos artigos de maior importância para esta pesquisa.

Quadro 5 – Estatuto da Cidade: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa

ESTATUTO DA CIDADE
O QUE É
Lei federal 10257/01: regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências
ARTIGOS INTERPRETADOS
Artigo 1º: estabelecimento da lei; define norma de ordem pública e interesse social
Artigo 2º: estabelece o objetivo da Política Urbana: ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana
Artigo 3º: compete à União legislar sobre normas gerais de direito urbanístico, sobre normas de cooperação entre os entes federativos tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar
Artigo 4º: estabelece os instrumentos a serem utilizados para o alcance dos princípios do Estatuto, como: o Plano Diretor, o estudo de impacto ambiental e o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)
Artigo 39: função social da propriedade: quando atende às exigências do Plano Diretor, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quando à qualidade de vida

Fonte: Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001)

No Estatuto da Cidade são estabelecidas normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo; da segurança; do bem-estar dos cidadãos e; do equilíbrio ambiental (art. 1º, parágrafo único), tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar nacional.



O objetivo da política urbana é ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, atentando-se às premissas dos artigos 1º e 2º da Lei 10.257. Ressalta-se que o cumprimento da função social pela propriedade urbana é estabelecido no artigo 5º da Constituição Federal.

Cumpra a função social, a propriedade urbana que atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no Plano Diretor, atendendo as necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida; à justiça social e; ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º desta Lei (art. 39).

Para alcançar os fins desta Lei utilizam-se como instrumentos o planejamento municipal (por meio do Plano Diretor), o estudo prévio de impacto ambiental (EIA) e o estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV). Dessa forma, o Plano Diretor deve regulamentar os princípios do Estatuto da Cidade.

Cabe ao Município indicar a função social da propriedade e da cidade, almejando o equilíbrio fundamental entre os interesses público e privado no território urbano. Sendo assim, faz-se necessário o entendimento das condicionantes que compõem as necessidades apontadas no Estatuto pelo Plano Diretor Municipal.

A ventilação associa-se ao conforto do transeunte, insere-se como elemento a ser utilizado, e respeitado, dentro da ideia de qualidade de vida e conseqüentemente da função social da propriedade. Dessa forma, deve à legislação municipal regular as formas de atendimento satisfatório, em que se considere a ventilação para o conforto ambiental.

Desconsiderar a ventilação é não considerar o conforto do transeunte na interpretação do princípio constitucional e infraconstitucional, ou seja, a qualidade de vida e a função social da propriedade. A violação a um princípio constitucional é da máxima gravidade:

Violar um princípio é muito mais grave do que transgredir uma norma [regra]. A desatenção ao princípio implica não apenas a um específico mandamento obrigatório, mas todo o sistema de comandos. É a mais grave forma de ilegalidade ou inconstitucionalidade, conforme o escalão do princípio atingido, porque representa insurgência contra todo o sistema, subversão de seus valores fundamentais (MELLO, 2000).

Ressalta-se que o conforto do transeunte está inserido na função social da propriedade e qualidade de vida como uma de suas vertentes, e que a ventilação, nesse caso, é um dos fatores a ser considerado dentro da ideia de conforto. Dessa forma, os aspectos acima abordados não se confundem com o princípio constitucional, mas o integram.



4.2.3. Plano Diretor

A configuração urbana da cidade é definida, formalmente, pelos valores dos índices urbanísticos estabelecidos nos Planos Diretores Municipais. A Constituição Federal (BRASIL, 1988), assim como o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) determinam o Plano Diretor como o instrumento básico de expansão e desenvolvimento urbano.

O Estatuto da Cidade define o município como responsável pela política urbana, sendo, portanto, da municipalidade o dever de criar o Plano Diretor Urbano (PDU), obrigatório para cidades com população acima de 20 mil habitantes, e aprovado por lei municipal.

Além da exigência constitucional, a crescente expansão urbana das cidades brasileiras reafirma o planejamento local como importante instrumento para organização das ações governamentais. Cabe ao Plano Diretor intervir no desenvolvimento local a partir da compreensão dos diversos fatores que influem na dinâmica citadina, dentre eles os fatores ambientais (SILVA; ALVAREZ, 2013a).

O **Quadro 6** apresenta a síntese dos artigos do PDU de Vitória de maior importância para esta pesquisa.

Quadro 6 – Plano Diretor de Vitória: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa

PLANO DIRETOR
O QUE É
Lei municipal 6705/06. Definido pela Constituição Federal e pelo Estatuto da Cidade como o instrumento básico de expansão e desenvolvimento urbano
ARTIGOS INTERPRETADOS
Artigo 3º: define os princípios que irão regular o referido Plano
§ 1º - a função social da propriedade será cumprida quando atender às diretrizes da política urbana estabelecidas no artigo 2º do Estatuto.
Artigo 136: define as características dos empreendimentos geradores de impacto urbano
Artigo 137: define as características dos empreendimentos especiais
Artigo 138: define os fatores para análise de incomodidade e/ou impacto urbano
Artigo 144: caput – o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) deverá ser realizado por equipe multidisciplinar
Inciso XIV – define os elementos a serem analisados no EIV
Anexo 8.2 – lista os empreendimentos considerados geradores de impacto urbano
Artigo 150: estabelece que os índices de controle urbanístico são um conjunto de normas que regulam o dimensionamento das edificações
Artigo 151: define que são índices de controle urbanístico: coeficiente de aproveitamento; taxa de ocupação (TO); taxa de permeabilidade (TP); gabarito; altura máxima; afastamentos frontais, laterais e de fundos; número de vagas e; área e testada do lote

Fonte: Plano Diretor Urbano de Vitória (ESPÍRITO SANTO, 2006)



O Plano Diretor Urbano de Vitória (Lei municipal 6.705 de 16 de outubro de 2006) define seus princípios reguladores: a função social da cidade e da propriedade; a gestão democrática da cidade; a equidade; e a sustentabilidade da cidade (art. 3º).

A função social da cidade de Vitória é cumprida quando atende às diretrizes da política urbana estabelecidas no artigo 2º do Estatuto da Cidade. Sendo o conforto urbano diretriz da política urbana, e a ventilação importante para o seu alcance, é de indiscutível importância que a legislação considere as questões referentes à ventilação.

No título IV, “Do Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo” em sua Seção I, são tratadas as questões influenciadoras da tipologia urbana e de seus impactos. Conforme o artigo 136:

Os empreendimentos geradores de impactos urbanos, incomodidades e interferências no tráfego são aquelas edificações, usos ou atividades que podem causar impacto e ou alteração no ambiente natural ou construído, bem como sobrecarga básica, na capacidade quer sejam de atendimento construções de públicas infraestrutura ou privadas, residenciais ou não-residenciais (ESPÍRITO SANTO, 2006).

O PDU de Vitória cria duas categorias de empreendimentos geradores de impacto urbano, em acordo com seu artigo 137 e incisos. Os empreendimentos especiais

[...] são aqueles usos, atividades e edificações que, devido ao seu porte, características específicas do seu funcionamento ou local de implantação, são potencialmente causadores de incomodidades na região onde se localizam (ESPÍRITO SANTO, 2006).

E os empreendimentos de impacto urbano

[...] são aqueles usos, atividades ou edificações que podem causar impacto e ou alteração no ambiente natural ou construído, bem como sobrecarga na capacidade de atendimento da infraestrutura básica, quer sejam construções públicas ou privadas, residenciais ou não residenciais (ESPÍRITO SANTO, 2006).

Em ambos os casos, para a análise de incomodidade e/ou de impacto observam-se os seguintes fatores (art. 138): poluição sonora, atmosférica e hídrica; geração de resíduos sólidos; vibração; periculosidade; geração de tráfego pesado; geração de tráfego intenso; paisagem natural e construída.

No entanto, só os empreendimentos de impacto urbano é que terão que produzir o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), realizado por equipe multidisciplinar, devendo contemplar



os aspectos positivos e negativos do empreendimento sobre a qualidade de vida da população residente ou usuária do local, e coordenado por profissional habilitado (art. 144, caput).

Apesar do artigo 137 prever quais os empreendimentos em que o EIV é obrigatório, o parágrafo único do art. 138 informa que nos casos de reforma e ampliação que passarem a ter características de empreendimentos especiais ou de impacto urbano, não há obrigação de realização do EIV, ao julgo da comissão técnica de avaliação de impacto urbano (CTA).

Contudo, deverá o EIV incluir, no que couber (art. 144, XIV): as análises e recomendações sobre ventilação; sombreamento do entorno; poluição luminosa e incomodidades decorrentes da reflexão das superfícies exteriores.

O Anexo 8.2 do PDU apresenta a lista de atividades que caracterizam os empreendimentos de impacto da vizinhança, vinculando a atividade à área, no caso, acima de 5.000 m². Pelo fato deste anexo tentar exaurir as atividades caracterizadoras, indica tratar-se de rol taxativo, só podendo se exigir o EIV nos casos expressamente previstos em lei.

Embasa esta ideia o princípio da interpretação restritiva por onerar o particular, ou seja, a interpretação da norma restringe sua aplicação à lista do anexo 8.2 do PDU. Não pode o particular, no momento de entrega do projeto de seu empreendimento à aprovação, ser surpreendido por critério não previsto em lei.

A Seção I do Capítulo II trata da ocupação do solo, especificamente dos índices de controle urbanístico, sendo estes os que regulam a ocupação do solo (art. 150) estabelecendo valores por zonas nos Anexos 9, 10 e 11 do PDU. Os índices de controle urbanísticos previstos são: coeficiente de aproveitamento; taxa de ocupação (TO); taxa de permeabilidade (TP); gabarito; altura máxima; afastamentos frontais, laterais e de fundos; número de vagas e; área e testada do lote (art. 151).

Os índices de controle urbanístico são responsáveis pela ordenação da configuração urbana da “cidade formal” ou “cidade legal”. Essas configurações urbanas impactam significativamente nas variáveis climáticas e em particular na ventilação urbana, o que faz necessário o tratamento adequado das questões climáticas no planejamento urbano.

O PDU de Vitória trabalha com a ventilação apenas no EIV, quando considera o impacto na vizinhança e nos compartimentos internos da edificação (Código de Obras do Município). No entanto, o PDU permite a realização de empreendimentos, dos mais variados, sem considerar a ventilação urbana.



A aplicação do EIV apresenta duas questões importantes, os casos que são indicados para a realização do Estudo de Impacto (apenas as atividades taxadas no anexo do PDU) e o tratamento dado à ventilação no EIV. Na primeira questão, devem-se considerar os impactos da ventilação urbana, como o bloqueio da ventilação natural, em todos os empreendimentos. Na segunda questão, não são definidos pela lei os critérios de ventilação que o EIV deve considerar.

O conjunto de edificações e seus arranjos básicos conformam as estruturas das cidades, sendo então necessário regular suas características, que pode ser feito, por exemplo, através dos índices de controle urbanístico.

4.2.4. Código de Obras

Institui o Código de Edificações a lei 4.821 de 30 de dezembro de 1998, do município de Vitória, com a última modificação efetuada pela lei 8.402 de 21 de dezembro de 2012. O **Quadro 7** apresenta a síntese dos principais artigos de interesse para esta pesquisa.

Quadro 7– Código de obras: síntese dos artigos de interferência para a pesquisa

CÓDIGO DE OBRAS
O QUE É
Lei municipal 4821/98. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis
ARTIGOS INTERPRETADOS
Artigo 1º: objetivo do código – exige condições mínimas de segurança, conforto, higiene e salubridade das edificações
Artigo 2º: disciplina os procedimentos administrativos e as regras a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução e manutenção das obras
Artigo 24: determina o posicionamento dos ambientes da edificação de forma a atender o conforto
Artigo 132: a possibilidade da ventilação e iluminação serem mecânicas
Artigo 133: como a iluminação e ventilação dos compartimentos podem ser realizados

Fonte: Código de Obras de Vitória (ESPÍRITO SANTO, 1998)

Essa Lei tem como seu objetivo norteador a garantia de condições mínimas de segurança; conforto; higiene e salubridade das edificações e obras em geral (art. 1º). Disciplina os procedimentos administrativos e as regras a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização das obras, edificações e equipamentos, resguardando as competências legislativas dos entes federados e a da legislação municipal (art. 2º).



O Código determina o posicionamento dos compartimentos e ambientes nas edificações, de forma a atender o conforto ambiental, térmico, acústico e a proteção contra a umidade (art. 24), podendo a ventilação e a iluminação serem substituídas por meios artificiais apresentados em projetos específicos (art. 132).

A iluminação e a ventilação dos compartimentos nas edificações poderão ser proporcionadas por (art. 133): afastamentos de frente, laterais e de fundos; espaço dos logradouros; área principal; área secundária; ventilação induzida. Para tanto, basta o cumprimento alternativo de um desses critérios.

Percebe-se que o Código de Obras foca nas questões da construção interna e seus efeitos, no entanto, não trata das consequências externas, igualmente importantes. Essas normatizações do Código de Obras restritas às questões internas reforça o papel do PDU, como o instrumento regulador do meio urbano.

4.2.5. Do descumprimento dos estipulados na legislação

Para que a propriedade urbana seja devidamente utilizada, instituem-se instrumentos punitivos e inibitórios. Estes são encontrados na Constituição Federal, no Estatuto da Cidade e no Plano Diretor de Vitória.

O artigo 182, §4º da Constituição define (BRASIL, 1988):

É facultado ao Poder Público municipal, mediante lei específica para área incluída no plano diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, que promova seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de:

I - parcelamento ou edificação compulsórios;

II - imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo;

III - desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública de emissão previamente aprovada pelo Senado Federal, com prazo de resgate de até dez anos, em parcelas anuais, iguais e sucessivas, assegurados o valor real da indenização e os juros legais.

Em consonância com a CRFB, o Estatuto em seu artigo 5º dispõe (Brasil, 2001):

Lei municipal específica para área incluída no Plano Diretor poderá determinar o parcelamento, a edificação ou a utilização compulsórios do



solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, devendo fixar as condições e os prazos para implementação da referida obrigação.

A regulamentar o estabelecido na Constituição e no Estatuto da Cidade, o Plano Diretor de Vitória, no artigo 220 estabelece (ESPÍRITO SANTO, 2006):

São passíveis de parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, nos termos do artigo 182 da Constituição Federal e dos artigos 5º e 6º da Lei Federal nº 10.257/01, os imóveis não utilizados, edificados ou não, delimitados como Zonas Especiais de Interesse Social 3 – ZEIS 3 ou como Áreas Especiais de Intervenção Urbana.

A legislação impõe o cumprimento de certos requisitos para que haja a adequada utilização da propriedade urbana. Ao dispor não poder o solo urbano ser subutilizado, não utilizado ou não edificado, assim como ao explicar cada um de seus requisitos, especifica-se a área de atuação dos instrumentos ora analisados.

Apesar de existir regulamentação que obrigue o particular a cumprir a lei, nessa não se considerou de forma suficiente a questão do conforto ambiental. Esta questão normativa pode ser reparável por meio de mudança legislativa, através de conceituação e definição de diretrizes da expressão “conforto ambiental” e ao adicioná-la na promoção adequada do solo urbano.

4.3. CONSIDERAÇÕES PARA A PESQUISA

A presente pesquisa, ao investigar os dispositivos legais referentes às questões urbanas, objetivou a análise do tratamento dado pela lei ao conforto térmico do meio urbano. O adequado tratamento das variáveis climáticas no planejamento urbano, a partir da compreensão de suas interações com o meio em que se insere, revela-se fundamental para a garantia do conforto ambiental.

O estudo desenvolvido neste capítulo permitiu a compreensão de como lei trata as questões urbanísticas e estabeleceu os princípios basilares que perpassam todos os instrumentos postos à disposição do aplicador da lei.

O papel fundamental do Plano Diretor Urbano no desenvolvimento das cidades é identificado na análise da legislação, ressaltando a necessidade do planejamento local para a garantia do conforto ambiental. Por meio de normatividade específica e de definição de



índices urbanísticos objetivos deve-se adequar a realidade local através da consideração das questões climáticas.

A partir do entendimento do papel do PDU na construção da configuração urbana e da importância da ventilação urbana para o alcance do conforto ambiental para o contexto climático de Vitória, é desejável a avaliação desse diploma legal para a identificação dos itens que precisam ser aprimorados, revistos ou incluso para alcançar uma melhor qualidade do ambiente construído.

A ventilação urbana para o conforto térmico do transeunte é de suma importância e sendo assim, está inclusa nas diretrizes básicas da legislação urbanística. Porém, o PDU de Vitória trabalha com uma ideia de ventilação subjetiva, não estabelecendo parâmetros objetivos, o que impossibilita a utilização dos instrumentos inibitórios e punitivos contidos na legislação urbana.

A Lei ao tratar de termos genéricos explica como esses termos serão aplicados, ou seja, traça de forma objetiva uma aplicação inicialmente subjetiva, a exemplo do que considera solo urbano subutilizado. Dessa forma, deve fazer também, quantitativa e qualitativamente, com o que considera conforto ambiental e mais especificamente a influência do vento nesta questão.

Portanto, a existência de instrumentos que deem vazão à ideia de conforto urbano e de cumprimento da função social da propriedade já se encontram presentes na legislação, enfatizando que a essas não ocorrem, neste contexto, pela ausência de diretrizes específicas que permitam a sua obrigatoriedade e a consequente punição em caso de seu descumprimento.

Ressalva-se que a pesquisa não objetiva estabelecer valores de índices urbanísticos para o PDU, mas propor um sistema para cognição da exegese¹⁰ legislativa concernente às questões de ventilação natural urbana contidas nos planos diretores urbanos, cuja aplicação inicial baseia-se na realidade do município de Vitória.

¹⁰ Exegese: ato de interpretar um texto, uma obra, etc., a fim de torná-la mais clara para um leitor; comentário, explanação (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, 2008).



O método integrado para análise de ventilação utiliza uma abordagem múltipla na aproximação com o objeto de estudo, ou seja, a ventilação urbana. Para os procedimentos adotados, a ventilação é analisada sob três esferas: o impacto da tipologia no vento; o impacto do vento na sensação de conforto térmico do transeunte; e a abordagem dada à ventilação no Plano Diretor.

O método visa testar a associação entre as variáveis climáticas temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação; testar a associação de interferência entre a tipologia urbana e o fluxo de ventilação natural; do conforto térmico e da ventilação; e propor um sistema para avaliação de adequabilidade do PDU quanto à ventilação.

Os procedimentos metodológicos para o alcance do objetivo são distribuídos em cinco etapas principais, esquematizados na **Figura 16**, a saber:

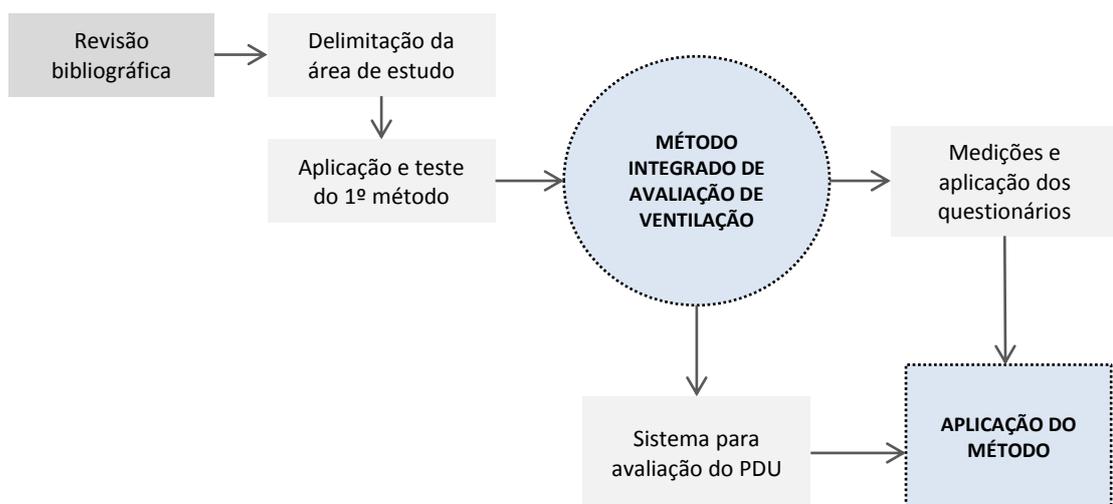
ETAPA 1: revisão bibliográfica;

ETAPA 2: delimitação e caracterização da área de estudo;

ETAPA 3: aplicação e teste do 1º método; e

ETAPA 4: proposição e aplicação do Método Integrado de Avaliação de Ventilação

Figura 16 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos





5.1. ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A etapa de revisão bibliográfica, sumarizada nos capítulos 2, 3 e 4 desta dissertação, tratou do levantamento das conceituações e experimentos inerentes às questões climáticas, de ventilação urbana, da legislação urbanística e dos métodos de análise que nortearam as etapas seguintes.

Através da revisão foram identificados os aspectos da configuração urbana que influenciam a variável climática em análise, ou seja, o vento. Os aspectos previamente identificados foram hierarquizados de acordo com o grau de influência que exercem na ventilação urbana, de acordo com o referencial teórico adotado.

Para análise dos instrumentos de planejamento urbano foi utilizado o método de hermenêutica jurídica, descritos sinteticamente no capítulo 4. A partir da interpretação dos artigos concernentes à ventilação contidos nesses dispositivos legais identificou-se o PDU como o instrumento de fundamental atuação local no meio urbano, e dessa forma, a necessidade de proposição de um sistema para sua avaliação.

De forma integrada foram identificados os consequentes desdobramentos nos índices de controle urbanístico dos aspectos da configuração urbana que exercem influência na ventilação.

5.2. ETAPA 2: DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a aplicação do Método Integrado de Avaliação de Ventilação definiu-se uma amostragem territorial, na cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, que configurasse diversificadas formas de ocupação do solo visando à avaliação pretendida em relação ao comportamento do vento. Nesta etapa foi realizada a caracterização climática da área de estudo assim como seu recorte territorial.

5.2.1. Aspectos climáticos de Vitória / ES

A região Sudeste, onde se localiza o estado do Espírito Santo, é uma região de transição entre os climas quentes predominantes das latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias (ROMERO, 2000). De acordo com a escala climática de Köppen-Geiger o clima de Vitória é classificado como tropical úmido, inserido no grupo climático A, ou seja, quente e úmido (KOTTEK et al., 2006).



O clima tropical de regiões de latitudes baixas, como o caso de Vitória, apresenta pequenas variações de temperatura durante o dia e predomínio de duas estações do ano – verão e inverno – e o período de chuvas é indefinido com maiores precipitações no verão e um alto teor de umidade relativa do ar (ROMERO, 2000).

O clima de Vitória é caracterizado por atingir temperaturas elevadas no verão e temperaturas amenas no inverno. De acordo com as observações dos dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia¹¹ (INMET, 2013) para a última década, a cidade de Vitória é caracterizada por temperatura média da ordem de 24,7°C, apresentando temperatura mínima média de 21,8°C; temperatura máxima média de 29,1°C e umidade média de 77%.

Como pode ser observado na **Tabela 8** o vento apresenta maiores velocidades no período de primavera e verão e menores no período de outono e inverno. No mês de junho a velocidade média do vento foi de 3,11m/s, a menor do ano, enquanto no mês de novembro foi registrado 4,28m/s, a maior velocidade média do período.

Tabela 8 – Resumo das médias dos dados climáticos do período 2000 a 2013

Dados Climáticos (2000- 2013)													
Estações	Verão (21dez / 21mar)			Outono (21mar / 21jun)			Inverno (21jun / 23set)			Primavera (23set / 21dez)			MÉDIAS ANUAIS
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Dados climáticos													
Temp. máx. (°C)	31,16	32	31,48	29,45	28,29	27,79	26,70	27,45	27,28	28,41	28,86	29,95	29,1
Temp. méd. (°C)	26,81	27,42	26,89	25,49	24,03	23,40	22,55	22,95	22,86	23,96	24,59	25,68	24,72
Temp. mín. (°C)	24,43	24,53	23,87	22,45	21,01	20,32	19,72	19,88	20,38	20,72	21,48	22,88	21,81
Umidade (%)	77	74,95	77,54	77,29	76,75	78,68	76,63	75,01	75,47	75,26	79,49	80,06	77,01
Insolação (h)	184,6	224,1	187	172,1	185	187,3	182,2	204,2	168,5	178	141,3	159,1	181,1
V. Vento méd.(m/s)	3,34	3,16	3	2,41	2,59	2,17	2,60	2,69	3,01	4,17	4,28	3,94	3,11
V. Vento máx.(m/s)	8,27	6,27	8,69	6,88	8,10	6,25	7,67	7,67	7,94	9,19	8,67	9,98	7,97
Nebul. (0 -10)	6,04	4,84	5,59	5,73	5,07	4,49	5,03	4,88	5,99	6,02	6,94	6,95	5,63

Nota: os dados representam as médias de cada situação.

Legenda: Temp. máx.: temperatura máxima; temp. Mín.: temperatura mínima; h: hora; Precip.: precipitação; V.: velocidade; Nebul.: nebulosidade.

¹¹ INMET: estação VITÓRIA – A612, localizada no campus da UFES em Goiabeiras, Vitória, apresenta as seguintes coordenadas geográficas: LAT -20°31'56"; LONG -40°31'72"; ALT 9m.

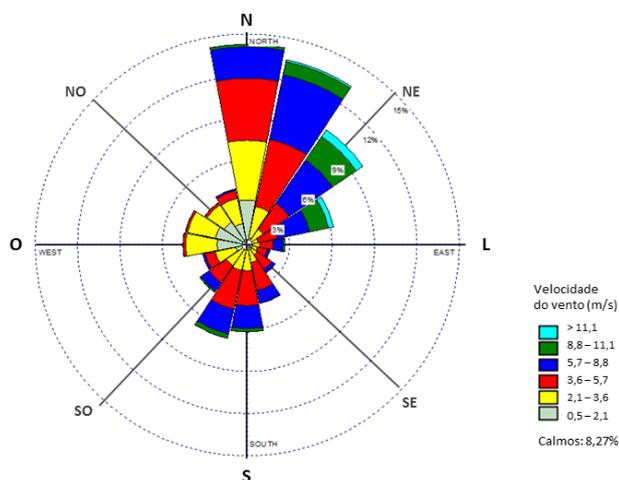


Pelo fato de Vitória ser caracterizada pelo predomínio de duas estações – o inverno e o verão – foram definidas para a realização das medições as estações de inverno (mais fresco) e verão (mais quente). Com o intuito de selecionar uma estação intermediária de transição entre o inverno e o verão para a realização das medições, foram analisadas as variáveis climáticas. Dessa forma elegeram-se a estação de primavera (intermediária), pois essa apresenta médias de temperatura e umidade similares ao outono, no entanto apresenta maiores velocidades de vento, objeto de estudo.

Para a caracterização do regime de ventos para o período de 2000 a 2013 do município de Vitória foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos (BDM) do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC¹²), por esse apresentar o maior número de dados horários, se comparado com o Banco de Dados do INMET.

A análise da frequência e direção dos ventos ocorreu por meio da confecção da rosa dos ventos para o período, com a utilização do *software* WRPLOT View (LAKES, 2013). Observa-se na **Figura 17** a predominância de ventos do quadrante NE (nordeste), e em menor frequência os ventos do quadrante S-SE (sul – sudeste) e S-SO (sul – sudoeste).

Figura 17 – Direção do vento no município de Vitória (ES) considerando os dados de 2000 à 2013



Fonte: elaborado com o uso do *software* WRPLOT View, versão 7.0.0 (2013)

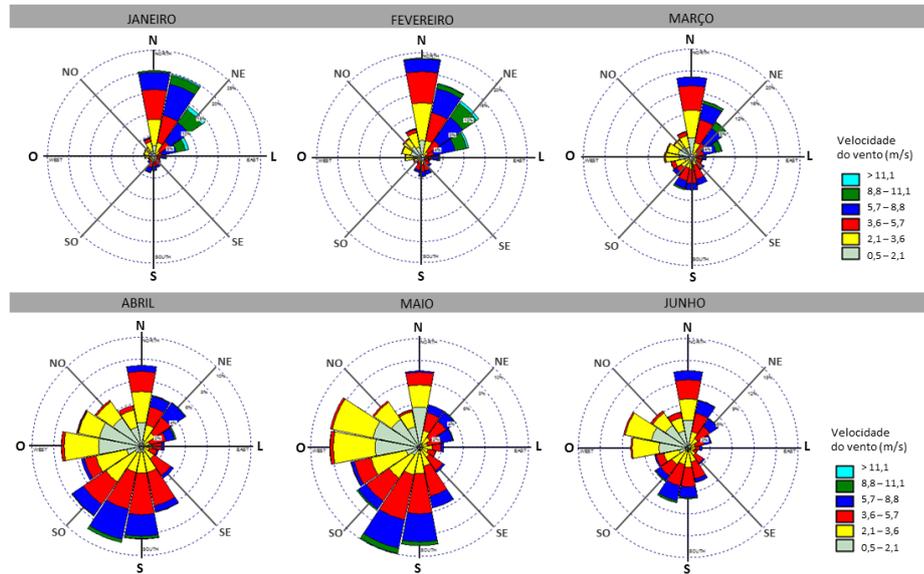
Segundo Mattiuzi e Marchioro (2012) a predominância de ventos no quadrante nordeste é devido ao efeito de Coriolis, que ocasiona o movimento do ar no sentido anti-horário para as células de alta pressão no hemisfério Sul.

¹² CPTEC: estação WMO 83649, localizada no aeroporto Eurico Sales em Goiabeiras, Vitória, apresenta as seguintes coordenadas geográficas: LAT -20°27'; LONG -40°28'; ALT 4m.



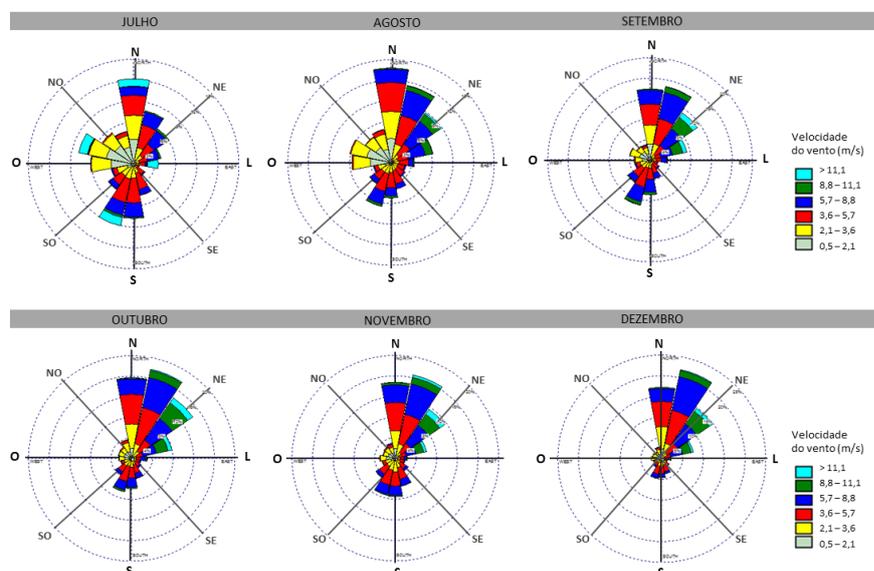
Para o primeiro trimestre do período de 2000 a 2013 houve a predominância dos ventos de nordeste, enquanto no segundo trimestre os ventos do quadrante sul – sudoeste (S-SO) e sul – sudeste (S-SE) atingiram a maior frequência (**Figura 18**).

Figura 18 – Rosa dos ventos (2000 -2013): primeiro semestre



No segundo semestre de 2000 a 2013 os ventos predominantes voltaram a soprar no quadrante nordeste (**Figura 19**), no entanto no mês de julho houve também ventos de igual frequência no quadrante sul – sudoeste (S – SO).

Figura 19 – Rosa dos ventos (2000 – 2013): segundo semestre





A predominância da direção dos ventos nos sentidos nordeste, sul/sudeste e sul/sudoeste, norteou a escolha dos dias de medição. De forma a investigar o impacto da tipologia urbana no fluxo de ventilação natural, foram escolhidos dias em que a direção predominante fosse sul/sudeste (perpendicular às edificações) e nordeste que é o vento predominante em Vitória.

5.2.2. Recorte territorial

O recorte territorial foi realizado considerando a necessidade de redução dos elementos de influência na circulação do ar, sendo assim a delimitação da área de estudo partiu de três premissas fundamentais:

1. Sítio físico: relevo plano e trecho litorâneo. O relevo é um dos fatores que interferem na direção e velocidade do vento (ROMERO, 2000), sendo por isso adotado como critério, a necessidade de ser um local plano em um trecho litorâneo visando à redução da interferência das características naturais do local no comportamento do ar em movimento.

2. Tipologia urbana: diversidade de configurações urbanas. Considerando que o objetivo do estudo foi avaliar a interferência das vias e edificações na obtenção de conforto térmico, o trecho escolhido deveria possuir configurações urbanas diversificadas ao longo do percurso.

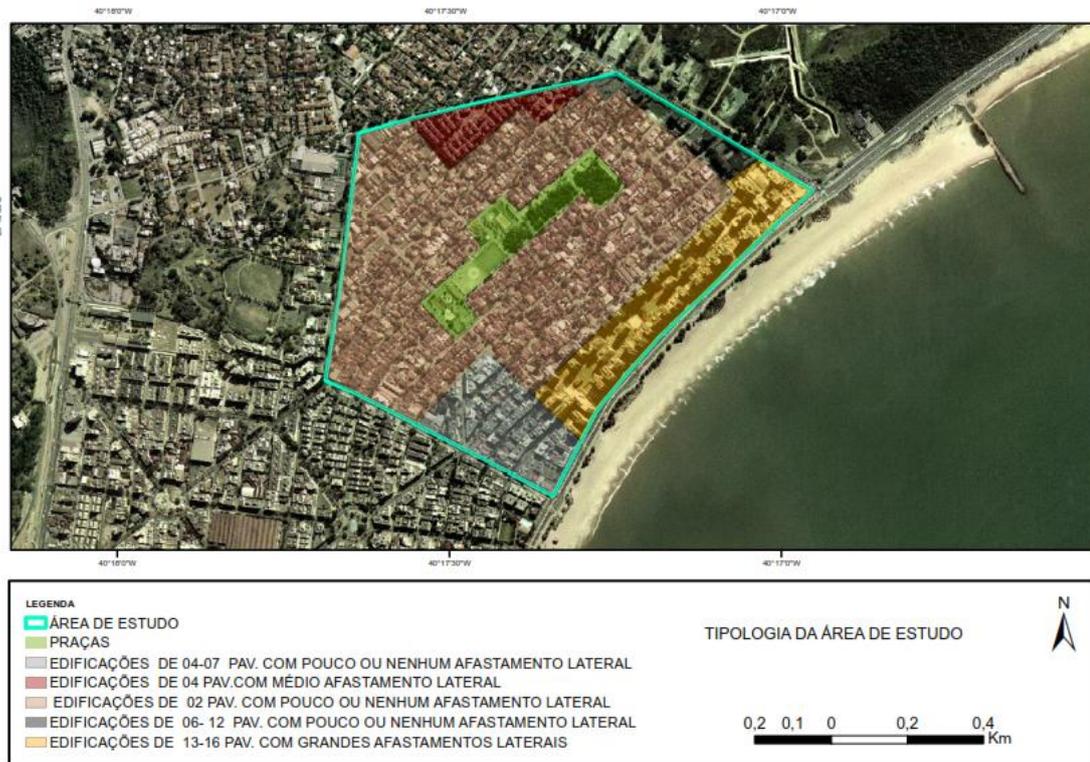
3. Traçado e parcelamento: diversidade no macro e micro parcelamento, e similaridade na malha. A diversidade no macro e micro parcelamento é importante para a análise de configurações urbanas que compõem diferentes situações. As dimensões e sentido das estruturas viárias impactam no fluxo de ventilação (ROMERO, 2000), dessa forma a similaridade da malha do trecho selecionado é necessária para que esse aspecto não seja uma das variáveis de influência.

A partir dessas premissas selecionou-se uma faixa territorial litorânea que abrange majoritariamente o bairro Mata da Praia e uma parcela do bairro Jardim da Penha, onde o vento oriundo do mar e livre de interferências de obstáculos permite uma análise mais acurada de como as configurações urbanas impactam no elemento vento.



O trecho em análise possui configurações urbanas diversificadas ao longo do percurso (Mapa 1 e Fotografia 1) que orientaram a etapa de definição dos pontos de amostragem climática.

Mapa 1 – Caracterização tipológica da área de estudo



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

Fotografia 1 – Vista aérea: área de estudo

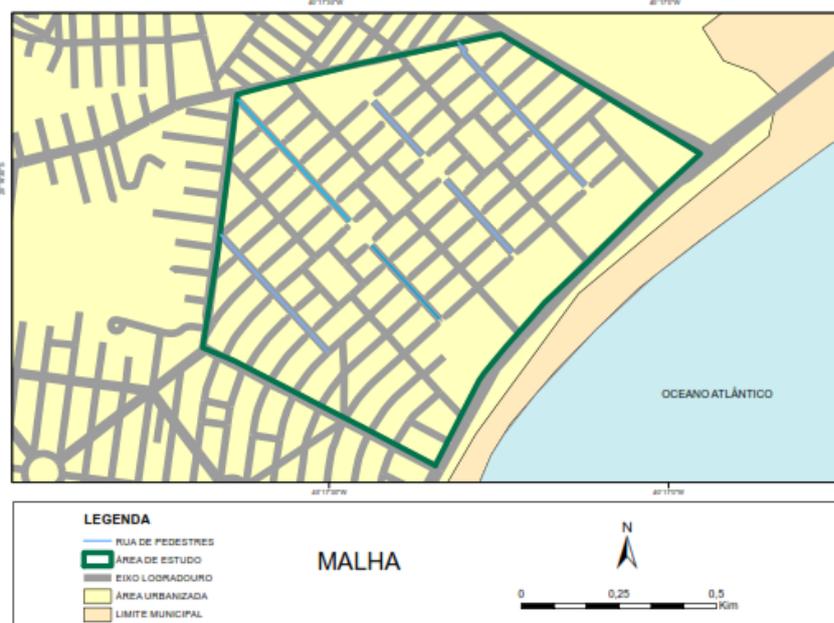


Fonte: Adaptada de Macedo, 2013 (fotografia não publicada)



O trecho selecionado apresenta similaridades em aspectos como o relevo, o traçado e o parcelamento. A orientação paralela da estrutura viária e das quadras em relação à faixa litorânea (**Mapa 2**) permite isolar as variáveis analisadas, ou seja, ventilação e configuração urbana (tipologia e densidade construída).

Mapa 2 – Malha viária da área de estudo



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

5.3. ETAPA 3: APLICAÇÃO E TESTE DO MÉTODO INICIAL

Através de pesquisa realizada sobre a influência da tipologia urbana na velocidade e direção do fluxo de ventilação natural para a Orla de Camburi em Vitória (ES), cujos resultados foram publicados em Silva e outros (2012), e posteriormente com o aprimoramento dos estudos e análise dos resultados obtidos na primeira etapa de atividades, foi proposto o aqui denominado Método Integrado de Avaliação de Ventilação, descrito na Etapa 4.

A metodologia inicial ou de teste baseou-se na amostragem climática de nove pontos pré-definidos, através do uso de anemômetros e questionários. Os anemômetros foram posicionados a 110 cm do solo (altura do abdômen), de acordo com o que recomenda a ISO 7726 (1998). As medições ocorreram no dia 18 de outubro de 2011, no período de 12h às 14h, em função de ter sido identificado que a região possui maior fluxo de pessoas nesse intervalo de tempo.



A área de estudo do método inicial abrange uma parcela litorânea que corresponde aos bairros de Jardim da Penha (Trecho A) e Mata da Praia (Trecho B), onde foram posicionados os nove pontos (**Mapa 3**).

Mapa 3 – Método inicial: área de estudo e pontos de amostragem climática



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

Adotou-se o registro simultâneo de temperatura, velocidade e direção do vento em dois pontos simultaneamente, por um período médio de cinco minutos, abrangendo os nove pontos de amostragem climática. Concomitante às medições foram aplicados 80 (oitenta) questionários no total, auferindo a sensação térmica dos transeuntes em cada ponto monitorado (modelo de questionário – Apêndice A).

Os resultados das medições foram divididos em três situações para efeito de análise, que representam uma sequência de três pontos de amostragem para cada situação. Em cada ponto o total de entrevistados equivale a 100%.

Os dados pessoais recolhidos dos 80 entrevistados configuram um grupo de 43 mulheres e 37 homens em uma faixa etária média entre 20 e 50 anos, com uma taxa metabólica média de 93 W/m² o que corresponde a atividade leve e isolamento térmico de vestuário de 0,5 clo, sendo os dois últimos parâmetros adotados a partir da ISO 7730 (2005).



A Situação 01 é representada pelos pontos A1, A2 e A3, monitorados em pares: A1 – A2, A1-A3 (Tabela 9 e Gráfico 1).

Tabela 9 – Registos da medição: situação 01

Registro de temperatura e velocidade do vento				
Ponto de amostragem	PONTO A1	PONTO A2	PONTO A3	
Fotos				
Temperatura	24,7°C	26 °C	25,6°C	
Vento principal	5,28m/s	1,78m/s	4,97m/s	
Vento secundário	1,31m/s	0,94m/s	0,39m/s	

LEGENDA:

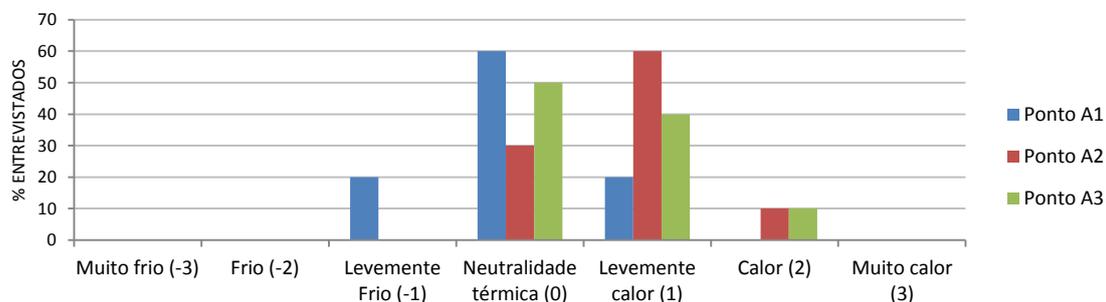
Direção do vento principal *

Direção do vento secundário

* Vento principal: o que apresenta o registro de maior velocidade.

Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

Gráfico 1 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 01



Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

No ponto A2 o vento marítimo sofre uma redução de aproximadamente 66% da velocidade em relação ao A1, devida a pouca porosidade da tipologia. Nos pontos A2 e A3 foram identificados ventos oriundos de noroeste, possibilitado pela porosidade da tipologia urbana criada pela localização de praças no interior do bairro. Através da análise dos resultados obtidos pela aplicação dos questionários observa-se que nos pontos onde foram registradas maiores velocidades de vento houve uma maioria de votos de sensação de neutralidade em relação ao conforto e registro de menores temperaturas do ar.



A **Situação 02** é representada pelos pontos B1, B2 e B3, monitorados em pares, B1 – B2, B1-B3 (Tabela 10 e Gráfico 2).

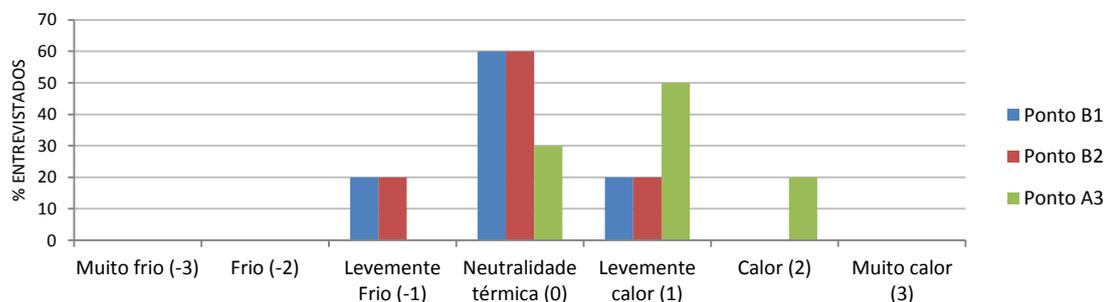
Tabela 10 – Registros da medição: situação 02

Registro de temperatura e velocidade do vento				
Ponto de amostragem	PONTO B1	PONTO B2	PONTO B3	
Fotos				
Temperatura	24,4°C	25,4 °C	25°C	
Vento principal	6,72m/s	6,28m/s	1,56m/s	
Vento secundário	3,72m/s	1,94m/s	1,56m/s	

LEGENDA:
 Direção do vento principal * Direção do vento secundário
 * Vento principal: o que apresenta o registro de maior velocidade.

Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

Gráfico 2 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 02



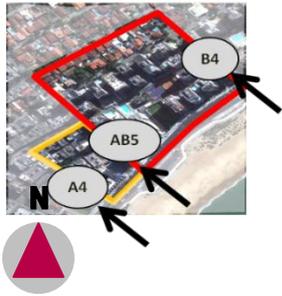
Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

Em B1 e B2 a velocidade do vento sofreu pequenas alterações, devido à grande porosidade da área. Já em B3, de pouca porosidade, a velocidade máxima do vento sofreu um decréscimo em torno de 76% em relação a do ponto B1. Nos pontos B1 e B2, 60% dos entrevistados indicaram sentir neutralidade térmica, enquanto em B3 50% apontaram para a sensação de leve calor. Os resultados similares de velocidade e sensação dos pontos B1 e B2, indicam que a porosidade interfere no fluxo de ventilação.



A **Situação 03** é representada pelos pontos A4, AB5 e B4, em pares: A4 – AB5; A4-B4 (Tabela 11 e Gráfico 3), caracterizado pelo posicionamento dos pontos nos canais de ventilação, ou seja, nas vias perpendiculares à linha da praia.

Tabela 11 – Registros da medição: situação 03

Registro de temperatura e velocidade do vento				
Ponto de amostragem	PONTO A4	PONTO AB5	PONTO B4	
				
Fotos				
Temperatura	26°C	26°C	26°C	
Vento principal	5,56m/s	11,78m/s	11,92m/s	

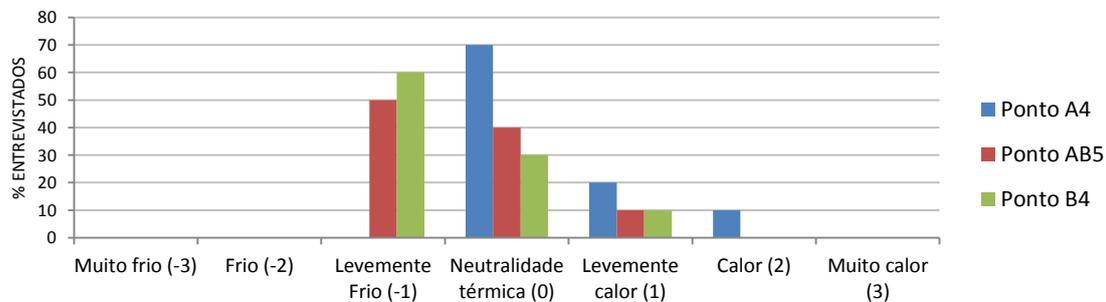
LEGENDA:

 Direção do vento principal *  Direção do vento secundário

* Vento principal: o que apresenta o registro de maior velocidade.

Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

Gráfico 3 – Síntese da percepção de conforto térmico dos transeuntes para a situação 03



Fonte: Adaptado de Silva e outros (2012)

Os pontos AB5 e B4 devido a sua maior rugosidade apresentaram maiores velocidades de vento por causa da sua capacidade canalizadora. Em A4 prevaleceu a sensação de neutralidade térmica; e nos pontos AB5 e B4, a maioria indicou a sensação de levemente frio. Houve apenas um registro de calor no ponto A4, por um transeunte que realizava atividade física pesada, confirmando que a atividade física impacta na sensação de conforto térmico.



5.4. ETAPA 4: MÉTODO INTEGRADO DE AVALIAÇÃO DE VENTILAÇÃO

A presente etapa consistiu em:

1. Eleição e caracterização dos pontos de amostragem climática;
2. Medições e aplicação dos questionários;
3. Sistema de avaliação de adequabilidade do PDU, conforme a seguir detalhado.

- **Eleição e caracterização dos pontos de amostragem climática**

A partir das constatações resultantes da aplicação do método inicial para uma demarcação preliminar da área de estudo, foram definidos novos pontos de forma a aumentar o raio de abrangência da análise. Dessa forma, a área de estudo foi ampliada em relação à área inicial e foram definidos onze pontos (**Mapa 4**).

Mapa 4 – Sobreposição da área de estudo inicial e da área de estudo ampliada



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

O método empírico de análise adotado baseou-se na amostragem climática de 11 pontos dispostos ao longo de duas retas perpendiculares à orla marítima, objetivando abranger situações diversas que auxiliassem no entendimento do impacto que a tipologia urbana exerce na velocidade e direção do vento (5).

Mapa 5 5).



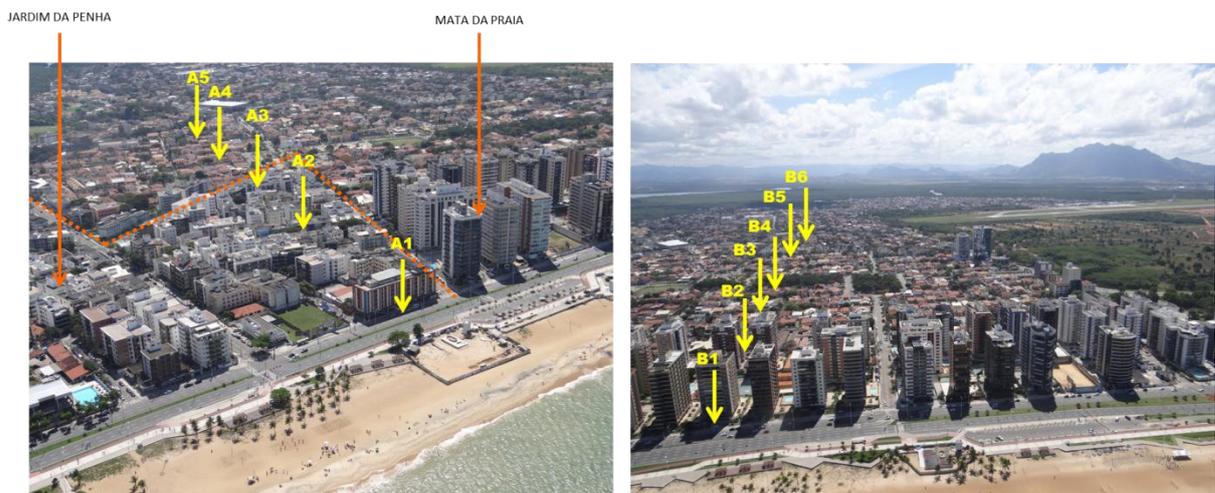
Mapa 5 – Demarcação da área de estudo e definição dos pontos de amostragem



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

A nomeação dos pontos refere-se ao posicionamento desses em relação às duas retas traçadas e, dessa forma, convencionou-se chamar de Trecho A à porção inserida parte no bairro Jardim da Penha e parte no bairro Mata da Praia; e de Trecho B à porção localizada em sua totalidade no bairro Mata da Praia (**Fotografia 2**).

Fotografia 2– Pontos de amostragem: Trecho A



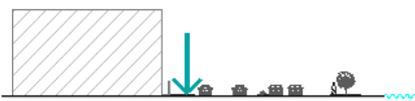
Fonte: Adaptada de Macedo, 2013 (foto não publicada)



Após a definição dos onze pontos de amostragem foi realizada a caracterização desses assim como sua identificação por georreferenciamento através do sistema de posicionamento global, sendo que essa caracterização encontra-se esquematizada por trecho nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8 – Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho A

(continua)

Caracterização dos pontos de medição – TRECHO A		
PONTO A1	<p>Imagem</p>   <p>Caracterização do entorno Área caracterizada pela presença de hotel, 6 pavimentos, de frente para o mar, alta densidade construída, ausência de vegetação.</p>	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'51.53"S; LONG 40°17'18.95"O Av. Dante Michellini</p>
PONTO A2	<p>Imagem</p>   <p>Caracterização do entorno De ambos os lados edificações multifamiliares de 6 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento lateral, presença de vegetação de médio porte com copa pouco volumosa.</p>	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'46.54"S; LONG 40°17'24.81"O Rua Ludwik Macal</p>
PONTO A3	<p>Imagem</p>   <p>Caracterização do entorno Ponto localizado entre edificações multifamiliares de 6 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento entre elas; e residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento lateral. Presença escassa de vegetação, apenas algumas árvores espaçadas entre elas.</p>	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'43.54"S; LONG 40°17'31.61"O Rua Maria de Lourdes Poyares Labuto</p>
PONTO A4	<p>Imagem</p>   <p>Caracterização do entorno Ponto localizado entre residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento lateral e presença de vegetação de médio porte e copa pouco volumosa em ambos os lados.</p>	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'40.43"S; LONG 40°17'31.61"O Rua Desembargador Nilton Theyenard</p>



Quadro 8 – Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho A

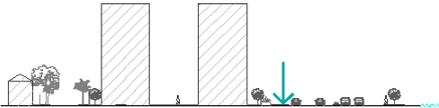
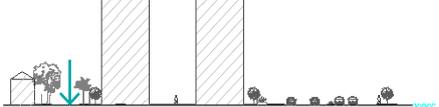
(conclusão)

Caracterização dos pontos de medição – TRECHO A		
PONTO A5	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'34.05"S; LONG 40°17'37.91"O Rua Afordízio Carvalho</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Ponto localizado entre residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento lateral e a presença de alguns lotes vazios (apenas murados). Pouca vegetação, árvores com grandes espaçamentos entre elas em apenas um lado.</p>	

Fonte das imagens aéreas: Google Earth (2013)

Quadro 9 – Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho B

(continua)

Caracterização dos pontos de medição – TRECHO B		
PONTO B1	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'40.50"S; LONG 40°17'10.27"O Av. Dante Michellini</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Edificações multifamiliares, de 14 pavimentos, de frente para o mar, com grandes afastamentos laterais entre os edifícios, presença pontual de vegetação de pequeno porte (arbustos).</p>	
PONTO B2	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'37.09"S; LONG 40°17'13.81"O Rua Amélia Tartuce Nasser</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>De um lado edificações multifamiliares (14 pavimentos), com grandes afastamentos frontais e laterais; do outro residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento frontal e lateral; presença de vegetação de portes diferenciados.</p>	
PONTO B3	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'33.83"S; LONG 40°17'16.83"O Rua Ricardo Pimentel</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Residências unifamiliares de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento lateral, presença de vegetação de grande porte em ambos os lados.</p>	



Quadro 9– Caracterização e localização dos pontos de amostragem: Trecho B

(conclusão)

Caracterização dos pontos de medição – TRECHO B		
PONTO B4	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'30.65"S; LONG 40°17'20.12"O Praça Antônio Saad</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Ponto localizado entre praça com vegetação densa (variando de pequeno a grande porte) e residências unifamiliares, de até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento entre elas, com a presença de árvores.</p>	
PONTO B5	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'23.90"S; LONG 40°17'26.32"O Rua Maria Dalla Broto</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Ponto localizado entre edificações multifamiliares de formato horizontal, 4 pavimentos, com médio afastamento entre elas; e residências unifamiliares de até 2 pavimentos, presença de vegetação de grande porte em ambos os lados.</p>	
PONTO B6	<p>Imagem</p>  	<p>Croqui</p>  <p>Localização LAT 20°16'21.21"S; LONG 40°17'28.63"O Av. Rosendo Serapião Filho</p>
	<p>Caracterização do entorno</p> <p>Ponto localizado em uma avenida, de um lado residências unifamiliares com até 2 pavimentos, com pouco ou nenhum afastamento entre elas; do outro lado edificações multifamiliares de formato horizontal de 4 pavimentos com médio afastamento entre elas. Presença de vegetação de grande e médio porte em ambos os lados.</p>	

Fonte das imagens aéreas: Google Earth (2013)

• Medições e aplicação dos questionários

Para a realização das medições e aplicação dos questionários foram definidos os equipamentos e os procedimentos utilizados nas coletas de dados.

As medições microclimáticas dos onze pontos foram realizadas através do uso de quatro miniestações portáteis distribuídas pelos pontos. As estações foram posicionadas a 110 cm do solo (altura do abdômen), de acordo com a ISO 7726 (2005), que dispõe sobre as normas para as medições de variáveis físicas.



Cada miniestação é composta por 01 termo-higro-anemômetro digital portátil, 01 datalogger, 01 termômetro de globo, 01 biruta, 01 tripé e 01 abrigo meteorológico (**Tabela 12**).

Tabela 12 – Descrição dos instrumentos utilizados nas medições microclimáticas

Descrição dos instrumentos		
Item	Descrição	Quantidade
01	Termo-higro-anemômetro, modelo ITAN 7000, marca: Instrutemp	04
02	Hobo Data logger, modelo:U13, marca: Onset	04
03	Têrmometro de globo cinza, confeccionado com bola de pingue-pongue oficial pintada na cor cinza burguês (e ¹ =0,9), e sensor térmico modelo TMC20-HD, marca: onset	04
04	Biruta confeccionada com tecido TNT	04
05	Tripé ajustável, modelo: W7370, marca: V7	04
06	Abrigo meteorológico: confeccionado em pvc e papel paraná	04

Nota: ¹ e - emissividade

As especificações dos equipamentos obedecem às recomendações da ISO 7726 (2005), conforme descrito na **Tabela 13**.

Tabela 13 – Características requeridas e desejáveis dos instrumentos

Variáveis	Faixa para conforto	Precisão para conforto	Faixa para estresse	Precisão para estresse
Temperatura do ar (tar)	10-40°C	Requerida ± 0,5°C Desejada ± 0,2°C	-40-120°C	Requerida ± 0,5°C (0-50°C) Desejada ± 0,25°C (0-50°C)
Temperatura radiante (tm)	10-40°C	Requerida ± 2°C Desejada ± 0,2°C	-40-150°C	Requerida ± 5°C (0-50°C) Desejada ± 5°C (0-50°C)
Velocidade do ar (Var)	0,05-1m/s	Requerida ± (0,05 + 0,05V) Desejada ± (0,02 + 0,07V)	0,2-20m/s	Requerida ± (0,1 + 0,05V) Desejada ± (0,05 + 0,05V)
Umidade absoluta (par)	0,5-3,0kPa	± 0,15kPa (tar-tm<10°C)	0,5-6,0kPa	± 0,15kPa (tar-tm<20°C)

Fonte: Adaptado de ISO 7726 (2005)

A ISO 7726 (2005) atenta para o uso da cor cinza médio para a confecção do termômetro de globo para ambientes externos, por causa da radiação. Para o cálculo da temperatura radiante média, com base nas temperaturas de globo cinza (40 mm) utilizou-se a equação estabelecida pela ISO 7726 (2005) para convecção forçada indicada na norma.

$$tr = [(tg + 273)^4 + \frac{1,1x \times 10^8 \times va^{0,6}}{\epsilon g x D^{0,4}} \times (tg - ta)]^{\frac{1}{4}} - 273$$

[Equação 6]



Onde:

t_r = temperatura radiante média (°C)

t_g = temperatura de globo (°C)

v_a = velocidade do ar (m/s)

t_a = temperatura do ar (°C)

ϵ_g = emissividade do globo (adimensional)

D = diâmetro do globo (m)

Os dados de sensação térmica foram auferidos pela aplicação de questionários aos transeuntes em cada um dos pontos. O questionário foi elaborado a partir das recomendações da ISO 10551 (1995), que dispõe sobre a avaliação da influência do ambiente térmico usando escalas de julgamento subjetivo. Sendo assim, o questionário foi estruturado em três partes sendo: 1. dados de registro; 2. dados individuais; e 3. votos de sensação e preferência térmica (modelo de questionário – Apêndice B).

Os dados de registo referem-se ao local, horário e data da entrevista; nos dados individuais às informações dizem respeito ao gênero, idade, peso, altura, atividade que o transeunte estava realizando antes da entrevista e as vestimentas trajadas. Já os votos de sensação e preferência térmica foram obtidos a partir de perguntas que avaliaram três escalas de julgamento subjetivo, embasados na ISO 10551 (1995), ou seja: escala de percepção, escala de avaliação, e escala de preferência (Figura 20).

Figura 20 – Questionário: votos de sensação e preferência térmica

VOTOS DE SENSÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA			
8. Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento:			
<input type="checkbox"/> Com muito calor	<input type="checkbox"/> Com calor	<input type="checkbox"/> Com um pouco de calor	
<input type="checkbox"/> Bem, nem calor e nem frio	<input type="checkbox"/> Com um pouco de frio	<input type="checkbox"/> Com frio	<input type="checkbox"/> Com muito frio
9. Com relação a sua sensação térmica, como você gostaria de estar se sentindo nesse momento:			
<input type="checkbox"/> Bem mais quente	<input type="checkbox"/> Mais quente	<input type="checkbox"/> Um pouco mais quente	
<input type="checkbox"/> Assim mesmo	<input type="checkbox"/> Um pouco mais frio	<input type="checkbox"/> Mais frio	<input type="checkbox"/> Bem mais frio
10. Com relação às condições climáticas, como você está nesse momento:			
<input type="checkbox"/> Um pouco desconfortável	<input type="checkbox"/> Confortável	<input type="checkbox"/> Desconfortável	<input type="checkbox"/> Muito desconfortável
11. Com relação à ventilação, o que você acha do vento nesse momento:			
<input type="checkbox"/> Estável	<input type="checkbox"/> Pouco vento	<input type="checkbox"/> Ventilado	<input type="checkbox"/> Muito vento
12. Com relação à ventilação, como você preferiria que o vento estivesse nesse momento:			
<input type="checkbox"/> Mais fraco	<input type="checkbox"/> Como está	<input type="checkbox"/> Mais forte	

LEGENDA

ESCALA DE PERCEPÇÃO

ESCALA DE PREFERÊNCIA

ESCALA DE AVALIAÇÃO



Para os votos de percepção térmica foi utilizada a escala de sete pontos de Fanger (1972), indicada na ISO 7730 (2005), por ser mais objetiva que a de nove pontos de PET e porque através do teste do método percebeu-se que as condições climáticas não variavam de forma que o transeunte identificasse uma vasta gama de gradação de sensação, tornando a escala de sete pontos mais adequada para o clima de Vitória.

Para o cálculo da amostra foi utilizada a [Equação 7 (BARBETTA, 2006), onde se considerou 348.268 habitantes como a população de Vitória (IBGE, 2013) e erro amostral de 5%. Obteve-se assim um tamanho mínimo para amostra de 400 habitantes.

$$n = \frac{N \times (1/E^2)}{N + (1/E^2)}$$

[Equação 7]

Onde:

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população e;

E = erro amostral.

As entrevistas foram realizadas simultaneamente as medições microclimáticas para todos os pontos. Foi obtido um total de 841 questionários aplicados, onde 51% dos entrevistados eram do sexo feminino. Entre os entrevistados registrou-se uma média de idade de 36 anos, com índice de massa corporal de peso normal, taxa metabólica de 102,5 W/m² correspondente a atividade leve e isolamento térmico de 0,5clo, que corresponde a calça tipo jeans e camisa de manga curta (Tabela 14).

Tabela 14 – Dados pessoais dos entrevistados nas três campanhas de medição

Dados pessoais dos entrevistados						
	Idade	Peso (Kg)	Altura (m)	IMC	Tx. Met (W/m ²)	I (clo)
N	841	841	841	841	841	841
Média	36	69,4	1,68	24,4	102,5	0,5
Mediana	33	67,0	1,70	24,1	110,0	0,4
Desvio padrão	13	13,1	0,09	3,9	33,4	0,3
Coef. Variação	0,37	0,19	0,05	0,16	0,33	0,51
Mínimo	17	45,0	1,45	17,1	58,0	0,3
Máximo	65	105,0	1,90	35,1	200,0	1,1
Amplitude	48	60,0	0,45	18,0	142,0	0,9

Legenda: IMC: índice de massa corporal (peso/altura²); Tx. Met.: taxa metabólica; I: isolamento térmico; N: amostra.

Nota 1: A porcentagem de pessoas é calculada em função do sexo feminino.

Nota 2: As médias, medianas,... são calculadas em função do número (N) de questionários aplicados no trecho no período.

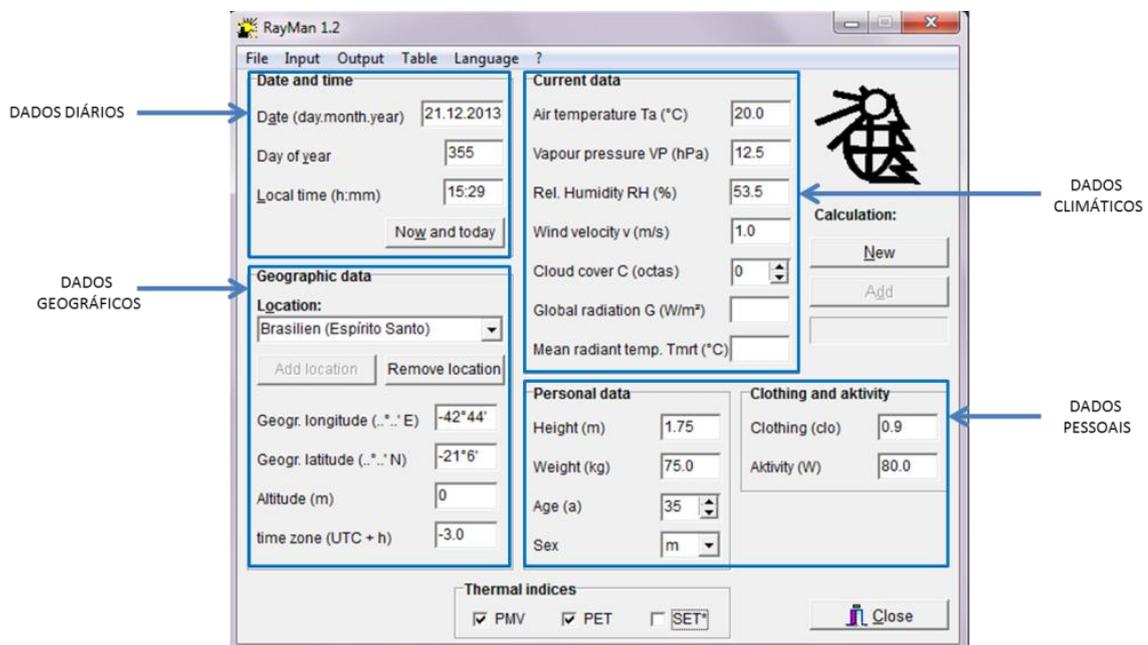
Nota 3: Valores de IMC; IMC ≤ 20 = abaixo do peso; 20 < IMC ≤ 25 = peso normal; IMC > 25 = acima do peso.



Posteriormente a aplicação dos questionários foi calculado o índice de conforto térmico PET (HOPPE, 2000) através do *software* RayMan 1.2, desenvolvido pelo Instituto Meteorológico de Freiburg (MATZARAKIZ et al., 2000). Optou-se pela utilização do índice PET, pois esse adota critérios objetivos para os seus cálculos, além de ser amplamente aplicado com resultados satisfatórios em pesquisas sobre a temática de conforto térmico.

O cálculo do índice ocorreu para cada um dos onze pontos de amostragem. Para a calibração do modelo do RayMan (**Figura 21**) foram utilizadas as características climáticas registradas e os dados pessoais dos entrevistados de cada ponto.

Figura 21 – Figura de tela do *Software* RayMan, com inserção de dados da área de estudo



A amostragem dos onze pontos pré-definidos estruturou-se em dois dias subsequentes por campanha. Cada campanha corresponde a uma estação do ano, de acordo com as características climáticas do município de Vitória, ou seja, no inverno (estação mais fresca), na primavera (estação intermediária) e no verão (estação mais quente), totalizando assim três campanhas de amostragem climática.

Os dias de amostragem foram organizados por trecho, sendo em um dia registrados os pontos pertencentes ao Trecho A e no dia subsequente, os pontos contidos no Trecho B. A amostragem climática consistiu na obtenção de dados climáticos através de medições, concomitantes ao levantamento de dados de sensação térmica por meio da aplicação de questionários junto aos transeuntes.



Para a obtenção de dados climáticos e aplicação dos questionários simultâneos as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos e móveis pré-definidos (**Mapa 6**). Para o trecho A, as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos A1, A3 e A5 e a miniestação dos pontos móveis se alternou do ponto A2 para o ponto A4. Para o Trecho B, as miniestações foram posicionadas nos pontos fixos B1, B3 e B5 e a miniestação dos pontos móveis foi alternada em sequência do ponto A2 para o A4 e depois para o A6.

Mapa 6 – Demarcação da área de estudo e definição dos pontos de amostragem



Fonte: elaborado no *software* ArcGIS, versão 10.2 (2013)

A miniestação posicionada em um ponto móvel permaneceu em cada um destes por um período de 20 minutos. No Trecho A as miniestações dos pontos fixos permaneceram nestes durante 1h30min; e no Trecho B por um período de 2 horas. Os tempos de permanência foram estipulados em função dos resultados obtidos pela aplicação do método inicial e do período em que a miniestação permanece sobre o ponto móvel somado ao tempo necessário para o deslocamento da mesma entre os pontos móveis de cada trecho.

Os dados coletados nas miniestações móveis passaram por tratamento estatístico para a correção de tempo tardio em relação aos dados das miniestações fixas. Sendo assim, foi realizada a regressão linear para os dados de cada miniestação móvel individualmente



correlacionando-os com os dados das miniestações fixas, para cada trecho e dia de medição.

A eleição dos dias de medições sucedeu-se a partir da análise dos dados climáticos da Estação VITORIA – A612 (INMET, 2013), relatado no subcapítulo 5.2.1, em função da representatividade das características climáticas de cada estação. Dessa forma, realizou-se o acompanhamento das previsões do tempo do INMET, CPTEC e INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural).

Para a escolha dos dias seguiu-se os critérios de representatividade da estação, ou seja: pouca nebulosidade, ausência de precipitação e velocidade mínima do vento de 5m/s. Tais critérios objetivaram a melhor percepção do vento pelo sensor do equipamento a uma altura de 110cm e sua alteração, considerando que a avaliação pretendida ficaria mais evidenciada do que em dias com baixas velocidades de vento.

A amostragem climática ocorreu às 12h no período de inverno e às 11h nos períodos de primavera e verão, em decorrência do horário de verão para garantir a similaridade temporal. A escolha do horário seguiu dois critérios: a quantidade de pessoas nas ruas e altura do sol na abóbada celeste.

No horário escolhido verificou-se maior quantidade de pessoas nas ruas por ser o período de almoço, fator de grande importância tendo em vista a necessidade dos transeuntes para a aplicação dos questionários. O horário selecionado é o período de maior altura solar, evitando-se assim que as edificações formassem sombras e interferissem nas similaridades do fator visível de céu dos pontos, visto que as edificações possuem alturas diferentes.

Dessa forma a amostragem climática ocorreu em seis dias para os anos de 2013 e 2014 nos períodos descritos no **Quadro 10**.

Quadro 10 – Períodos de amostragem climática

Amostragem climática					
Campanha	Estação	Dias de medição	Horário	Trecho A	Trecho B
01	Inverno	02	12h	19/08/2013	20/08/2013
02	Primavera	02	11h ¹	25/10/2013	26/10/2013
03	Verão	02	11h ¹	25/01/2014	26/01/2014

Nota: ¹ Horário corrigido em função do horário de verão

Os registros de dados climáticos foram realizados por meio de fichas de dados climáticos, onde para cada ponto foram anotados os dias; horários; velocidades média e máxima do



vento marítimo e do vento nordeste; direção do vento mais forte (maior velocidade e maior frequência); temperatura mínima, média e máxima; taxa de umidade mínima, média e máxima; temperatura de globo cinza (registrada automaticamente pelos *dataloggers*).

- **Sistema de avaliação de adequabilidade do PDU**

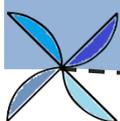
De forma a avaliar a adequabilidade do PDU de Vitória quanto às questões referentes à ventilação urbana, foi proposto um sistema para análise desse dispositivo legal. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos para a criação do sistema foram detalhados e publicados em Silva e Alvarez (2013a) e acrescidos dos dados climáticos levantados a partir dos resultados obtidos nas medições microclimáticas e aplicação dos questionários.

A partir das definições da etapa de revisão bibliográfica e de medições microclimáticas, estruturou-se o quadro para avaliação do Plano Diretor, referente à ventilação natural urbana. Para a utilização do sistema foram estabelecidas diretrizes norteadoras e selecionados parâmetros para sua aplicação, a partir do referencial teórico e da etapa empírica desta pesquisa. Sendo assim, para utilização do sistema aponta-se a aplicação do quadro de avaliação para cada zona urbanística definida pelo Plano Diretor em análise.

Através da atribuição de valores percentuais, estabeleceu-se um valor mínimo percentual para o Plano Diretor ser avaliado como adequado em relação ao foco de análise. Para alcançar esse valor necessita-se pontuar minimamente, os itens identificados na Etapa 1 e nas medições, como de maior impacto na ventilação natural. Como principal estratégia para o alcance dos resultados foram atribuídos pesos diferenciados para cada item, adotando-se por critério básico valorizar aqueles de maior interferência no fluxo e intensidade do vento.

Em seguida foi realizada a aplicação do sistema para uma área de amostragem, com o intuito de exemplificar sua utilização e analisar os institutos concernentes à ventilação urbana no PDU de Vitória. Para a exemplificação do método foi definido como área de análise a parcela urbana de recorte para esta pesquisa (Mata da Praia e Jardim da Penha).

Identificou-se a localização do bairro no mapa de zoneamento urbanístico, constante no Anexo 2 (Delimitação do Zoneamento Urbanístico) do PDU de Vitória. Jardim da Penha é composto por 02 (duas) zonas: a ZAR 2 (Via Arterial 2) e a ZOC1/03 (Zona de Ocupação Controlada). A Mata da Praia é composta por 03 (três) zonas distintas: a ZOC3 (Zona de Ocupação Controlada); a ZPA2 (Zona de Proteção Ambiental); e a ZOR/09 (Zona de Ocupação Restrita). Após a aplicação do sistema para todas as zonas foram apresentados, analisados e discutidos os resultados encontrados mediante a utilização do sistema.



Os resultados obtidos pela aplicação da metodologia seguem apresentados em duas partes:

1. Aspectos da configuração urbana x influência na ventilação; e
2. Aplicação do Método Integrado para Avaliação de Ventilação

6.1. ASPECTOS DA CONFIGURAÇÃO URBANA X INFLUÊNCIA NA VENTILAÇÃO

Baseados nos conceitos, análises e constatações de Higuera (2006), Gartland (2010) e Romero (2000) foram definidos os aspectos referentes à tipologia urbana que influenciam de forma mais efetiva na ventilação natural (**Quadro 11**).

Quadro 11 – Influência das condicionantes do assentamento urbano na ventilação

Aspectos da configuração urbana	Influência na ventilação
Orientação e declividade	Velocidade e direção
Proximidade de massas de água	Ventos úmidos; brisas marítimas
Condicionantes do posicionamento geográfico de um determinado local: latitude e altitude	Vitória: predominante nordeste Velocidade
Orientação das quadras, lotes e edificações; disposição e dimensões das vias; densidade construída; espaços públicos	Canalização, bloqueio ou permeio da ventilação
Vegetação: disposição nas vias, espaços públicos e no interior dos lotes	Condução, bloqueio

Nota: Elaborado a partir de Higuera (2006), Gartland (2010) e Romero (2000)

Fonte: Silva e Alvarez (2013b)

Dentre os aspectos da configuração urbana que exercem influência na ventilação e seus consequentes desdobramentos nos índices de controle urbanístico destacam-se os descritos no **Quadro 12**.

Quadro 12 – Desdobramento dos aspectos da configuração urbana em índices urbanísticos

Aspectos da configuração urbana	Índices urbanísticos
Porosidade da malha urbana	Afastamentos laterais, frontais e de fundos; Taxa de ocupação máxima permitida
Rugosidade urbana	Gabarito; Altura das edificações; Coeficiente de aproveitamento máximo do terreno
Densidade construída	Afastamentos; Taxa de ocupação; Gabarito; Altura das edificações; Coeficiente de aproveitamento

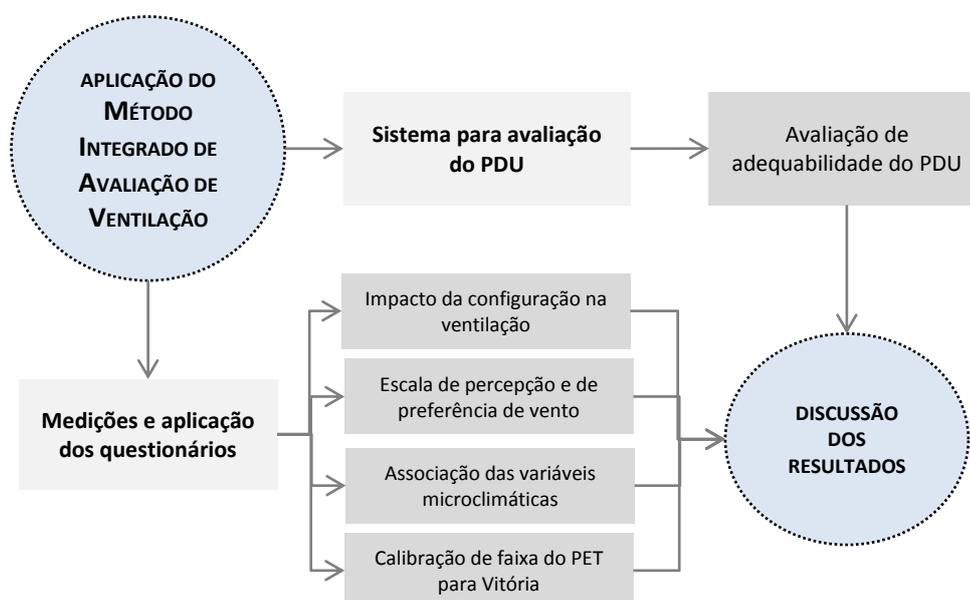


6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO INTEGRADO DE AVALIAÇÃO DE VENTILAÇÃO

Os resultados obtidos pela aplicação do Método Integrado foram divididos em duas partes (Figura 22):

1. Medições e aplicação dos questionários;
2. Sistema para avaliação do PDU.

Figura 22 – Resultados da aplicação do Método Integrado de Avaliação de Ventilação



6.2.1. Medições e aplicação dos questionários

Através das medições e aplicação dos questionários obtiveram-se quatro subprodutos: a) avaliação do impacto da configuração na ventilação; b) escala de percepção e de preferência de vento; c) associação das variáveis microclimáticas; e d) calibração de faixa térmica do PET para Vitória.

- **Avaliação do impacto da tipologia urbana na ventilação**

Para análise dos resultados, os dados foram organizados em resumos numéricos (estatística descritiva) de cada estação de amostragem, que sintetizam as médias obtidas de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura média radiante em cada um dos onze pontos.



Optou-se pela utilização de testes paramétricos (comparação entre médias) uma vez que em uma análise preliminar dos dados, as médias se mostraram mais representativas das condições climáticas de cada ponto. Especialmente no que diz respeito à velocidade do ar, por ser um parâmetro climático que sofre flutuações, as máximas e mínimas mascaram as condições mais frequentes e, portanto, as médias são mais representativas.

Os resumos numéricos foram distribuídos por trecho, onde para cada trecho foram calculados os valores das médias, medianas, desvios e amplitude entre as médias de cada ponto constituinte do trecho, com o intuito de evidenciar as diferenças e similaridades entre os pontos do trecho.

No inverno, a direção predominante do vento foi a sudeste/sudoeste (SE/SO), que sopra perpendicular às quadras do bairro. A velocidade de vento no Trecho A varia entre 3,2 m/s no ponto A1 até 1,2 m/s no ponto A5, caracterizando uma redução de 62,5%. O vento sofre reduções progressivas de velocidade entre os pontos em uma amplitude de 2 m/s e desvio padrão de 0,69 m/s.

No Trecho B a redução do ponto B1 ao ponto B6 não é progressiva, sendo a maior velocidade registrada de 3,6 m/s no ponto B1 e a menor de 1,6 m/s no ponto B4, caracterizando uma redução de 55,6%, com uma amplitude de 2 m/s e desvio padrão de 0,75 m/s (Tabela 15).

Tabela 15 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 19/08/2013 e 20/08/2013)

INVERNO									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	22,6	66,5	6,1	—	CPTEC	22,8	68,5	5,9	—
A1	22,9	72,0	3,2	33,2	B1	25,4	69,7	3,6	33,1
A2	23	71,0	2,4	34,7	B2	25,9	65,5	3,2	32,7
A3	23,7	67,9	1,8	27,8	B3	27,3	64,3	2,2	34,6
A4	24,1	70,5	1,6	28,6	B4	26,9	65,3	1,6	32,0
A5	24,6	64,6	1,2	29,1	B5	26,3	62,5	2,1	32,3
—	—	—	—	—	B6	28,0	62,3	1,7	33,5
Média	23,7	69,2	2,0	30,7	Média	26,6	64,9	2,4	33,0
Mediana	23,7	70,5	1,8	29,1	Mediana	26,6	64,8	2,2	32,9
Desvio padrão	0,66	2,66	0,69	2,75	Desvio padrão	0,87	2,46	0,75	0,86
Coef. Variação	0,03	0,04	0,34	0,09	Coef. Variação	0,03	0,04	0,31	0,03
Mínimo	22,9	64,6	1,2	27,8	Mínimo	25,4	62,3	1,6	32,0
Máximo	24,6	72,0	3,2	34,7	Máximo	28,0	69,7	3,6	34,6
Amplitude	1,8	7,4	2,0	6,9	Amplitude	2,6	7,4	2,0	2,6

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante



Na primavera, com vento predominante nordeste registraram-se menores velocidades de vento comparado com o inverno em ambos os trechos, observando-se que a faixa progressiva de velocidade do ar entre os pontos se manteve a mesma que no inverno. A maior velocidade do ar no Trecho A foi registrada no ponto A1 e menor no A5; e no Trecho B a maior foi no ponto B1 e a menor no ponto B4 (**Tabela 16**).

Tabela 16 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 25/10/2013 e 26/10/2013)

PRIMAVERA									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	30	54,5	3,1	—	CPTEC	29	60	3,6	—
A1	31,8	59,4	2,9	55,6	B1	29,0	60,8	3,0	51,0
A2	30,7	59,7	1,8	58,4	B2	30	60,2	2,8	47,9
A3	31,6	57,0	1,4	40,3	B3	32,2	53,2	2,3	52,7
A4	32	57,4	1,3	48,6	B4	31,6	55,0	1,3	50,9
A5	32,6	56,8	1,0	48,6	B5	32,7	54,6	1,9	50,3
—	—	—	—	—	B6	33,1	52,1	1,6	52,0
Média	31,7	58,1	1,7	50,3	Média	31,4	56,0	2,2	50,8
Mediana	31,8	57,4	1,4	48,6	Mediana	31,9	54,8	2,1	51,0
Desvio padrão	0,62	1,24	0,66	6,32	Desvio padrão	1,47	3,33	0,61	1,51
Coef. Variação	0,02	0,02	0,39	0,13	Coef. Variação		0,06	0,28	0,03
Mínimo	30,7	56,8	1,0	40,3	Mínimo	29,0	52,1	1,3	47,9
Máximo	32,6	59,7	2,9	58,4	Máximo	33,1	60,8	3,0	52,7
Amplitude	1,9	2,9	1,9	18,1	Amplitude	4,1	8,7	1,7	4,8

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante



O verão, com vento predominante nordeste apresentou as menores velocidades de vento das campanhas, com uma redução de 50% entre as velocidades dos pontos A1 e A5, e uma redução de 60% entre B1 e B4, sendo esses os pontos de maior e menor velocidade, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17 – Análise descritiva das variáveis microclimáticas (dias 25/01/2014 e 26/01/2014)

VERÃO									
Trecho A	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)	Trecho B	Ta (°C)	RH (%)	v (m/s)	Tmrt (°C)
CPTEC	31		3,1	—	CPTEC	32		3,6	—
A1	35,9	51,0	1,8	55,6	B1	35,2	46,5	2,8	54,6
A2	35,3	54,4	1,3	60,7	B2	34,0	47,8	2,6	49,1
A3	32,9	61,1	1,0	46,3	B3	37,0	44,7	1,8	55,4
A4	35,2	52,3	1,0	50,7	B4	34,6	47,0	1,1	53,2
A5	35,6	50,1	0,9	51,5	B5	36,4	46,3	1,4	52,9
—	—	—	—	—	B6	37,2	41,0	1,3	55,0
Média	35,0	53,8	1,2	53,0	Média	35,7	45,5	1,8	53,4
Mediana	35,3	52,3	1,0	51,5	Mediana	35,8	46,4	1,6	53,9
Desvio padrão	1,09	3,91	0,32	4,88	Desvio padrão	1,21	2,23	0,65	2,11
Coef. Variação	0,03	0,07	0,26	0,09	Coef. Variação	0,03	0,05	0,35	0,04
Mínimo	32,9	50,1	0,9	46,3	Mínimo	34,0	41,0	1,1	49,1
Máximo	35,9	61,1	1,8	60,7	Máximo	37,2	47,8	2,8	55,4
Amplitude	3,1	10,9	0,8	14,4	Amplitude	3,2	6,8	1,7	6,3

Legenda: Ta: temperatura do ar; RH: umidade relativa; v: velocidade do ar; Tmrt: temperatura média radiante

Em ambos os trechos e em todas as campanhas, as velocidades de vento registradas no CPTEC (estação do aeroporto) foram maiores que nos pontos. A estação do aeroporto está localizada a 4 m de altura em uma área com poucas edificações, enquanto que as miniestações foram posicionadas a 1,10m em uma área com edificações. Essa diferença comprova que o gradiente de velocidade do vento reduz ao se aproximar do solo, sendo assim registradas menores velocidades de vento no nível do transeunte.

Inversamente ao que acontece com o vento, nos pontos de medições foram registradas maiores temperaturas do que na estação do aeroporto, comprovando o impacto da tipologia para a formação dos microclimas urbanos.

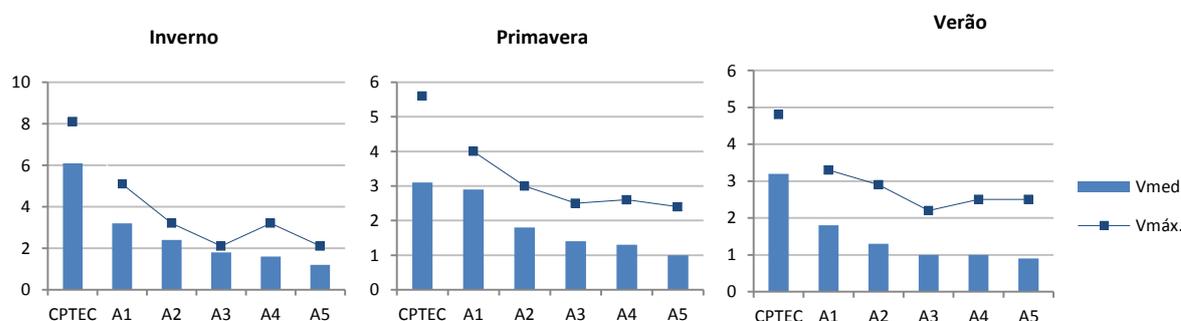
Os valores de velocidade do ar registrados nos onze pontos confirmam a hipótese levantada de que diferentes tipologias urbanas impactam de maneiras diversas no fluxo de ventilação natural. O comportamento do vento tanto no Trecho A quanto no Trecho B apresentaram um padrão que se repetiu em todas as estações.



Em ambos os trechos as velocidades máximas foram sempre registradas nos pontos localizados defronte ao o mar – A1 e B1 –, tanto na direção sudeste/sudoeste (sentido mar-terra) quanto na nordeste (vento lateral). Isso se deve à inexistência de obstáculos formados pela tipologia urbana, na direção sudoeste pela ausência de construções na frente do ponto; e na direção nordeste por se tratar de uma avenida paralela à orla, que serve como canal de ventilação.

Para o Trecho A o fluxo de vento sofre progressivas reduções à medida que se distancia do mar (**Gráfico 4**), sendo que essa redução progressiva é mais evidenciada na campanha do inverno, já que se trata do vento que atinge as edificações perpendicularmente.

Gráfico 4 – Comportamento do vento: trecho A



Apesar da baixa porosidade da tipologia das quadras deste trecho e do alto adensamento da primeira quadra do mar, a localização de uma via perpendicular a orla permite que o vento sudoeste seja canalizado para os pontos A2 e A3 e a distribuição da malha viária paralela a orla permite a canalização do vento nordeste (**Figura 23**).

Figura 23 – Direção do vento e tipologia do Trecho A: pontos A1, A2 e A3



Fonte das imagens aéreas: Adaptada de Google Earth (2013)



O ponto A4, tanto nas campanhas da primavera quanto na do verão apresentou velocidades de vento similares a do ponto A3. Em uma análise inicial, considerou-se que o vento nordeste cruzava as praças do bairro (na parte com árvores esparsas entre si e palmeiras) e adentrava na rua do ponto por uma via lateral (**Figura 24**). Para confirmar esse fenômeno foram realizadas medições adicionais em três pontos simultaneamente, localizados na praça, na via lateral e no ponto A4 e os resultados confirmaram a hipótese inicial.

Figura 24– Direção do vento e tipologia do Trecho A: ponto A4



Fonte da imagem aérea: Adaptada de Google Earth (2013)

Em A5, o vento oriundo do mar praticamente não o alcança, visto que o vento nesse ponto é proveniente das avenidas adjacentes que incrementam o movimento em A5 (**Figura 25**). Fenômeno similar acontece no ponto B5, porém isso ocorre com maior intensidade pelo seu posicionamento próximo ao limite do bairro, localizado mais a nordeste que o A5.

Figura 25 - Direção do vento e tipologia do Trecho A: ponto A5



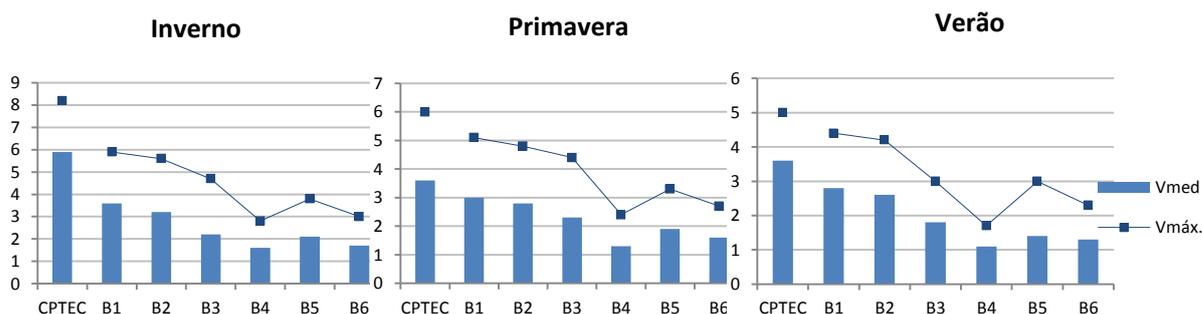
Fonte da imagem aérea: Adaptada de Google Earth (2013)

Assim como ocorreu no Trecho A, no Trecho B o impacto da tipologia no fluxo de ventilação também é mais evidenciado na campanha do inverno (vento SO/SE), porém o comportamento do vento nesse trecho não ocorre de forma progressiva como em A, em função das diferentes tipologias urbanas encontradas neste trecho.



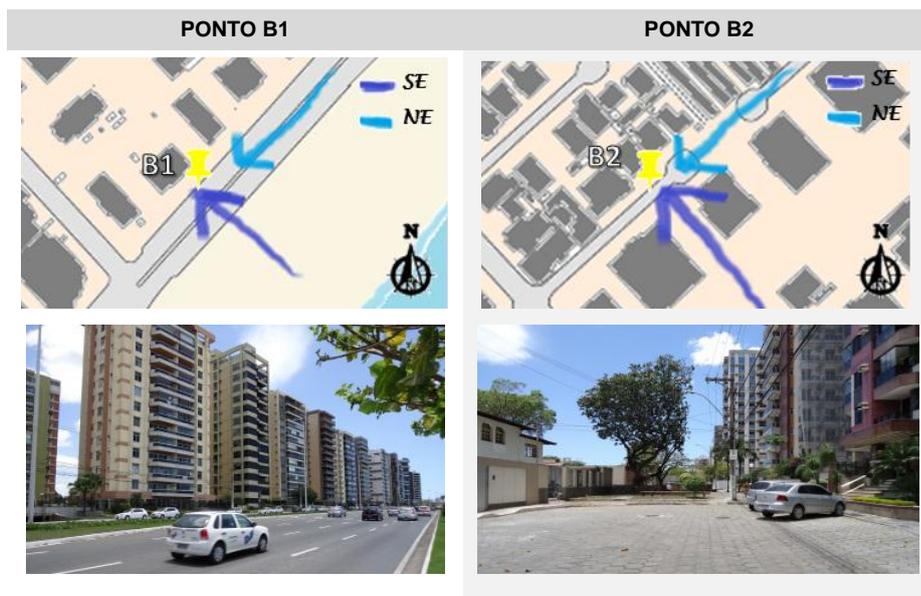
No Trecho B foi identificado um padrão nos dados de velocidade de vento, as maiores velocidades de vento foram sempre registradas no ponto B1, assim como as menores foram constantemente registradas no ponto B4 (Gráfico 5). Do ponto B1 para o B2 houve a menor redução da velocidade de vento, sendo a maior redução de 11% registrada na campanha do inverno e nas campanhas de primavera e verão, observou-se uma redução de 7%.

Gráfico 5 – Comportamento do vento: Trecho B



O menor impacto entre os pontos, registrados nos pontos B1 e B2, ocorreu por causa da tipologia da superquadra da Mata da Praia, que apesar de possuir edifícios altos, possuem grandes afastamentos entre eles o que possibilita o permeio do vento entre as quadras (Figura 26).

Figura 26 – Direção do vento e tipologia do Trecho B: pontos B1 e B2



Fonte das imagens aéreas: Adaptada de Google Earth (2013)

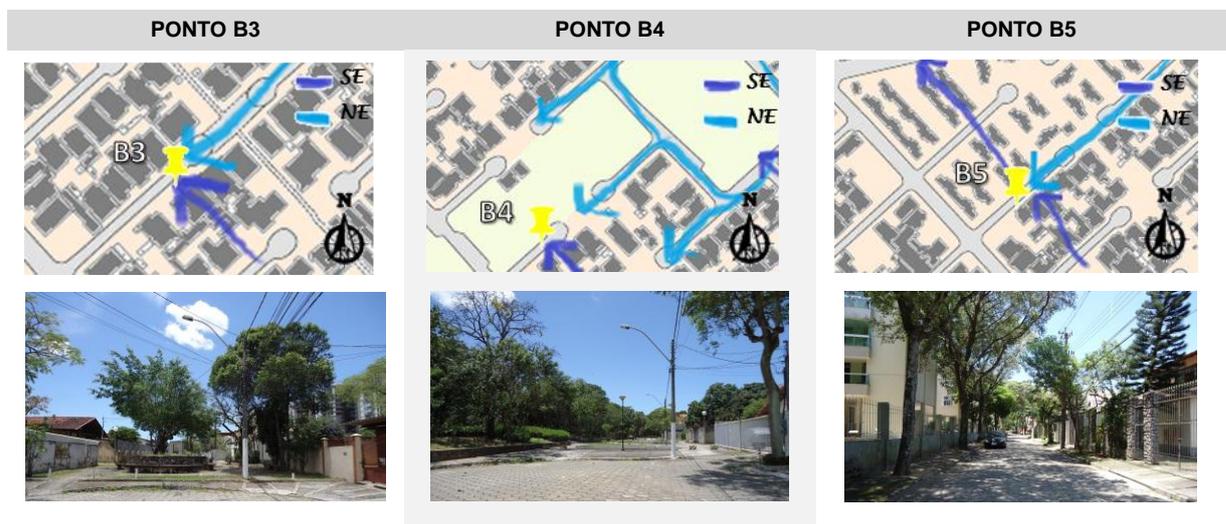


Outro elemento importante para a ventilação é a existência de muros cercando os condomínios e edificações em geral, que por estarem construídos na altura do pedestre reduzem a velocidade do vento nesse nível. No entanto é importante destacar que quando há afastamentos entre o muro e a edificação, esses obstáculos atuam no incremento do movimento do ar possibilitando a recuperação de sua velocidade (CÂNDIDO; BITTENCOURT, 2010).

Esse fenômeno foi observado na área de estudo já que devido aos generosos afastamentos entre os muros e os prédios, a velocidade do ar permaneceu quase a mesma entre os pontos B1 e B2. O mesmo não ocorre nos pontos B3 e B5, já que o afastamento entre os muros e as casas é menor. O ponto B3 apresenta menores velocidades que o ponto B2, uma vez que o afastamento entre as casas é menor e dificulta o permeio da ventilação entre as quadras.

No ponto B5 foi registrada velocidade de vento maior que no ponto B4, em todas as estações, devido ao fato da orientação da malha nesse ponto canalizar tanto o vento SO, quanto o NE (Figura 27). Já no ponto B4 o vento encontra obstáculo pelo formato das praças e pelo adensamento de árvores (posicionadas muito próximas umas das outras), que interferem no fluxo contínuo do vento proveniente do quadrante nordeste.

Figura 27 - Direção do vento e tipologia do Trecho B: pontos B3, B4 e B5



Fonte das imagens aéreas: Adaptada de Google Earth (2013)



Em B6 o vento nordeste é canalizado pelas vias do bairro vizinho, apresentando maiores velocidades que no ponto B4, B6 também recebe o vento do sentido SE/SO pelos afastamentos da tipologia posterior ao B5 (Figura 28).

Figura 28 - Direção do vento e tipologia do Trecho B: ponto B6



Fonte da imagem aérea: Adaptada de Google Earth (2013)

O vento predominante na região de Vitória são os provenientes do quadrante nordeste, e a orientação da malha viária paralela a esse permite o permeio do vento por entre as ruas, especialmente no trecho B localizado mais próximo do limite do bairro, onde se encontra uma grande área aberta da região do aeroporto.

Em uma análise entre os pontos dos Trechos A e B, percebe-se que ambos os pontos A4 e B4 são localizados próximos a praças. No entanto, a diferença em suas formas e na disposição de vegetação influi de forma diferente de distribuição do vento nordeste, ou seja, enquanto em A4 a praça com vegetação esparsa canaliza o vento para dentro do ponto, em B4 a vegetação densa apresenta-se como um obstáculo para o vento nordeste.

Os pontos A5 e B5 estão dispostos em uma área de convergência de ventilação, que varia no sentido NE-SE, tanto pela disposição paralela ao vento das ruas em que se encontram, quanto pelas ruas perpendiculares, que canalizam o vento. Entre os pontos A1-A2 há uma redução maior que em B1-B2; em A verifica-se um grande adensamento da quadra e reduzidos afastamentos, enquanto em B esses afastamentos são generosos.

Como visto na etapa de revisão bibliográfica o gradiente de velocidade de vento é alterado de acordo com a rugosidade urbana (OKE, 2006), ou seja, quanto maior for a altura dos edifícios de um dado lugar menor é a velocidade do vento no nível do transeunte. No entanto, a velocidade de vento nos níveis do transeunte depende de uma conjunção de fatores, como pode ser constatado nos resultados das medições.

Na área de estudo, especificamente no ponto B2 localizado atrás dos edifícios mais altos (16 pavimentos), mas com grandes afastamentos entre eles foram registradas as menores



reduções de velocidade de vento. Por outro lado, nos pontos medidos entre as casas (2 pavimentos) com pouco afastamento foram registradas as maiores reduções de velocidade. Esses resultados apontam que para o nível do transeunte, os afastamentos em função da altura das edificações são fundamentais para a permeabilidade do vento entre as quadras.

A presença de vegetação de grande porte nas áreas urbanas é frequentemente apontada como fundamental para o conforto térmico, especialmente para a redução de temperatura (ROCHA et al., 2011). Nesse sentido, atenta-se para a importância da disposição e tipo de vegetação (LABAKI et al., 2011), uma vez que tanto a densidade como a orientação podem causar interferências na passagem da ventilação. Próxima ao ponto B4 a disposição adensada da massa vegetal forma obstáculo para a passagem de ventos, enquanto a disposição espaçada das árvores e palmeiras próxima ao A4 conduz melhor a ventilação naquele ponto.

- **Escala de percepção e de preferência de vento**

Um dos desafios de otimizar a ventilação natural é definir o quando ela é ou não desejada (CÂNDIDO et al., 2010). Diversas pesquisas atentaram para a temática, e assim, métodos diversos foram propostos, cujos resultados indicam que para estabelecer limites confortáveis de ventilação é fundamental considerar as características climáticas locais (PENWARDEN, 1973; CÂNDIDO et al., 2010; NG; CHENG, 2012).

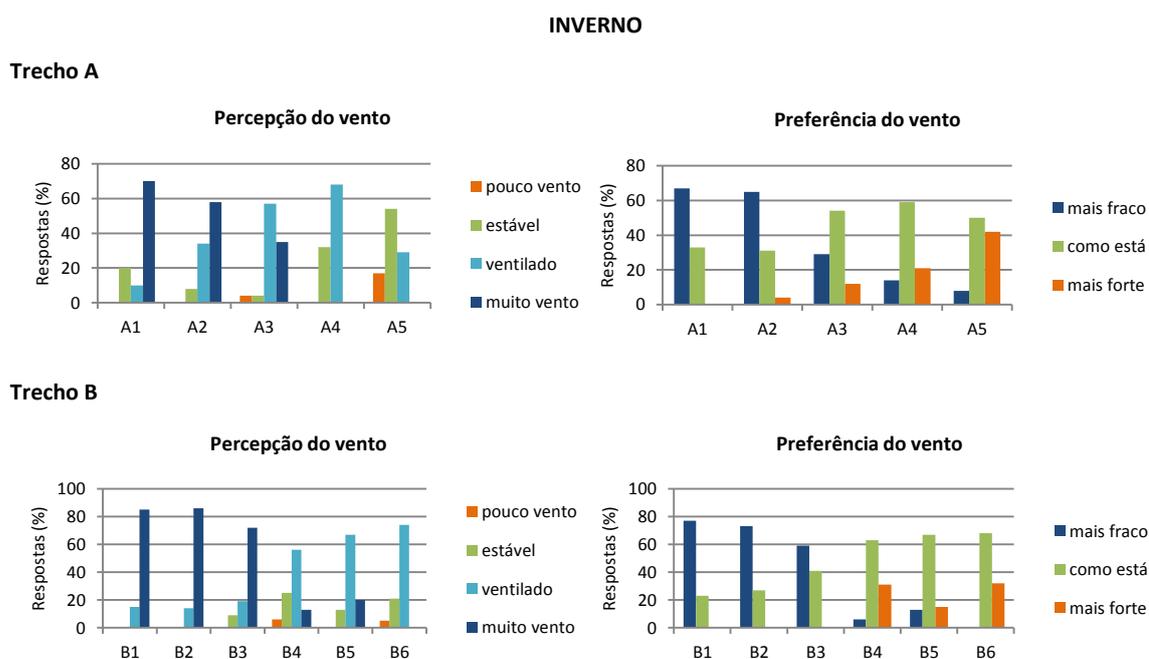
Os dados obtidos nas medições comprovaram o impacto da tipologia edificada na ventilação, contudo a abordagem integrada do método de avaliação de ventilação busca, através de perguntas específicas do questionário junto aos transeuntes, mapear a percepção e a preferência de ventilação em cada ponto. Para isso foi perguntado para cada um dos 841 entrevistados como ele percebia o vento naquele momento, em uma escala de muito forte, ventilado, estável ou pouco vento. Em sequência foi questionado como ele gostaria que o vento estivesse: se mais fraco, mais forte, ou como se encontrava no momento.

Na campanha do inverno, em ambos os trechos nos pontos mais próximos ao mar foram registradas um maior número de sensação de muito vento. Os dados percentuais foram estipulados em função das médias dos pontos. Nos pontos A1 e A2 houve um maior número de sensação de muito vento (60%) e de preferência de mais fraco (66%); os pontos A3 e A4 foram percebidos como ventilados (61%) e de preferência da manutenção como estava (57%). Já no ponto A5, o resultado apontou a preferência da manutenção da condição do momento (50%), sendo que parte dos respondentes prefeririam que o vento estivesse mais forte (42%).



No Trecho B, os pontos B1, B2 e B3 foram percebidos como com vento muito forte (84%), sendo preferido que estivesse mais fraco (70%). Os pontos B4, B5 e B6 foram percebidos como ventilado (65%) e preferência de manutenção das condições do momento (67%) (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Percepção e preferência de vento: campanha do inverno



Nas campanhas da primavera, que apresentaram maiores temperaturas do ar e velocidades de vento um pouco menores que a campanha anterior, a percepção e preferência do vento entre os pontos diferem da campanha do inverno.

No Trecho A, apenas o ponto A1 é percebido como com muito vento (67%) e preferência de que estivesse mais fraco (53%). Os pontos A2 e A3 foram apontados como ventilados (54%) e preferência de manutenção das condições do momento (65%). Apesar do ponto A4 também ser apontado como ventilado (52%) houve um maior número de respostas que preferiam que o vento estivesse mais forte (52%). No entanto, em A4 a velocidade média do vento (1,3m/s) era apenas um pouco menor que a do A3 (1,4m/s), porém a temperatura registrada foi maior (32°C), indicando que em temperaturas maiores há uma preferência por ventos mais fortes. O ponto A5 foi percebido como estável (65%) e a preferência por vento mais forte (70%).

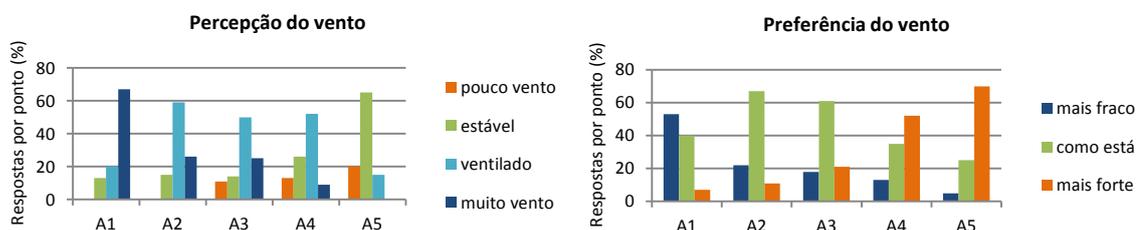


No Trecho B, assim como no inverno, os pontos B1, B2 e B3 foram percebidos como com muito vento (70%), no entanto apenas no B1 houve a preferência de ventos mais fracos (72%), enquanto nos pontos B2 e B3 foi indicada a preferência de manutenção das condições do momento (64%). Isso reforça a constatação que em temperaturas maiores há a preferência de ventos mais fortes (**Gráfico 7**).

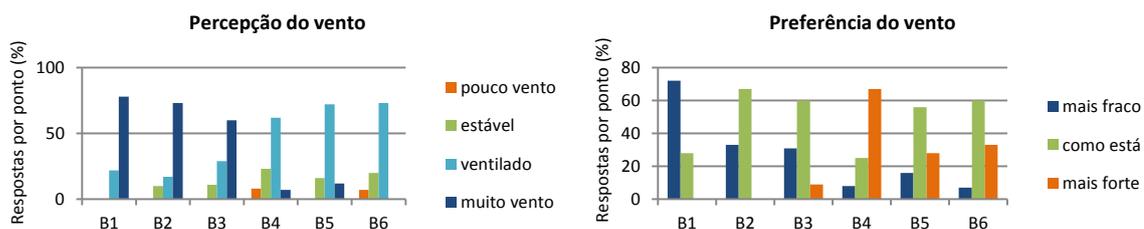
Gráfico 7 – Percepção e preferência de vento: campanha da primavera

PRIMAVERA

Trecho A



Trecho B



Nas campanhas do verão onde foram registradas as maiores temperaturas e as menores velocidades de vento das três estações, apenas ocorreu o registro de sensações de muito vento nos pontos B1 e B2 (72%), sendo que os pontos A1 e B3 foram identificados como ventilados (61%).

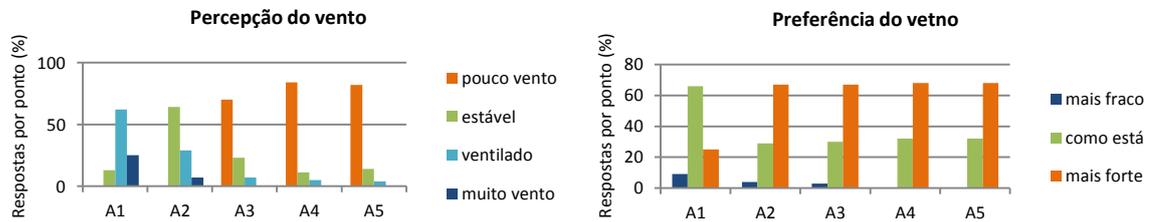
Houve uma predominância de sensação de pouco vento e preferência de mais vento, com exceção dos pontos A1, B1, B2 e B3 que, apesar de apresentarem velocidades identificadas em outras campanhas como muito forte e preferência de mais fraco, no verão identificou-se a maior preferência pela manutenção das condições do momento (**Gráfico 8**).



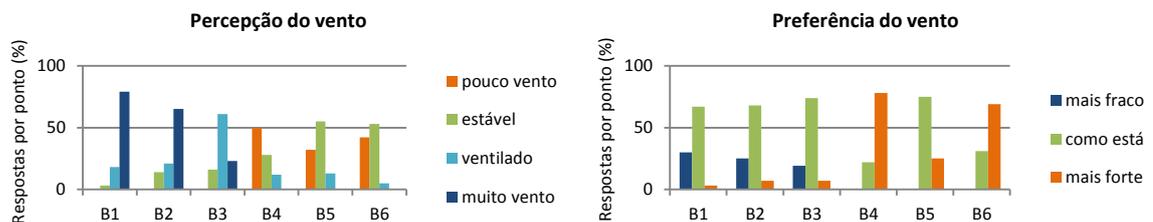
Gráfico 8 – Percepção e preferência de vento: campanha do verão

VERÃO

Trecho A



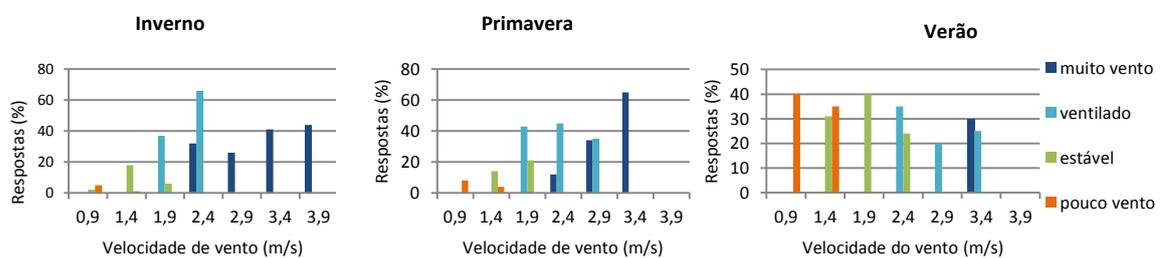
Trecho B



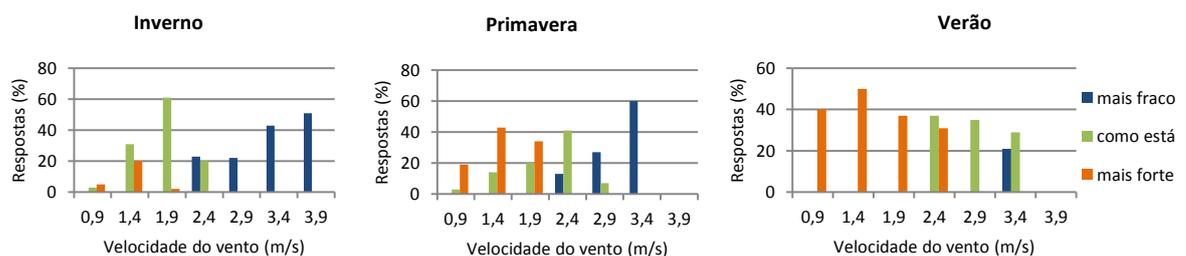
Notório se faz a preferência por maiores velocidades de ventilação quando há maiores temperaturas do ar. Os dados de velocidade de vento conjuntamente com as respostas de percepção e preferência de ventilação obtidas nos questionários foram tabulados por frequência absoluta de respostas com o intuito de estabelecer as faixas de velocidade de vento em função da percepção e preferência de vento (**Gráfico 9**).

Gráfico 9 – Percepção e preferência de vento em função da velocidade de vento média

Percepção de vento



Preferência de vento





A partir da análise dos gráficos da figura anterior foram elaboradas faixas de ventilação para cada uma das três estações, esquematizados na **Tabela 18**. Percebe-se que para o inverno há uma maior aceitação das faixas de vento entre 0,9 m/s e 2,4 m/s; na primavera o limite superior de velocidade dessa faixa aumenta para 2,9 m/s, sendo que no verão – com temperaturas mais elevadas – ocorreu uma preferência por ventos mais fortes, sendo observado que a percepção da intensidade de vento foi também alterada.

Tabela 18 – Escala de percepção e preferência de ventilação

INVERNO (22,9°C – 28°C)		
Faixa de ventilação (m/s)	Percepção	Preferência
≤ 0,9 m/s	Pouco vento	Mais forte
0,9 m/s < vento ≤ 1,9 m/s	Estável	Como está
1,9 m/s < vento ≤ 2,4 m/s	Ventilado	Como está
> 2,4 m/s	Muito vento	Mais fraco
PRIMAVERA (29°C – 33,1°C)		
Faixa de ventilação (m/s)	Percepção	Preferência
≤ 0,9 m/s	Pouco vento	Mais forte
0,9 m/s < vento ≤ 1,9 m/s	Estável	Mais forte
1,9 m/s < vento ≤ 2,9 m/s	Ventilado	Como está
> 2,9 m/s	Muito vento	Mais fraco
VERÃO (35,2°C – 37,2°C)		
Faixa de ventilação (m/s)	Percepção	Preferência
≤ 1,4 m/s	Pouco vento	Mais forte
1,4 m/s < vento ≤ 2,4 m/s	Estável	Mais forte
2,4 m/s < vento ≤ 3,4 m/s	Ventilado	Mais forte
vento = 3,4 m/s	Muito vento	Como está

Posteriormente, a definição das faixas de percepção e preferência de ventilação, elaborou-se uma escala de percepção da ventilação em função da variação de temperatura média registrada nas seis campanhas de medições (**Tabela 19**).

Tabela 19– Escala de percepção de ventilação

Percepção da ventilação para as três estações			
Percepção	Faixa de ventilação (m/s)		
	22,9°C – 28°C	29°C – 33,1°C	35,2°C – 37,2°C
Pouco vento	≤ 0,9 m/s	≤ 0,9 m/s	≤ 1,4 m/s
Estável	0,9 m/s < vento ≤ 1,9 m/s	0,9 m/s < vento ≤ 1,9 m/s	1,4 m/s < vento ≤ 2,4 m/s
Ventilado	1,9 m/s < vento ≤ 2,4 m/s	1,9 m/s < vento ≤ 2,9 m/s	2,4 m/s < vento ≤ 3,4 m/s
Muito vento	> 2,4 m/s	> 2,9 m/s	vento = 3,4 m/s



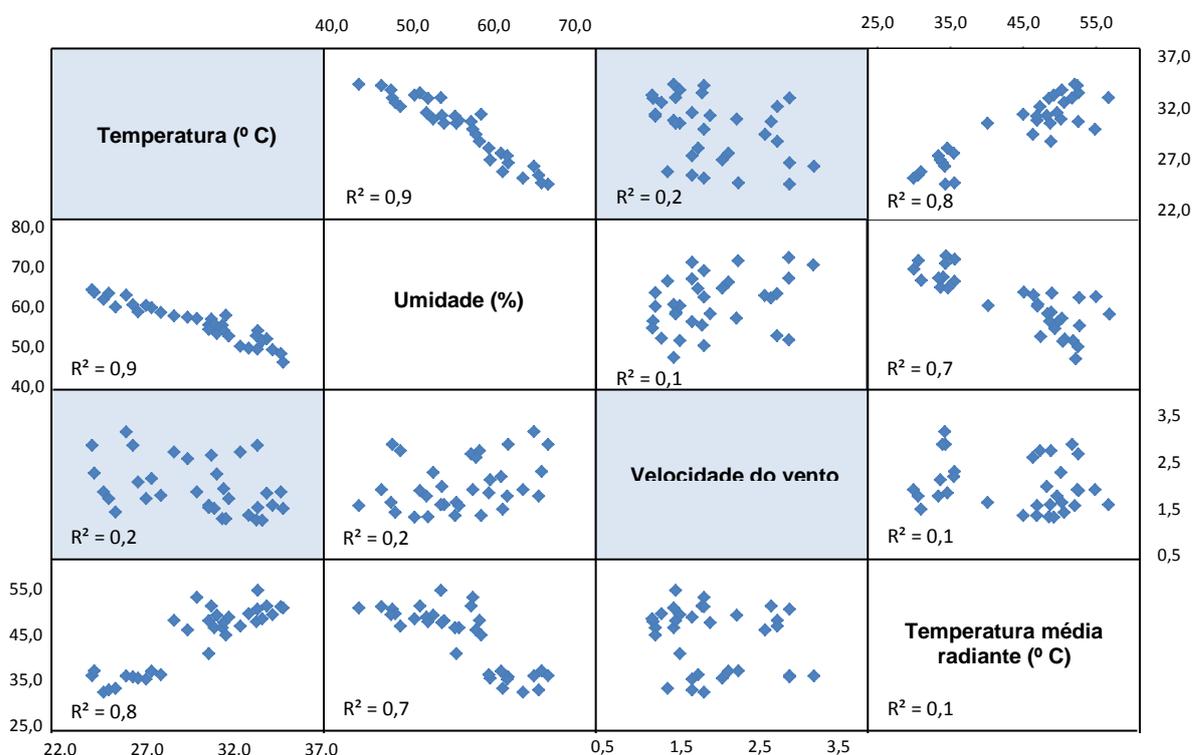
- **Associação das variáveis microclimáticas**

Com o intuito de entender a relação entre a velocidade do ar, temperatura, umidade e radiação (através da temperatura média radiante) foi testada a associação entre as variáveis climáticas mencionadas, sem, no entanto testar a interferência entre elas. Ressalva-se, porém que o objetivo do estudo é investigar a importância da ventilação para o conforto térmico do transeunte.

Para testar a associação entre as variáveis climáticas utilizaram-se diagramas de dispersão para testar a relação entre as variáveis climáticas. Os dados das variáveis para a confecção do gráfico de dispersão foram as médias de todos os pontos em todas as campanhas.

Para melhor visualização da correlação entre as variáveis foi confeccionada uma matriz de correlações com os gráficos de dispersão (**Gráfico 10**). Cada linha do gráfico corresponde a uma variável climática que se relacionam entre elas nas colunas. Como por exemplo, as células coloridas representam a relação entre as variáveis: temperatura e velocidade.

Gráfico 10 - Matriz de dispersão das variáveis climáticas



R² : coeficiente de determinação. O R² varia entre 0 e 1; quanto maior o R², maior é a correlação entre as variáveis.

A maior associação entre as variáveis foi encontrada entre a temperatura e a umidade, que apresentaram uma correlação negativa, ou seja, à medida que aumenta a temperatura, a umidade diminui. A correlação entre as variáveis climáticas, especialmente no ambiente



urbano, depende de diversos fatores que irão interferir nessa relação, como os aspectos do ambiente construído — altura das edificações, afastamentos, dentre outros —, tornando complexa sua análise.

É possível notar uma relação de interdependência entre as variáveis, apesar da relação entre elas não se apresentar de forma linear. O fato é que o vento, apesar de não ser suficiente para explicar sozinho as variações de temperatura, umidade e temperatura média radiante, possui um importante papel na equação do balanço das variáveis e em especial em relação ao conforto térmico.

Essas considerações foram também evidenciadas nas pesquisas de Oke e outros (1999) para a Cidade do México, bem como de Gomes e Lamberts (2009) para Minas Gerais, que concluíram que as variáveis do balanço energético se relacionavam de forma complexa.

- **Calibração inicial da faixa térmica de PET para Vitória**

Pesquisas como as realizadas por Monteiro e Alucci (2010); Hirashima e outros (2011); Rossi e outros (2013) concluíram que para definição de índices preditivos de conforto térmico adequados verifica-se a necessidade de elaboração de modelos de calibração locais. Sendo assim, buscou-se a proposição de uma calibração inicial da faixa térmica de PET para Vitória. Para a organização dos dados dos questionários foi feito o levantamento do número de questionários aplicados por ponto, por estação e o total (**Tabela 20**).

Tabela 20 – Número de questionários aplicados por estação

Número de questionários aplicados											
Inverno				Primavera				Verão			
Ponto	N	Ponto	N	Ponto	N	Ponto	N	Ponto	N	Ponto	N
A1	30	B1	35	A1	30	B1	36	A1	32	B1	33
A2	26	B2	22	A2	27	B2	30	A2	28	B2	28
A3	28	B3	32	A3	28	B3	35	A3	30	B3	31
A4	22	B4	16	A4	23	B4	13	A4	19	B4	18
A5	24	B5	24	A5	20	B5	25	A5	22	B5	20
—	—	B6	19	—	—	B6	15	—	—	B6	19
Total	130	Total	148	Total	128	Total	153	Total	131	Total	149
Total= 278				Total = 281				Total= 280			
TOTAL = 841											

Legenda: N: número de questionários aplicados por ponto

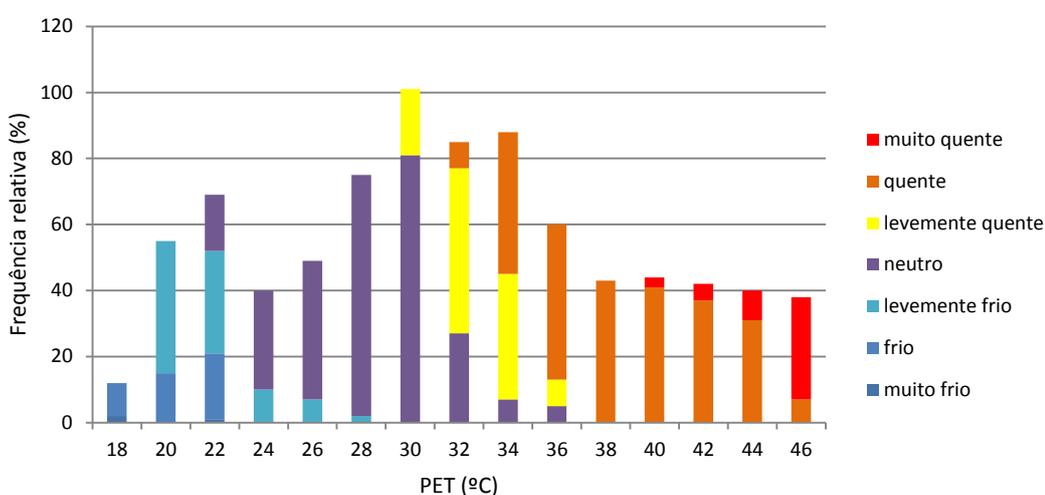
A amostra da população anteriormente caracterizada no subcapítulo 5.2.3, consiste em 51% dos entrevistados do sexo feminino, média de idade de 36 anos, peso normal, taxa metabólica de 102,5 W/m² correspondente a atividade leve e isolamento térmico de 0,5clo, que corresponde a calça tipo jeans e camisa de manga curta.



Após a organização dos dados pessoais dos entrevistados, foi calculado para cada um dos 841 entrevistados o valor do índice PET, com o auxílio do *software RayMan 1.2*. Os valores obtidos foram cruzados com as respostas de percepção térmica auferidas nos questionários.

Dessa forma, foi elaborada uma tabela de frequência que culminou no **Gráfico 11**, que indica a frequência relativa de respostas de sensação em função da faixa térmica de PET. Para os dias de medições observou-se uma predominância de respostas indicando a sensação de neutralidade térmica (neutro) seguida pela sensação de calor (quente).

Gráfico 11 – Frequência relativa da ocorrência de sensação térmica em função do índice PET



A partir da análise do gráfico de frequências foram delimitadas as faixas de sensação térmica com base na faixa de PET encontrada nos dias de medições que teve uma amplitude que varia de 18°C (inverno) a 46°C (verão). Dessa forma foi proposta uma calibração de PET (**Tabela 21**) para a cidade de Vitória, baseadas nas respostas, através da escala de sete pontos proposto pela norma ISO 7730 (2005).

Tabela 21 – Intervalos de PET para Vitória

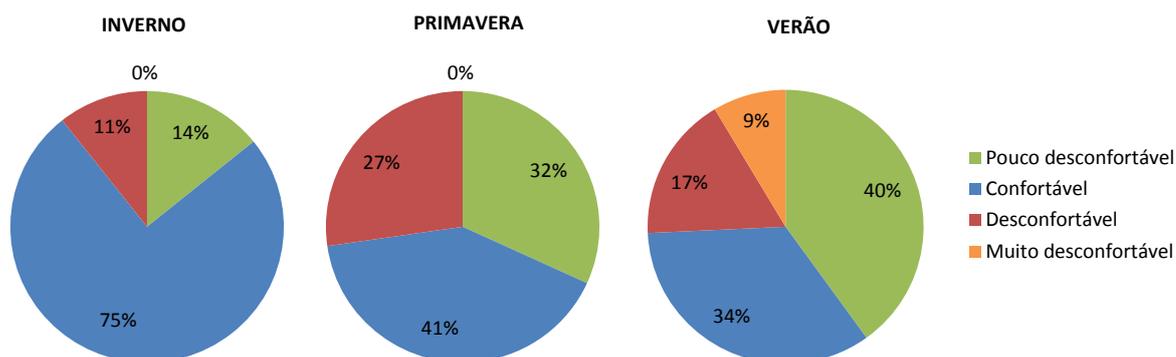
Sensação térmica	PET para Europa Matzarakis e Bayer (1996)	PET para Vitória
Muito frio	$\leq 4^{\circ}\text{C}$	—
Frio	$4^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 8^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 20^{\circ}\text{C}$
Frio moderado	$8^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 13^{\circ}\text{C}$	—
Levemente frio	$13^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 18^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 22^{\circ}\text{C}$
Neutro	$18^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 23^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 30^{\circ}\text{C}$
Levemente quente	$23^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 29^{\circ}\text{C}$	$30^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 34^{\circ}\text{C}$
Calor moderado	$29^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 35^{\circ}\text{C}$	—
Quente	$35^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 41^{\circ}\text{C}$	$34^{\circ}\text{C} < \text{PET} \leq 46^{\circ}\text{C}$
Muito quente	$> 41^{\circ}\text{C}$	$> 46^{\circ}\text{C}$



Para os dias de medições não foram identificadas um número de respostas suficientes de sensação de muito frio para estabelecer a faixa dessa sensação. Ressalva-se que houve um menor número de repostas de sensação de frio e leve frio, dessa forma a faixa de PET que corresponde a esses valores não é tão expressiva quando comparada às demais. No entanto, sendo a situação de verão identificada como a mais crítica para Vitória, foi possível estabelecer a faixa de PET para essa situação.

Com o intuito de conhecer a percepção de conforto dos transeuntes foi perguntado aos mesmos como eles estavam se sentido termicamente no momento. As respostas eram marcadas objetivamente entre as opções: muito desconfortável, desconfortável e pouco confortável. As respostas obtidas pela aplicação dos questionários foram agrupadas por campanha (**Gráfico 12**).

Gráfico 12 – Percepção de conforto para as três campanhas



Identificou-se, de forma corroborativa aos resultados encontrados nas pesquisas de Nikolopoulou (2004), que a percepção de conforto do transeunte depende, além das características climáticas, de fatores psicológicos. Porém foi possível perceber que há um maior número de pessoas se sentindo confortáveis no inverno (75%) em contraponto com o verão, onde ocorreu o maior registro de pessoas que se sentiram pouco confortáveis (40%).

6.2.2. Sistema para avaliação do PDU

A estruturação do sistema para avaliação do PDU, os procedimentos para a sua aplicação e o teste do mesmo foram publicados em Silva e Alvarez (2013a), sendo posteriormente acrescentadas as considerações dos resultados obtidos nas campanhas de amostragem climática.



O sistema proposto foi estruturado a partir de um quadro síntese (**Quadro 13**), onde foi assinalado se o item estaria ou não contido no Plano Diretor. Em seguida identificou-se na coluna relativa ao peso o valor alcançado, sendo que se o item estivesse contido no PDU receberia o valor cheio, estado contrário, o valor adotado seria nulo. De forma a aumentar a objetividade do sistema não foram definidas situações passíveis de escalonamento numérico.

Quadro 13 – Sistema para avaliação do Plano Diretor Urbano (PDU) em relação à ventilação

QUADRO PARA AVALIAÇÃO				
ITEM A SER ANALISADO	SIM	NÃO	ESPECIFICIDADES	PESO
1				15%
2				15%
3				5%
4				5%
5				10%
6				5%
7				10%
8				5%
9				5%
10				10%
11				5%
12				5%
13				5%
Quantificação total				
OBSERVAÇÕES:				
1. <u>Item 1:</u> não é necessária a definição do coeficiente de aproveitamento máximo se for estipulado o número máximo de pavimentos (gabarito), e a taxa de ocupação máxima inferior a 60%.				
2. <u>Item 3:</u> pode-se considerar adequado quando a taxa de ocupação máxima for inferior a 40%.				
3. <u>Itens 4, 6 e 8:</u> excetua-se a análise desses quando o gabarito máximo permitido for de 3 (três) pavimentos ou menos. Quando esse for o caso, os valores atribuídos a esses itens devem ser redistribuídos nos itens 1 e 2. Dessa forma o item 1 passa a ter peso de 20% e o item 2 passa a ter peso de 25%.				
4. <u>Item 12:</u> a avaliação de adequação refere-se a manutenção de espaços abertos no raio de influência do bairro e não da zona. Para análise desse item deve ser observado o mapa de zoneamento urbanístico. Os espaços abertos no Plano Diretor podem ser classificados como Zonas de Proteção Ambiental e a essas não se aplicam o quadro proposto.				
5. <u>Item 13:</u> para análise desse item é importante identificar se existem critérios para a disposição de vegetação de grande porte, de forma que não configurem uma massa adensada bloqueando o vento.				

Fonte: adaptado de Silva e Alvarez (2013a)



Para o Plano Diretor ser considerado adequado foi estabelecida uma margem mínima de 60% na quantificação total, devendo esse valor ser obtido em cada zona urbanística demarcada no PDU. Para o alcance do valor mínimo seria preciso que o Plano contivesse minimamente os itens que garantissem a porosidade da configuração urbana, tais como a taxa de ocupação e afastamentos.

Ressalta-se que para a conversão desses itens em índices de controle urbanístico com valores definidos como máximos ou mínimos nos PDU's são necessários estudos aprofundados para adequá-los ao contexto climático de cada cidade. Aponta-se ainda a necessidade de considerar valores apropriados para cada zona urbanística em função de sua localização topográfica e posicionamento em relação aos ventos dominantes, considerando também a influência gerada pela configuração urbana do entorno.

O teste do sistema para avaliação do Plano Diretor foi realizado para duas zonas urbanísticas do bairro Mata da Praia em Vitória: a ZOC3 e a ZOR/09 (Figura 29).

Figura 29 – Zoneamento urbanístico do bairro Mata da Praia / ES



Fonte: Adaptada de Silva e Alvarez (2013a)



Os resultados da aplicação do sistema para a ZOC3 seguem descritos na **Tabela 22**.

Tabela 22 – Aplicação do sistema para a ZOC3 do PDU de Vitória (ES)

QUADRO PARA AVALIAÇÃO					
ITEM A SER ANALISADO		SIM	NÃO	ESPECIFICIDADES	PESO
1	O coeficiente de aproveitamento (CA) e o gabarito máximos são estipulados de forma que para alcançar o máximo em ambos os índices se faz necessário reduzir a taxa de ocupação máxima permitida	X		Não é estipulado CA máximo, porém é estipulado o gabarito máx. em 14 pav. e TO máx. inferior a 60%	15%
2	A taxa de ocupação (TO) máxima é menor ou igual a 60%	X		A TO é de 30%	15%
3	Prevê dispositivos de redução tributária se a taxa de ocupação for 20% menor que a máxima permitida por zona. (Exemplo: isenção do pagamento da taxa de alvará de construção).	X		A TO máx. é inferior a 40%	5%
4	Estabelece valor mínimo para afastamento frontal	X		Mínimo de 5m	5%
5	Estabelece valor mínimo para afastamento frontal nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)	X		Mínimo de 5m	10%
6	Estabelece valor mínimo para afastamento lateral	X		Mínimo de 8m	5%
7	Estabelece valor mínimo para afastamento lateral nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)	X		Mínimo de 8m	10%
8	Estabelece valor mínimo para afastamento de fundos	X		Mínimo de 8m	5%
9	Estabelece valor mínimo para afastamento de fundos nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)	X		Mínimo de 8m	5%
10	Prevê manutenção de vias que funcionem como canais de ventilação		X		0%
11	As vias são dimensionadas em função da taxa de densidade das quadras paralelas a estas		X	As vias são dimensionadas em função da hierarquização viária constante no Anexo 3	0%
12	Identifica a preservação/incentivo de espaços abertos	X		Não para a zona, mas prevê a manutenção de praças no interior do bairro (ZPA2)	5%
13	Prevê e/ou incentiva o plantio de vegetação de grande porte		X		0%
Quantificação total					80%

Fonte: Silva e Alvarez (2013a)

A ZOC3 recebeu 80% na pontuação, sendo a zona considerada adequada de acordo com o sistema. Essa zona apresenta resultados expressivos referentes às questões de afastamentos e taxa de ocupação, tendo pontuado em todos os itens relacionados a essas duas variáveis.

Os resultados obtidos pela aplicação do sistema nessa zona foram corroborativos aos alcançados na etapa de medições, que apontou que os afastamentos entre os edifícios propiciavam o permeio do vento entre as quadras. Dessa forma constata-se que o sistema proposto foi adequado para avaliar o Plano Diretor quanto às questões de ventilação.



Os resultados obtidos da aplicação para a ZOR/09 seguem descritos na **Tabela 23**.

Tabela 23 – Aplicação do sistema para a ZOR / 09 do PDU de Vitória / ES

QUADRO PARA AVALIAÇÃO					
ITEM A SER ANALISADO	SIM	NÃO	ESPECIFICIDADES	PESO	
1	O coeficiente de aproveitamento (CA) máximo e o gabarito máximo são estipulados de forma que para alcançar o máximo em ambos os índices se faz necessário reduzir a taxa de ocupação máxima permitida		X	O gabarito máximo é de 2pav.	0%
2	A taxa de ocupação (TO) máxima é menor ou igual a 60%	X		TO máx. é de 60%	15%
3	Prevê dispositivos de redução tributária se a taxa de ocupação for 20% menor que a máxima permitida por zona. Como por exemplo, isenção do pagamento da taxa de alvará de construção.		X		0%
4	Estabelece valor mínimo para afastamento frontal	—	—	Não se aplica	0%
5	Estabelece valor mínimo para afastamento frontal nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)	X			10%
6	Estabelece valor mínimo para afastamento lateral	—	—	Não se aplica	0%
7	Estabelece valor mínimo para afastamento lateral nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)		X	Até o 2º pav. isento	0%
8	Estabelece valor mínimo para afastamento de fundos	—	—	Não se aplica	0%
9	Estabelece valor mínimo para afastamento de fundos nos 3 primeiros pavimentos (incluindo o meio-subsolo)		X	Até o 2ºpav. isento	0%
10	Prevê manutenção de vias que funcionem como canais de ventilação		X		0%
11	As vias são dimensionadas em função da taxa de densidade das quadras paralelas às essas		X		0%
12	Identifica a preservação de espaços abertos	X		ZPA2: no meio do bairro	5%
13	Prevê e / ou incentiva o plantio de árvores		X		0%
				Quantificação total	40%

Fonte: Silva e Alvarez (2013a)

Na ZOR/09 o Plano não atingiu a pontuação mínima para ser considerado adequado, apesar do baixo gabarito e da taxa de ocupação máxima ser satisfatória. Observa-se que a ausência de afastamentos laterais e de fundos dificulta o permeio da ventilação.

No PDU de Vitória, assim como na tabela de índices de controle urbanístico da ZOR/09, a maioria das zonas libera as edificações da obrigatoriedade de afastamentos laterais e de fundos até o 2º pavimento. Essa isenção representa um inconveniente para a ventilação urbana, visto que a velocidade do vento é menor nos primeiros pavimentos, e é justamente nesse nível que há a maior necessidade de afastamentos frontais, laterais e de fundos.



A ausência de afastamentos tanto nos primeiros pavimentos como nos demais geram sérias consequências para a cidade, pois dificultam o permeio do vento entre as quadras. Especialmente em uma cidade litorânea como Vitória, é fundamental permitir e incentivar que o fluxo de ventilação marítimo alcance as áreas localizadas no interior da cidade.

De acordo com as diretrizes estabelecidas para a utilização do sistema, o plano precisa atingir no mínimo 60% em cada zona para ser considerado adequado às questões concernentes à ventilação, sendo assim pode-se afirmar que o PDU de Vitória não está adequado no aspecto em epígrafe (SILVA; ALVAREZ, 2013a).

Visto que a velocidade do vento decresce à medida que se aproxima do solo (COCEAL; BELCHER, 2006), e que nos pontos localizados atrás de edificações com poucos afastamentos entre elas ocorreram as maiores reduções de velocidade do vento, constata-se que o nível do transeunte é o que possui a ventilação mais prejudicada. Porém, observa-se que o PDU de Vitória permite, em diversas zonas, que as edificações ocupem todo o lote nos três primeiros pavimentos, sendo tal aspecto um contrassenso para o alcance do conforto térmico urbano, especialmente por que a ventilação para o clima quente úmido é fundamental para acelerar as trocas de calor e garantir o conforto.



A ventilação natural para o alcance do conforto térmico do transeunte é especialmente importante para as regiões de clima quente e úmido, onde são registradas maiores temperatura do ar (29°C à 37°C) e se verifica a preferência dos transeuntes por maiores velocidades de vento (3,4 m/s).

Em bairros litorâneos, onde há o registro de maiores velocidades de vento nas orlas, o impacto das diferentes configurações urbanas no fluxo da ventilação natural é mais evidenciado. Sendo assim, é indispensável o entendimento das formas de ocorrência desse impacto.

Diversos autores apontam a rugosidade da tipologia urbana como responsável pela diminuição da velocidade do vento na camada intra-urbana em relação à camada do limite atmosférico. No entanto, para o nível do transeunte, a porosidade é a característica urbana de maior influência na ventilação, pois é ela que permite o permeio do vento entre as quadras. Ainda quanto à porosidade, a orientação da malha viária paralela ao vento predominante permite a canalização do fluxo de ventilação para as ruas internas do bairro.

Conforme resultado dos estudos realizados, edifícios altos (16 pavimentos) com generosos afastamentos entre eles exercem menor impacto na velocidade do vento que casas (2 pavimentos) com poucos afastamentos entre elas, mesmo com a construção de muros nos limites dos lotes. Os muros quando construídos afastados das edificações propiciam o incremento do ar e a recuperação da velocidade que o vento perde ao se deparar com um obstáculo.

A presença de vegetação de grande porte é importante elemento para o conforto térmico, no entanto salienta-se que a sua disposição e formato podem impactar tanto positivamente quanto negativamente na ventilação, de acordo com o clima da região. Nos casos em que o vento é desejável para mitigar o desconforto térmico, a vegetação impacta positivamente quando sua distribuição espaçada permite a passagem dos ventos, porém quando forma uma massa adensada, bloqueia o vento e assim impacta negativamente no conforto térmico.

As faixas térmicas consideradas como confortáveis variam de acordo com a realidade climática de cada região, tendo em vista a capacidade de adaptação térmica de cada população. Assim, observa-se que a percepção de conforto depende não apenas das condições climáticas, mas também de questões subjetivas e psicológicas individuais.



Apesar da percepção de conforto variar de acordo com características individuais, a percepção de sensação térmica se mostra coerente com as condições climáticas registradas. No entanto, para o uso de modelos preditivos de conforto térmico, como o PET, baseado na realidade climática europeia, se necessita de modelos de calibração da faixa térmica específicos para cada localidade.

As diferentes condições climáticas interferem também na percepção e preferência de velocidade de vento dos transeuntes, que preferem velocidades de vento maiores (3,4m/s) em dias mais quentes e considera esse mesmo valor muito forte em dias mais amenos. Dessa forma, ressalta-se a necessidade de estabelecer faixas de preferência de vento de acordo com a localidade.

O vento é importante para a equação do conforto térmico, porém não é fator suficiente para explicar sozinho as variações de temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação. A análise da correlação entre as variáveis climáticas, principalmente no meio urbano, depende de diversos fatores de interferência o que a torna complexa.

Tendo em vista que a velocidade de vento é menor no nível do transeunte se comparado com os locais mais altos, é imprescindível que os planos diretores estabeleçam índices de afastamentos em todos os pavimentos para o alcance de níveis de ventilação eficientes na mitigação do desconforto térmico local. Dessa forma, reitera-se que somente com o estudo da realidade local é possível a adoção de políticas públicas de planejamento/ordenamento urbano integradas com o entendimento dos elementos climáticos locais que sejam adequadas regionalmente.

A ventilação urbana para o conforto térmico do transeunte é de suma importância e sendo assim, deve estar inclusa nas diretrizes básicas da legislação urbanística. No entanto, o PDU de Vitória trabalha com a ideia de ventilação subjetiva, e conseqüentemente, não estabelece parâmetros objetivos, o que resulta por impossibilitar a utilização dos instrumentos inibitórios e punitivos contidos na legislação urbana.

Contudo, no momento em que forem estabelecidos valores claros e objetivos, o aplicador da lei terá à sua disposição uma gama de instrumentos jurídicos para fazer cumprir as designações acerca da ventilação.

Propõe-se que o controle do respeito à ventilação urbana, após as devidas mudanças legislativas já mencionadas, deva ocorrer sob duplo aspecto: preventivo e repressivo. No primeiro, deve ser feita a análise do projeto entregue ao órgão competente, de forma prévia ao início das obras, onde se verifica, entre outros fatores, o cumprimento ou não das normas referentes à ventilação. Não sendo cumpridas tais normas (alternativa ou cumulativamente),



o pedido de aprovação deve ser indeferido até que o projeto cumpra adequadamente às exigências estabelecidas.

No segundo aspecto, ocorrendo por qualquer razão o descumprimento das normas de ventilação, devem ser aplicadas as punições previstas na lei com o intuito de obrigar a que esta seja obedecida, permanecendo tais ônus até que devidamente reparado, ou compensado o dano, de acordo com o que dispuser a lei vigente.

Na sequência dos resultados encontrados na presente pesquisa foram identificadas possíveis abordagens futuras da temática, tais como a realização de teste de interferência entre as variáveis climáticas; a aplicação do Método Integrado para Avaliação de Ventilação para outras localidades; e a apuração da faixa térmica de PET para Vitória com a aplicação de mais questionários e com a utilização de outros tratamentos estatísticos.

Reforça-se assim a importância do aprofundamento do tema através da realização de estudos climáticos que visam entender a dinâmica do ambiente físico urbano e os fatores que afetam o conforto ambiental nas cidades, para que assim se possam criar meios de controle para as alterações das estruturas físicas e funcionais da cidade.



ABREU, Loyde V.; LABAKI, Lucila C. **Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010.

ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS. **Dicionário da língua portuguesa.** 2ª edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

AHMAD, Kousay; KHARE, Manish; CHAUDHRY, KK. **Wind tunnel simulations studies on dispersion at urban street canyons and intersections – a review.** Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 2005.

ALCOFORADO, Maria J.; LOPES, Antônio; ANDRADE, Henrique; VASCONCELOS, Lopes. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa.** Lisboa: Universidade de Lisboa, 2006.

ALUCCI, Marcia P. **Recursos de projeto para controle do estresse térmico em espaços abertos de cidades brasileiras.** São Paulo: CNPQ, 2011.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). **Handbook of fundamentals.** Atlanta: ASHRAE, 2005.

ASSIS, Eleonora. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória.** IN: 8º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005.

ASSIS, Eleonora S.; VALADARES, Victor M. **Ventilação natural: experiência de ensino e graduação na escola de arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.** IN: III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO, Gramado, Rio Grande do Sul, 1995.

AYOADE, Johnson O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** Rio e Janeiro: Bertrand Brasil, 15ª ed., 2011.

BARBETTA, Pedro A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais.** 5.ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2006.

BARROSO, Luís R. **Interpretação e aplicação da Constituição: fundamentos de uma dogmática constitucional inovadora.** 7ª edição revisada. São Paulo: Saraiva, 2009.

BITTENCOURT, Leonardo S.; CRUZ, Jorge M.; LÔBO, Denise G. F. **A influência da relação entre taxa de ocupação x nº de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos.** In: 4º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 15 jan. 2013.

BRASIL. Lei nº10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em 23 abr. 2012.



- CÂNDIDO, Christhina; BITTENCOURT, Leonardo. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2008.
- CÂNDIDO, Christina.; DEAR, Richard; LAMBERTS, Roberto; BITTENCOURT, Leonardo **Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone**. Building and Environment, 2010.
- CARVALHO, Homero J. M. **Condições de ventilação intra-urbana e correlações entre atributos da morfologia urbana e variáveis climáticas**. João Pessoa: Revista PRINCIPIA, 2006.
- CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Dados Históricos. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>> Acesso em 15 mar 2013.
- CUADRAT, José M.; PITA, Maria F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 4ª edição, 2006.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Lei nº 6.705, de 13 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Urbano do Município de Vitória e dá outras providências. **Prefeitura de Vitória**. Disponível em:<<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=167650>> Acesso em 18 jun. 2012.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Lei nº 4821, de 30 de dezembro de 1998. Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. **Prefeitura de Vitória**. Disponível em:<<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=3164>> Acesso em 18 jun. 2012.
- ESRI. **Software ArcGIS**. Versão 10.2. Estados Unidos, 2013. 1 cd.
- EVANS, John Martins; SCHILLER, Silvia de. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. 3. ed. Buenos Aires: UBA, 1994.
- FANGER, Povel O. **Thermal comfort: analysis and application in environment engineering**. New York: McGraw Hill, 1972.
- FARIA, João R. G. **Caracterização do vento na camada intra-urbana da cidade de bauru – SP**. São Paulo: UNESP, 1998.
- FERREIRA, Artur G. **Meteorologia Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- GARRATT, John R. **The atmospheric boundary layer**. Cambridge University Press: 316, 1994.
- GOMES, Patrícia S.; LAMBERTS, Roberto. **O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Monte Carlos, MG**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2009.
- GOOGLE. **Software Google Earth 7**. Estados Unidos, 2013. Disponível em: <<http://www.google.pt/earth/>>. Acesso em 01 jul. 2013.
- GIVONI, Baruch. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- GRIMMOND, Christine S. B.; OKE, Timothy R. **Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form**. Journal of applied meteorology, 1998.
- HAVENITH, George; HOLMÉR, Ingvar; PARSONS, Ken. **Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production**. Energy and Buildings, 34, 2002.



HIRASHIMA, Simone Q. S.; ASSIS, Eleonora S.; FERREIRA, Daniele G. **Calibração do índice de conforto térmico Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG.** In: V ENCAC e VII ELACAC. Armação dos Búzios, RJ, 2011.

HÖPPE, Peter. **Heat balance modelling.** *Experientia*, v. 49, 1993.

HOPPE, Peter. **Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort.** IN: Energy and Buildings, 2002.

HOWARD, Ebenezer. **Cidades-Jardins de amanhã.** São Paulo: Hucitec, 1996.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: Dados Históricos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 15 mar. 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730** - Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726** - Ergonomics of the thermal environment: Instruments for measuring physical quantities. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551** - Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. 1995.

KELSEN, Hans. **Teoria Pura do Direito.** 8ª edição. São Paulo: Wmf Martins Fontes, 2009.

KENNY, Natasha A.; WARLAND, Jon S.; BROWN, Robert D., GILLESPIE, Terry G. **Estimating the radiation absorbed by a human.** International Journal of Biometeorology, v. 52, 2008.

KOENIGSBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.** Madrid: Paraninfo, 1977. 328 p.

LABAKI, Lucila C.; SANTOS, Rozely F. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina L.; ABREU, Loyde V. A. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos.** Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, 2011.

LAKES ENVIRONMENTAL SOFTWARE. **Software WRPLOT View:** Wind Rose Plots for Meteorological Data. Versão 7.0.0. Disponível em: <<http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>>. Acesso em 08 out. 2013.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto e Stress térmico.** Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Civil, 2012.

LENZA, Pedro. **Direito Constitucional Esquemático.** 13ª edição revisada, atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2009.

LOIS, Érika; LABAKI, Lucila C. Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: ENCAC / ELACAC, VI e III, 2001, São Pedro - SP, 2001.

LABAKI, Lucila C.; FONTES, Maria S.; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina L.; DACANAL, Cristiane. **Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2012.

MASCARÓ, Lúcia. **Ambiência Urbana.** 2ª edição - Porto Alegre: + 4 Editora, 2004.



- MATTIUZI, Henrique V.; MARCHIORO, Eberval. **O comportamento do vento em Vitória (ES): a gestão e a interpretação dos dados climatológicos**. Revista: GEONORTE, Edição especial, 2012.
- MATZARAKIS, Andreas; BAS, Amelung. **Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans**. Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. 161, Springer Science + Business Media B.V. 2008
- MAYER, Hermann; HÖPPE, Peter. **Thermal comfort of man in different urban environments**. Theoretical and Applied Climatology, v.38, 1987.
- MELLO, Celso A. B. **Curso de Direito Administrativo**. 12ª edição. São Paulo: Malheiros, 2000.
- MONTEIRO, Leonardo M.; ALUCCI, Maria P. **Índices de conforto térmico em espaços abertos – Parte 1: revisão histórica**. IN: ENCAC – ELACAC, Maceió, 2005.
- MONTEIRO, Leonardo M.; ALUCCI, Maria P. **Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2007.
- MONTEIRO, Leonardo M.; ALUCCI, Maria P. **Comparação cruzada entre pesquisas laboratoriais e de campo em conforto térmico em espaços abertos urbanos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010.
- MORAES, Guilherme P. **Direito Constitucional: Teoria de Constituição**. 2. d. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2004, p. 125.
- MOUNT WASHINGTON (org.). **The Beaufort scale**. Disponível em: <<http://www.mountwashington.org/education/center/arcade/wind/beaufort.html>>. Acesso em 08 mai. 2013.
- NG, Edward; CHENG, Vicky. **Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong**. Energy and Buildings, 2012.
- NICOL, Fergus. **Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics**. Energy and Buildings, v.36, 2004.
- NIKOLOPOULOU, Marialena; BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. **Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter**. Solar Energy, v. 70, 2001.
- NIKOLOPOULOU, Marialena. **Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach**. Grecia: CRES, 2004.
- NIKOLOPOULOU, Marialena; LYKOURDIS, Spyros. **Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries**. Building and Environment, 41. 2006.
- OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. Methuen Ltd. 1978.
- OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. 2.ed. New York: Routledge, 1996.
- OKE, Timothy R.; SPRONKEN-SMITH, Rachel., JAUREGUI, Ernesto; GRIMMOND, Christine S.B. **The Energy balance of Central Mexico City During the Dry Season**. Atmospheric Environment, v. 33, 1999.



- OKE, Timothy R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods, Report nº 81, nº 1250. Canadá: WMO/TD, 2006.
- PENWARDEN, Alan D. **Acceptable Wind speeds in towns.** Great Britain: Building and Science, 1973.
- PREFEITURA DE VITÓRIA. Vitória em dados: dados geográficos. Disponível em: <<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/geograficos.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2013.
- ROCHA, Luciani M. V.; SOUZA, Léa C. L.; CASTILHO, José V. **Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2011.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 2000.
- ROSSI, Francine A.; KRUGER, Eduardo L.; GUIMARÃES, Inácio A. **Modelo preditivo de sensação térmica em espaços abertos em Curitiba, PR.** RA'EGA: o espaço geográfico em análise, 2013.
- RUAS, Álvaro C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalhos.** Fundacentro, 1999.
- RUTZ, Frank; MATZARAKIS, Andreas; MAYER, Hermann. **Software Rayman: modelling of Mean radiant Temperature in urban Structures Calculation of thermal indices .** Versão 1.2. University of Freiburg, 2000. Disponível em: <<http://www.urbanclimate.net/rayman/rayman.htm>>. Acesso em 08 ago. 2013.
- SANTOS, Rosangela M. **Morfologia urbana e conforto térmico.** IN: 2º Seminário de Integração, São Paulo, 2004.
- SARAIVA, Jorge Alberto Gil. **Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos.** IN: II ENCONTRO DE PROFESSORES DE CONFORTO AMBIENTAL - NE, 1994, João Pessoa. Anais João Pessoa: UFPB, 1994.
- SILVA, Fabiana T.; SCARIONE, Patrícia; ALVAREZ, Cristina E. **A influência da rugosidade e porosidade da tipologia urbana na ventilação em área litorânea e a percepção de conforto do transeunte.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – XIV ENTAC. Juiz de Fora, 2012.
- SILVA, Fabiana T.; ALVAREZ, Cristina E. **A exegese legislativa acerca da ventilação urbana: sistema de avaliação de adequabilidade.** In: ENCAC / ELACAC. Brasília, 2013a.
- SILVA, Fabiana T.; ALVAREZ, Cristina E. Pressupostos teóricos para análise climática da camada intra-urbana: recomendações gerais para obtenção e análise de dados. In: ELECS. Curitiba, 2013b.
- SILVA, Fernando M. **Ventilação natural de edifícios: turbulência atmosférica.** Tese de Doutorado – Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2003.
- VASCONCELOS, João; LOPES, Antônio. **A influência da morfologia urbana na modificação das brisas do estuário do Tejo na zona oriental de Lisboa.** Lisboa, 2005.
- VIEIRA, Oscar V. **A moralidade da Constituição e os limites da empreitada interpretativa:** ou entre Beethoven e Bernstein. In: SILVA, Vírgilio A (org.). Interpretação Constitucional. 1ª edição. São Paulo: Malheiros, 2007.
- VITRÚVIO, Marco. **Tratado de arquitetura.** São Paulo: Martins, 2007.



APÊNDICE A – Modelo de questionário do método inicial

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE ARTES PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO – PPGAU NÍVEL MESTRADO
---	---

QUESTIONÁRIO DE SENSações TÉRMICAS

Local:

Trecho () A () B

Ponto () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Horário:

Data: / /

1. Idade:

2. Sexo () M () F

3. Condição em que a entrevista foi realizada:

() Sombra

() Meia sombra

() Pleno sol

4. Atividade que o transeunte estava realizando antes da entrevista:

() Sentado

() Caminhando devagar

() Em pé parado

() Caminhando em velocidade média

() Correndo

() Caminhando rápido

5. Que vestimentas está usando:

() Camisa de manga longa

() Calça jeans

() Camisa de manga curta

() Calça de tecido

() Camiseta

() Bermuda

() Casaco

() Vestido

() Terno

() Saia

6. Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento:

() Com muito frio

() Levemente com calor

() Com Frio

() Com calor

() Levemente com frio

() Com muito calor

() Neutralidade térmica

Obrigada
pela colaboração!





APÊNDICE B – Modelo de questionário do Método Integrado para Avaliação de Ventilação



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO

QUESTIONÁRIO DE SENSAÇÃO TÉRMICA

Trecho: A B

Ponto: 01 02 03 04 05 06

Horário:

Data: / /

DADOS INDIVIDUAIS

1. Idade:

2. Peso:

3. Altura:

4. Sexo: M F

5. Condição em que a entrevista foi realizada:

Sombra

Meia Sombra

Pleno Sol

6. Atividade que o transeunte estava realizando antes da entrevista:

Sentado

Em pé parado

Correndo

Caminhando devagar

Caminhando em velocidade média

Caminhando rápido

7. Quais vestimentas você está usando:

Camisa de manga longa

Camisa de manga curta

Camiseta

Calça jeans

Calça de tecido

Bermuda

Casaco

Vestido

Saia Terno

VOTOS DE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA

8. Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento:

Com muito calor

Com calor

Com um pouco de calor

Bem, nem calor e nem frio

Com um pouco de frio

Com frio

Com muito frio

9. Com relação a sua sensação térmica, como você gostaria de estar se sentindo nesse momento:

Bem mais quente

Mais quente

Um pouco mais quente

Assim mesmo

Um pouco mais frio

Mais frio

Bem mais frio

10. Com relação às condições climáticas, como você está nesse momento:

Um pouco desconfortável

Confortável

Desconfortável

Muito desconfortável

11. Com relação à ventilação, o que você acha do vento nesse momento:

Estável

Pouco vento

Ventilado

Muito vento

12. Com relação à ventilação, como você preferiria que o vento estivesse nesse momento:

Mais fraco

Como está

Mais forte

**Obrigada pela
colaboração!**