

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALANA PAULA MÜLHMANN
ANDERSON CACERES FARIAS ROSSATTO**

**ANÁLISE DA DIFERENÇA NO CONFORTO TÉRMICO EM
DIFERENTES PAVIMENTOS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2011

ALANA PAULA MÜLHMANN
ANDERSON CACERES FARIAS ROSSATTO

**ANÁLISE DA DIFERENÇA NO CONFORTO TÉRMICO EM
DIFERENTES PAVIMENTOS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientadora: Prof^a. Msc. Jucélia Kuchla Vieira Gealh.

PATO BRANCO

2011



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA DIFERENÇA NO CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES PAVIMENTOS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

por

ALANA PAULA MULHMANN
ANDERSON CACERES FARIAS ROSSATTO

Aos 24 dias do mês de NOVENBRO do ano de 2011, às 14:45 horas, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 001-TCC/2011.

Orientador: Prof^ª. Prof^ª. Msc. JUCÉLIA KUCHLA VIEIRA GEALH (COECI / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr^ª ANDREA SARTORI JABUR (COECI / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (COECI / UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho às pessoas responsáveis pela nossa força e o nosso sorriso, nos bons e maus momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela vida e pelos desafios, sem os quais não há crescimento.

Agradecemos às nossas famílias, por cada palavra de amor e carinho que nos guiaram até aqui, e que levaremos para a vida toda, pelo incentivo nos momentos difíceis, pelos conselhos, e pelos ouvidos nos momentos de desabafo, enfim, por serem nosso porto seguro, os pilares da nossa vida.

Agradecemos aos amigos, pelas conversas, pelas risadas e pelo companheirismo. Em especial, aos amigos de sempre Bruno Ricardo da Silva, Eduardo Bellei, Jorge Eduardo Chioqueta, Thaís Regina Fiorentin e Lúcia Armiliato Sangalli, por toda a união que tivemos e teremos.

Agradecemos a nossa orientadora, prof^a Jucélia Kuchla Vieira Gealh, por todo o conhecimento transmitido, e por acreditar em nosso trabalho.

Agradecemos aos mestres que contribuíram para nossa formação, por serem mais que exemplos de bons professores, serem, muitas vezes, um ombro amigo.

Agradecemos aos companheiros de medições Filipe Litwinczuk Alves, Thiago Ruaro e Luiz Antônio Dalazen Rizzo pelo trabalho e tempo dedicado, inclusive no feriado.

Agradecemos à UTFPR – Campus Pato Branco, nossa segunda casa, pela disponibilização dos equipamentos.

Agradecemos à Construtora Monte Sião, pela disponibilização do local de estudo.

Agradecemos a todos que participaram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

Agradecemos também aqueles que um dia duvidaram da realização desse trabalho, para nós, um incentivo a mais.

EPÍGRAFE

“Nunca deixe que lhe digam que não vale
a pena acreditar no sonho que se tem
ou que seus planos nunca vão dar certo
ou que você nunca vai ser alguém...
Quem acredita sempre alcança!”

(Renato Russo)

RESUMO

MÜLHMANN, Alana Paula; ROSSATTO, Anderson Caceres Farias. **Análise da Diferença no Conforto Térmico em Diferentes Pavimentos em um Edifício Residencial**. 2011. 83 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

Esse trabalho analisa a diferença do conforto térmico em três diferentes pavimentos de um edifício residencial localizado na cidade de Pato Branco - PR. Primeiramente faz-se o levantamento bibliográfico sobre os principais fatores que influenciam no conforto térmico. Em seguida apresenta-se o local de estudo, a metodologia aplicada para a coleta dos dados de temperatura e velocidade do vento e os equipamentos utilizados. É feita uma análise das aberturas do edifício estudado comparando com a área de ventilação recomendada pela norma de desempenho energético e o Código de Obras da cidade. Os dados coletados nos apartamentos são comparados quanto à temperatura, velocidade do vento e sensação térmica de cada um, relacionando os resultados com o pavimento em que o apartamento está localizado. A sensação térmica dos apartamentos localizados no segundo e quinto pavimento apresentou valores semelhantes, enquanto no nono pavimento tanto a temperatura como a sensação térmica registrou valores menores que os demais andares analisados.

Palavras-chave: Conforto Térmico; Velocidade do Vento; Temperatura; Altura.

ABSTRACT

This research analyzes the difference of thermal comfort on three different floors of a residential building located in the city of Pato Branco - PR. Initially it's made a literature review about main factors that influence in thermal comfort. In the following it's presented the study site, the methodology used to collect data on temperature and wind speed and the equipment used. It's made a evaluation of openings of the building studied by comparing ventilation performance standard recommended by the energy and building codes of the city. The data collected in the apartments are compared in terms of temperature, wind speed and wind chill of each one, relating the results to the floor where the apartment is located. The thermal sensation of the apartments located on the second and fifth floors showed similar values, while the ninth floor in both the temperature and thermal sensation recorded lower values than the other floors analyzed.

Keywords: Thermal Comfort; Wind Speed; Temperature; Height.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Trocas de Calor e Índices de Perda.....	16
Figura 2 - Carta Bioclimática do Brasil	19
Figura 3 - Carta Bioclimática de Pato Branco.....	20
Figura 4 - Radiação Direta e Difusa	22
Figura 5 - Umidade Relativa do Ar Anual - Paraná	24
Figura 6 - Temperatura Média - Paraná	25
Figura 7 - Perfil de Velocidade Média	27
Figura 8 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro	29
Figura 9 - Carta Bioclimática Adaptada.....	30
Figura 10 - Edifício em Estudo	33
Figura 11- Edifício em Construção	34
Figura 12- Apartamento Final 02 com Orientação Solar	35
Figura 13 - Fachada Analisada	36
Figura 14 - Medição com Anemômetro	37
Figura 15 - Medição com Termômetro de Globo.....	38
Figura 16 – Anemômetro Digital.....	39
Figura 17 - Termômetro de Globo	40
Gráfico 1- Medição de Temperatura - Dia 11/10/2011	44
Gráfico 2 - Medição da Velocidade do Vento - Dia 11/10/2011	45
Gráfico 3 - Sensação Térmica – Dia 11/10/2011.....	47
Gráfico 4 - Medição de Temperatura – Dia 12/10/2011	48
Gráfico 5 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 12/10/2011	50
Gráfico 6 - Sensação Térmica – Dia 12/10/2011.....	51
Gráfico 7 - Medição de Temperatura – Dia 18/10/2011	52
Gráfico 8 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 18/10/2011	54
Gráfico 9 - Sensação Térmica – Dia 18/10/2011.....	55
Gráfico 10 - Medição de Temperatura - Dia 19/10/2011	56
Gráfico 11 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 19/10/2011	57
Gráfico 12 - Sensação Térmica – Dia 19/10/2011.....	58
Gráfico 13 – Temperatura Média.....	60
Gráfico 14 - Velocidade Média do Vento.....	61
Gráfico 15 - Sensação Térmica Média	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Escala de Beaufort	28
Tabela 2 - Critérios para Classificação Bioclimática.....	30
Tabela 3- Aberturas para Ventilação	31
Tabela 4 - Estratégias para Condicionamento Térmico Passivo	31
Tabela 5 – Termômetro de Globo	41
Tabela 6 - Análise das Aberturas dos Apartamentos Final 02	43
Tabela 7 - Maiores e Menores Temperaturas – Dia 11/10/2011	45
Tabela 8 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 11/10/2011	46
Tabela 9- Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 11/10/2011	47
Tabela 10- Maiores e Menores Temperaturas – Dia 12/10/2011	49
Tabela 11 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 12/10/2011	50
Tabela 12 - Maiores e Menores Sensações Térmica – Dia 12/10/2011	51
Tabela 13 - Maiores e Menores Temperaturas – Dia 18/10/2011	53
Tabela 14- Maiores Velocidades do Vento – Dia 18/10/2011	54
Tabela 15 - Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 18/10/2011	56
Tabela 16- Maiores e Menores Temperaturas – Dia 19/10/2011	57
Tabela 17 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 19/10/2011	58
Tabela 18- Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 19/10/2011	59
Tabela 19 - Maiores e Menores Temperaturas Médias.....	60
Tabela 20- Maiores Velocidades Médias do Vento	61
Tabela 21 - Maiores e Menores Sensações Térmicas Médias.....	62

LISTA DE SIGLAS

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticas
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
SESI	Serviço Social da Indústria

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO TEÓRICA.....	15
2.1	CONFORTO TÉRMICO.....	15
2.1.1	Importância do Conforto Térmico.....	15
2.2	BIOCLIMATOLOGIA.....	17
2.2.1	Carta Bioclimática.....	18
2.3	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	20
2.3.1	Radiação Solar.....	21
2.3.2	Ventilação.....	22
2.3.3	Umidade Relativa do Ar.....	23
2.3.4	Temperatura.....	24
2.4	SENSAÇÃO TÉRMICA.....	25
2.5	RELAÇÃO ALTURA DO APARTAMENTO X CONFORTO TÉRMICO.....	26
2.6	APLICAÇÃO DA NBR 15220/2003 PARA O LOCAL DE ESTUDO.....	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.2	MÉTODO DE PESQUISA.....	35
3.3	MATERIAIS UTILIZADOS.....	38
3.3.1	Anemômetro Digital.....	39
3.3.2	Termômetro de Globo.....	40
4	RESULTADOS.....	43
4.1	ANÁLISE DAS ABERTURAS DO EDIFÍCIO.....	43
4.2	DADOS COLETADOS EM 11 DE OUTUBRO DE 2011.....	44
4.3	DADOS COLETADOS EM 12 DE OUTUBRO DE 2011.....	48
4.4	DADOS COLETADOS EM 18 DE OUTUBRO DE 2011.....	52
4.5	DADOS COLETADOS EM 19 DE OUTUBRO DE 2011.....	56
4.6	MÉDIA DOS DADOS COLETADOS.....	59
5	DISCUSSÕES.....	63

CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A.....	72
APÊNDICE B	78

1 INTRODUÇÃO

No período clássico, Vitruvius afirmava que a arquitetura tinha três funções básicas que deveriam ser equilibradas, a beleza, a utilidade e a segurança estrutural. Atualmente, a arquitetura começou a ser vista como importante passo para a eficiência energética da edificação, ou seja, projetar também assume o papel de obter um menor gasto de energia com as mesmas condições de conforto térmico (LAMBERTS et al, 1997).

Durante muito tempo a imagem de conforto térmico esteve ligada a utilização de sistemas de aquecimento ou refrigeração do ar, não havia mudança na forma com que as aberturas eram dispostas, nem nos materiais utilizados na construção em regiões com climas diversos (FROTA e SCHIFFER, 1999).

Segundo Lamberts et al (1997), em 1992, o Brasil consumia 42% de energia em edificações residenciais, comerciais e públicas. Esse grande gasto energético só foi percebido com o “apagão” de 2001 e só então a construção de forma sustentável começou a ser vista considerando o aproveitamento energético através de soluções arquitetônicas (COSTA, 2009).

O conforto térmico é definido como a satisfação pessoal de acordo com o ambiente térmico, sendo a resultante do calor trocado entre a pessoa e o ambiente nulo, estando a temperatura da pele e o suor dentro de certos limites (ASHRAE, 1997). De acordo com Lamberts et al (1997), o conforto térmico é influenciado por variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar), vestimenta e o nível de atividade física a que o indivíduo está submetido.

Em um edifício ainda não habitado, as variáveis que influenciam no conforto térmico ficam restritas às ambientais. Dessa forma a problemática da pesquisa trata da relevância da altura dos pavimentos no conforto térmico, medido através da temperatura e velocidade do vento dos apartamentos analisados.

Primeiramente foi feito um levantamento bibliográfico, a fim de definir os principais conceitos sobre conforto térmico, em seguida foram pesquisados dados sobre a temperatura e umidade em Pato Branco-PR, após esses levantamentos foi definido o método de pesquisa utilizado, e por fim foram analisados os dados e os resultados obtidos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é analisar a diferença no conforto térmico em pavimentos distintos em um edifício residencial, em três apartamentos localizados na mesma face do edifício, sendo analisados o segundo, o quinto e o nono pavimento.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados bibliográficos sobre os parâmetros que influenciam nas condições de conforto térmico;
- Coletar dados de temperatura e velocidade do vento dos anemômetros e do termômetro globo, em edifício a ser determinado;
- Analisar quantitativamente e qualitativamente os dados obtidos;
- Determinação da Sensação Térmica.

1.2 JUSTIFICATIVA

O conhecimento sobre os fatores que influenciam no conforto térmico é de fundamental importância em relação à qualidade de vida das pessoas. Estudos sobre o comportamento da temperatura e velocidade do vento em relação a diferentes patamares de um edifício podem auxiliar engenheiros e arquitetos no momento de concepção do projeto e na execução da obra, a fim de criar ambientes confortáveis termicamente e que sejam otimizados em relação ao custo da obra.

A influência da altura no conforto térmico de edifícios não é um assunto muito explorado no âmbito acadêmico, sendo grande parte dos trabalhos focados apenas no conforto térmico de edifícios de forma geral. Em termos regionais existem poucas pesquisas realizadas no sudoeste paranaense, quanto à eficiência energética de edifícios.

O acesso a edificação será facilitado, pois se trata de uma obra já acompanhada durante o período de estágio supervisionado realizado pelos autores na construtora responsável, além de tratar-se de uma obra em processo de entrega,

viabilizando assim a coleta de dados dos equipamentos de medição em apartamentos inabitados.

Os equipamentos de medição da temperatura e velocidade do vento foram disponibilizados pela Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, o que viabilizou a execução desta pesquisa.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico envolve a satisfação das pessoas quanto ao ambiente térmico, por isso depende de fatores quantificáveis, as variáveis ambientais, como a temperatura do ar, velocidade do ar e umidade, e também de fatores não quantificáveis, os fatores pessoais, que variam conforme os hábitos, educação e estilo pessoal de cada um. Dessa forma, o conforto térmico envolve não apenas fatores climáticos, mas fatores como o vestuário e o nível de atividade física (KHEDARI *et al*, 2000).

Fanger (1972), diz que as variáveis mais importantes para o conforto térmico são: temperatura do ar, velocidade relativa do ar, pressão de vapor d'água, temperatura radiante média, metabolismo e vestimenta.

2.1.1 Importância do Conforto Térmico

O estudo de conforto térmico visa estabelecer as condições necessárias para que o indivíduo sinta-se termicamente confortável, essa questão abrange a troca de calor produzido pelo metabolismo com o ambiente. Quando isso ocorre sem nenhuma interferência de equipamento ou técnicas termorreguladoras o organismo está em estado de conforto térmico (BRAGA E AMORIM, 2004).

Segundo Frota e Schiffer (2003), da energia obtida pelo metabolismo, cerca de 20% são utilizadas e o restante, 80%, liberada sob a forma de calor. Nesse sentido, o corpo humano não possui um rendimento energético eficaz, por isso deve-se proporcionar ao corpo condições de conforto para a dispersão dessa energia. A dispersão da energia no ambiente envolve sistemas de trocas térmicas, podendo ser: sensíveis ou latentes.

As trocas térmicas sensíveis, de acordo com Frota e Schiffer (2003), são aquelas que envolvem as variações de temperatura, ou seja, troca de calor por convecção, radiação e por condução. Já as trocas térmicas latentes, segundo Bridi (2011) são aquelas que incluem a perda de calor por evaporação de água por respiração e sudação, ou seja, ocorre a mudança do estado da água de líquido para

gasoso. Assim, é definido o calor sensível como aquele que é perdido para o ambiente a partir de trocas secas. E o calor latente por trocas úmidas, na qual há mudança de fase.

A figura 1 mostra as formas de trocas de calor e os índices de perda de um ser humano despido.

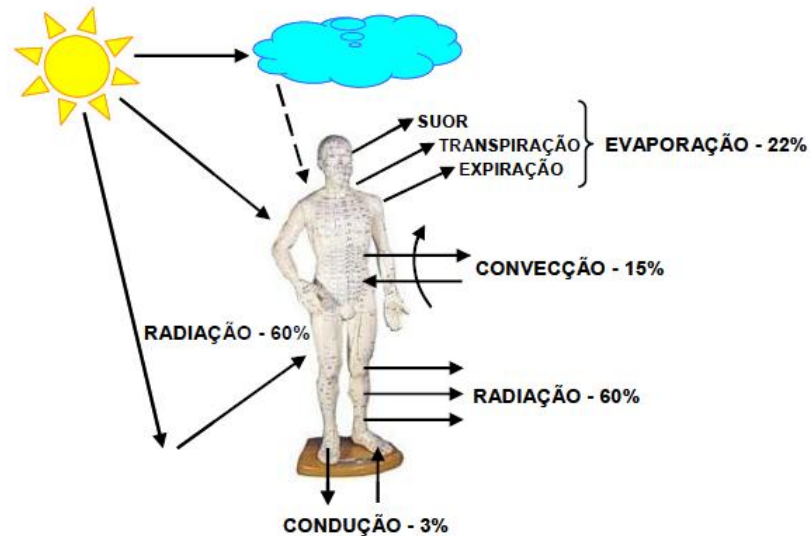


Figura 1 - Trocas de Calor e Índices de Perda
Fonte: Sattler, 2005.

A temperatura interna normal de um ser humano é de 36°C, sendo que, se for inferior a 28 °C, este pode ter problemas cardíacos e de arritmia; acima de 46 °C é possível que haja danos cerebrais irreversíveis. Portanto, é fundamental a edificação proporcionar condições de conforto térmico, a fim de reduzir a necessidade de mecanismos termorreguladores do corpo humano (ASHRAE, 1997).

O principal objetivo de uma edificação é de proteger os habitantes das intempéries, mas, além disso, deve também fornecer condições mínimas para que a estadia em seu interior seja confortável. Em relação ao conforto térmico, existem atualmente diversas tecnologias para prover conforto ao habitat. Porém, a inserção dessas tecnologias na construção civil vem sofrendo preconceito pelo desconhecimento dos engenheiros e pela falta de mão de obra qualificada para estes fins, ainda, há a errada percepção de que a aplicação acresce o valor final da obra, o que é uma inverdade ao comparar a relação custo x desempenho energético (BORGES, 2008).

Segundo Santos (2002), os fechamentos opacos constituem a parte da envoltória (coberturas e fachadas) do edifício que não transmite diretamente a radiação solar para o interior da edificação. Assim, a transmissão de calor ocorre por condução, onde o fluxo de calor parte da região de maior temperatura para a de baixa temperatura.

Os fechamentos transparentes são as janelas, portas ou qualquer outro elemento transparente da envoltória da edificação. Estes são os principais responsáveis pelas trocas térmicas com o ambiente externo, pois transmitem uma parcela significativa de radiação solar para o interior da edificação (SANTOS, 2002).

Conforme Sattler 2005, os materiais de construção possuem grande importância no desempenho térmico e energético de uma edificação, assim, é necessário o conhecimento das trocas energéticas da edificação com o meio ambiente. A intensidade dessas trocas é função de fatores como: temperatura interna e externa, absorvância, emissividade, intensidade de radiação, das propriedades dos materiais empregados, entre outras.

2.2 BIOCLIMATOLOGIA

Conforme Lamberts et al (2005), a bioclimatologia estuda as relações entre o clima e o ser humano. Em geral, a bioclimatologia pode ser considerada em três escalas de magnitude, são elas: o macroclima, o mesoclima e o microclima.

Silva e Kinsel (2011) dizem que na escala do macroclima os dados descrevem um caráter abrangente da região, tratando em geral de conceitos como: altitude, latitude, continentalidade, entre outras. No que diz respeito ao mesoclima este trata basicamente dos dados do relevo da região, visualizando os critérios envolvidos com a topografia e a vegetação, como por exemplo: as regiões montanhosas. Por fim, o microclima relaciona-se diretamente com a edificação ou em seu entorno imediato, como exemplo: a influência da umidade é influenciada pelo movimento do ar associado ao teor de umidade do ar de renovação nos ambientes.

De acordo com a Embrapa (2011a), o macroclima corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente amplo, para sua caracterização são necessários dados de estações meteorológicas.

Segundo Lamberts et al (2005), no mesoclima e microclima, são observadas as alterações locais na radiação solar, temperatura do ar, umidade e vento. Uma grande cidade pode alterar as condições do mesoclima pela poluição que gera ou pelo corte indiscriminado da vegetação, por exemplo. Já o microclima está diretamente relacionado à escala da edificação e de seu entorno imediato, sendo influenciado pelas consequências das outras escalas climáticas e também pela interferência direta na propriedade onde se encontra a edificação. É na escala microclimática que soluções arquitetônicas mais adequadas para o conforto são tomadas, através de detalhes arquitetônicos ou sistemas executivos e materiais de construção alternativos.

A cidade de Pato Branco possui coordenadas geográficas 26° 13' 44" S, 52° 40' 15" W, situando-se no sudoeste paranaense. De acordo com a Classificação de Köppen o clima pato-branquense é o Cfa, caracterizando uma região de clima subtropical úmido, conforme a Prefeitura Municipal de Pato Branco (2011) trata-se de um clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes com tendência de concentração das chuvas. Ainda, por situar-se no terceiro planalto paranaense sofre interferências da altitude moderada e pela continentalidade por razão da distância do litoral.

De acordo com Galvani (2011), na Classificação de Köppen, a primeira letra é maiúscula e representa a característica geral do clima, sendo: A (clima quente e úmido), B (clima árido ou semi-árido) e C (clima mesotérmico). A segunda letra da classificação é minúscula e indica o regime de chuva, sendo: f (sempre úmido), m (monçônico e predominantemente úmido), s (chuvas de inverno), s'(chuvas de outono e inverno), w(chuvas de verão) e w'(chuvas de verão e outono). A última letra faz referência a temperatura característica da região, sendo: h (quente), a (verões quentes) e b (verões brandos).

2.2.1 Carta Bioclimática

GIVONI (apud STILPEN, 2007) criou uma carta bioclimática para países em desenvolvimento, essa carta foi baseada na temperatura interna dos edifícios, sem condicionamento, considerando que os habitantes dessas edificações aceitam uma variação de temperatura maior, sendo esse trabalho o mais adequado para as condições brasileiras. A figura 2 mostra a carta bioclimática feita por Givoni.

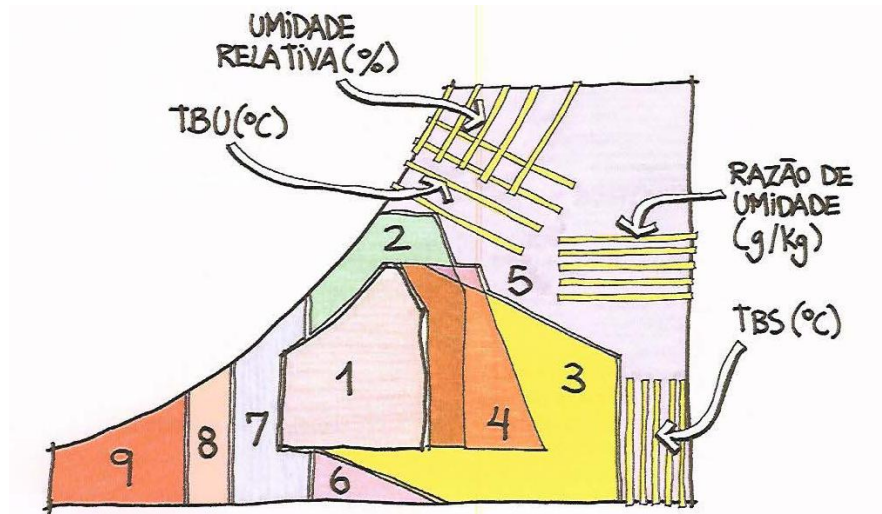


Figura 2 - Carta Bioclimática do Brasil
Fonte: Lamberts et al (1997).

Segundo Givoni (apud STILPEN, 2007), esse gráfico é construído a partir de dados da temperatura do ar e a umidade relativa, sendo os resultados divididos em nove zonas de atuação:

- 1. Zona de Conforto;
- 2. Zona de Ventilação;
- 3. Zona de Resfriamento Evaporativo;
- 4. Zona de Massa Térmica para Resfriamento;
- 5. Zona de Ar-condicionado;
- 6. Zona de Umidificação;
- 7. Zona de Massa Térmica para Aquecimento;
- 8. Zona de Aquecimento Solar Passivo e
- 9. Zona de Aquecimento Artificial.

Sendo a zona 1 chamada zona de conforto, as demais áreas são denominadas conforme a melhor solução a ser tomada em cada caso para que se atinja a zona de conforto (FROTA e SCHIFFER, 1999).

Através de dados coletados por estações meteorológicas da SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná entre os anos de 2000 e 2002, Lobo et al (2004) elaborou uma carta bioclimática da cidade de Pato Branco, como mostra a figura 3.

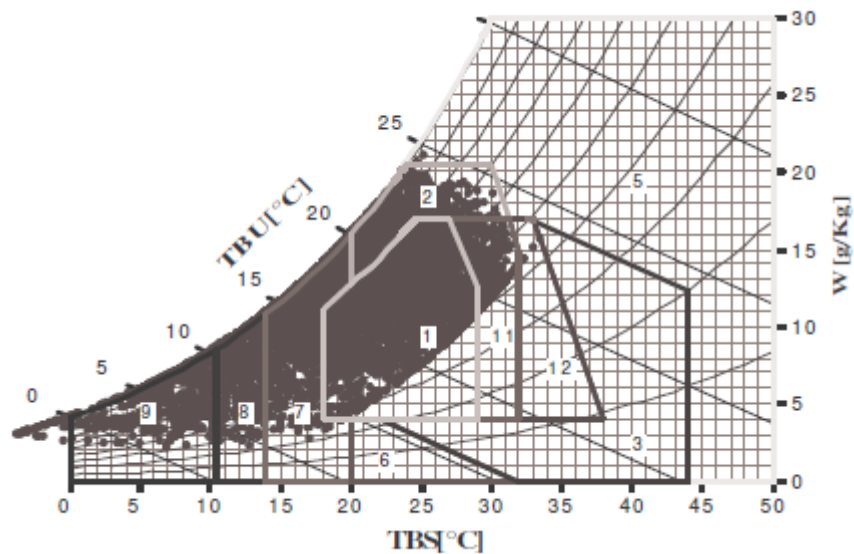


Figura 3 - Carta Bioclimática de Pato Branco
Fonte: Lobo et al (2004).

Pode-se observar que grande parte dos pontos estão localizados nas zonas 1, 2, 7, 8 e 9, ou seja, na maior parte do tempo há a necessidade de aquecimento dos ambientes.

Conforme Lobo et al (2004), a sensação de desconforto térmico na cidade Pato Branco-PR ocorre em 71% do tempo, sendo ela 53,2% devido ao frio e 17,8% devido ao calor.

2.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

É de fundamental importância que ao iniciar novos empreendimentos os profissionais responsáveis pela elaboração dos projetos e pela parte executiva tenham embasamento sobre o local onde será realizada a obra. Esse conhecimento engloba fatores, tanto na escala mesoclimática quanto na microclimática, como o relevo, clima, incidência de radiação, ventos predominantes, etc (FRANCISCO, 2009).

Conforme Lamberts (2005), uma boa arquitetura deve atender simultaneamente à eficiência energética da edificação e às necessidades de conforto dos moradores.

Dentre as variáveis climáticas mais importantes em relação ao conforto térmico as principais são: radiação solar, temperatura, umidade do ar e ventilação (LAMBERTS et al, 1997).

2.3.1 Radiação Solar

Oliveira e Ribas (1995) dizem que a radiação é uma troca de calor através de ondas eletromagnéticas. Um corpo emite radiação em função de suas próprias características e de sua temperatura absoluta. Segundo Frota e Schiffer (1999) as quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude devido ao movimento aparente do sol e do ângulo de incidência dos raios solares.

O calor do sol chega até a terra através da radiação, podendo a incidência ser direta ou difusa. Segundo a Embrapa (2011b) a radiação direta é aquela fração da radiação global que não interagiu com a atmosfera, ou seja, é aquela que atinge diretamente a Terra. A arquitetura, através dos estudos de sombreamento (diagramas de sombra), controla com maior eficácia a radiação direta.

Já a radiação difusa é a fração da radiação global que interagiu com os constituintes do ambiente e foi lançada novamente a atmosfera em todas as direções. A proporção da radiação difusa em relação à global é máxima nos instantes próximos ao nascer e ao pôr do sol e nos dias completamente nublados, quando toda a radiação global é difusa, é nessa situação (nublado) que a incidência da radiação difusa atinge todas as faces de um edifício de forma equitativa (LAMBERTS et al, 1997).

A incidência da radiação solar direta nos ambientes internos sofre duas premissas básicas, dependentes diretas do clima da região em que está inserida a edificação. No caso, tratando-se de uma região de clima frio a radiação direta é estimulada. Enquanto que, em regiões quentes a incidência direta deve ser evitada. Conforme Lamberts (2005), nessa situação a radiação difusa é desejável para promover a iluminação do ambiente.

A figura 4 mostra a diferença entre a radiação direta e a radiação difusa.



Figura 4 - Radiação Direta e Difusa
Fonte: Qualidetalhe (2011).

2.3.2 Ventilação

Lamberts et al (1997) afirma que as diferenças de temperatura das massas de ar provocam seu deslocamento, de forma que, as massas das áreas de maior pressão, onde o ar é mais frio e pesado, ocupem o lugar das massas de ar de pressões mais baixas, onde o ar é mais quente e leve.

Medeiros e Vieira (1997) dizem que a velocidade do vento inferior a 5km/h (1,4m/s), cria problemas de diminuição da perda de calor por convecção, e que uma velocidade superior a 35km/h (9,8m/s) causa desconforto, tanto em ambiente quente e seco como quente e úmido.

Conforme Tabalipa e Fiori (2008), entre os anos de 1997 e 2005 a maior concentração de ventos e velocidades médias para a cidade de Pato Branco está nas direções SUDESTE (23,05% do total) e SUL (21,60% do total), sendo que, em média, a velocidade do vento durante o mesmo período não ultrapassou 11,0 km/h (3,08m/s) em nenhuma direção.

Segundo Medeiros e Vieira (1997), alguns fatores que condicionam a ventilação são: a topografia do terreno em que está situada a edificação, a vizinhança urbana que a circunda, como por exemplo, outros edifícios, torres, etc; forma e características da edificação localização e orientação do edifício; posição e

tamanho das aberturas; direção, velocidade e frequência dos ventos; e diferença de temperaturas interiores e exteriores.

Conforme Lamberts (2002), a velocidade do ar é um parâmetro que apresenta dificuldades para a sua determinação e medição, devido às oscilações da intensidade do vento e pelas mudanças de direções. Assim, a velocidade do vento é uma variável ambiental que influencia diretamente na percepção do conforto térmico.

2.3.3 Umidade Relativa do Ar

De acordo com Ruas (1999), a umidade relativa do ar é a razão entre o vapor d'água presente por metro cúbico e a quantidade máxima de vapor d'água por metro cúbico para uma dada temperatura. Então, pode-se notar que com o aumento da temperatura do ar, aumenta-se a capacidade de saturação do ar.

Assim, em um ambiente saturado, onde deseja-se diminuir a umidade do ar, uma das alternativas é aumentar a temperatura do local (RUAS, 1999).

Lier et al. (2011) afirmam que a umidade relativa do ar é de grande importância meteorológica, que determina a taxa de evaporação da água. Considera-se que a umidade relativa entre 40 a 70% proporciona conforto máximo ao ser humano, acima dessa porcentagem, a umidade relativa é alta, ou seja, há dificuldade da água evaporar, abaixo de 40% a água evapora com facilidade.

De acordo com Caviglioni et al (2000), o vapor d'água presente na atmosfera colabora para a redução da diferença entre a temperatura máxima e mínima (amplitude térmica). A umidade do ar intercepta uma parcela da radiação terrestre, reduzindo o resfriamento noturno.

Conforme as massas de ar são transportadas para camadas superiores da atmosfera, o vapor d'água é condensado, ocorre a formação das nuvens e a liberação da energia consumida na evaporação, esse processo é contínuo e permite que a temperatura do globo terrestre seja mantida dentro dos atuais limites (CAVIGLIONI et al, 2000).

A figura 5 ilustra a umidade relativa do ar nas cidades do Paraná, de acordo com o mapa, Pato Branco possui a umidade relativa do ar média anual entre 70% e 75%.

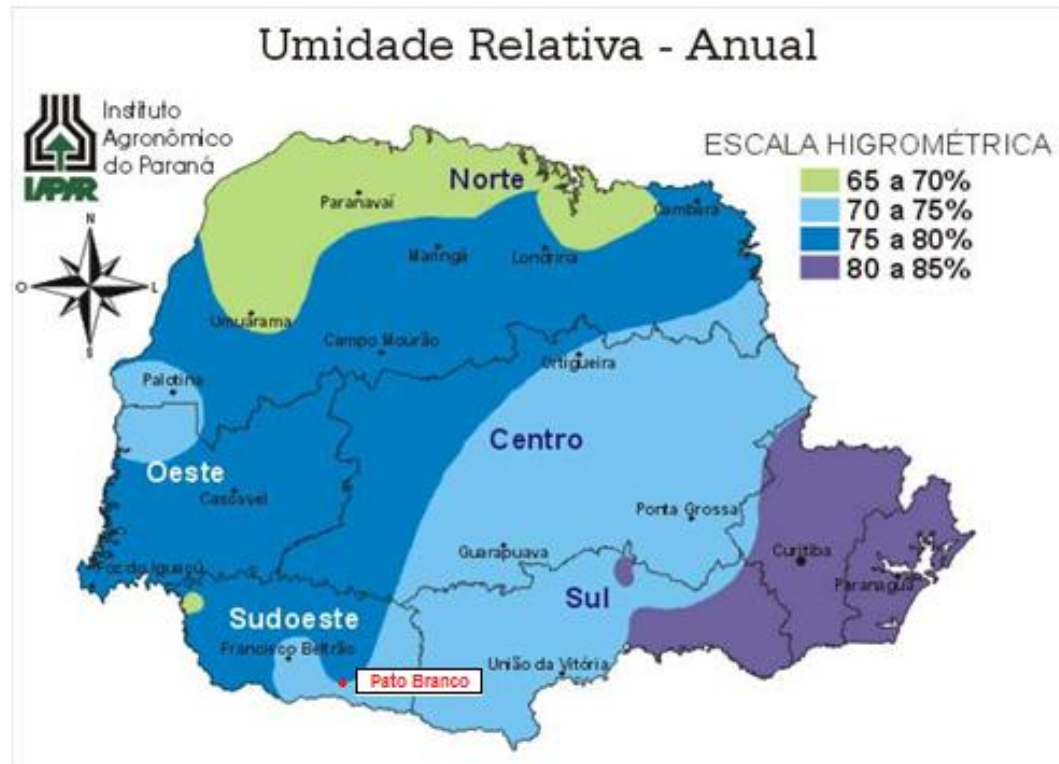


Figura 5 - Umidade Relativa do Ar Anual - Paraná
 Fonte: IAPAR, 2011a.

2.3.4 Temperatura

Uma parcela da radiação solar, ao atingir a superfície terrestre é destinada ao aquecimento do ar. A temperatura do ar depende do movimento das moléculas de ar, quanto maior a agitação das moléculas, maior a temperatura (CAVIGLIONI et al, 2000).

Segundo Stilpen (2007), a temperatura de bulbo seco atmosférica é dada por um termômetro comum. Sendo, o gradiente de temperatura entre o ar e o corpo humano que gera as trocas de calor do corpo com o ambiente.

A temperatura influencia na sensação de conforto térmico. Quando a temperatura do ar é superior à da pele, o corpo recebe calor do ambiente por convecção; já quando o ar apresenta uma temperatura menor que à da pele, o corpo perde calor por convecção para o ar (RUAS, 1999).

A figura 6 mostra a temperatura média anual em cada região paranaense, analisando o mapa pode-se notar que Pato Branco possui a temperatura média anual entre 18° C e 19° C.

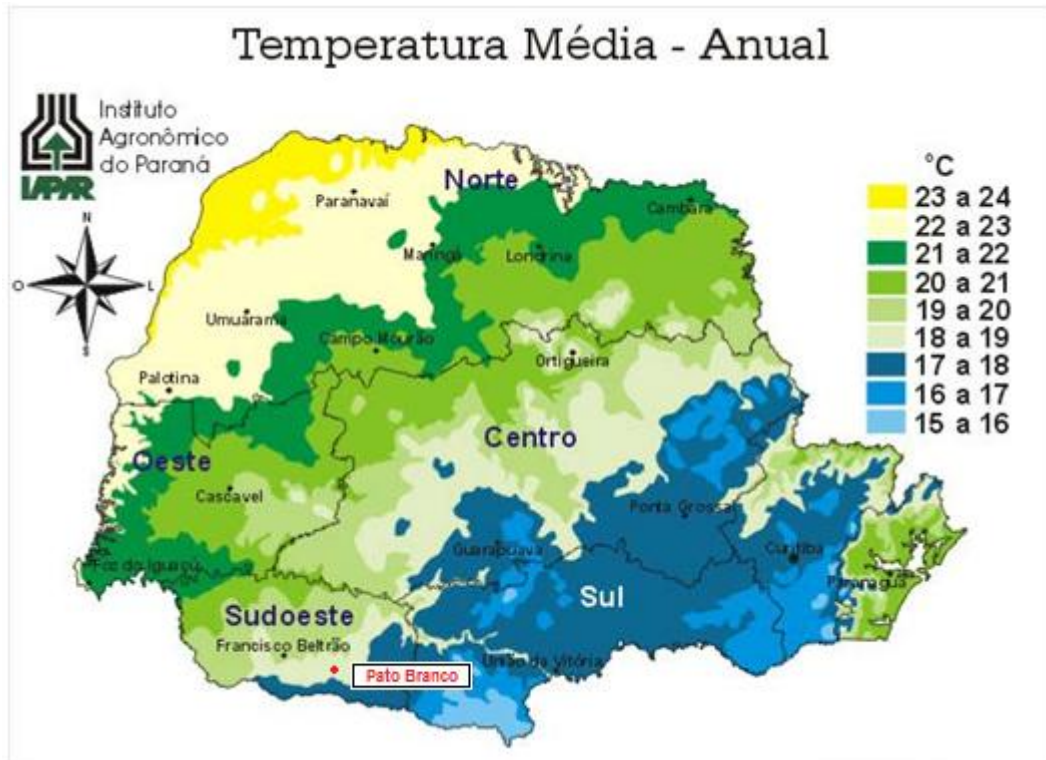


Figura 6 - Temperatura Média - Paraná
Fonte: IAPAR, 2011b.

2.4 SENSÇÃO TÉRMICA

De acordo com Gerasimenko (2001), a temperatura é a medida da energia interna de um dado sistema, estando sujeito à agitação das moléculas: quanto maior a movimentação maior será a temperatura. Já a sensação térmica refere-se à percepção que o indivíduo tem da quantidade de calor que ele troca com o ambiente.

Conforme o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2011), sensação térmica é a temperatura virtual ou a combinação da temperatura com outros fatores meteorológicos (vento), que representa com mais precisão o impacto das condições do tempo sobre o organismo.

Segundo o INMET (2011), os estudos da velocidade do vento combinado com a temperatura do ar tiveram início com Paul Siple e Charles Passel na década de 30. Conforme o Instituto de Meteorologia de Portugal (2011), eles mediram quanto tempo levava a água para congelar dentro de um pequeno saco plástico cilíndrico quando este era sujeito a diferentes condições de temperaturas do ar e velocidades do vento.

Siple e Passel marcando o tempo em que a água demorava para congelar, conseguiram estimar a quantidade de calor dissipada pela ação dos elementos meteorológicos e, com isso, estabeleceram uma equação relacionando a perda de calor do corpo humano com a pele seca em relação a temperatura do ar e a velocidade do vento (INMET 2011).

De acordo com o INMET (2011), com base nas equações de Siple e Passel foi desenvolvida uma relação entre a temperatura ambiente, a velocidade do vento e a temperatura da pele seca do ser humano, dando como resultado um novo valor de temperatura, a qual foi denominada de "sensação térmica", que, tecnicamente, é conhecida como Temperatura Equivalente de Windchill (T_w).

Assim, a sensação térmica, ou efeito Windchill, representa a temperatura sentida pelo corpo humano a determinadas condições de temperatura do ar e de velocidade do vento.

De acordo com CPTEC (1991 apud Toledo et al, 2011) para o cálculo para temperatura Windchill (T_w) foi utilizado à equação reformulada por Schwerdtfeger (1984), foi derivada por Falconer (1968) e Dare (1981) a partir de Siple e Passel (1954), como mostra a fórmula 01.

$$T_w = \frac{(10\sqrt{v} + 10,45 - v)(T - 33)}{22} + 33 \quad (01)$$

Onde: v é a velocidade do vento em m/s e T é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

De acordo com Lamberts et al (1997), o intervalo de temperatura onde existe grande probabilidade das pessoas sentirem conforto térmico é entre 18°C e 29°C .

2.5 RELAÇÃO ALTURA DO APARTAMENTO X CONFORTO TÉRMICO

De acordo com Santos et al (2006) os ventos são muito influenciados pela superfície terrestre até altitudes de 100 metros. Os chamados ventos de superfície têm sua intensidade reduzida pela rugosidade da superfície da terra e pelas barreiras, naturais ou não, como árvores, torres, edifícios, postes, etc.

Conforme Ferreira e Leite (2011), a velocidade do vento aumenta com a altura, e têm diferentes comportamentos em relação ao ambiente em que atua (área urbana, subúrbios, ou ao nível do mar). De acordo com Nascimento (2010) uma importante constatação foi realizada por Alan Davenport, professor da Universidade

de Engenharia do Estado do Colorado (E.E.U.U.), que afirmou que a velocidade do vento aumenta exponencialmente em relação à altura, e através de estudos práticos desenvolveu um gráfico que é observado na figura 7.

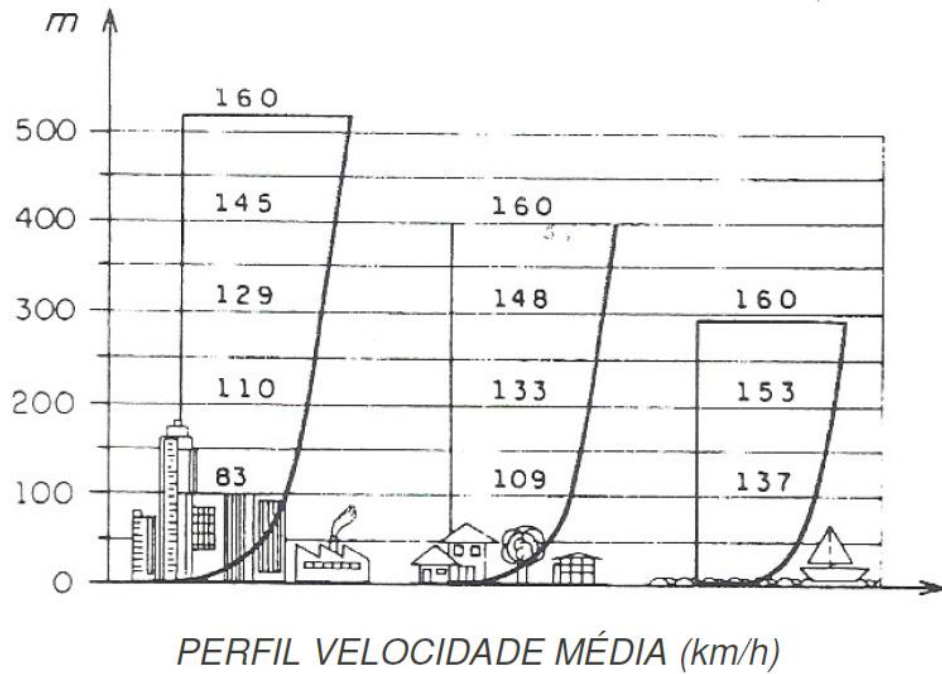


Figura 7 - Perfil de Velocidade Média
Fonte: Nascimento (2010).

Assim, é possível perceber que em regiões com grande incidência de construções altas, como prédios, o vento só atinge uma velocidade plausível após uma elevada altura, já que, próximo a superfície a velocidade é reduzida pelos obstáculos. Já em áreas suburbanas, em que predominam casas e pequenas construções, já se têm ventos satisfatórios a alturas mais baixas, por fim, ao nível do mar, os ventos são mais rápidos em altitudes menos elevadas (FERREIRA E LEITE, 2011).

Conforme diz Nascimento (2010), a escala que dá nome ao vento conforme a sua velocidade e dá uma breve citação dos efeitos que esse vento pode causar é a Escala de Beaufort, desenvolvida em 1774 pelo hidrógrafo irlandês Francis Beaufort. A Escala de Beaufort é representada pela tabela 1.

Tabela 1- Escala de Beaufort

Grau	Velocidade do Vento		Descrição do Vento	Efeitos Devido ao Vento
	Intervalo em m/s	Média em km/h		
0	0 – 0,5	1	Calmaria	-
1	0,5 – 1,7	4	Aura, sopro	A fumaça sobe praticamente na vertical
2	1,7 – 3,3	8	Brisa leve	Sente-se o vento nas faces
3	3,3 – 5,2	15	Brisa fraca	Movem-se as folhas das árvores
4	5,2 – 7,4	20	Brisa moderada	Movem-se pequenos ramos, Vento estende as bandeiras
5	7,4 – 9,8	30	Brisa viva	Movem-se ramos maiores
6	9,8 – 12,4	40	Brisa forte	Movem-se os arbustos
7	12,4 – 15,2	50	Ventania fraca	Flexionam-se galhos fortes, o vento é ouvido em edifícios
8	15,2 – 18,2	60	Ventania moderada	Difícil caminhar, galhos quebram-se, os troncos das árvores oscilam
9	18,2 – 21,5	70	Ventania	Objetos leve são deslocados, partem-se arbustos e galhos grossos, avarias em chaminés
10	21,5 – 25,5	80	Ventania forte	Árvores são arrancadas, quebram-se os postes
11	25,5 – 29,0	95	Ventania destrutiva	Avarias severas
12	29,0 e mais	105	Furacão	Avarias desastrosas, calamidades

Fonte: Nascimento (2010).

Fritzsons et al (2008) afirma que a temperatura do ar é influenciada pela variação da altitude, decrescendo com a elevação da altitude, numa proporção de a aproximadamente 1 °C a cada aumento de 100 metros de altitude. Ainda segundo Fritzsons et al (2008) isso ocorre pela diminuição da pressão da massa de ar ascendente (quente), ocasionando um aumento no volume e diminuição na temperatura.

A relação da altitude com a temperatura é importante para as regiões tropicais e subtropicais, onde uma diferença na altitude provoca mudanças sensíveis no clima, no solo, na vegetação natural e na adaptação animal (FRITZSONS ET AL, 2008).

2.6 APLICAÇÃO DA NBR 15220/2003 PARA O LOCAL DE ESTUDO

De acordo com a ABNT (2003), a NBR 15220/2003, que trata do desempenho térmico das edificações, o Brasil pode ser dividido em oito zonas bioclimáticas, conforme a figura 8.

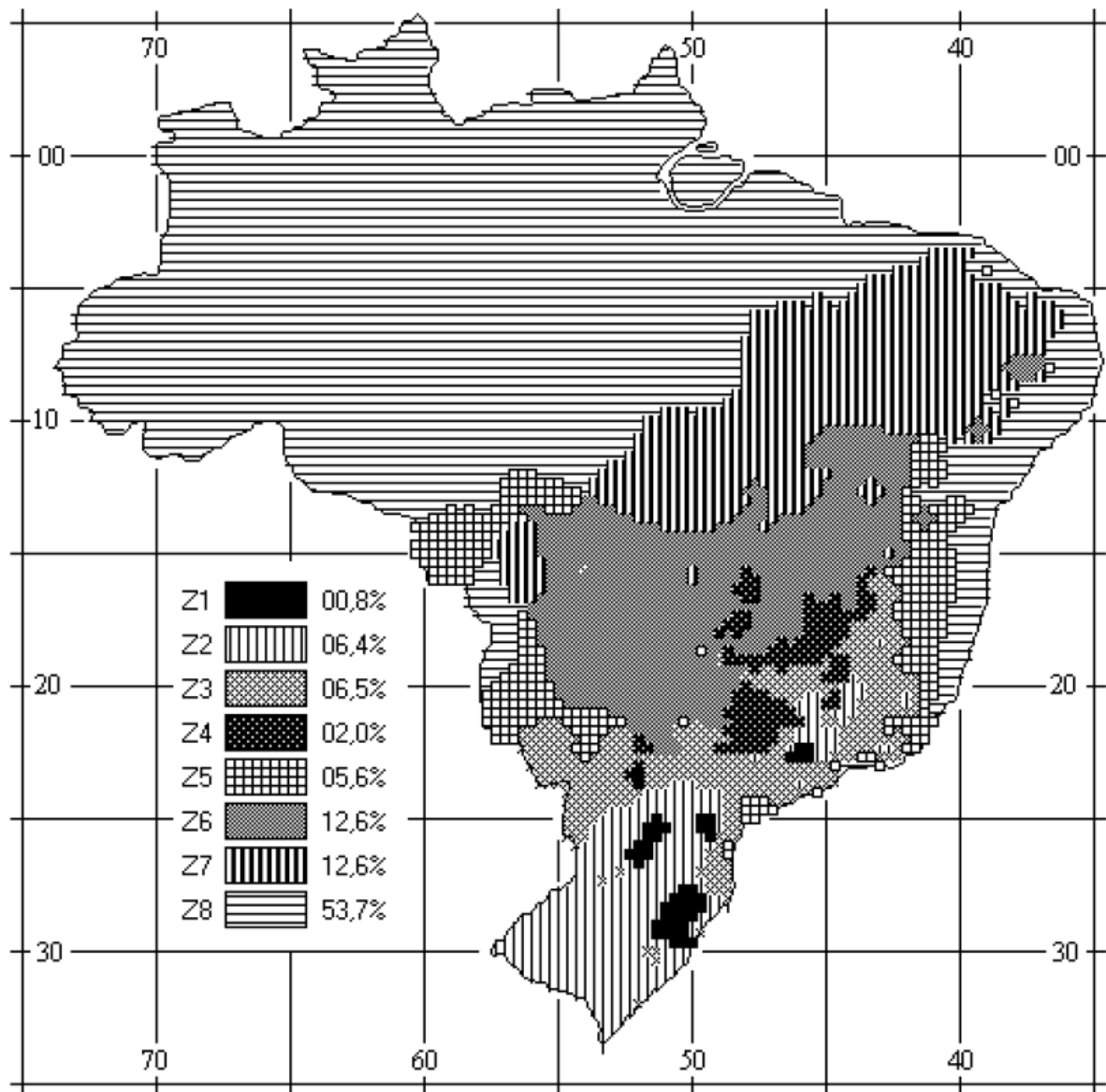


Figura 8 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro
 Fonte: ABNT (2003).

A NBR 15220/2003 (ABNT, (2003) considera para a classificação bioclimática a Carta adaptada de Givoni, como mostra a figura 9.

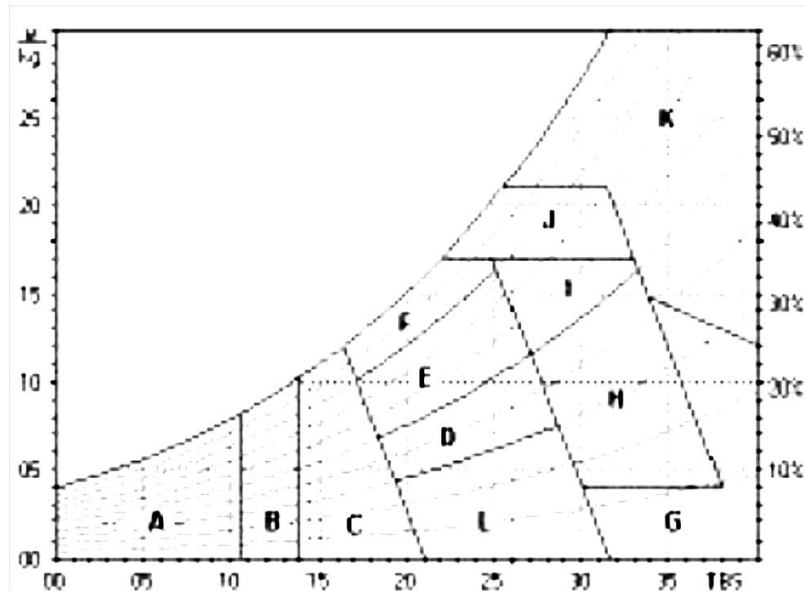


Figura 9 - Carta Bioclimática Adaptada
Fonte: ABNT (2003).

Comparando a carta bioclimática de Pato Branco dada na figura 2 com a figura 9, é possível notar que o clima patobranquense engloba o código formado pelas letras 'ABCDEFIJ'.

Utilizando o código encontrado e através da tabela 2 dada pela ABNT (2003) na NBR 15220/2003, Pato Branco é classificado como pertencente à zona bioclimática 2.

Tabela 2 - Critérios para Classificação Bioclimática

Classificação							Zona	Nº Cidades
A	B	C	D	H	I	J		
Sim					Não	Não	1	12
Sim							2	33
	Sim		Não	Não			3	62
	Sim						4	17
		Sim	Não	Não			5	30
		Sim					6	38
				Sim			7	39
			Não				8	99

Legenda: Sim – presença obrigatória
Não – presença proibida

NOTAS:

1 As estratégias não assinaladas com **sim** ou **não** podem estar no código, mas sua presença não é obrigatória.

2 Percorrer a tabela de cima para baixo, adotando a primeira zona cujos critérios coincidam com o código.

Fonte: Adaptado de ABNT (2003).

Segundo esta norma devem ser seguidas as seguintes especificações para a zona 2:

As aberturas para ventilação devem ser de tamanho médio e de forma que permita a entrada de sol durante o inverno. O tamanho das aberturas é classificado, conforme a tabela 3.

Tabela 3- Aberturas para Ventilação

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

Fonte: ABNT (2003)

As vedações externas devem ser de parede leve e a cobertura leve isolada. De acordo com a ABNT (2003), considera-se parede leve, com transmitância térmica ($U \leq 3,00 \text{ W/M}^2 \cdot \text{K}$), atraso térmico ($\phi \leq 4,3$ horas) e fator solar ($FS_o \leq 5,0\%$) e a cobertura leve isolada, com transmitância térmica ($U \leq 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), atraso térmico ($\phi \leq 3,3$ horas) e fator solar ($FS_o \leq 6,5\%$).

A ABNT (2003) define as grandezas citadas, da seguinte forma:

A transmitância térmica é o inverso da resistência térmica total que é dada pelo somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, por exemplo, uma parede, onde se considera a resistência térmica da argamassa de assentamento, da argamassa de revestimento e do bloco cerâmico.

O atraso térmico é o tempo decorrido entre a variação térmica em um meio e a sua manifestação na superfície oposta do componente construtivo.

O fator solar em questão refere-se aos componentes opacos, sendo o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um desses componentes, pela taxa de radiação solar total que incide sobre a superfície externa do mesmo.

As estratégias de condicionamento térmico passivo a serem adotadas para essa zona variam conforme a estação, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 - Estratégias para Condicionamento Térmico Passivo

Estação	Estratégia de condicionamento térmico passivo
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)
	Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.

Fonte: Adaptado de ABNT (2003).

A ventilação cruzada consiste na circulação de ar entre os ambientes, desta forma em locais que possuem janela apenas em uma fachada, a única forma de obter a ventilação cruzada seria mantendo a porta aberta. Um fator importante a ser avaliado é qual o sentido do vento predominante e o entorno da edificação, que pode alterar a direção do vento ABNT (2003).

Segundo a ABNT (2003), a incidência de radiação solar contribui para o aquecimento da edificação durante o período frio, desta forma um fator importante a ser considerado é a orientação do edifício e o posicionamento das áreas envidraçadas. Uma maneira de facilitar o aquecimento interno é utilizando paredes internas pesadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão abordados os materiais e métodos utilizados durante a realização das leituras de dados, primeiramente caracterizando o local onde foi realizado o estudo, em seguida detalhando a metodologia de pesquisa e por fim os equipamentos utilizados durante as medições.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A figura 10 ilustra o Edifício Comercial e Residencial localizado na Rua Tamoio esquina com a Rua Ibiporã no Centro da Cidade de Pato Branco-PR.



Figura 10 - Edifício em Estudo
Fonte: Construtora Monte Sião, 2011.

O Edifício possui 09 pavimentos tipo com 04 apartamentos cada, 02 pavimentos subsolo, reservados às garagens, 01 pavimento térreo, destinado às lojas e hall, 01 pavimento para sobrelojas e área de convivência e 02 pavimentos contendo 04 apartamentos duplex, totalizando 40 apartamentos e uma área de 5308 m². Os apartamentos com final 01 possuem área igual a 106,91 m², os com final 02 têm área igual a 105,84 m², os com final 03 possuem uma área de 107,22 m² e os com final 04 têm 107,74 m².

Os apartamentos 103 e 104 possuem uma pequena variação na área em relação ao pavimento tipo, pois possuem uma área de terraço, assim a área dos apartamentos é igual 103,66 m² e 159,64 m², respectivamente.

O apartamento duplex 1001 possui uma área de 217,25 m², enquanto o 1002 tem 211,95 m², o 1003 possui 218,11m² e o 1004 tem 205,03m² de área.

A figura 11 ilustra o edifício durante a fase de levantamento de alvenaria.



Figura 11- Edifício em Construção
Fonte: Autores, 2011.

Apesar de o edifício possuir áreas destinadas às lojas comerciais, foram analisados apenas às áreas residenciais (pavimentos tipo), sendo estudados o 2º, 5º e 9º pavimentos.

Foram verificados os apartamentos com final 02 de cada um dos três andares citados. A planta desses apartamentos com a orientação solar está ilustrada na figura 12.

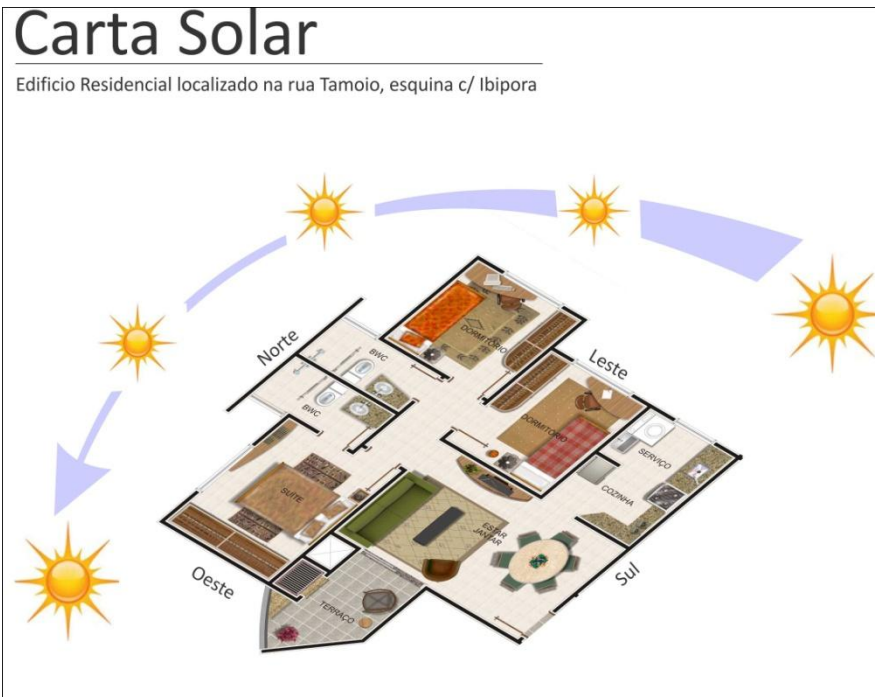


Figura 12- Apartamento Final 02 com Orientação Solar
Fonte: Adaptado de Construtora Monte Sião, 2011.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

A abordagem do problema é tanto qualitativa como quantitativa, pois os dados foram analisados numericamente e os resultados encontrados, assim como a pesquisa realizada, tem a finalidade de analisar conceitos descritos pela literatura.

Para a realização da pesquisa foram cumpridas as seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica onde foram abordados os principais conceitos sobre conforto térmico, ligados a bioclimatologia e ao comportamento térmico das edificações; em seguida foram pesquisados dados sobre a temperatura e umidade em Pato Branco-PR, com o objetivo de determinar o perfil climático da cidade.
2. Coleta de dados de temperatura e velocidade do vento, utilizando anemômetro e termômetro de globo, em um edifício comercial e residencial com 15 pavimentos, localizado no centro da cidade de Pato Branco-PR.
3. Realização de uma medição piloto para determinação dos apartamentos a serem estudados. Na medição piloto, realizada no dia 06 de outubro de 2011, no período das 14h às 15h, analisou-se o posicionamento dos apartamentos e do sol neste dado horário e realizaram-se medições

com o intuito de determinar os apartamentos a serem estudados, a frequência com que os dados seriam coletados, a forma como os aparelhos seriam dispostos e quais aparelhos seriam utilizados.

4. Definição dos apartamentos a serem estudados. Foram escolhidos os apartamentos 202, 502 e 902, devido à maior incidência dos raios solares no período da tarde, em relação aos apartamentos com final 01, 03 e 04, por estarem localizados na fachada noroeste (figura 13).

5. Realização das medições no mês de outubro, ou seja, durante a primavera, dessa forma o maior desconforto térmico sentido é em relação ao calor.



Figura 13 - Fachada Analisada
Fonte: Construtora Monte Sião, 2011

Quanto à localização vertical, os andares em estudo foram determinados de forma que houvesse a maior distância possível entre os mesmos de forma que todos os andares analisados fossem iguais. Como os apartamentos do 1º pavimento têm uma pequena variação na disposição da abertura não foram utilizados para medição. Os 10º e 11º pavimento, por serem apartamentos duplex também possuem outra distribuição de aberturas, assim os pavimentos em estudo adotados foram o 2º, o 5º e o 9º.

Os apartamentos em questão são atingidos mais intensamente pelos raios de sol durante a tarde, então foram avaliados durante 4 dias, no período da tarde, com as medições começando às 14h e finalizando as 17h.

As medições foram realizadas em intervalos de dez em dez minutos, sendo as leituras nos três apartamentos realizadas ao mesmo tempo, totalizando 19 medições por dia, em um total de 76 medições.

O local do apartamento escolhido para o posicionamento do anemômetro foi a sala de estar/jantar por ser centralizada em relação a distribuição dos cômodos, as leituras foram realizadas no centro do cômodo, com a hélice do equipamento voltada no sentido do fluxo do vento, como mostra a figura 14.



Figura 14 - Medição com Anemômetro
Fonte: Autores, 2011.

As leituras foram feitas de forma manual, ou seja, os três operadores do anemômetro com os cronômetros sincronizados fizeram as leituras, ao mesmo tempo, de temperatura e velocidade do vento, sendo anotados os valores em uma planilha.

Como um dos anemômetros não apresentou os dados de temperatura, ele foi utilizado para medir apenas a velocidade do vento, e a temperatura nesse apartamento foi obtida utilizando um termômetro de globo localizado no centro da sala de estar/jantar, como indica a figura 15.



Figura 15 - Medição com Termômetro de Globo
Fonte: Autores, 2011.

O termômetro de globo mede a temperatura globo, a de bulbo úmido e a de bulbo seco, foram coletadas as três temperaturas, mas para comparar com a temperatura do ar, utilizou-se apenas a temperatura do bulbo seco.

A análise dos dados obtidos foi realizada de forma numérica, com a finalidade de verificar a relação entre a altura do pavimento, a velocidade do vento e a temperatura, os resultados foram confrontados com os dados descritos pela literatura.

3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

A coleta de dados foi realizada, com o uso de três equipamentos anemômetros e um termômetro de globo, que coletaram dados simultaneamente em três apartamentos distintos.

A medida de temperatura e da velocidade do vento foram determinadas em cada medição, com o anemômetro posicionado no centro da sala de estar/jantar e com a hélice voltada para a direção do fluxo do vento naquele dado instante.

O termômetro de globo foi utilizado apenas no apartamento 902, onde para a utilização do anemômetro procedeu-se como nos demais pavimentos, enquanto o termômetro de globo foi posicionado no centro do apartamento para as medidas de temperatura.

Os dados obtidos durante as medições com o termômetro de globo e o anemômetro foram lançados em planilhas do Excel, onde foram elaborados gráficos para melhor visualização e comparação dos resultados de acordo com o horário das coletas dos dados e do apartamento em questão.

3.3.1 Anemômetro Digital

Segundo Vieira (2006) existem diversos tipos de anemômetros, podendo ser classificados quanto à pressão dinâmica do vento: como os tubos de pressão, podem ainda ser classificados conforme a velocidade e a frequência: são os anemômetros tipo vortex trail, acústico e sônico, e por fim, os mais utilizados: os anemômetros de caneco (ou copo) e o de hélice.

De acordo com Vieira (2006) a velocidade de rotação das hélices é função da velocidade do vento. Para monitorar a velocidade do vento foram utilizados anemômetros digitais portáteis, com um sensor remoto do tipo hélice, a qual é possível posicionar no sentido do fluxo de vento.

O modelo de anemômetro utilizado é o Anemômetro Digital AVM 07, com 13,2cm de largura, 29,2cm de altura, do tipo com hélice ou ventoinha com 6,6 cm de diâmetro, integrado com um termômetro digital, permitindo leitura simultânea de velocidade do ar e a temperatura no ambiente. A figura 16 mostra o modelo de anemômetro utilizado.



Figura 16 – Anemômetro Digital
Fonte: Autores, 2011.

O Anemômetro Digital AVM 07 mede a temperatura do ar em graus Celsius ou Fahrenheit, no intervalo de 0° C a 45° C, com precisão de 0,01° C. O aparelho fornece também a velocidade do vento (em mph, ft/min, nós, m/s e km/h), no intervalo entre 0 e 45m/s, com precisão de 0,01m/s (TERMOTEMP, 2011).

3.3.2 Termômetro de Globo

O termômetro de globo utilizado nas medições é o QUESTemp³⁴ Thermal Environment Monitor, ele mede quatro parâmetros: temperatura do bulbo seco ou temperatura ambiente, temperatura do bulbo úmido natural, temperatura do globo e umidade relativa do ar.

A temperatura é dada em graus Celsius ou Fahrenheit, com precisão de 0,1° C, o aparelho mede temperaturas de 0° C a 100° C.

O aparelho possui as seguintes dimensões: altura de 23,5cm, largura de 18,3cm e profundidade igual a 7,5cm; nestas dimensões está incluída a altura dos sensores para medição da temperatura do bulbo seco e úmido (QUEST TECHNOLOGIES, 2000). A figura 17 detalha onde estão localizados os sensores presentes no aparelho.

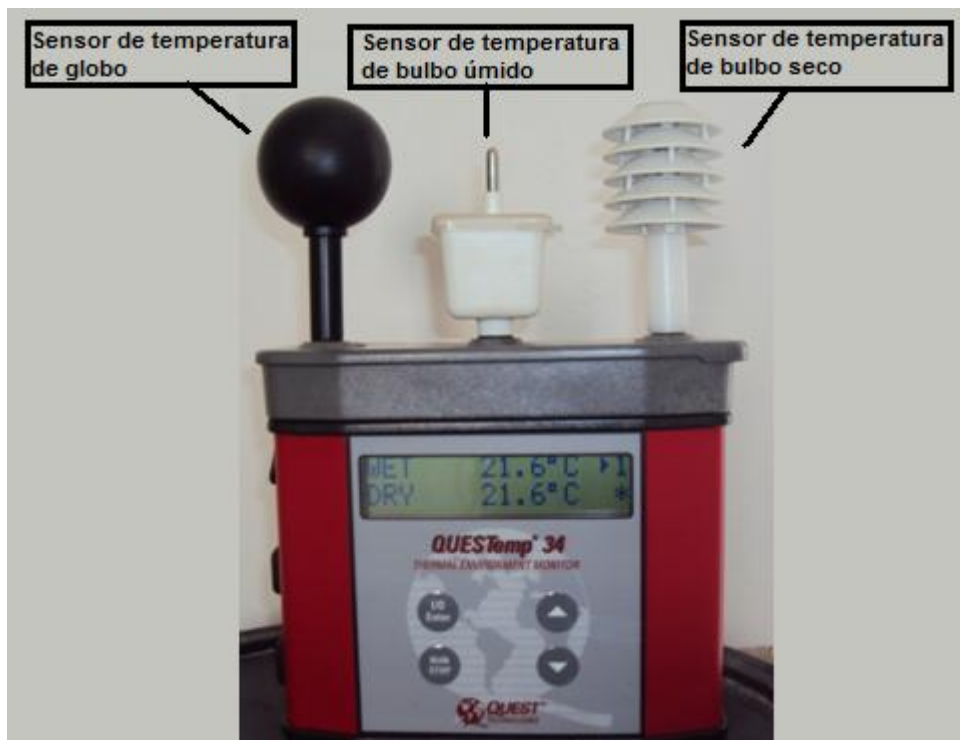


Figura 17 - Termômetro de Globo
Fonte: Autores, 2011.

O termômetro de globo consiste em uma esfera metálica, oca, pintada de preto-fosco para que haja a máxima absorção do calor irradiado. A temperatura de globo é dada por um termômetro de mercúrio inserido no centro da esfera (SESI, 2007).

De acordo com o Manual do Aparelho (QUEST TECHNOLOGIES, 2000), para a medição da temperatura do bulbo úmido natural são levadas em conta a umidade relativa e a velocidade do vento, medidas pelo resfriamento do vapor que ocorre em um termômetro coberto com um pavio umedecido. O aparelho utiliza um pavio de algodão imerso em um reservatório com água. A água utilizada deve ser destilada, pois após a evaporação não podem sobrar substâncias contaminantes que podem danificar o pavio e provocar erros na leitura do equipamento.

O termômetro de globo mede a influência do ar, em movimento ou não, que rodeia a esfera metálica e a radiação que incide e é emitida por ela. Esses dados podem ser obtidos através do sensor de temperatura posicionado dentro da esfera de cobre, pintada de preto-fosco. O índice WBGT (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo) é obtido com base em um globo de 6 polegadas (15cm) de diâmetro. O aparelho utilizado possui um globo com 2 polegadas (5cm) de diâmetro que possui um tempo de resposta mais rápido, coincidindo com os resultados obtidos em um globo de 6 polegadas (QUEST TECHNOLOGIES, 2000).

O termômetro de bulbo seco mede a temperatura do ar ambiente, sendo utilizada para o cálculo do WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) exterior, as placas brancas ao redor do sensor servem para protegê-lo do calor radiante (QUEST TECHNOLOGIES, 2000).

A tabela 5 indica os principais princípios dos sensores e os parâmetros que afetam a leitura de cada item.

Tabela 5 – Termômetro de Globo

(continua)

Sensor	Princípio	Parâmetro do Ambiente que Afeta a Leitura	Observações
Termômetro de Bulbo Seco	Estabiliza com a temperatura do ar que circunda o bulbo	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura do ar 	-

Fonte: Adaptado de SESI, 2007.

Tabela 5 – Termômetro de Globo

(conclusão)

Sensor	Princípio	Parâmetro do Ambiente que Afeta a Leitura	Observações
Termômetro de Bulbo Úmido Natural	A evaporação da água destilada presente no pavio refrigera o bulbo	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura do ar • Velocidade do ar • Umidade relativa do ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Será sempre igual ou menor que a temperatura de bulbo seco • Será igual, quando a umidade relativa do ar for igual a 100%, pois o ar saturado não admite mais evaporação de água. Sem evaporação, não há redução da temperatura
Termômetro de Globo	<p>A absorção da radiação infravermelha aquece o globo que aquece o ar interno, que aquece o bulbo. Possui um tempo de estabilização de 20 a 30 minutos*, por essa razão.</p> <p>*Para globos de 15cm de diâmetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calor radiante no ambiente (fontes radiantes) • Temperatura do ar • Velocidade do ar 	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre maior que a temperatura de bulbo seco, pois sempre há uma carga radiante no ambiente, se essa carga for muito pequena, pode não ser detectada pelos sensores, mostrando um valor numericamente igual • A esfera perde calor por convecção; portanto seu diâmetro deve ser padronizado.

Fonte: Adaptado de SESI, 2007.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados: a análise das aberturas do edifício quanto às exigências da NBR 15220/2003 e quanto ao Código de Obras Municipal de Pato Branco – PR e ainda os resultados coletados em campo, com auxílio dos aparelhos: três anemômetros digitais AVM 07 e um termômetro de globo QUESTemp^o34 Thermal Environment Monitor.

4.1 ANÁLISE DAS ABERTURAS DO EDIFÍCIO

Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2003), em Pato Branco as aberturas para ventilação devem possuir um tamanho médio, ou seja, entre 15% e 25% da área do piso do ambiente, dessa forma foi feita uma análise das aberturas do Edifício Monte Sinai, quanto a esse critério, comparou-se também com a área mínima exigida pelo Código de Obras da cidade de Pato Branco-PR.

A tabela 6 mostra a área de cada ambiente com a respectiva área de ventilação, a porcentagem que a abertura para ventilação representa sobre a área do piso e porcentagem de ventilação exigida pela Prefeitura.

Tabela 6 - Análise das Aberturas dos Apartamentos Final 02

Cômodo	Área do piso (m²)	Aberturas para ventilação (m²)	$A_{\text{ventilação}}/A_{\text{piso}}$	$A_{\text{ventilação}}/A_{\text{piso}}$ (Código de Obras)
Sala de Estar/Jantar	14,55	1,90	13,06%	6,25%
Cozinha/Lavanderia	6,40	1,20	18,75%	6,25%
Circulação	2,45	-	-	-
Dormitório 01	7,02	0,90	12,82%	8,33%
Dormitório 02	7,37	0,90	12,21%	8,33%
Banheiro	2,87	0,30	10,45%	6,25%
Banheiro Suíte	2,99	0,30	10,03%	6,25%
Suíte	9,31	0,90	9,68%	8,33%

Fonte: Autores, 2011.

Analisando as aberturas para ventilação dos pavimentos tipo, nota-se em que os cômodos da sala de estar/jantar, dormitórios e suítes possuem o índice de área de ventilação pela área de cada ambiente, menor do que a recomendável pela NBR 15220 (ABNT, 2003), conforme os números destacados em vermelho.

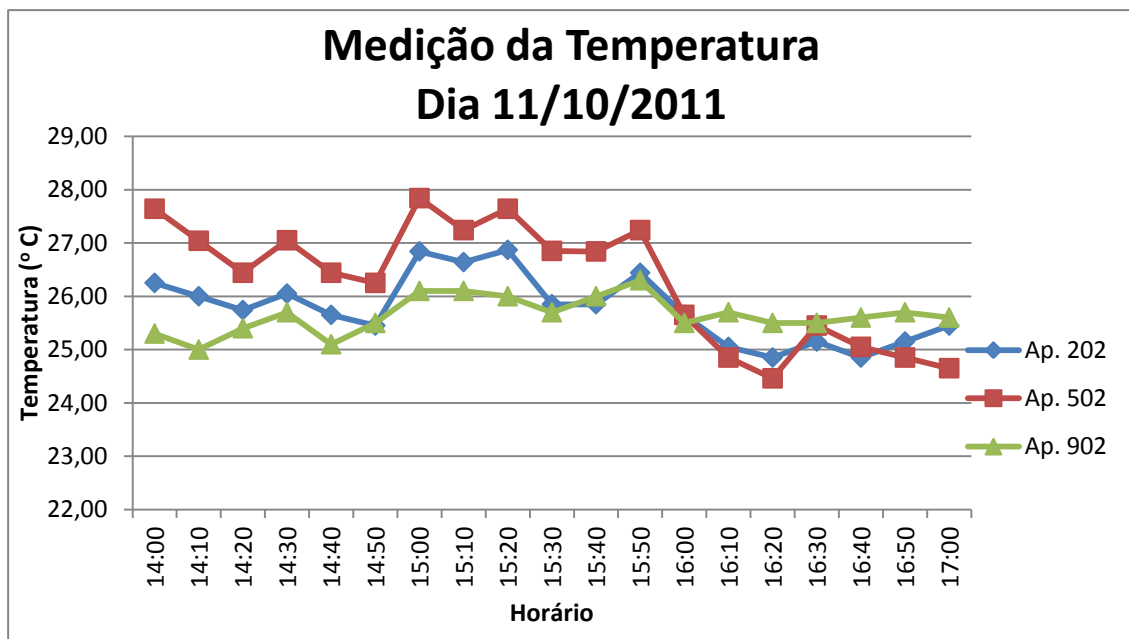
Comparando os valores reais com os exigidos pelo Código de Obras do Município percebe-se que as esquadrias estão de acordo. Os banheiros e áreas de

circulação não foram avaliados pela NBR 15220, já que não são áreas com longa permanência de uso.

4.2 DADOS COLETADOS EM 11 DE OUTUBRO DE 2011

As medições de temperaturas realizadas no dia 11 de outubro geraram o gráfico 1, a partir dos valores dados pela tabela 1 do APÊNDICE A.

Gráfico 1- Medição de Temperatura - Dia 11/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Analisando o gráfico 1, é possível notar que o comportamento do mesmo para os três apartamentos estudados é bem semelhante das 14 horas às 16 horas, ou seja, o aumento ou redução de temperatura ocorre em geral ao mesmo tempo. Sendo que, a diferença térmica média nesse período é de $0,85^{\circ}\text{C}$ entre os apartamentos 502 e 202 e de $0,41^{\circ}\text{C}$ entre os apartamentos 202 e 902, ou seja, $1,26^{\circ}\text{C}$ entre o 502 e 902.

A partir das 16 horas, há um decréscimo térmico dos apartamentos 202 e 502, enquanto a temperatura do 902 se manteve estável entre $25,5^{\circ}\text{C}$ e $25,7^{\circ}\text{C}$, apresentando assim temperaturas mais elevadas que os demais apartamentos.

No período das 16 horas às 17 horas, o apartamento 502 que até então possuía os maiores valores de temperatura, passou a ter os menores, em média $0,20^{\circ}\text{C}$ abaixo do apartamento 202 que continuou com a temperatura intermediária,

e o 902 registrou valores mais elevados, em média $0,52^{\circ}\text{C}$ superior ao apartamento 202 e $0,72^{\circ}\text{C}$ maior que o 502.

A tabela 7 identifica o pico e a menor temperatura, assim como o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

Tabela 7 - Maiores e Menores Temperaturas – Dia 11/10/2011

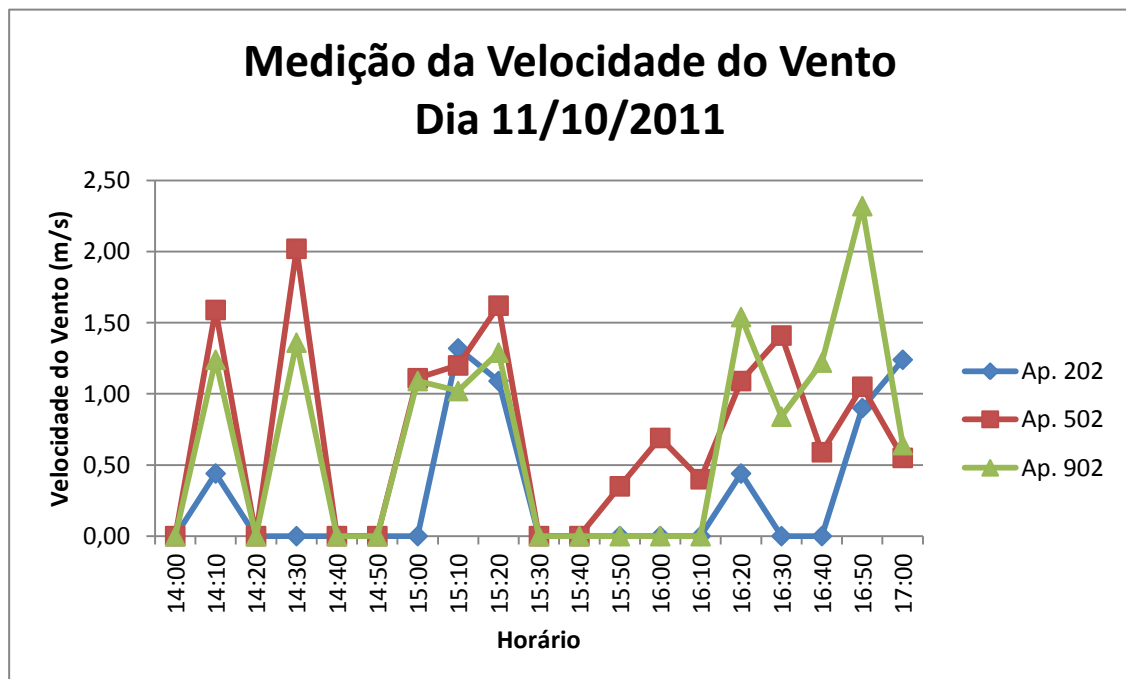
Apartamento	Pico de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Maior Temperatura (h)	Menor Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Menor Temperatura (h)
202	26,84	15:00	24,85	16:20 e 16:40
502	27,84	15:20	24,46	16:20
902	26,3	15:50	25,0	14:10

Fonte: Autores, 2011

Analisando a tabela 7 é possível notar que apesar do apartamento 902 apresentar as menores temperaturas em dado período e em seguida, possuir as maiores, a variação de temperatura durante todo o período medido é de apenas $1,3^{\circ}\text{C}$, enquanto no apartamento 502 variou $3,38^{\circ}\text{C}$ e no 202 variou $1,99^{\circ}\text{C}$.

As medições de velocidade do vento realizadas no dia 11 de outubro geraram o gráfico 2, a partir dos valores dados pela tabela 2 do APÊNDICE A.

Gráfico 2 - Medição da Velocidade do Vento - Dia 11/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 2 mostra o comportamento do vento dentro de cada unidade habitacional, através dele é possível observar as variações da velocidade do vento, como as medições foram realizadas a cada 10 minutos, é possível verificar uma grande diferença na velocidade observada em cada leitura, já que o instrumento coleta a velocidade a partir das rajadas de vento verificadas dentro de cada apartamento.

O vento, além de variar de velocidade rapidamente, ainda não possui um sentido único de atuação sobre a edificação, devido aos obstáculos externos, como as construções vizinhas e vegetação, assim, a direção do vento variava constantemente. Durante a medição, o vento predominante era do sentido nordeste e oeste.

O apartamento 202 mostrou as menores velocidades de vento, sendo que na maioria das medições a velocidade foi nula. A unidade 502 foi a que apresentou maiores valores de velocidade do vento, no entanto o maior pico de velocidade aconteceu no apartamento 902.

A tabela 8 identifica a maior velocidade do vento e o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

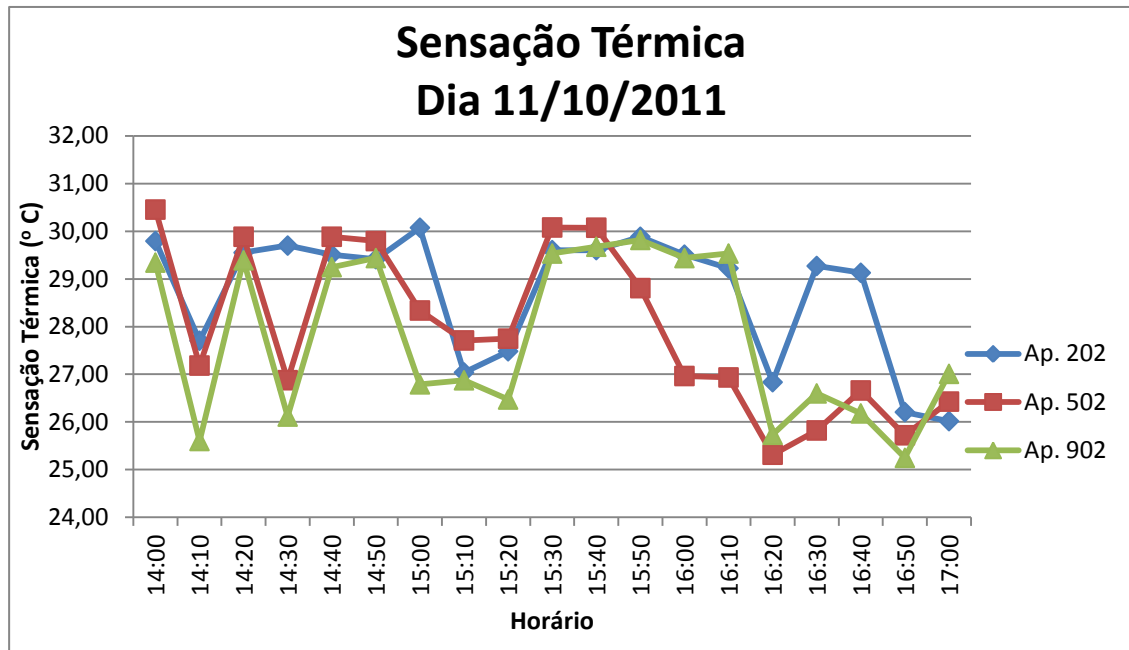
Tabela 8 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 11/10/2011

Apartamento	Maior Velocidade do Vento (m/s)	Horário de Registro da Maior Velocidade do Vento (h)
202	1,32	15:10
502	1,62	15:20
902	2,32	16:50

Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 3 foi determinado a partir da fórmula 01, obtendo a sensação térmica para cada dado de temperatura e velocidade do vento coletado, como mostra a tabela 1 do APÊNDICE B.

Gráfico 3 - Sensação Térmica – Dia 11/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Observando o gráfico 3, nota-se que a sensação térmica sofre grande influência da velocidade do vento, resultando em valores maiores que a temperatura do ar para os casos, onde a velocidade do vento é inferior a 1,78m/s e menores para as velocidades superiores a 1,78m/s; dessa forma apenas em um ponto (às 16:50h no apartamento 902), a sensação térmica apresentou-se menor que a temperatura do ar.

A tabela 9 mostra a maior e a menor sensação térmica em cada apartamento e a comparação com a temperatura do ar medida no apartamento naquele dado instante.

Tabela 9- Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 11/10/2011

Apartamento	Maior Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Maior Sensação Térmica (° C)	Menor Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Menor Sensação Térmica (° C)
202	30,07	26,64	26,02	25,45
502	30,45	27,64	25,31	24,46
902	29,82	26,3	25,25	25,7

Fonte: Autores, 2011.

Comparando as tabelas 7 e 9 foi observado que apenas a maior sensação térmica do apartamento 902 coincidiu com o instante da maior temperatura do ar

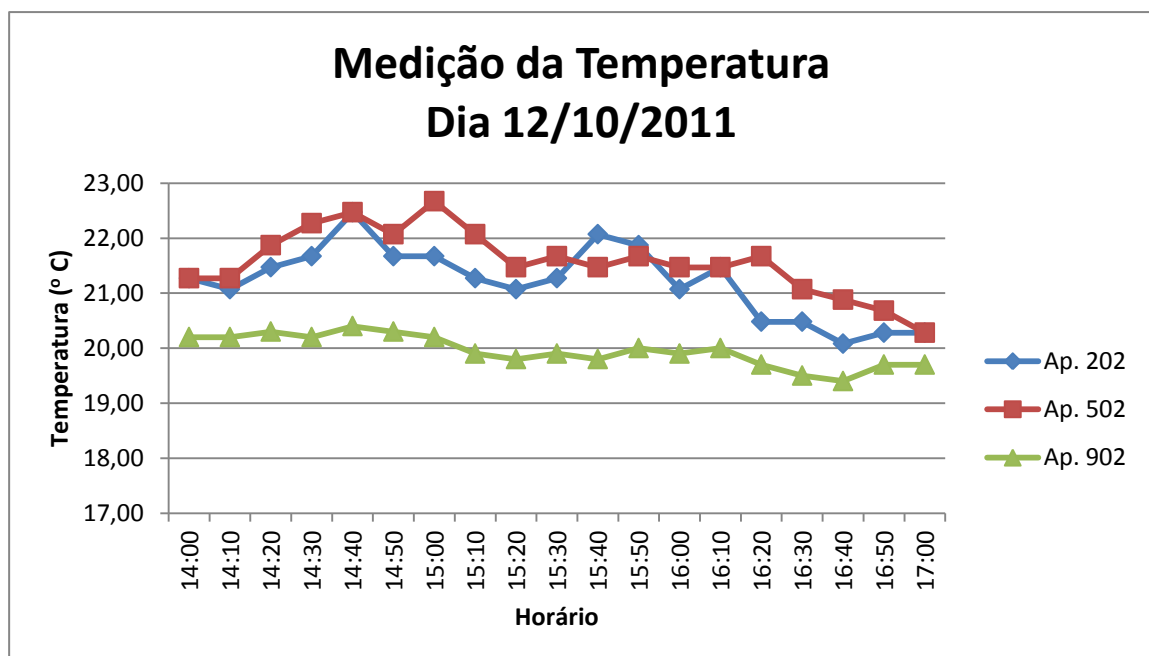
medida, pois a velocidade do vento influencia diretamente e de forma que quanto menor a velocidade maior a sensação térmica .

4.3 DADOS COLETADOS EM 12 DE OUTUBRO DE 2011

As leituras de temperatura realizadas nos apartamentos no dia 12 de outubro de 2011, foram organizadas formando o gráfico 4.

O gráfico 4 foi traçado com os dados lidos e apresentados na tabela 1 do APÊNDICE A.

Gráfico 4 - Medição de Temperatura – Dia 12/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 4 mostra o comportamento térmico do ar no decorrer do tempo para cada apartamento. Apesar das variações de temperatura para os três apartamentos ocorrerem ao mesmo tempo na maioria das vezes, o traçado no gráfico do apartamento 902 é mais suave que nos demais apartamentos, ou seja, a variação de temperatura é menor. O apartamento 502 apresentou os maiores valores térmicos na maior parte do tempo, seguido pelas temperaturas obtidas no apartamento 202 e o apartamento 902 registrou os valores mais baixos durante todo o período.

A diferença de temperatura média entre os apartamentos 502 e 202 foi de $0,44^{\circ}\text{C}$ e entre o 202 e o 902 de $1,26^{\circ}\text{C}$, entre as unidades 502 e 902, a diferença foi de $1,61^{\circ}\text{C}$.

A partir das 16:20h a temperatura nas três moradias sofreu uma pequena queda, que continuou no apartamento 502, enquanto que nos apartamentos 202 e 902 houve um aquecimento, de forma que a temperatura as 17h era a mesma para os apartamentos 202 e 502 ($20,28^{\circ}\text{C}$) e a do apartamento 902 ficou mais próxima das demais ($19,7^{\circ}\text{C}$).

A tabela 10 identifica o pico e a menor temperatura, assim como o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

Tabela 10- Maiores e Menores Temperaturas – Dia 12/10/2011

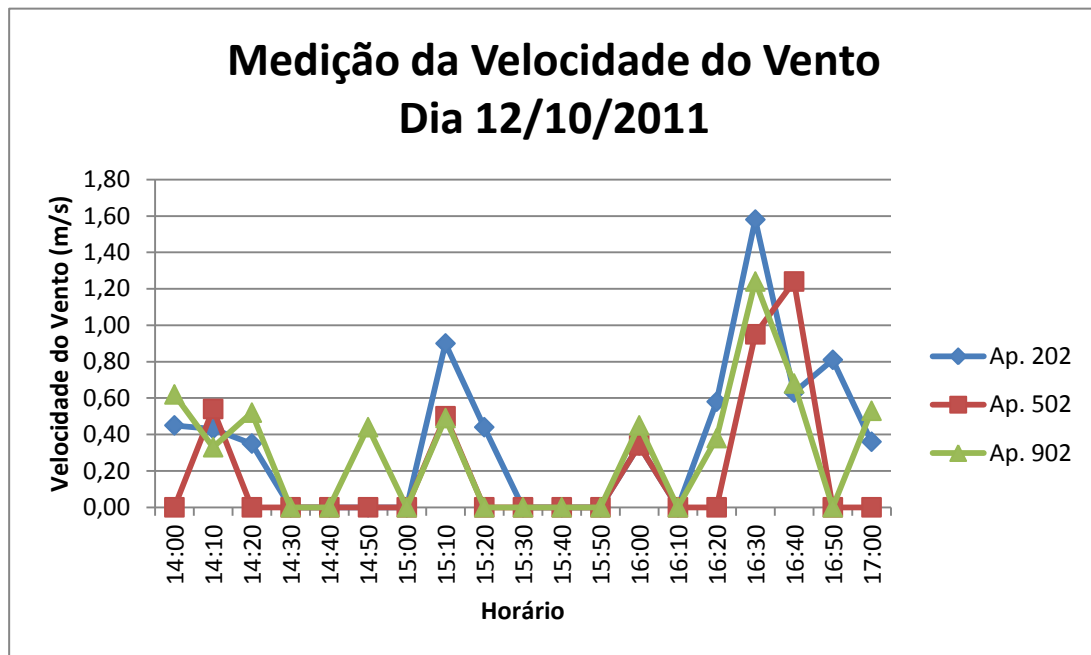
Apartamento	Pico de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Maior Temperatura (h)	Menor Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Menor Temperatura (h)
202	22,47	14:40	20,08	16:40
502	22,67	15:00	20,28	17:00
902	20,4	14:40	19,4	16:40

Fonte: Autores, 2011.

Analisando a tabela 10, as maiores e menores temperaturas dos apartamentos 202 e 902 foram no mesmo instante, enquanto que no apartamento 502 ambas ocorreram vinte minutos mais tarde. A variação térmica no apartamento 202 e 502 foi igual a $2,39^{\circ}\text{C}$, enquanto que no apartamento 902 a variação foi de $1,0^{\circ}\text{C}$.

O gráfico 5 mostra os dados de velocidade do vento medidos no dia 12 de outubro de 2011, conforme a tabela 2 do APÊNDICE A.

Gráfico 5 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 12/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Durante as medições da velocidade do vento realizadas no dia 12 de outubro de 2011, as maiores velocidades registradas pelos anemômetros foram no apartamento 202, seguido pelo 902 e por fim o 502.

O gráfico 5 apresenta um comportamento bastante variável, já que o fluxo de vento se modifica em intervalos muito pequenos de tempo. O sentido do vento predominante, durante as leituras era nordeste e oeste.

A tabela 11 identifica a maior velocidade do vento e o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

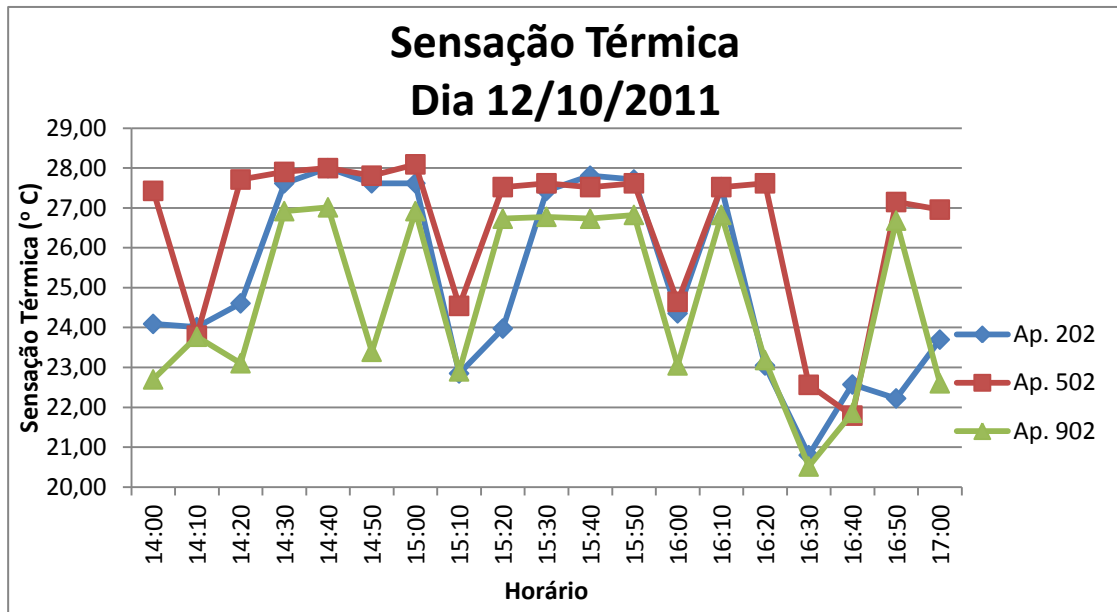
Tabela 11 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 12/10/2011

Apartamento	Maior Velocidade do Vento (m/s)	Horário de Registro da Maior Velocidade do Vento (h)
202	1,58	16:30
502	1,24	16:40
902	1,24	16:30

Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 6 foi construído a partir da fórmula 01, onde foi apontada a sensação térmica nos três apartamentos, no momento da coleta de dados, como mostra a tabela 01 do APÊNDICE B.

Gráfico 6 - Sensação Térmica – Dia 12/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Observando a fórmula 01, percebe-se a grande relevância no fator velocidade do vento para o cálculo da sensação térmica, por isso, apesar do gráfico de temperatura em cada apartamento apresentar um contorno mais suave, a sensação térmica possui grande saltos, devido ao fluxo de vento que ora são nulos, ora apresentam valores mais elevados.

O gráfico 6 mostra que a maior sensação térmica no dia 12 de outubro de 2011 foi no apartamento 502 e a menor sensação térmica no 902.

A tabela 12 mostra a maior e a menor sensação térmica e a comparação com a temperatura do ar medida no mesmo momento.

Tabela 12 - Maiores e Menores Sensações Térmica – Dia 12/10/2011

Apartamento	Maior Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Maior Sensação Térmica (° C)	Menor Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Menor Sensação Térmica (° C)
202	28,00	22,47	20,80	20,48
502	28,09	22,67	21,79	20,88
902	27,02	20,4	20,52	19,5

Fonte: Autores, 2011.

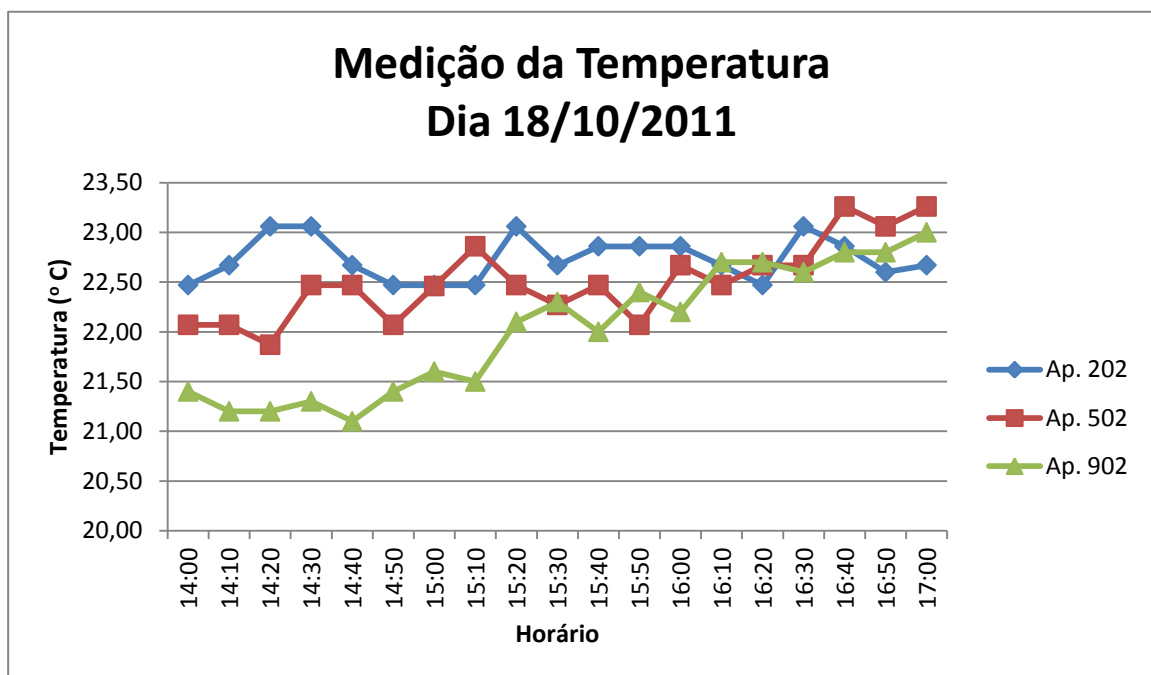
As maiores sensações térmicas em todos os casos ocorreram nos instantes de maior temperatura, enquanto que as menores sensações não coincidiram com as leituras de menores temperaturas.

Como a velocidade do vento durante a leitura das maiores temperaturas foi nula a sensação térmica foi ainda mais elevada, nas observações das menores temperaturas, a baixa velocidade do vento influenciou no aumento considerável da temperatura, gerando uma sensação térmica maior que em temperaturas do ar mais elevadas, assim, as menores sensações térmicas ocorreram quando foi registrado as maiores velocidades de vento para cada situação.

4.4 DADOS COLETADOS EM 18 DE OUTUBRO DE 2011

O gráfico 7 é resultado dos dados obtidos através dos anemômetros e do termômetro de globo, no dia 18 de outubro de 2011. A tabela 1 do APÊNDICE A detalha os dados coletados por esses aparelhos.

Gráfico 7 - Medição de Temperatura – Dia 18/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 7 ilustra a temperatura do ar coletada a cada dez minutos. O apartamento 202 apresentou temperaturas mais elevadas durante a maior parte do tempo, sendo que sua variação de térmica foi pequena.

O apartamento 502 registrou maiores variações de temperatura, sendo que a partir das 16:10h apresentou um aumento nos valores. A maior amplitude térmica foi constatada no apartamento 902, onde o gráfico de forma geral apresentou um

comportamento crescente, no entanto as temperaturas registradas na maior parte foram as menores dos três casos, exceto a partir das 16:10h onde assumiu temperaturas mais elevadas que no apartamento 202.

A diferença de temperatura média entre os apartamentos 502 e 202 foi de $0,44^{\circ}\text{C}$ e entre o 502 e o 902 foi de $0,56^{\circ}\text{C}$, já entre o 202 e o 902 a diferença térmica média foi de $0,80^{\circ}\text{C}$.

A tabela 13 identifica a maior e a menor temperatura e o instante em que a temperatura foi registrada.

Tabela 13 - Maiores e Menores Temperaturas – Dia 18/10/2011

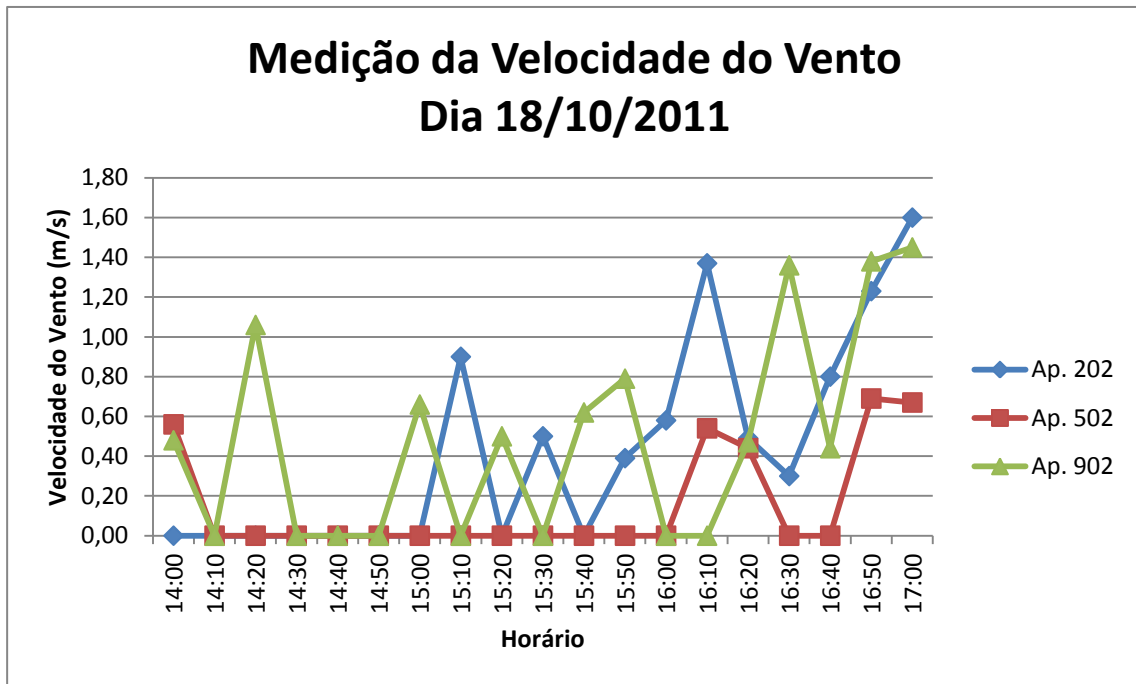
Apartamento	Pico de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Maior Temperatura (h)	Menor Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Horário de Registro da Menor Temperatura (h)
202	23,06	14:20 / 14:30 / 15:20 / 16:30	22,47	14:00 / 14:50 / 15:00 / 15:10 / 16:20
502	23,26	16:40 e 17:00	21,87	14:20
902	23,0	17:00	21,1	14:40

Fonte: Autores, 2011.

Como houve um acréscimo da temperatura na última hora de medição nos apartamentos 502 e 902, nesses apartamentos a temperatura mais elevada foi nesse período, e a menor ocorreu as 14:20h para o 502 e as 14:40h para o 902. Já a unidade habitacional 202, como foi observado no gráfico 7 apresentou uma pequena variação de temperatura de $0,59^{\circ}\text{C}$, apresentando vários momentos de máxima e mínima, muito próximos. A amplitude térmica no apartamento 502 foi igual a $1,39^{\circ}\text{C}$ e no 902 igual a $1,9^{\circ}\text{C}$.

O gráfico 8 é resultado dos dados obtidos através dos anemômetros, no dia 18 de outubro de 2011. A tabela 2 do APÊNDICE A detalham os dados coletados por esses aparelhos.

Gráfico 8 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 18/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

As velocidades do vento medidas no dia 18 de outubro de 2011 nos três apartamentos foram bastante variáveis. O gráfico 8 mostra que o apartamento que apresentou as menores velocidades foi o 502 com grande parte das velocidades nulas, enquanto que o 202 e o 902, se alternavam ora um, ora outro com maior velocidade do vento.

A tabela 14 identifica a maior velocidade do vento e o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

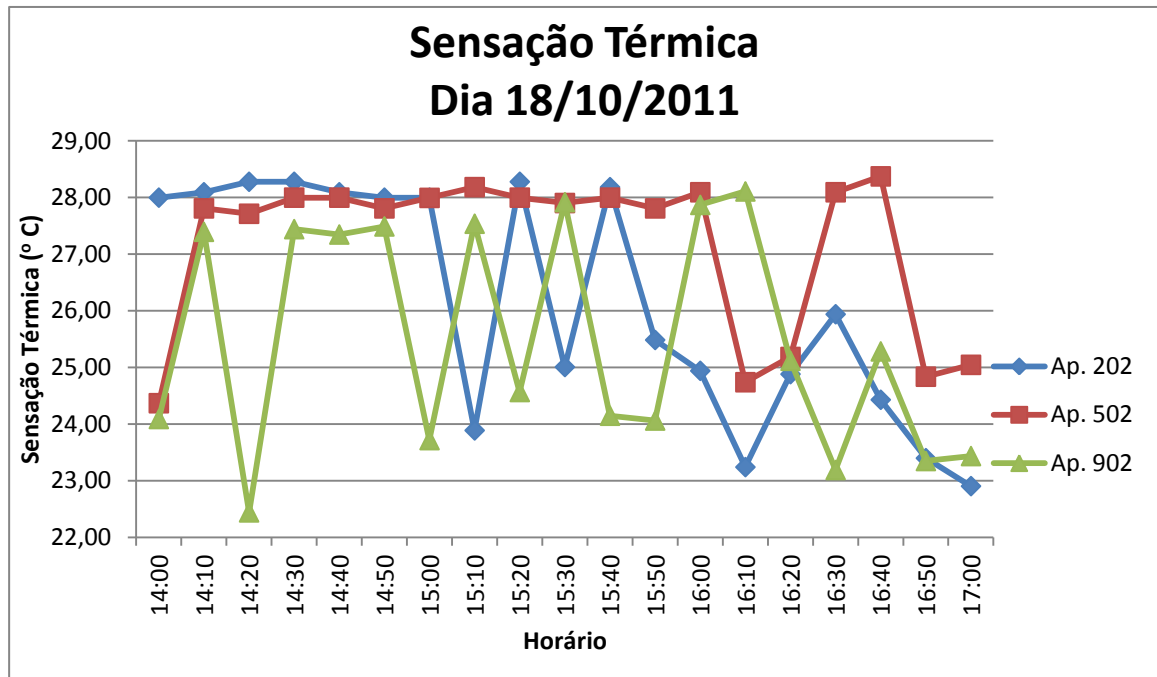
Tabela 14- Maiores Velocidades do Vento – Dia 18/10/2011

Apartamento	Maior Velocidade do Vento (m/s)	Horário de Registro da Maior Velocidade do Vento (h)
202	1,60	17:00
502	0,69	16:50
902	1,45	17:00

Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 9 foi elaborado com os dados de temperatura e velocidade do vento, medidos dia 18 de outubro de 2011 e com auxílio da fórmula 01, resultando nos valores de sensação térmica indicados na tabela 1 do APÊNDICE B.

Gráfico 9 - Sensação Térmica – Dia 18/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Analisando o gráfico 9, pode-se destacar a constância dos dados de sensação térmica do apartamento 502 do período das 14:10h às 16 horas, e no 202, das 14 horas às 15 horas, esses valores constantes são produtos da combinação da temperatura do ar naquele dado instante com a velocidade do vento que era nula, dessa forma, a sensação térmica comportou-se de maneira parecida em todos esses pontos. Já na moradia 902, houve uma grande alternância de valores, pois a velocidade do vento não se manteve nula.

O apartamento 502 apresentou a maior sensação térmica durante as medições, apesar de que no período das 14 horas às 15 horas, o 202 apresentou maiores sensações térmicas, no restante da tarde o 502 apresentou maiores sensações, grande parte em função da baixa ou nula velocidade do vento que foi registrada no apartamento em diversas medições. O apartamento 902 apresentou as menores sensações térmicas.

A tabela 15 indica a sensação térmica mais elevada e a menor em cada apartamento, comparando com a temperatura do ar no mesmo instante.

Tabela 15 - Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 18/10/2011

Apartamento	Maior Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Maior Sensação Térmica (° C)	Menor Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Menor Sensação Térmica (° C)
202	28,28	23,06	22,91	22,67
502	28,37	23,26	24,37	22,07
902	28,11	22,7	22,44	21,2

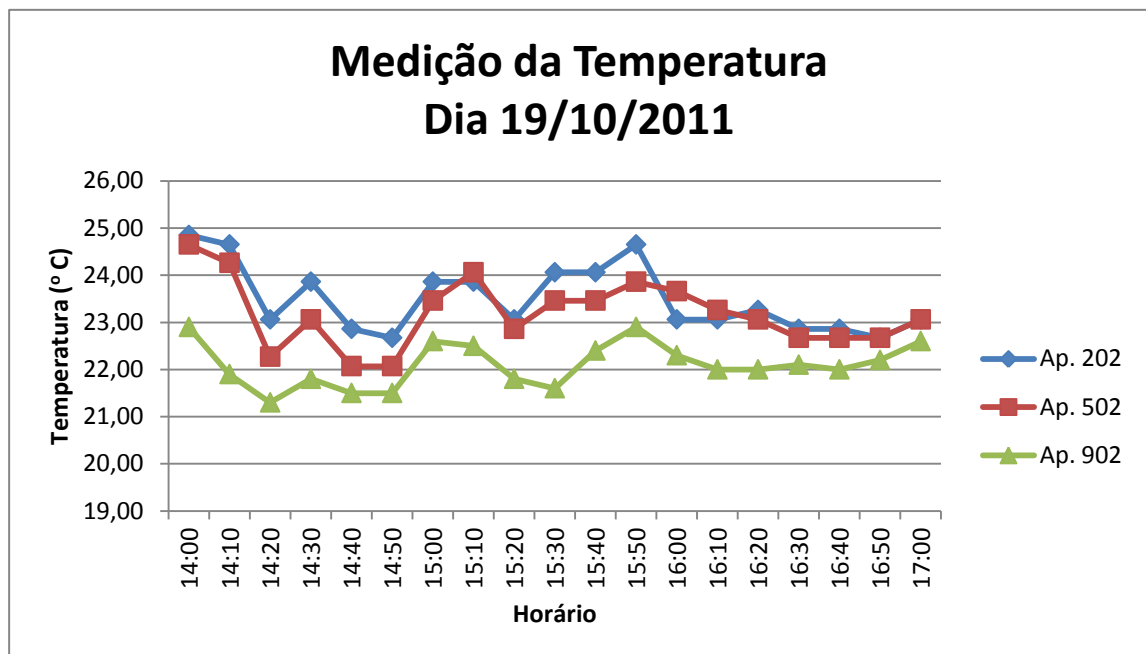
Fonte: Autores, 2011.

Comparando as tabelas 13 e 15, percebe-se que apenas a maior sensação térmica do apartamento 202 ocorreu no mesmo instante da maior temperatura do ar.

4.5 DADOS COLETADOS EM 19 DE OUTUBRO DE 2011

Os dados de temperatura coletados no dia 19 de outubro de 2011 estão apresentados no gráfico 10, construído através da tabela 1, presente no APÊNDICE A.

Gráfico 10 - Medição de Temperatura - Dia 19/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 10 apresenta os dados de temperatura do ar, percebe-se que nos três casos estudados o comportamento da temperatura é semelhante, de forma que no andar mais baixo a temperatura é maior e reduz no quinto pavimento, com as temperaturas mais baixas no nono pavimento.

A diferença de temperatura média entre os apartamentos 202 e 502 foi de 0,41° C, o 502 apresentou em média 1,09° C a mais que o 902, enquanto o apartamento 202 registrou temperaturas 1,39° C mais elevadas que o 902.

A tabela 16 demonstra a maior e a menor temperatura, assim como o horário de medição, para cada apartamento.

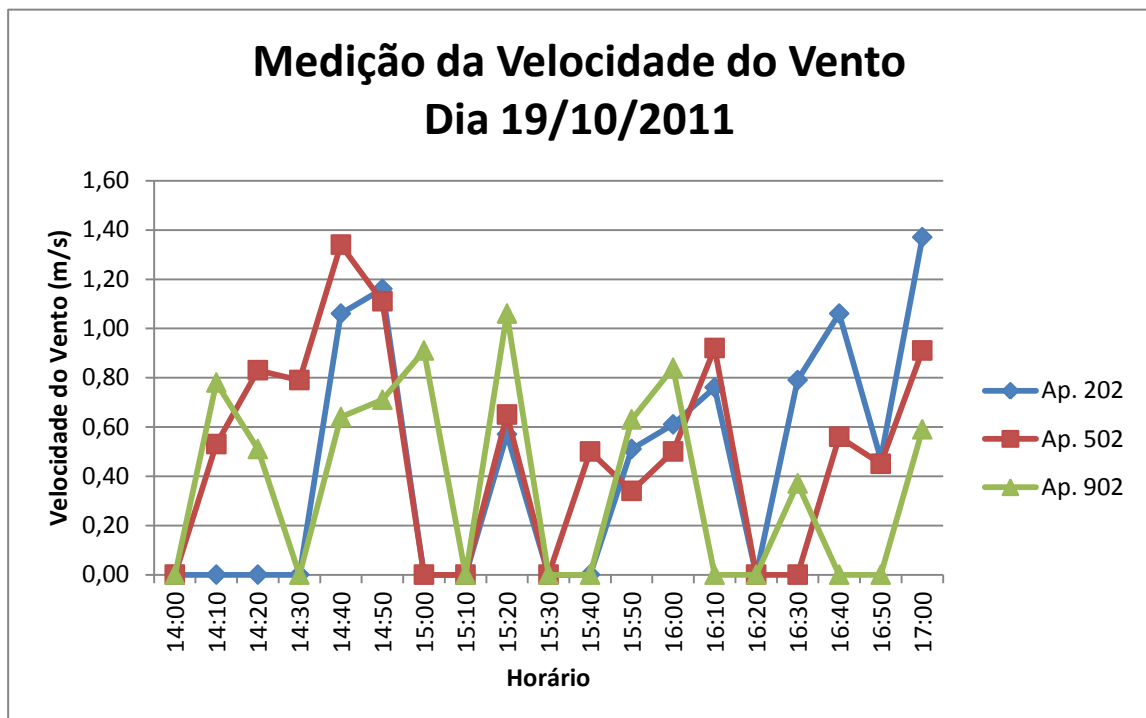
Tabela 16- Maiores e Menores Temperaturas – Dia 19/10/2011

Apartamento	Pico de Temperatura (° C)	Horário de Registro da Maior Temperatura (h)	Menor Temperatura (° C)	Horário de Registro da Menor Temperatura (h)
202	24,85	14:00	22,67	14:50 e 16:50
502	24,65	14:00	22,07	14:40 e 14:50
902	22,9	14:00 e 15:50	21,3	14:20

Fonte: Autores, 2011.

Os dados de velocidade do vento coletados no dia 19 de outubro de 2011 estão apresentados no gráfico 11, construído através da tabela 2, presente no APÊNDICE A.

Gráfico 11 - Medição da Velocidade do Vento – Dia 19/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Analisando o gráfico 11 nota-se que a velocidade do vento não segue um padrão, de forma que a cada momento um apartamento possuía a maior velocidade do vento medida naquele instante.

A tabela 17 mostra a maior velocidade do vento em cada situação e o horário em que esse dado foi coletado.

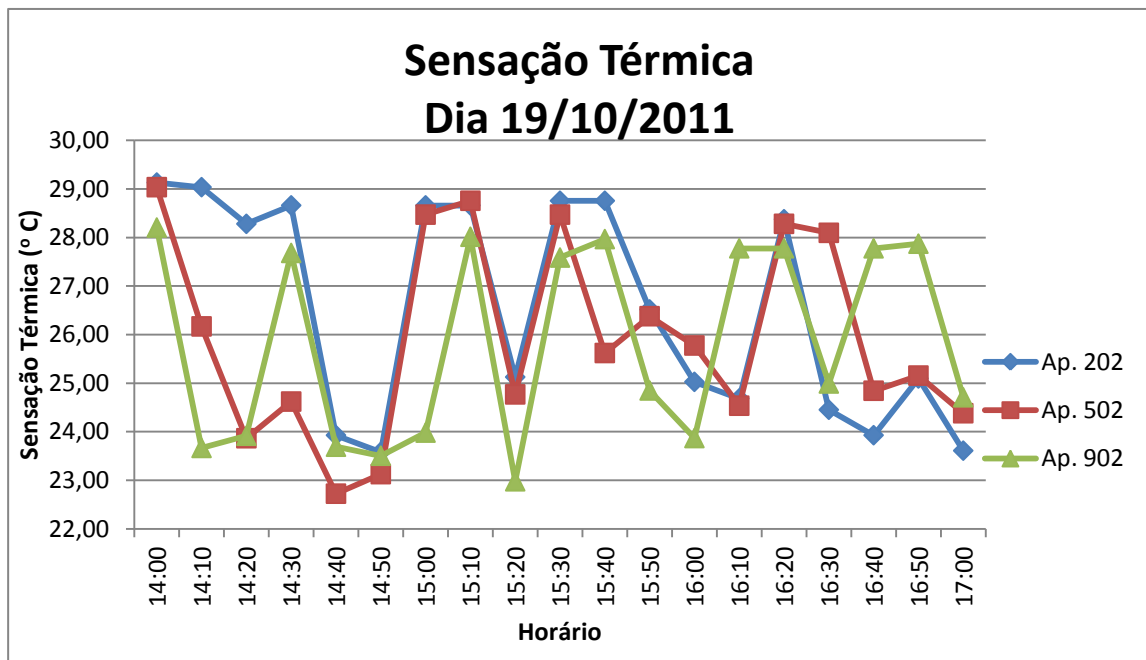
Tabela 17 - Maiores Velocidades do Vento – Dia 19/10/2011

Apartamento	Maior Velocidade do Vento (m/s)	Horário de Registro da Maior Velocidade do Vento (h)
202	1,37	17:00
502	1,34	14:40
902	1,06	15:20

Fonte: Autores, 2011.

Através dos dados de temperatura e velocidade do vento coletados, calculou-se a sensação térmica a cada dez minutos, como mostra a tabela 1 do APÊNDICE B, esses valores foram utilizados para traçar o gráfico 12.

Gráfico 12 - Sensação Térmica – Dia 19/10/2011



Fonte: Autores, 2011.

Conforme o gráfico 12, as maiores sensações térmicas, no período das 14 horas às 15:50h, foi no apartamento 202, seguido pelo 502 e o 902. A partir desse

horário as maiores sensações térmicas ocorreram na unidade 502, em seguida pelo 902, sendo o apartamento 202 o que registrou menores sensações térmicas.

A tabela 18 indica a maior e a menor sensação térmica medida em cada situação, sendo essas relacionadas com a temperatura do ar medida no apartamento no mesmo instante.

Tabela 18- Maiores e Menores Sensações Térmicas – Dia 19/10/2011

Apartamento	Maior Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Maior Sensação Térmica (° C)	Menor Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Menor Sensação Térmica (° C)
202	29,13	24,85	23,58	22,67
502	29,03	24,65	22,72	22,07
902	28,20	22,9	22,98	21,8

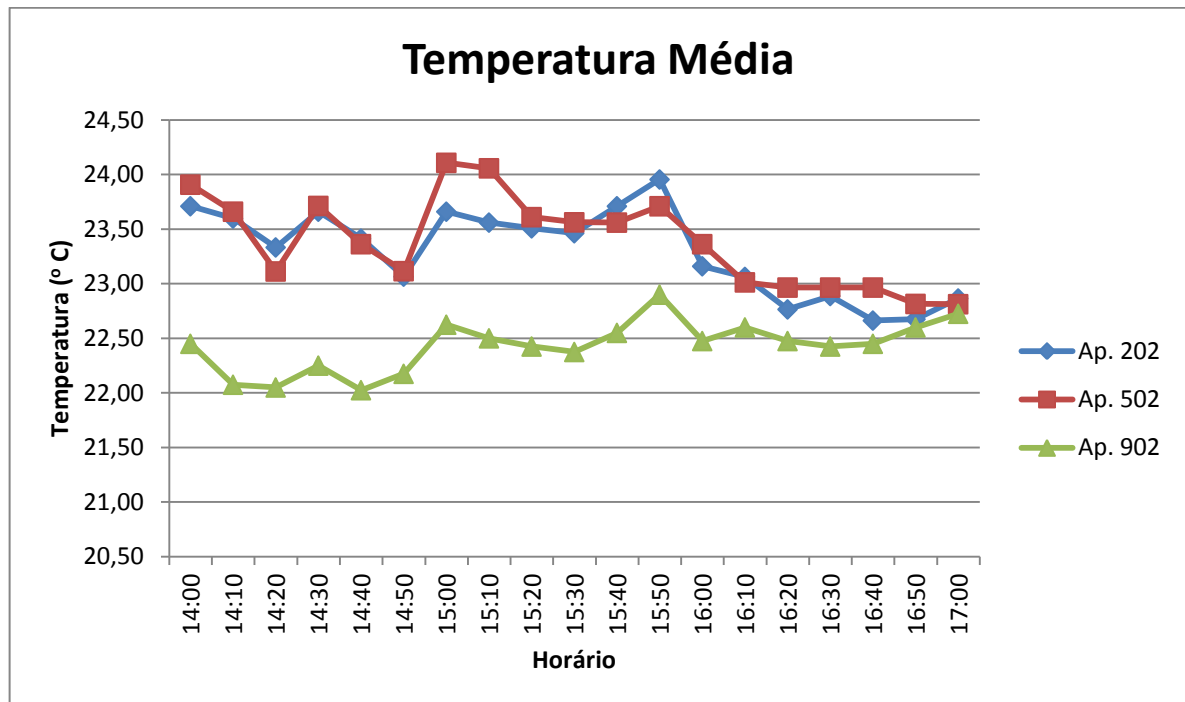
Fonte: Autores,2011.

Confrontando as tabelas 16 e 18, foi apurado que as sensações térmicas maiores e menores foram verificadas no mesmo instante de medida das maiores e menores temperaturas do ar, exceto na menor sensação térmica do apartamento 902.

4.6 MÉDIA DOS DADOS COLETADOS

O gráfico 13 é resultado da média dos dados obtidos através dos anemômetros e do termômetro de globo, nos quatro dias de medições.

Gráfico 13 – Temperatura Média



Fonte: Autores, 2011.

Analisando o gráfico 13, nota-se que a temperatura média no apartamento 902 é menor durante todo o período de medição. Os apartamentos 202 e 502 apresentam temperaturas médias muito próximas, durante todo o tempo em que os dados foram coletados.

A unidade 502 apresentou a temperatura média $0,09^{\circ}\text{C}$ superior a 202. No apartamento 902, a temperatura média foi $0,87^{\circ}\text{C}$ menor que o 202 e $0,96^{\circ}\text{C}$ inferior ao 502.

A tabela 19 identifica a maior e a menor média de temperatura e o instante em que a temperatura foi registrada.

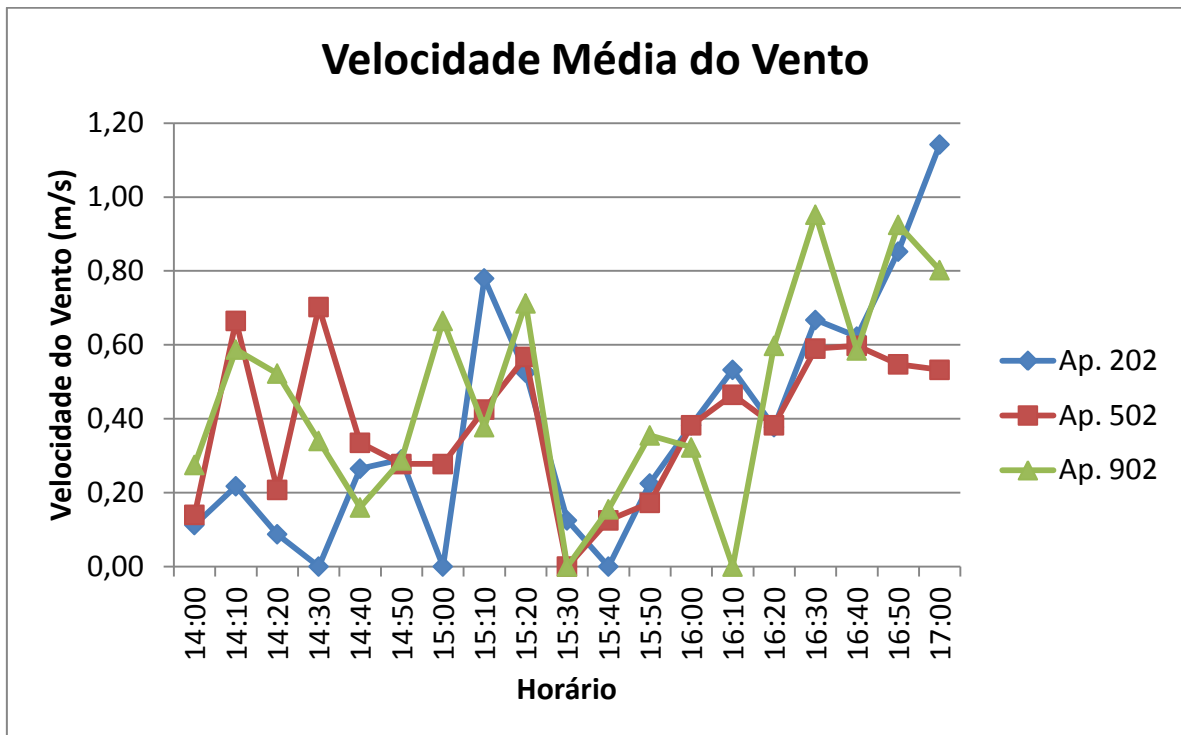
Tabela 19 - Maiores e Menores Temperaturas Médias

Apartamento	Pico de Temperatura (° C)	Horário de Registro da Maior Temperatura (h)	Menor Temperatura (° C)	Horário de Registro da Menor Temperatura (h)
202	23,96	15:50	22,66	16:40
502	24,11	15:00	22,81	17:00
902	22,9	15:50	22,0	14:40

Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 14 foi construído a partir da média dos dados de velocidade do vento obtidos através dos anemômetros, nos dias de medição.

Gráfico 14 - Velocidade Média do Vento



Fonte: Autores, 2011.

As velocidades médias do vento nos três apartamentos foram bastante variáveis, sendo que não seguiram um comportamento padrão, assim em cada horário a maior velocidade do vento foi registrada em apartamentos diferentes.

A tabela 20 identifica a maior média de velocidade do vento e o horário em que o dado foi coletado para cada apartamento.

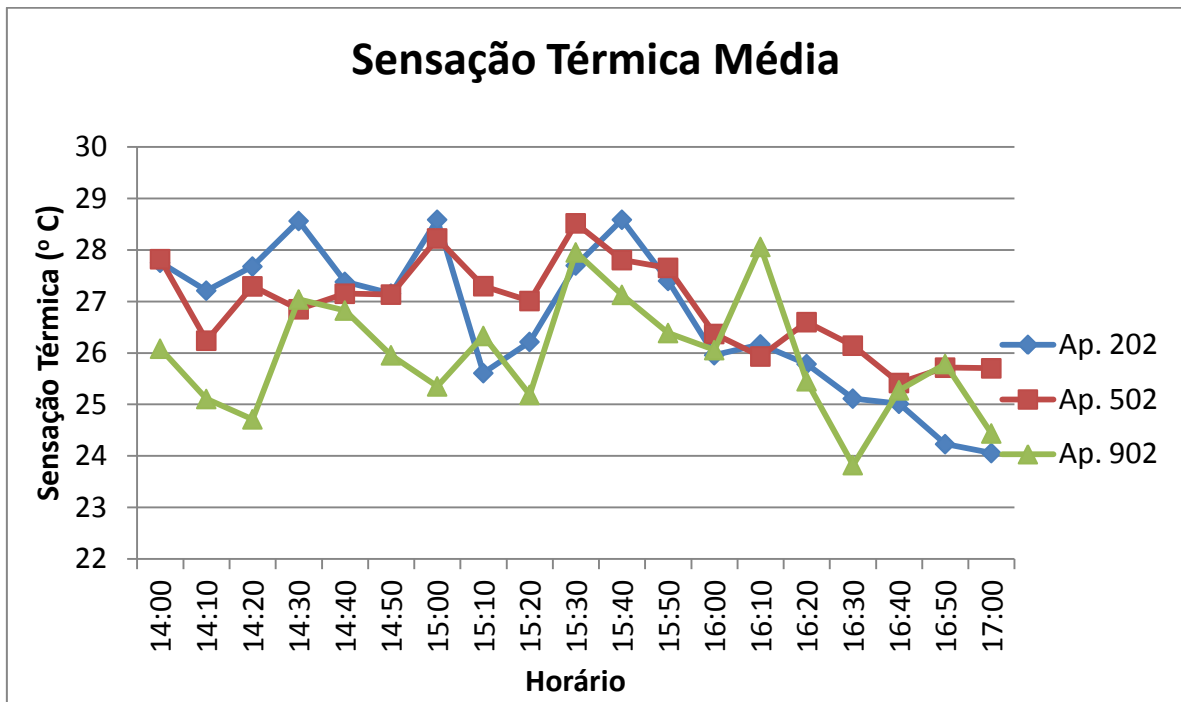
Tabela 20- Maiores Velocidades Médias do Vento

Apartamento	Maior Velocidade do Vento (m/s)	Horário de Registro da Maior Velocidade do Vento (h)
202	1,14	17:00
502	0,70	14:30
902	0,95	16:30

Fonte: Autores, 2011.

O gráfico 15 foi elaborado a partir das médias das sensações térmicas obtidas com a temperatura e a velocidade do vento medidas nos quatro dias de coleta de dados.

Gráfico 15 - Sensação Térmica Média



Fonte: Autores, 2011.

Analisando o gráfico 15, pode-se perceber que as maiores sensações térmicas no período das 14h às 15h ocorreram no apartamento 202. No horário das 15h às 17h, as maiores sensações térmicas são percebidas na unidade 502, enquanto o apartamento 902 registrou os menores valores durante todo o período.

A tabela 21 indica a sensação térmica média mais elevada e a menor em cada apartamento, comparando com a temperatura média do ar no mesmo instante.

Tabela 21 - Maiores e Menores Sensações Térmicas Médias

Apartamento	Maior Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Maior Sensação Térmica (° C)	Menor Sensação Térmica (° C)	Temperatura do Ar no Instante de Menor Sensação Térmica (° C)
202	28,59	23,71	24,06	22,87
502	28,52	23,56	25,42	22,97
902	28,06	22,6	23,82	22,4

Fonte: Autores, 2011.

Comparando as tabelas 19 e 21, verificou-se que as maiores e menores sensações térmicas médias não ocorreram no mesmo instante de maior e menor temperatura média, em nenhum dos apartamentos.

5 DISCUSSÕES

Analisando as aberturas dos apartamentos tipo 02, constatou-se que as mesmas estavam de acordo com o Código de Obras Municipal. No entanto, confrontando com o tamanho médio de aberturas exigido pela NBR 15220 (15% a 20% da área do piso de cada ambiente), a sala de estar/jantar, os dormitórios 01 e 02 e a suíte apresentaram área menor que a mínima.

O estudo sobre a diferença de conforto térmico foi realizado através de medições realizadas nos apartamentos 202, 502 e 902, nos dias 11, 12, 18 e 19 de outubro de 2011.

Nos dias 11 e 12 de outubro o apartamento que apresentou as maiores temperaturas foi o 502, em seguida o 202 e nos dias 18 e 19 de outubro o apartamento 202 registrou as maiores temperaturas, seguido pelo apartamento 502. O apartamento 902 apresentou as menores temperaturas nos quatro dias.

O apartamento 502 apresentou a temperatura média $0,09^{\circ}$ C maior que o 202 e o apartamento 902 registrou a temperatura média $0,87^{\circ}$ C menor que o 202 e $0,96^{\circ}$ C inferior ao 502.

Apesar do apartamento 902 registrar em média as menores temperaturas, a partir das 16 horas sua temperatura sofre um pequeno aumento, enquanto a temperatura nos apartamentos 502 e 202 mantém-se estável ou reduz, dessa forma nesse intervalo de tempo o apartamento 902 registra temperaturas muito próximas ou até superiores aos demais.

Quanto ao parâmetro velocidade do vento medido, não se comportou de maneira uniforme, em cada medição, o comportamento era diferente da anterior, e comparando os dias de medição nota-se que não existia um padrão de maiores velocidades do vento em determinado apartamento, sendo que na maioria dos casos o apartamento 902 apresentou velocidades intermediárias, ou seja, a velocidade do vento no meio urbano é influenciada pelos obstáculos do entorno, não sendo possível perceber um aumento de velocidade conforme a altura é aumentada.

Em nenhuma das medições a velocidade do vento alcançou 3m/s, sendo na maioria das vezes classificada segundo a escala de Beaufort como calmaria, algumas vezes como sopro e em apenas uma das medições como brisa leve.

A sensação térmica por ser muito influenciada pela velocidade do vento, também variou bastante em cada medição, no entanto ao comparar as médias de

cada dia de leitura, nota-se que o apartamento 502 apresentou as maiores sensações térmicas na maior parte do tempo, em seguida o apartamento 202 e o 902 registrou as menores sensações térmicas.

Analisando os valores de sensação térmica, com relação ao intervalo de temperatura associado à zona de conforto, ou seja, intervalo onde a maioria das pessoas sente conforto térmico é entre 18° C e 29° C.

No primeiro dia de medição foram registradas sensações térmicas superiores a 29° C, sendo superiores ao limite máximo em 68,42% dos dados coletados no apartamento 202, em 31,58% dos valores verificados no 502 e em 47,37% dos registros na unidade 902. No quarto dia, no apartamento 202, 10,53% das medições apresentaram sensações térmicas mais elevadas que 29° C e no apartamento 502, 5,27% dos valores coletados foram superiores a essa temperatura. Em nenhum dos dias, as sensações térmicas registradas foram menores que o limite mínimo de 18° C.

Com relação às sensações térmicas médias, em nenhum dos casos essas ficaram fora do intervalo da zona de conforto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desse trabalho foi verificar a diferença no conforto térmico em três pavimentos distintos em um mesmo edifício residencial, sendo os apartamentos analisados na face noroeste, localizados no segundo, quinto e nono pavimento.

Para alcançar esses objetivos, foram analisadas as aberturas da edificação em estudo quanto à área de ventilação e ainda foram feitas coletas dos dados de temperatura e velocidade do vento, utilizando anemômetros e termômetro de globo.

As aberturas da sala de estar/jantar, dos dormitórios 01 e 02 e da suíte dos apartamentos tipo 02, apesar de estarem de acordo com o Código de Obras Municipal, estavam em desacordo com o tamanho mínimo de aberturas exigido pela NBR 15220, para a zona bioclimática 2, na qual está enquadrada a cidade de Pato Branco-PR.

A NBR 15220/2003 classifica as cidades de acordo com a carta bioclimática, indicando o tamanho mais adequado de abertura para cada situação, no caso de Pato Branco indica aberturas de tamanho médio que permitam a entrada de sol, então, tamanhos menores podem dificultar a ventilação cruzada, assim como aberturas maiores permitem maior fluxo de vento, que reduz a sensação térmica, que é prejudicial no inverno. Dessa forma, o Código de Obras Municipal deveria considerar esses fatores para estipulação da área de aberturas exigidas, já que a área mínima de ventilação exigida pela prefeitura é cerca de metade da que a NBR 15220 recomenda.

Quanto aos parâmetros de temperatura do ar e velocidade do vento medidos nos três apartamentos, notou-se que a temperatura dos apartamentos 202 e 502 apresentaram valores médios bem semelhantes, enquanto o apartamento 902 apresentou temperaturas menores; já a velocidade média do vento foi bastante variável, não sendo possível determinar uma relação entre a altura da unidade habitacional e a velocidade do vento.

Assim, conclui-se que a sensação térmica varia com a altura em que está posicionado o pavimento, no entanto essa diferença só foi visível no nono pavimento, pois a influência dos obstáculos no entorno da edificação é menor nessa altura, que apresentou as menores temperaturas do ar e as menores sensações térmicas.

Dessa forma, o comportamento da temperatura e do vento não é linear, ou seja, não necessariamente quanto menor a altura em que está posicionado o apartamento maior será a sensação térmica, a presença de obstáculos ao redor da edificação tem grande influencia sobre esses parâmetros, de forma que esse comportamento pode ser mais bem visualizado em edifícios mais altos, localizados em regiões pouco urbanizadas, ou ainda em terrenos mais planos, onde a influência do relevo é menor.

Quanto a sensação térmica agradável, todos os apartamentos em determinado momento ultrapassaram a maior sensação recomendável, sendo o apartamento 202 o que apresentou mais dados acima desse valor e o apartamento 502 o que registrou mais dados dentro do intervalo da zona de conforto.

Assim, pode-se relacionar a área de ventilação das aberturas reduzida com a menor incidência do vento, gerando conseqüentemente altas sensações térmicas mesmo na primavera, onde os registros de temperatura são menores que no verão.

A principal dificuldade na realização da pesquisa foi a necessidade de três pessoas para a realização das medições, já que os equipamentos não gravam os dados automaticamente. O trabalho enriqueceu o conhecimento sobre o conforto térmico, e os fatores que o influenciam, além de proporcionar um conhecimento mais aprofundado sobre o comportamento bioclimático da cidade de Pato Branco – PR.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

ASHRAE. **Handbook of Fundamentals. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers**. Atlanta, 1997.

BORGES, Carlos Alberto de. **O Conceito de Desempenho de Edificações e a sua Importância para o Setor da Construção Civil no Brasil**. São Paulo: 2008.

BRAGA, Darja K.; AMORIM, Cláudia N. D. **Conforto Térmico em Edifícios Residenciais do Plano Piloto de Brasília**. Disponível em: < <http://vsites.unb.br/fau/qualilumi/arquivos/edificiosresidenciais.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2011.

BRIDI, Ana Maria. **Adaptação e Aclimação Animal**. Disponível em: < http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>. Acesso em: 17 set. 2011.

CAVIGLIONE, João Henrique ; KIIHL, Laura Regina Bernardes ; CARAMORI, Paulo Henrique ; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD

CÓDIGO DE OBRAS. Prefeitura Municipal de Pato Branco. Pato Branco/PR. 2010.

CONSTRUTORA MONTE SIÃO. Imagens fornecidas pela construtora, out.2011.

COSTA, Luciana C. **Aproveitamento da Ventilação Natural nas Habitações: Um Estudo de Caso na Cidade de Aracaju – SE**. 272 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

EMBRAPA. **Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso**. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/clima.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2011a.

EMBRAPA. **Uvas Americanas e Híbridas para Processamento em Clima Temperado**. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/clima.htm> >. Acesso em: 29 jun. 2011b.

FANGER, O. Thermal comfort – Analysis and application in enviromental engineering. Copenhagen: McGraw, 1972.

FERREIRA, Ricardo; LEITE, Breno Moreira da Costa. **Aproveitamento de Energia Eólica**. Disponível em: < <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/eolica/eolica.htm>>. Acesso em: 10 out. 2011.

FRANCISCO, M. do L. **Recomendações de conforto térmico para projeto arquitetônico e implantação de unidades habitacionais em assentamentos rurais**. Caso: Assentamento Rural Sepê Tiaraju, Serra Azul-SP. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

FRITZSONS, Elenice et al. **Relação entre Altitude e Temperatura: Uma Contribuição ao Zoneamento Climático no Estado do Paraná** - REA Revista de Estudos Ambientais, 2008.

FROTA, Anésia Barros; SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 3. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

GALVANI, Emerson. Climáticas Brasileiras. Disponível em : http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/Unidades_Climaticas_Brasileiras.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2011.

GERASIMENKO, Tatiana. **Velocidade dos ventos determina baixa sensação térmica**. Disponível em: < <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/velocidade-dos-ventos-determina-a-sensacao-termica-em>>. Acesso em: 10 out. 2011.

IAPAR. **Umidade Relativa do Ar Anual**. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=599>>. Acesso em: 30 set. 2011a.

IAPAR. **Temperatura Média Anual**. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=604>>. Acesso em: 30 set. 2011b.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Sensação Térmica – Tabela Geral**. Disponível em: <<http://www.csanl.com.br/professores/material/henrique/sensacaoter mica.pdf>>. Acesso em: 09 de out. 2011.

Instituto Meteorológico de Portugal. **Índice Wind Chill**. Disponível em: <http://www.meteo.pt/pt/enciclopedia/ambiente_atmosferico/indice_biometeorologicos/windchill/index.html?page=wc_calcula.xml>. Acesso em: 10 de out. 2011.

KHEDARI et al. **Thailand Ventilation Comfort Chart**. Disponível em: <<http://www.energy-based.nrct.go.th/article/ts-3%20thailand%20ventilation%20comfort%20chart.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2011.

LAMBERTS, Roberto et al. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: 2005.

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

LIER et al. **Umidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce200/Cap6.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2011.

LOBO, Jamilton W, et al. **Determinação da Eficiência e da Aplicabilidade de Bombas de Calor em Clima Temperado Subtropical – Típico da Região Sul do País**. Disponível em: <<http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/1/001-04.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2011

MEDEIROS, Fernando Dias; VIEIRA, Debora Helena. **Bioclimatologia Animal**. Rio de Janeiro:1997.

NASCIMENTO, Martín Eduardo Canosa do. **Estudo da Influência do Vento no Consume de Materiais de uma Estrutura de Concreto Armado**. Joinville: 2010.

OLIVEIRA, Tadeu Almeida; RIBAS, Otto Toledo. **Sistemas de Controle das condições Ambientais de conforto**. Brasília:1995.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. Disponível em: <<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio9.aspx>>. Acesso em: 06 jul. 2011.

QUALIDETALHE. **Radiação**. Disponível em: < <http://qualidetalhe.pt/base.swf>>
Acesso em: 19 de out. 2011.

Quest Technologies. **QUESTemp° 34 Thermal Environment Monitor - Operator's Manual**. Oconomowoc, 2000.

RUAS, Álvaro C. **Conforto Térmico em Ambientes de Trabalho**, 1999. Disponível em:< <http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/II/Conforto%20T%E9rmico%20nos%20Ambientes%20de%20Trabalho.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

SANTOS, Alison Alves dos et al. **Projeto de Geração de Energia Eólica**. Santos: 2006.

SANTOS, R. F., **A Arquitetura e a Eficiência nos Usos Finais da Energia para o Conforto Ambiental**. Dissertação de Mestrado . Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE/EP/IF/FEA) da Universidade de São Paulo. Área de Concentração: Energia. São Paulo, 2002.

SATTLER, M. A., Apostila de Conforto Ambiental. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais : Manual SESI**. Brasília : SESI/DN, 2007.

SILVA, Heitor da Costa; KINSEL, Luciane Stümer. **Região Climática de Porto Alegre – Revisão Para um Desenho Inteligente e Uma Arquitetura Adequada**. Porto Alegre, 2011.

STILPEN, Daniel. **Eficiência Energética E Arquitetura Bioclimática – O Caso Do Centro De Energia e Tecnologias Sustentáveis**. 313 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

TABALIPA, Ney Lyzandro; FIORI, Alberto Pio. **Influência do Vento na Estabilidade dos Taludes da Bacia do Rio Ligeiro, Município de Pato Branco (PR)**. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10673/6340>>. Acesso em: 30 jun. 2011.

TERMOTEMP. **Anemômetro Digital Portátil**. Disponível em: < <http://termotemp.net/cronometro.html>>. Acesso em: 19 de out. 2011.

TOLEDO, Manoel da Rocha, BRITO, Horácio Mendonça, CAMPOS, Natália Tavares. Avaliação do Conforto Térmico para Maceió – AL. Disponível em : <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/460_92436.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2011.

VIEIRA, Frederico M. C. **Anemômetros: definições e uso em estudos de transporte de frangos de corte**. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce5702/Anemometro.pdf>>. Acesso em: 10 de out. 2011.

APÊNDICE A - Dados de Temperatura e Velocidade do Vento

Tabela 1 – Medições de Temperatura

(continua)

1º DIA: 11/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
14:00	26,25	27,64	25,3
14:10	26,00	27,04	25,0
14:20	25,74	26,44	25,4
14:30	26,05	27,05	25,7
14:40	25,65	26,44	25,1
14:50	25,45	26,25	25,5
15:00	26,64	27,84	26,1
15:10	26,64	27,24	26,1
15:20	26,84	27,64	26,0
15:30	25,85	26,85	25,7
15:40	25,85	26,84	26,0
15:50	26,44	27,24	26,3
16:00	25,65	25,65	25,5
16:10	25,05	24,85	25,7
16:20	24,85	24,46	25,5
16:30	25,15	25,45	25,5
16:40	24,85	25,05	25,6
16:50	25,15	24,85	25,7
17:00	25,45	24,65	25,6
2º DIA: 12/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
14:00	21,27	21,27	20,2
14:10	21,07	21,27	20,2
14:20	21,47	21,87	20,3
14:30	21,67	22,27	20,2
14:40	22,47	22,47	20,4
14:50	21,67	22,07	20,3
15:00	21,67	22,67	20,2
15:10	21,27	22,07	19,9
15:20	21,07	21,47	19,8
15:30	21,27	21,67	19,9
15:40	22,07	21,47	19,8
15:50	21,87	21,67	20,0
16:00	21,07	21,47	19,9
16:10	21,47	21,47	20,0
16:20	20,48	21,67	19,7
16:30	20,48	21,07	19,5
16:40	20,08	20,88	19,4

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 1 – Medições de Temperatura

(continua)

2º DIA: 12/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
16:50	20,28	20,68	19,7
17:00	20,28	20,28	19,7
3º DIA: 18/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
14:00	22,47	22,07	21,4
14:10	22,67	22,07	21,2
14:20	23,06	21,87	21,2
14:30	23,06	22,47	21,3
14:40	22,67	22,47	21,1
14:50	22,47	22,07	21,4
15:00	22,47	22,46	21,6
15:10	22,47	22,86	21,5
15:20	23,06	22,47	22,1
15:30	22,67	22,27	22,3
15:40	22,86	22,47	22,0
15:50	22,86	22,07	22,4
16:00	22,86	22,67	22,2
16:10	22,67	22,47	22,7
16:20	22,47	22,67	22,7
16:30	23,06	22,67	22,6
16:40	22,86	23,26	22,8
16:50	22,60	23,06	22,8
17:00	22,67	23,26	23,0
4º DIA: 19/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
14:00	24,85	24,65	22,9
14:10	24,65	24,26	21,9
14:20	23,06	22,27	21,3
14:30	23,86	23,06	21,8
14:40	22,86	22,07	21,5
14:50	22,67	22,07	21,5
15:00	23,86	23,46	22,6
15:10	23,86	24,06	22,5
15:20	23,06	22,86	21,8
15:30	24,06	23,46	21,6
15:40	24,06	23,46	22,4
15:50	24,65	23,86	22,9

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 1 – Medições de Temperatura

(conclusão)

4º DIA: 19/10/2011			
Hora	Temperatura (° C) APTO 202	Temperatura (° C) APTO 502	Temperatura (° C) APTO 902
16:00	23,06	23,66	22,3
16:10	23,06	23,26	22,0
16:20	23,26	23,06	22,0
16:30	22,86	22,67	22,1
16:40	22,86	22,67	22,0
16:50	22,67	22,67	22,2
17:00	23,06	23,06	22,6

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 2 – Medições da Velocidade do Vento

(continua)

1º DIA: 11/10/2011			
Hora	Vel. Do Vento (m/s) APTO 202	Vel. Do Vento (m/s) APTO 502	Vel. Do Vento (m/s) APTO 902
14:00	0,00	0,00	0,00
14:10	0,44	1,59	1,24
14:20	0,00	0,00	0,00
14:30	0,00	2,02	1,36
14:40	0,00	0,00	0,00
14:50	0,00	0,00	0,00
15:00	0,00	1,11	1,09
15:10	1,32	1,20	1,02
15:20	1,09	1,62	1,29
15:30	0,00	0,00	0,00
15:40	0,00	0,00	0,00
15:50	0,00	0,35	0,00
16:00	0,00	0,69	0,00
16:10	0,00	0,40	0,00
16:20	0,44	1,09	1,54
16:30	0,00	1,41	0,84
16:40	0,00	0,59	1,22
16:50	0,90	1,05	2,32
17:00	1,24	0,55	0,64

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 2 – Medições da Velocidade do Vento

(continua)

2º DIA: 12/10/2011			
Hora	Vel. Do Vento (m/s) APTO 202	Vel. Do Vento (m/s) APTO 502	Vel. Do Vento (m/s) APTO 902
14:00	0,45	0,00	0,62
14:10	0,43	0,54	0,33
14:20	0,35	0,00	0,52
14:30	0,00	0,00	0,00
14:40	0,00	0,00	0,00
14:50	0,00	0,00	0,44
15:00	0,00	0,00	0,00
15:10	0,90	0,50	0,49
15:20	0,44	0,00	0,00
15:30	0,00	0,00	0,00
15:40	0,00	0,00	0,00
15:50	0,00	0,00	0,00
16:00	0,34	0,34	0,45
16:10	0,00	0,00	0,00
16:20	0,58	0,00	0,38
16:30	1,58	0,95	1,24
16:40	0,63	1,24	0,68
16:50	0,81	0,00	0,00
17:00	0,36	0,00	0,53
3º DIA: 18/10/2011			
Hora	Vel. Do Vento (m/s) APTO 202	Vel. Do Vento (m/s) APTO 502	Vel. Do Vento (m/s) APTO 902
14:00	0,00	0,56	0,48
14:10	0,00	0,00	0,00
14:20	0,00	0,00	1,06
14:30	0,00	0,00	0,00
14:40	0,00	0,00	0,00
14:50	0,00	0,00	0,00
15:00	0,00	0,00	0,66
15:10	0,90	0,00	0,00
15:20	0,00	0,00	0,50
15:30	0,50	0,00	0,00
15:40	0,00	0,00	0,62
15:50	0,39	0,00	0,79
16:00	0,58	0,00	0,00
16:10	1,37	0,54	0,00
16:20	0,49	0,44	0,47
16:30	0,30	0,00	1,36

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 2 – Medições da Velocidade do Vento

(conclusão)

3º DIA: 18/10/2011			
Hora	Vel. Do Vento (m/s) APTO 202	Vel. Do Vento (m/s) APTO 502	Vel. Do Vento (m/s) APTO 902
16:40	0,80	0,00	0,44
16:50	1,23	0,69	1,38
17:00	1,60	0,67	1,45
4º DIA: 19/10/2011			
Hora	Vel. Do Vento (m/s) APTO 202	Vel. Do Vento (m/s) APTO 502	Vel. Do Vento (m/s) APTO 902
14:00	0,00	0,00	0,00
14:10	0,00	0,53	0,78
14:20	0,00	0,83	0,51
14:30	0,00	0,79	0,00
14:40	1,06	1,34	0,64
14:50	1,16	1,11	0,71
15:00	0,00	0,00	0,91
15:10	0,00	0,00	0,00
15:20	0,57	0,65	1,06
15:30	0,00	0,00	0,00
15:40	0,00	0,50	0,00
15:50	0,51	0,34	0,63
16:00	0,61	0,50	0,84
16:10	0,76	0,92	0,00
16:20	0,00	0,00	0,00
16:30	0,79	0,00	0,37
16:40	1,06	0,56	0,00
16:50	0,47	0,45	0,00
17:00	1,37	0,91	0,59

Fonte: Autores, 2011.

APÊNDICE B - Cálculo da Sensação Térmica

Tabela 1 – Cálculo da Sensação Térmica

(continua)

1º DIA: 11/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
14:00	29,79	30,45	29,34
14:10	27,70	27,18	25,60
14:20	29,55	29,88	29,39
14:30	29,70	26,88	26,11
14:40	29,51	29,88	29,25
14:50	29,41	29,79	29,44
15:00	30,07	28,34	26,79
15:10	27,04	27,71	26,87
15:20	27,48	27,75	26,47
15:30	29,60	30,08	29,53
15:40	29,60	30,07	29,68
15:50	29,88	28,81	29,82
16:00	29,51	26,96	29,44
16:10	29,22	26,93	29,53
16:20	26,83	25,31	25,73
16:30	29,27	25,82	26,60
16:40	29,13	26,66	26,18
16:50	26,21	25,72	25,25
17:00	26,02	26,43	27,01
2º DIA: 12/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
14:00	24,09	27,43	22,70
14:10	24,01	23,80	23,77
14:20	24,61	27,71	23,10
14:30	27,62	27,90	26,92
14:40	28,00	28,00	27,02
14:50	27,62	27,81	23,39
15:00	27,62	28,09	26,92
15:10	22,85	24,54	22,90
15:20	23,97	27,52	26,73
15:30	27,43	27,62	26,78
15:40	27,81	27,52	26,73
15:50	27,71	27,62	26,83
16:00	24,36	24,65	23,05
16:10	27,52	27,52	26,83
16:20	23,05	27,62	23,19

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 1 – Cálculo da Sensação Térmica

(continua)

2º DIA: 12/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
16:30	20,80	22,56	20,52
16:40	22,57	21,79	21,86
16:50	22,22	27,15	26,68
17:00	23,70	26,96	22,60
3º DIA: 18/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
14:00	28,00	24,37	24,09
14:10	28,09	27,81	27,40
14:20	28,28	27,71	22,44
14:30	28,28	28,00	27,44
14:40	28,09	28,00	27,35
14:50	28,00	27,81	27,49
15:00	28,00	27,99	23,72
15:10	23,89	28,18	27,54
15:20	28,28	28,00	24,57
15:30	25,01	27,90	27,92
15:40	28,18	28,00	24,15
15:50	25,48	27,81	24,06
16:00	24,94	28,09	27,87
16:10	23,24	24,74	28,11
16:20	24,88	25,19	25,12
16:30	25,94	28,09	23,19
16:40	24,43	28,37	25,28
16:50	23,40	24,84	23,35
17:00	22,91	25,05	23,44
4º DIA: 19/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
14:00	29,13	29,03	28,20
14:10	29,03	26,17	23,67
14:20	28,28	23,86	23,92
14:30	28,66	24,62	27,68
14:40	23,93	22,72	23,69
14:50	23,58	23,13	23,50
15:00	28,66	28,47	23,98
15:10	28,66	28,75	28,01
15:20	25,12	24,77	22,98

Fonte: Autores, 2011.

Tabela 1 – Cálculo da Sensação Térmica

(conclusão)

4º DIA: 19/10/2011			
Hora	Sensação Térmica (° C) APTO 202	Sensação Térmica (° C) APTO 502	Sensação Térmica (° C) APTO 902
15:30	28,75	28,47	27,59
15:40	28,75	25,62	27,97
15:50	26,52	26,38	24,85
16:00	25,03	25,77	23,87
16:10	24,68	24,53	27,78
16:20	28,37	28,28	27,78
16:30	24,45	28,09	24,99
16:40	23,93	24,84	27,78
16:50	25,09	25,15	27,87
17:00	23,61	24,38	24,71

Fonte: Autores, 2011.