

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Ensaio utilizando a equação de Temperatura Resultante,  
com comparação ao Voto Médio Estimado de uma  
população de visitantes do  
Parque CIENTEC – USP**

**ITAMAR BATISTA NUNES JÚNIOR**

**SÃO PAULO  
2015**

**Ensaio utilizando a equação de Temperatura Resultante,  
com comparação ao Voto Médio Estimado de uma  
população de visitantes do  
Parque CIENTEC – USP**

**ITAMAR BATISTA NUNES JÚNIOR**

**Trabalho de Graduação Individual (TGI  
II) apresentado como requisito para a  
obtenção do grau de bacharel em  
Geografia, Faculdade de Filosofia,  
Letras e Ciências Humanas –  
Universidade de São Paulo.**

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Felicio  
Co-orientador: Dr. Frederico Luiz Funari**

**SÃO PAULO  
2015**

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse perfazer todo o caminho da graduação, até a finalização do trabalho de graduação individual. Professores, todos os funcionários e colegas de turmas, muito obrigado.

Muito obrigado dona Célia e senhor Itamar, por simplesmente me suportarem e me apoiarem incondicionalmente.

Muito obrigado Senhor Deus, por absolutamente tudo. Tudo.

E a ele, que não é uma pessoa, mas foi, é e sempre será meu melhor amigo. Futebol, sem você eu não tenho nenhum por quê.

# **Essay making use of the Resultant Temperature equation compared to the Predicted Mean Vote of a visiting population in the Park CIENTEC – USP**

## **Resumo:**

O presente ensaio teve por objetivo avaliar a sensibilidade de uma população de visitantes do Parque CIENTEC – USP, através do Voto Médio Estimado, com posterior comparação aos resultados de Temperatura Resultante, obtidos através da equação desenvolvida por MISSENARD (1948).

**Palavras-chave:** Ensaio; Conforto Térmico; Voto Médio Estimado; Temperatura Resultante.

## **Abstract:**

This essay aimed to assess the sensibility of a visiting population in the Park CIENTEC – USP, through the use of the Predicted Mean Vote, followed by comparison of the outcomes of the Resultant Temperature, obtained via MISSENARD's (1948) equation.

**Key-words:** Essay; Thermal Comfort; Predicted Mean Vote; Resultant Temperature

## Sumário

<b>Lista de Símbolos.....</b>	<b>1</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>2</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>2</b>
<b>Lista de Anexos.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Justificativa.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Revisão de Literatura.....</b>	<b>5</b>
4.1. Trabalhos no Brasil que consideram dados experimentais.....	7
<b>5. Área de estudo.....</b>	<b>9</b>
<b>6. Material e métodos.....</b>	<b>11</b>
6.1. Material.....	11
6.1.1. Questionários.....	14
6.1.2. Estabelecimento do tipo de tempo.....	15
6.2. Métodos e procedimentos.....	16
6.2.1. Cálculos dos valores de Temperatura Resultante.....	17
<b>7. Resultados e discussão.....</b>	<b>18</b>
<b>8. Conclusões.....</b>	<b>20</b>
<b>9. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>21</b>

## **Lista de símbolos**

APA – Anticiclone Polar Atlântico

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and air-conditioning Engineers

CT – Conforto Térmico

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

EMA – Estação Meteorológica Automática

FPA – Frente Polar Atlântica

GMT – Greenwich Mean Time

IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

IST – Índice de Sensação Térmica (Celsius)

MPA – Massa Polar Atlântica

PEFI – Parque Estadual das Fontes do Ipiranga

PEI - Porcentagem Estimada de Insatisfeitos

PMV – Predicted Mean Vote

T – Temperatura

TR – Temperatura Resultante

UR – Umidade Relativa

VME – Voto Médio Estimado

Z – Horário Zulu

## **Lista de Figuras**

Figura 1: Porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI) em função do voto médio estimado (VME).....	6
Figura 2: Imagem de satélite localizando o PEFI.....	10
Figura 3: Vista do Cercado Meteorológico.....	10
Figura 4: Foto do local de aplicação dos questionários.....	11
Figura 5: Gráfico de dispersão de T (°C).....	13
Figura 6: Gráfico de dispersão de UR.....	13

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Dados psicrométricos da EMA e do psicrômetro estático.....	12
Tabela 2: Dias de aplicação dos questionários.....	15
Tabela 3: Faixas de IST e valores correspondentes de VME.....	17
Tabela 4: Dados meteorológicos e cálculos para TR.....	17
Tabela 5: Resultados da avaliação da sensação térmica.....	19

## **Lista de Anexos**

Anexo 1: Modelo do questionário aplicado.....	26
Anexo 2: Carta Sinóptica – Dia 15/08/2014 -1200Z.....	27
Anexo 3: Carta Sinóptica – Dia 20/08/2014 -1200Z.....	28
Anexo 4: Carta Sinóptica – Dia 28/08/2014 -1200Z.....	29
Anexo 5: Trabalhos que empregaram a metodologia de sensibilidade pessoal (FANGER/ASHRAE).....	30

## 1 – Introdução

Quando se trata do clima e a relação do Homem as suas variedades, depara-se com as especificidades e o que há de mais natural do instinto humano, que são suas reações e sensibilidades às mudanças físicas do meio.

Ao se tentar explicar essas reações, e agrupar indivíduos dentro de escalas de conforto ou desconforto térmico, busca-se de alguma maneira compreender e padronizar essas reações, sensações causadas por um determinado tempo.

O Homem busca constantemente compreender a si e a Natureza, sempre de sua perspectiva, o que não pode ser considerado um erro. Contudo o equivoco consiste em tentar que dentro destes padrões e fórmulas, a Natureza, em suas mais diversas expressões, neste caso o clima, encaixe-se e dê respostas, siga tendências, respeite datas, como no caso das estações do ano.

No caso do conforto térmico, é muito claro que para grande parte dos estudiosos, a sua definição, bem como a dos índices de sensação térmica, são extremamente subjetivas, pois dependem da região geográfica, da estação do ano e das peculiaridades dos indivíduos.



## **2 – Objetivos**

O objetivo deste ensaio foi utilizar a sensibilidade, medida através do Voto Médio Estimado (VME), de uma população de visitantes do Parque de Ciências e Tecnologia da Universidade de São Paulo – CIENTEC, com a utilização de questionários individuais preenchidos por alunos de grupos escolares, comparado aos resultados obtidos através da equação da Temperatura Resultante (TR), com uso das faixas de Índice de Sensação Térmica (IST) para associar os resultados da TR a uma das faixas de VME.

## **3 - Justificativa.**

O experimento pretende servir como um ensaio em estudos na área de planejamento ambiental e urbano, para cidades de qualquer porte, principalmente na região tropical. Com a possibilidade do uso deste ensaio para proveito em bioclimatologia, geografia médica, arquitetura e urbanismo.

Além da importância de um trabalho nesta área da climatologia para a formação do Geógrafo em nível de graduação.

#### 4 - Revisão da Literatura

Destacam-se como trabalhos fundamentais para esta pesquisa: MISSENARD (1948), que avaliando a equivalência térmica de pessoas em ambientes, estabeleceu a equação denominada Temperatura Resultante (TR), que considera a temperatura e a umidade relativa do ar. Esta equação com pequena modificação para a correção da velocidade do vento, quando este não for calmo, possibilita o emprego do ábaco de KOENIGSBERGER (1973), cuja metodologia foi estabelecida por FUNARI (2006) para o cálculo do IST.

FANGER (1972 *apud* SIMÕES, 2009), publicou um trabalho utilizando pela primeira vez o Voto Médio Estimado (VME), considerado um dos métodos mais completos na avaliação do conforto térmico, pois leva em conta seis variáveis: velocidade do ar, umidade relativa do ar, temperatura do ar, temperatura média radiante, vestimenta e atividade física.

Foi através do trabalho experimental, com mais de 1300 pessoas, de nacionalidades, sexo e idades diferentes, que Fanger obteve o Predicted Mean Vote (PMV), um valor numérico que traduz a sensação térmica humana para o frio e calor. Onde: +3 é muito quente e -3 é muito frio. E zero determina situação de conforto.

A partir do Voto Médio Estimado, também foi criado o conceito de Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PEI), ou Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD).

As pesquisas de Fanger foram adotadas pela norma ISO 7730 de 1984 e, para sua versão de 1994. Essa norma recomenda que, espaços de ocupação humana serão termicamente aceitáveis se o PEI for menor que 10%.

As diferenças entre os indivíduos tornam a tarefa de encontrar um lugar que termicamente satisfaça a todos, em um grande desafio, pois há sempre um número de pessoas insatisfeitas, como veremos ao findar deste ensaio.

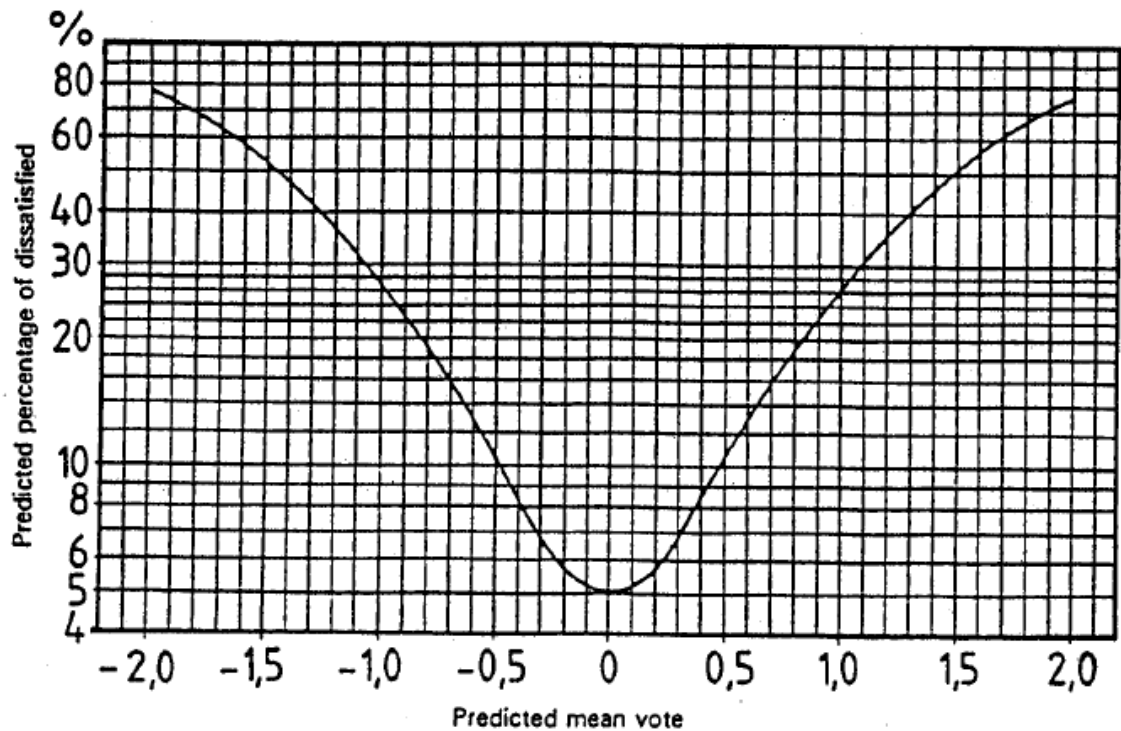


Fig.1 - Porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI) em função do voto médio estimado (VME)

Fonte: ISO 7730, 1994.

JABARDO (1984) utilizou técnicas de FANGER (1974) e a proposta da ASHRAE (1981) para a avaliação do conforto do indivíduo, levando em conta o tipo de atividade física e vestimenta. Detalhado em seu trabalho através de gráficos, tabelas e ábacos.

Os trabalhos que consideram o método proposto por FANGER (1974) e ASHRAE tiveram como base o estudo de BEDFORD (1948), levado a efeito em Londres (UK), onde utilizaram dados de 2000 trabalhadores do setor industrial. Foi com base em dados coletados junto a 1600 estudantes da Universidade Estadual de Kansas (USA), que a ASHRAE (1981) elaborou a sua escala. Com o emprego da escala, em Singapura, foi feito um estudo sobre a população de um conjunto residencial, composto por 583 pessoas, que responderam ao questionário (DeDEAR & LEOW, 1990).

#### 4.1 – Trabalhos no Brasil que consideram dados experimentais.

Utilizando-se da população universitária de Rio Claro-SP, BALDINI & TAVARES (1985), correlacionaram o conforto térmico com o aproveitamento escolar, de uma amostra de 80 alunos. Baseando-se também na população universitária da PUC-MG e Faculdades Metodistas Integradas, com a participação de 570 alunos, utilizou-se de variados métodos, com destaque para o de FANGER (1970).

VECCHIA (1997) *apud* FUNARI (2006:37), enfocando o tema Arquitetura e Conforto, para as cidades de São Carlos-SP e Londrina-PR, empregou questionários usando a metodologia de FANGER (1970) e ASHRAE (1981), numa abordagem dinâmica aplicada ao conforto para ambientes construídos.

Com vistas ao planejamento urbano da cidade de Belo Horizonte - MG, GONÇALVES, VALLE & GARCIA (2001) *apud* FUNARI (2006:37), realizaram uma pesquisa junto a população universitária, empregando a equação de THOM (1959), com correção para a velocidade do vento.

FUNARI (2003) *apud* FUNARI (2006:37) apresentou no I-SEPEGE-DG-FFLCH-USP, um trabalho onde são enfatizadas as relações entre a circulação secundária e o Índice de Sensação Térmica, usando a equação de MISSENARD (1948), e com a correção da velocidade do vento empregando o ábaco de KOENIGSBERGER (1973), para a cidade de São Paulo, no ano de 1996. FUNARI & AZEVEDO (2004) compararam o efeito da medida do vento a 2 e a 10 metros de altura, para o estudo do efeito de “windchill”. E concluíram que a redução da altura de 10m para 2m na medida da velocidade do vento, é mais compatível para o uso no Conforto Térmico, embora as diferenças não sejam grandes, dada a estatura média dos seres humanos.

A comparação do conforto térmico entre dois condomínios da cidade de Presidente Prudente-SP foi realizada por MINAKI & AMORIM (2004), com o uso da Temperatura Efetiva de HOUGHTEN & YAGLOU (1923), comumente associada à THOM (1959). Como resultado, notaram que o Conforto Térmico ocorreu principalmente no verão, em ambientes arborizados, no período da tarde.

Por meio do índice de conforto de MISSENARD (1948), com correção da velocidade do vento através do ábaco de Temperatura Efetiva, com a finalidade de conhecer a variação da sensação de conforto, durante um eclipse total do Sol (03/11/1994) em Chapecó-SC, 20 pessoas foram questionadas sobre o que sentiam antes, durante e após o término do fenômeno (FUNARI, 2005).

GRANDI (2006), na sua Dissertação de Mestrado realizou uma avaliação da percepção da sensação térmica em uma sala de controle na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esta pesquisa foi feita através de questionários e entrevistas num período de 13 dias com 242 pessoas. Constatou que a maioria dos entrevistados apontava sensação de conforto

SILVA & AMORIM (2010), com dados de agosto de 2008, coletados em salas de aula da FCT-UNESP, Presidente Prudente-SP, trabalharam com a equação proposta por THOM (1959), aplicando 522 questionários, dos quais 172 nos horários da manhã, 196 na tarde e 154 no período noturno. A partir das respostas, e resultados das sensações térmicas fornecidas pelos alunos, junto as temperaturas efetivas da cidade (TE), verificou-se a necessidade de melhorias dos ambientes para que haja um maior conforto.

Com a finalidade de estudar a influência da sensação de conforto e a ocorrência de problemas respiratórios em uma população habitante de uma comunidade de baixa renda, UTIMURA (2010) instalou 11 postos de medições de temperatura e umidade relativa do ar, entrevistou 790 pessoas em 150 habitações, utilizando os dados para elaboração de sua Tese de Doutorado. O estudo constatou que, as condições de conforto nos ambientes internos das habitações variavam de maneira similar aos espaços externos, acompanhando o ritmo da insolação ao longo dos dias, das estações do ano e das massas de ar.

AMORIM (2011) realizou uma análise de medidas de temperatura e umidade através do satélite Landsat-7 e, em moradias de diversos padrões de construção na cidade de Presidente Prudente-SP. Na comparação, entre os locais selecionados, ficou constatado que houve maior desconforto nas áreas edificadas. Assim, quanto mais densa a área edifica, maior desconforto gerado.

MENOTTI & AMORIM (2013), realizaram um estudo de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente-SP, empregando a equação de THOM (1959). No total foram estudadas nove escolas, onde foram realizadas medições de temperatura e umidade relativa do ar, e uso dos dados da Estação Meteorológica da UNESP. Os períodos estudados foram outono e primavera de 2010. Ressalta-se deste trabalho a importância das massas de ar predominantes durante estes períodos.

VIANA (2013), na sua Tese de Doutorado, pesquisou o conforto térmico na rede de escolas estaduais de Presidente Prudente, sendo estudadas 120 pessoas durante cinco dias, no mês de novembro de 2010. Além dos resultados positivos para conforto nas salas de aula estudadas, a pesquisa agregou resultados para a compreensão do conforto térmico em ambientes urbanos, procurando salientar as mudanças causadas nestes ambientes nas devidas escalas de microclima e clima local. Afastando alardes em níveis globais, para eventos localizados.

## 5 – Área de estudo

Os questionários foram aplicados dentro do Parque de Ciências e Tecnologia da Universidade de São Paulo, que por sua vez está inserido no PEFI (Parque Estadual das Fontes do Ipiranga), localizado na Zona Sul de São Paulo. Inserido em um contexto climatológico regional, pode ser compreendido dentro da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, ocupando a maior parte da Região Metropolitana da Grande São Paulo, delimitada pelas latitudes de 23° 08'S a 24° 15'S e pelas longitudes de 45° 30'W a 47° 30'W.

BICUDO, Denise (org. 2002):

*Pela sua localização, a Bacia do Alto Tietê encontra-se aberta às influências marítimas do Oceano Atlântico, tendo seu ponto central distante cerca de 60km da costa atlântica. É caracterizada pela transição brusca do litoral para as terras altas, fator este preponderante na definição da climatologia local, que é amplamente exposta às correntes atmosféricas trazidas pelo vento, cuja direção predominante é de SE para NW.*

*[...] No estudo da Bacia do Alto Tietê, é indispensável considerar as posições relativas das massas de ar tropical atlântica **Ta**, a equatorial continental **Ec** e a polar atlântica **Pa**, sobre o continente e sobre o oceano, bem como a separação entre ela (frentes).*



Fig.2 – Imagem de satélite localizando o PEFI, e a área do Parque Cientec, entre a Avenida Miguel Estéfano e a Rodovia dos Imigrantes. Segundo BICUDO, trata-se da maior área de mata atlântica em meio urbano do país. Fonte: Google Earth - 2014



Fig.3 – Vista, para o Nordeste, do cercado meteorológico, com abrigo e estação automática. E ao fundo prédio com os demais equipamentos (anemômetro, heliógrafo, actinógrafo...).

(Autor: Itamar B.Nunes Júnior, 2014)





Fig.4 – Foto do espaço onde as escolas são recepcionadas, e onde foram aplicados os questionários.

(Autor: Itamar B.Nunes Júnior, 2015)

## **6 – Material e métodos**

### **6.1 – Material**

O local de aplicação dos questionários propriamente dito foi o mesmo para todas as turmas, sob o espaço do Planetário do CIENTEC. Ao abrigo do Sol nas datas de aplicação, e sem efeito dos ventos. Saliendo que este situa-se a menos de 20 metros de distância da estação Meteorológica Automática (EMA) do LabHidro-IAG-USP, e da Estação Meteorológica convencional padrão (WMO 83004), também pertencente ao IAG-USP.

Contudo, por se tratar de um ensaio em espaço construído e, os dados para os cálculos de TR serem retirados de instrumentos ao ar livre, pois é nessa condição que se encontram as estações do IAG-USP, foi necessário obter-se os mesmo dados, com intuito de compará-los, do espaço de aplicação.



Ainda que o número de observações (dez) não seja grande, o intuito foi de verificar se havia alguma diferença realmente sensível entre as temperaturas e umidades relativas do ambiente externo, e do espaço onde foram aplicados os questionários.

Assim, no local de aplicação dos questionários, foi instalado um psicrômetro do tipo estático, onde foram tomadas algumas observações em dias de similar tempo meteorológico e em horários fornecidos pela EMA, vistos na tabela 1.

Tabela 1 - Dados psicrométricos da EMA e do psicrômetro estático					
Data	Hora	EMA = T (°C)	EMA = UR	*Est. = T (°C)	*Est. = UR
23/03/2015	09h30	22,4	54	22,2	62
	10h30	23,4	52	23,2	52
	13h35	25,3	58	24,9	52
26/03/2015	09h55	23,1	64	23,1	70
30/03/2015	11h10	23,2	75	23,1	73
	13h00	22,1	81	22,5	75
	13h30	22,8	80	23,1	74
	14h00	23,3	76	23,3	78
	14h25	23,6	74	23,5	77
	14h45	23,8	73	23,7	72
<b>Média</b>		23,3	69	23,3	69

(Elaborada pelo autor)

\* Psicrômetro Estático

O alto grau de correlação dos dados de Temperatura (T) e Umidade Relativa (UR) fica constatado nos gráficos de dispersão e no coeficiente de correlação elaborados para cada um dos elementos.

Na página a seguir, no gráfico de dispersão de Temperatura, o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) é igual a 0,9484, portanto o Coeficiente de Correlação (R) seria a raiz quadrada do primeiro. Então,  $R = 0,97$ . Neste caso, o valor de R, próximo a um, determina uma correlação muito forte.

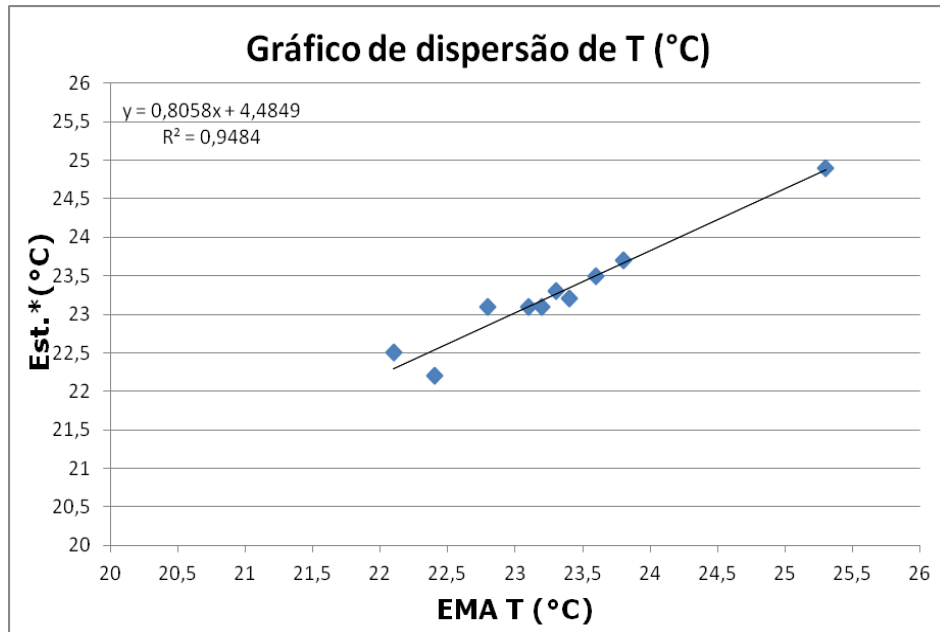


Fig. 5 – Gráfico de dispersão de T (°C).

Aqui, o Coeficiente de Determinação é igual a 0,7854. E o Coeficiente de Correlação, é de 0,88. Também considerado bastante elevado.

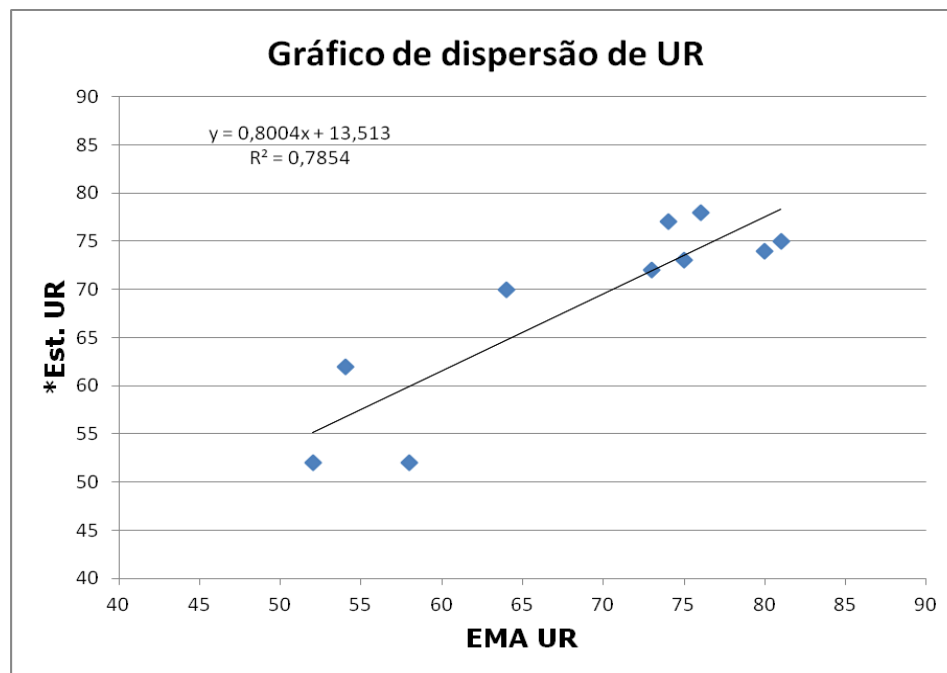


Fig. 6 – Gráfico de dispersão de UR

As medidas de ambos psicrômetros são bastante parecidas, o que possibilitou o uso dos dados psicrométricos da EMA, que são de alta qualidade, como foi constatado em FUNARI & PEREIRA FILHO (2010), para os cálculos de TR.

Os elementos meteorológicos utilizados foram:

Temperatura do ar (Celsius), Umidade Relativa do ar (%), Temperatura do bulbo úmido (Celsius).

Com os dados acima, foram calculadas as Temperaturas Resultantes (TR), para os dias e horários considerados.

Além do uso das cartas sinópticas de superfície, para a identificação e determinação dos Centros de Ação e Sistemas Atmosféricos.

### **6.1.1 – Questionários**

Foram aplicados 120 questionários para estudantes de cinco escolas do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio.

Ao chegarem ao Parque, todas as turmas perfizeram um trecho, em subida, com duração média de 4 minutos até o espaço de aplicação dos questionários. A fim de padronizar e, descontar o desgaste da viagem e do percurso que fizeram, foram contabilizados 15 minutos, após devidamente sentados, antes do início de todos os questionários.

No Questionário, cada indivíduo relata a sua sensação de frio, calor ou conforto. Esta descrição individual é transformada em valor numérico, pela Escala de Sensibilidade, segundo FANGER (1972 *apud* SIMÕES, 2009), escala esta denominada de Voto Médio Estimado (VME). Posteriormente esses dados foram comparados com os valores da TR obtidos pelo cálculo através da equação de MISSENARD (1948), que utiliza dados de medições meteorológicas de temperatura e umidade do ar.

Cada questionário continha lacunas para informações de sexo, grau escolar e campo para descrição da sensação térmica de momento, com data e hora em que foram respondidos.

A tabela 2 mostra a distribuição nos três dias em que foram aplicados os Questionários:

Tabela 2 - Dias de aplicação dos Questionários					
Data	Hora	Curso	Masculino	Feminino	Total
15/08/2014	10h30	Médio	17	25	42
20/08/2014	09h45	Fundamental	7	11	18
28/08/2014	08h45	Fundamental	12	18	30
28/08/2014	09h30	Fundamental	17	5	22
28/08/2014	14h15	Médio	2	6	8
			55	65	120

(Elaborada pelo autor)

O **anexo I** mostra o modelo do questionário utilizado.

### 6.1.2 – Estabelecimento do tipo de tempo.

Para a determinação do tipo de tempo nos dias estudados foram consultadas as Cartas Sinópticas oriundas da Marinha do Brasil (DHN) no horário das 1200GMT, ou 09h no horário de Brasília (fuso de -03h). O exame das Cartas possibilitou verificar o estabelecimento predominante da Massa Polar Atlântica. Que tem sua origem no APA (Anticiclone Polar Atlântico). Deslocando-se para o norte, a MPA se apresenta instável, gerando a FPA (Frente Polar Atlântica). O primeiro se forma em áreas de convergência e de pressão relativamente baixa, concentrando-se no oceano atlântico, mas com efeitos como chuvas e queda de temperatura sobre São Paulo e demais áreas do Sul, Sudeste, Centro-Oeste do Brasil.

Em **anexo, de 2 a 4**, as Cartas Sinópticas dos dias: 15/08/2014; 20/08/2014 e 28/08/2014.

## 6.2 – Métodos e procedimentos

Com os dados obtidos através dos questionários, as sensações foram transformadas em valores numéricos de VME (Voto Médio Estimado), usando as escalas de FANGER (1972 *apud* SIMÕES, 2009).

Com o emprego dos parâmetros meteorológicos e cartas sinópticas, foram obtidos os tipos de tempo e respectivos valores de temperatura resultante, empregando a metodologia já utilizada por FUNARI (2006).

A TR foi escolhida por alguns aspectos, dentre eles destaca-se o fato de ter sido empregada previamente na cidade de São Paulo. Também, por permitir a detecção dos efeitos da temperatura, umidade relativa. Além da qualidade e o fácil acesso aos dados das Estações Meteorológicas do IAG – USP.

O uso desta equação foi possível pois nas datas e horários de aplicação dos questionários houve calma, por tanto não houve a necessidade se utilizar a TR com correção do vento, também possível através do Índice de Sensação Térmica realizado por FUNARI (2006).

A equação para obtenção da TR foi a de MISSENARD (1948):

$$TR = T - 0,4 (T - 10) (1 - UR / 100)$$

onde:

TR = temperatura resultante

T = temperatura do ar (Celsius)

UR = umidade relativa do ar (%)

Os valores de VME, obtidos nos Questionários foram, mediante a tabela 3, associados às faixas de IST estabelecidas por FUNARI (2006):

Faixa IST (Celsius)	Sensação Térmica	VME
1 – 2 ≤ 5,9 – 8,9	Muito Frio	(- 3)
3 = 9,0 – 11,9	Frio	(- 2)
4-5 = 12,0 – 17,9	Leve sensação de Frio	(- 1)
6-7-8 = 18,0 – 26,9	Conforto	(0)
9 = 27,0 – 29,9	Leve sensação de calor	(+ 1)
10 = 30,0 – 32,9	Calor	(+ 2)
11 ≥ 33,0	Muito Calor	(+ 3)

### 6.2.1 – Cálculos dos valores de Temperatura Resultante

Para este cálculo foi empregada a metodologia presente na Tese de FUNARI (2006), com a utilização de dados meteorológicos medidos de 5 em 5 minutos da Estação Meteorológica Automática do LabHidro-IAG-USP.

Com os dados dos elementos meteorológicos, foi calculada a TR para cada dia e horário considerados nas entrevistas.

Dia	hora	Massa de Ar	Temp. (°C)	UR (%)	Vento (m·s <sup>-1</sup> )	TR (°C)	VME (calc.)
15/08/2014	10h30	MPA	16,0	69	Calmo	15,3	- 1
20/08/2014	09h45	MPA	17,7	64	Calmo	16,6	- 1
28/08/2014	08h45	MPA	11,7	83	Calmo	11,6	- 2
28/08/2014	09h30	MPA	13,1	73	Calmo	12,8	- 1
28/08/2014	14h15	MPA	13,7	79	Calmo	13,4	- 1

(Elaborada pelo autor)

## **7 – Resultados e discussão.**

A pesquisa foi efetuada com 120 alunos de diversas instituições de ensino, dos níveis Fundamental II e Médio.

O sistema atmosférico predominante durante o período estudado foi a Massa Polar Atlântica, originária do anti-ciclone polar, evidenciado nas Cartas Sinópticas, e de fácil localização sobre a região onde se localiza a cidade de São Paulo.

A primeira data de aplicação dos questionários ocorreu pela manhã, e tratou-se da turma com maior número de alunos entre todas participantes deste ensaio. No total, 42 alunos do ensino médio com idades entre 11 e 18 anos responderam ao questionário, e diferente do computo geral, os homens foram os que mais se enquadraram ao VME dado pelo cálculo da TR do horário, comparada junto às faixas de IST, totalizando 94,1%.

Nas três turmas seguintes, formadas por alunos do ensino fundamental II, diferente do visto na primeira, as alunas estiveram em maior percentual dentro do PMV, 92%.

A última aplicação dos questionários ocorreu pela tarde do dia 28 agosto, com condições de tempo muito semelhantes ao observado durante toda a manhã.

Com tão somente 8 alunos, esta turma do ensino médio obteve o maior percentual de PMV, somado homens e mulheres, dentre todas as turmas, 91,5%.

Do total de 120 entrevistados, um número bastante significativo respondeu de acordo com o esperado, ou seja, em concordância com o VME ou PMV calculado. Sendo: Homens = 45 (81,72%), Mulheres = 56 (87,9%) e um Total de 84,81%.

Vale salientar que com amostras muito pequenas, como no caso do dia 28, pela tarde, a discussão dos resultados fica empobrecida, pois o fator subjetividade torna-se ainda mais preponderante no cômputo final do Voto Médio Estimado.

Esses dados estão organizados na tabela 5, a seguir.

Tabela 5 - Resultados da avaliação da sensação térmica						
Data	Hora	TR (°C)	VME	Sexo/ Universo	Nº de alunos dentro do PMV	Porcentagem de alunos dentro do PMV
15/08/2014	10h30	15,3	(-1)	Masc.(17)	16	94,1
				Fem.(25)	20	80,0
				Total 42	36	-----
20/08/2014	09h45	16,6	(-1)	Masc.(7)	4	57,1
				Fem.(11)	9	81,8
				Total 18	13	-----
28/08/2014	08h45	11,6	(-2)	Masc.(12)	9	75,0
				Fem.(18)	17	94,4
				Total 30	26	-----
28/08/2014	09h30	13,1	(-1)	Masc.(17)	14	82,4
				Fem.(5)	5	100,0
				Total 22	19	-----
28/08/2014	1415	13,4	(-1)	Masc.(2)	2	100,0
				Fem.(6)	5	83,3
				Total 8	7	-----
Total				120	101	86,9

(Elaborada pelo autor)



## **8 – Conclusões**

1 – Este ensaio mostrou a viabilidade de ser repetido, em épocas do ano diferentes e sob o domínio de sistemas atmosféricos diferentes.

2 – A aplicação dos questionários, junto à avaliação das Cartas Sinópticas constata que houve a predominância dos efeitos da Massa Polar Atlântica.

3 – A metodologia foi adequada para o número de questionários aplicados, porém o questionário para um número maior de pessoas, com intuito de promover melhorias no conforto em determinado ambiente, poderá incluir novos itens como atividade física, vestimenta etc.

4 – É possível considerar que este ensaio trouxe respostas válidas para a compreensão da utilização do uso de questionários e sua comparação com a Temperatura Resultante, que é o valor calculado baseado em dados meteorológicos medidos. Dentre as respostas, ficou caracterizado que o Voto Médio Estimado corresponde a sensação da maioria dos alunos, contudo não abrange a sensação de cem por cento dos inquiridos, o que corrobora com a opinião de diversos autores quanto a natureza singular de cada indivíduo.

## 9 – Referências Bibliográficas

AMORIM, M.C.C.T. – Conforto Térmico em ambiente tropical – Revista Geográfica da América Central . Vol.4 E 2 – p. 1-17. 2011.

ASHRAE – Fundamentals Handbook. American Society of Heating, Refrigerating and air conditioning Engineers. 1981.

BALDINI, M.D.A & TAVARES, A.C. – Conforto térmico em salas de aula e influência no aproveitamento escolar. Geografia, 10 (19) . P.163-172. 1985.

BEDFORD, T. – Basic principles of ventilation and heating. London: H.K.Lewis. 1948. 401p.

BICUDO, Denise; FORTI, Maria Cristina; BICUDO, Carlos E. de M. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) : unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. 32 p. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002.

DeDEAR, R.J. & LEOW, K.G. – Indoor climate and thermal comfort in high-rise public housing in an equatorial climate: a field study in Singapore. Atmospheric Environment, vol. 24B.num.2.pp.313-320. 1990.

FANGER, P.O. – Thermal comfort . Danish Tech Press. Copenhagen, 1970. 245p.

FANGER, P.O. – Thermal comfort, analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill Book. 1972.

FANGER, P.O.; HOJBJENE, E. & THOMSEM, J.O.B. – Thermal comfort condition in the morning and evening. Int.J. Biometeorology, 18 (1)p.16-22. 1974.

FUNARI, F.L. – A sucessão dos tipos de tempo na cidade de São Paulo, e o Índice de Conforto Térmico. I Seminário de Pesquisa em Geografia Física. Departamento de Geografia – FFLCH-USP. 2003. P.274-281 (CD ROM).

FUNARI, F.L. & AZEVEDO, T.R. – Comparação do efeito de windchill no conforto térmico humano a partir do vento a 2 e 10 m de altura no caso de São Paulo .

II – Seminário de Pesquisa em Geografia Física. Departamento de Geografia- FFLCH-USP. 2004. P.153-158 (CD-ROM)

FUNARI, F.L.- Verificação das faixas de sensação térmica no inverno (comparação dos valores de VME e IST) ( trabalho inédito).(2003)

FUNARI, F.L. – Variação do índice de conforto em Chapecó-SC (Brasil), durante o eclipse total do Sol em 3-11-1994. Anais do XI – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 4 a 9 de setembro de 2005- FFLCH-USP. 2005.p.1793-1796. (CD-ROM).

FUNARI, F.L. – O Índice de Sensação Térmica Humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo - Tese de Doutorado – DG-FFLCH-USP., 2006. 114p.

FUNARI, F.L. & PEREIRA FILHO, A.J. - Análise comparativa de medições de variáveis meteorológicas realizadas por estações meteorológicas convencional e automática instaladas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga - São Paulo - SP. *Jornal de Climatologia*. V.7, 2010. 159-167.

GONÇALVES, W.B. ; VALLE, R.M. & GARCIA, E.S. – Estudo do índice de conforto térmico para aplicação em Belo Horizonte-MG, com base na população universitária- VI Encontro Nacional , III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. S.Pedro-SP. 11-14- novembro-2001. 8p.

GRANDI, M. S. – Avaliação da percepção da sensação térmica em uma sala de controle. Dissertação de Mestrado . Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Porto Alegre-RS. 2006. 154p.

HOUGHTEN, F.C., YAGLOU, C.P., Determining lines to equal comfort, and determination of the comfort zone. In: ASHVE Transactions, v.29, 1923.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: Geneva. Iso 7730; moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD índices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

JABARDO, J.M.S. – Conforto térmico . Instituto de Pesquisas Tecnológicas . Comunicação Técnica, 348. 1984. 22p.

LABORATÓRIO DE HIDROMETEOROLOGIA - IAG-USP- Dados meteorológicos de Agosto de 2014.

KOENIGSBERGER, O.H. et alli. – Manual for tropical housing and building- part 1. London Climatic Design Longman Group Ltd. 1973. 320p.

MADAZIO, V.L.M.; BERNINI,C.I. ; SAMORA,P.R. ; FERNANDES, P.B. & AZEVEDO, T.R. – Avaliação do conforto térmico de uma escola de lata. – X – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – Rio de Janeiro . 2003. 7p.

MARINHA DO BRASIL – Diretoria de Hidrografia e Navegação – Serviço Meteorológico Marinho – Cartas Sinóticas (agosto 2014)

MENOTTI, L.P. & AMORIM, M.C.C.T. – O conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente-SP. Revista Formação . Vol.2 .p.100-139. 2013.

MINAKI, M. & AMORIM, M.C.C.T. – Características do conforto térmico em dois condomínios fechados : episódios de verão e inverno. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - Aracajú-SE . 13-16-outubro-2004. Universidade Federal de Sergipe.

MISSENARD, A. – Equivalence thermique dès ambience . Chaleur et Industrie, 24. p.159-183. 1948

SILVA, L.P. & AMORIM, M.C.C.T. – O conforto térmico em Presidente Prudente-SP: uma análise do ano de 2008 e das salas de aula da FCT-UNESP. Caderno Prudentino de Geografia . vol. 32. 2010. p. 67-91.

SIMÕES, C.C. - Conforto ambiental como parâmetro para construção de novas habitações rurais na região do médio São Francisco, Semiárido Baiano. Dissertação de Mestrado - Engenharia Ambiental Urbana - UFB. 2009. p. 52-54

STEADMAN, R.G. – (Indices of windchill of clothed persons. Journal of Applied Meteorology. vol.10. 1971. p.674-6

STSM – SEÇÃO TÉCNICA DE SERVIÇOS METEOROLÓGICOS – Observações de Superfície – Dados Meteorológicos de agosto de 2014.

THOM, E.C. The Discomfort Index. Weatherwise (V): 57-60. 1959.

UTIMURA, I. – Conforto térmico em habitações de favela e possíveis correlações com problemas respiratórios: caso do Assentamento Futuro Melhor-SP. Tese de Doutorado – DG-FFLCH-USP . 2010. p. 300

VECCHIA, F. – Clima e ambiente construído, a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. 1997 (Tese de Doutorado).

VIANA, S.S.M. – Estudo de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente-SP - Tese de Doutorado – FCT – UNESP – Presidente Prudente-SP. 2013. 218p.

**Anexo 1 - Modelo do questionário aplicado**

**Pesquisa sobre conforto :**

**QUESTIONÁRIO**

**Número =**

Nome \_\_\_\_\_

Escola \_\_\_\_\_

Sexo: M ( ) F ( ) Faixa etária : < 10 ( ) , 11-20 ( ) , 21-40 ( ) , > 40 ( )

Nível escolaridade: Fundamental ( ) Médio ( ) , Técnico ( ) , Superior ( )

**Como você se sente no dia de hoje: (marque com um X )**

**Instruções para preenchimento:**

**Data e hora aproximada : \_\_\_\_\_**

**(+ frio ) = se você estiver sentindo frio , mesmo agasalhado normalmente.**

**( frio ) = se você estiver sentindo frio.**

**( - frio) = se você estiver sentindo só um pouco de frio.**

**( OK ) = se você estiver se sentindo confortável.**

**( - calor)= se você estiver sentindo só um pouco de calor.**

**( calor ) = se você estiver sentindo calor.**

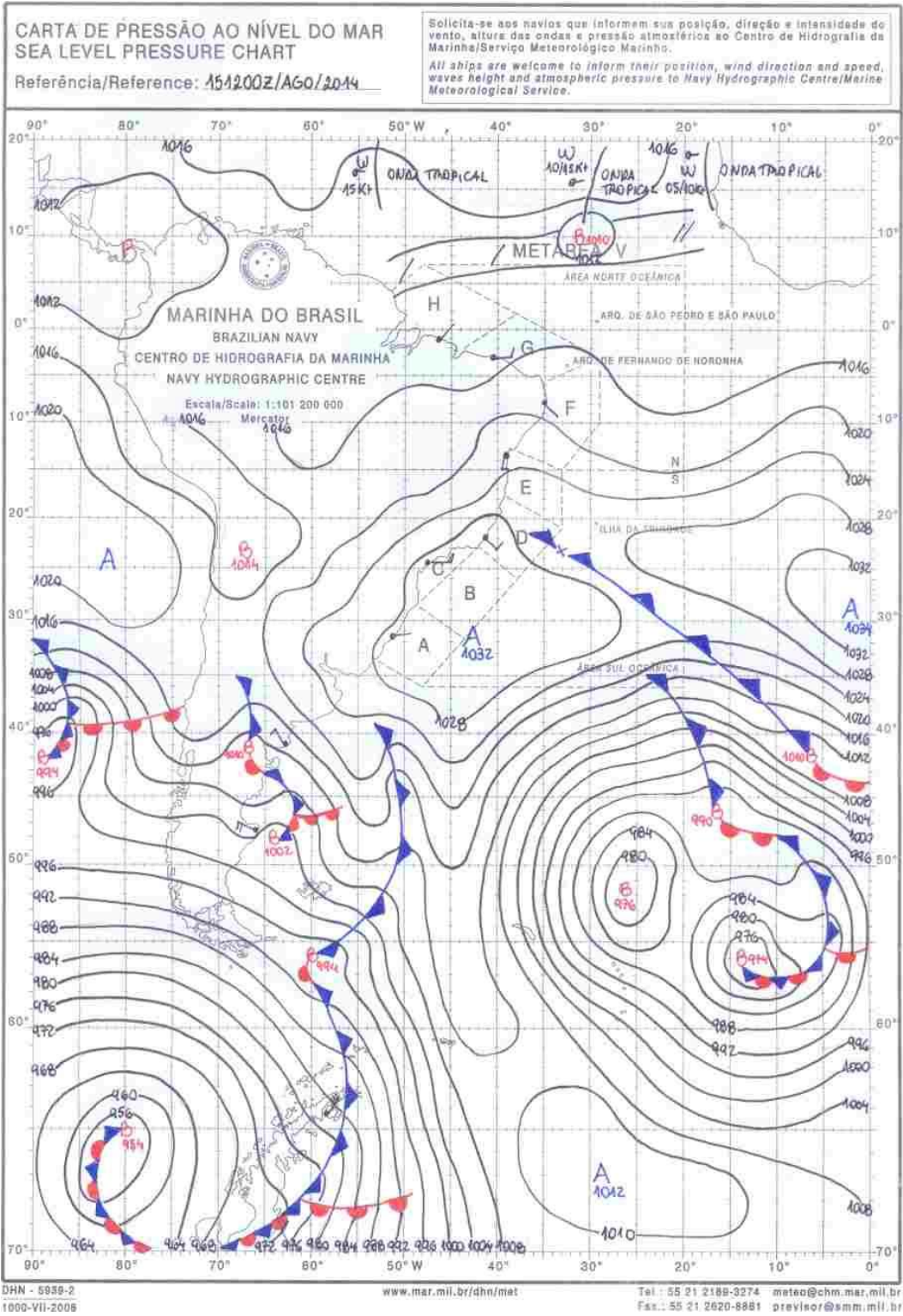
**( +calor)= se você estiver sentindo um calor insuportável.**

**Qual a sua opinião sobre esta pesquisa ? \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_

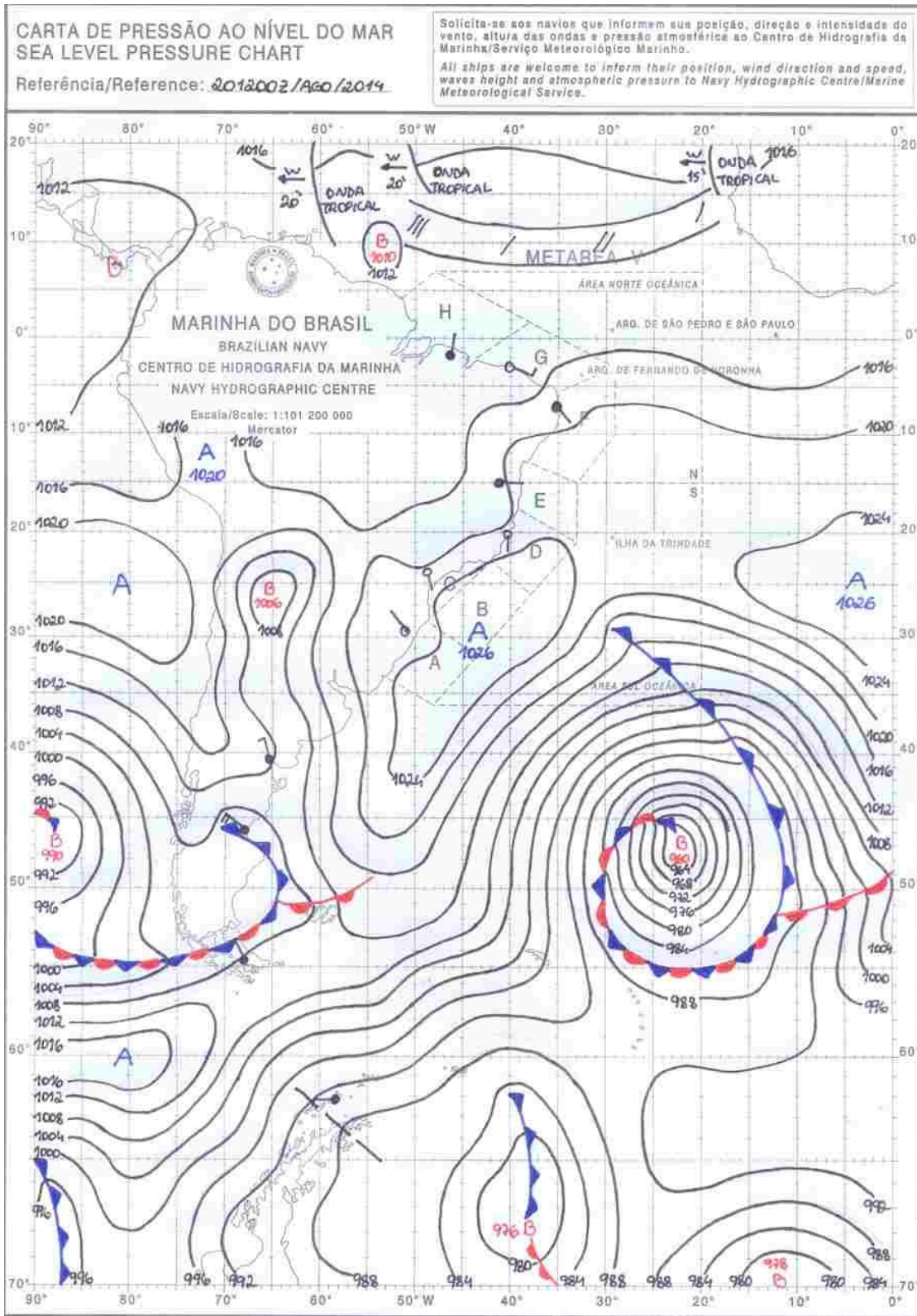
**Agradecemos a sua colaboração.**

## Anexo 2 - Carta Sinótica – Dia 15/08/2014 -1200Z

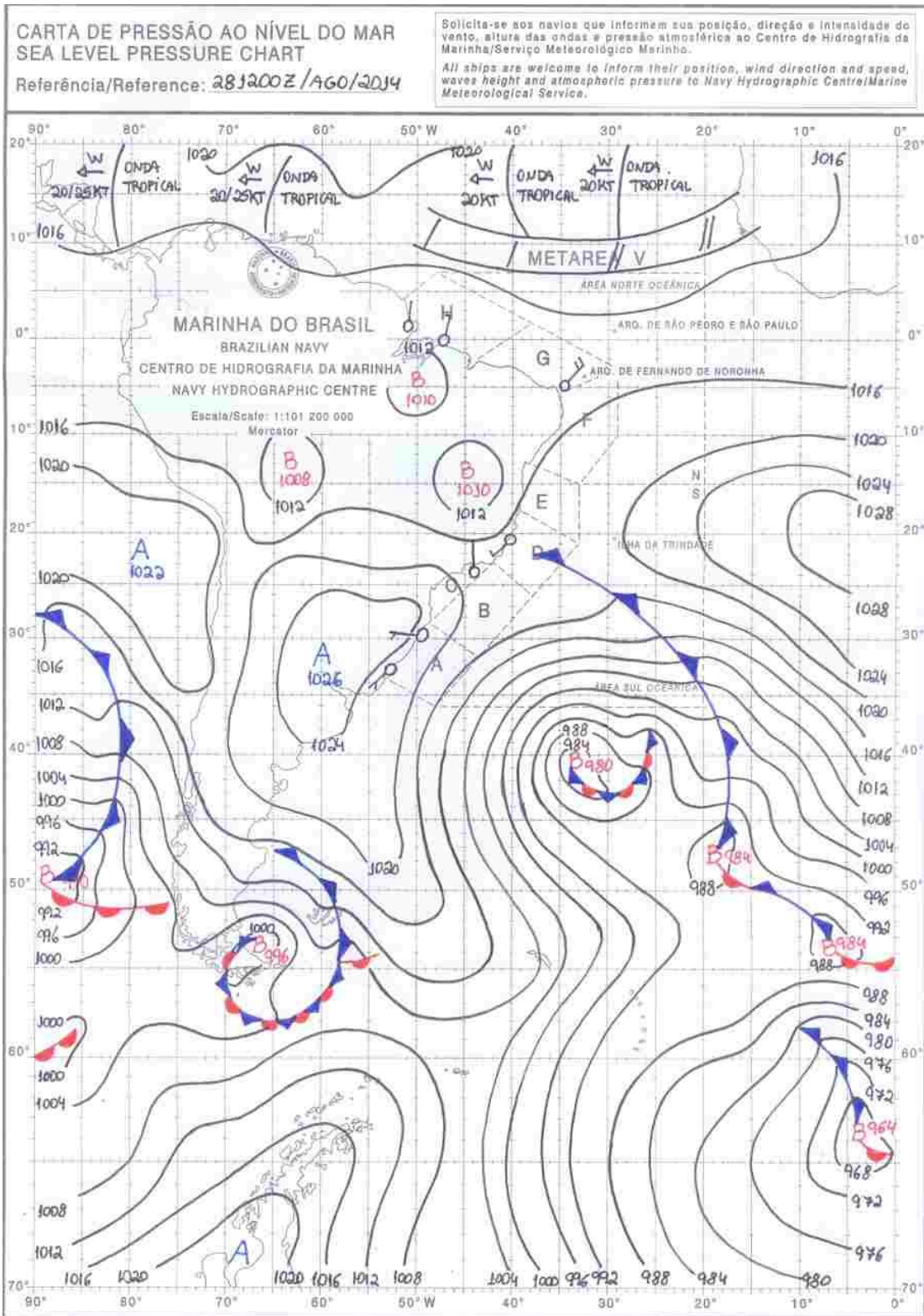




### Anexo 3 – Carta Sinótica – Dia 20/08/2014 -1200Z



# Anexo 5 – Carta Sinótica – Dia 28/08/2014 -1200Z



## Anexo 6

### Trabalhos que empregaram a metodologia da sensibilidade pessoal (FANGER / ASHRAE).

Localidade	País	Pessoas	Referência
Londres	Reino Unido	2.000	Bedford (1948)
Kansas City	Estados Unidos	1.300	Fanger (1972)*
Kansas City	Estados Unidos	1.600	ASHRAE (1981)*
Rio Claro – SP	Brasil	80	Baldini & Tavares (1985)
Singapura	Malásia	583	DeDear & Leow (1990)
Belo Horizonte - MG	Brasil	570	Gonçalves et alli(2001)
São Paulo – SP	Brasil	200	Madazio et alli(2003)
São Paulo – SP	Brasil	22	Funari (inédito)(2003)
Chapecó-SC	Brasil	20	Funari (2005)
Porto Alegre -RS	Brasil	242	Grandi (2006)
Pres.Prudente-SP	Brasil	522	Silva & Amorim (2010)
São Paulo-SP	Brasil	790	Utamura (2010)
Pres.Prudente-SP	Brasil	120	Menotti & Amorim(2013)
Pres.Prudente-SP	Brasil	120	Viana (2013)

(\* in JABARDO 1984)