

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**OS PRIMEIROS ESTUDOS SOBRE CONFORTO TÉRMICO NO
BRASIL: A CONTRIBUIÇÃO DE PAULO SÁ**

Mariela Cristina Ayres de Oliveira

**Campinas
2003**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

OL4p

Oliveira, Mariela Cristina Ayres de
Os primeiros estudos sobre conforto térmico no
Brasil: a contribuição de Paulo Sá / Mariela Cristina
Ayres de Oliveira.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Lucila Chebel Labaki.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Avaliação. 2. Conforto térmico. 3. Pesquisadores.
4. Análise térmica. I. Labaki, Lucila Chebel. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: The researches about thermal comfort in Brazil, the research of
Paulo Sá.

Palavras-chave em Inglês: Avaliation, Thermal comfort, Researchers, Thermal
analysis.

Área de concentração: Edificações.

Titulação: Mestrado

Banca examinadora: Doris C.C. K. Kowaltowski, Álvaro César Ruas

Data da defesa: 30/10/2003

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**OS PRIMEIROS ESTUDOS SOBRE CONFORTO
TÉRMICO NO BRASIL: A CONTRIBUIÇÃO DE
PAULO SÁ**

Mariela Cristina Ayres de Oliveira

Orientadora: Lucila Chebel LAbaki

Dissertação de mestrado apresentada á
Comissão de pós-graduação da Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade Estadual de
Campinas, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Civil, na área de concentração de Arquitetura e
Construção

**Campinas,SP
2003**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**OS PRIMEIROS ESTUDOS SOBRE CONFORTO
TÉRMICO NO BRASIL: A CONTRIBUIÇÃO DE
PAULO SÁ**

Mariela Cristina Ayres de Oliveira

**Dissertação de mestrado aprovada pela banca examinadora, constituída
por:**

**Prof Dr. Lucila Chebel Labaki
Presidente e orientador/UNICAMP**

**Prof. Dr. Doris C. C. K. Kowaltowski
UNICAMP**

**Prof. Dr. Álvaro César Ruas
UNICAMP**

Campinas, 30 de outubro, 2003

Dedicatória

A meus pais, Carlos e Cleide, pelo carinho e compreensão nos vários momentos em que estive ausente,

Aos meus irmãos especialmente a minha irmã Nayara que sempre esteve presente em todos os aspectos,

A Irene pela ajuda e contribuição em minha formação,

A meus amigos e pessoas próximas que colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado.

Agradecimentos

A Profa. Dra. Lucila C. Labaki que além de orientadora, se tornou uma grande amiga, acreditando em mim quando muitos não acreditaram.

A Universidade Federal de Uberlândia que cedeu o tempo para a realização do trabalho, dando-me apoio e entendendo as minhas faltas.

A família de Paulo Accioli Sa e seu amigo Palhano Pedroso, que atenderam-me com muita gentileza e atenção.

Ao Instituto Nacional de Tecnologia, principalmente a Jorge Pereira do setor de comunicação, que recebeu-me e cedeu parte do material aqui relatado.

A banca examinadora por sua dedicação e por mostrar-me novos caminhos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	XIII
LISTA DE QUADROS.....	XV
RESUMO.....	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	7
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 O Rio de Janeiro no início do século XX	9
3.2 Instituto Nacional de Tecnologia.....	20
3.3 A criação do INPM	23
3.4 Algumas personalidade do INT	26
3.4.1 Paulo Accioli de Sá	26
3.4.2 Luiz Alberto Palhano Pedroso	29
3.4.3 Fernando Luiz Lobo Barboza Carneiro	33
3.5 Seqüência cronológica	36
4. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO NA DÉCADA DE 30	39
4.1 Temperatura do bulbo seco.....	40
4.2 Temperatura e bulbo úmido.....	40
4.3 Catatemperatura.....	41
4.4 Temperatura de Globo.....	44
4.5 Temperatura efetiva.....	45
4.6 Temperatura Equivalente.....	47
4.7 Indicações do Termo Integrador.....	50
4.8 Temperatura Resultante.....	51
5. A PESQUISA DE PAULO SÁ.....	55
5.1 Metodologia utilizada por Paulo Sá.....	63
5.2 Escala de sensação de térmica.....	64
5.3 A população pesquisada.....	67
5.4 As vestimentas utilizadas na época.....	67
5.5 Vestimentas utilizadas.....	73
5.6 Relação da vestimenta com a sensação térmica.....	74

5.7 Temperatura efetiva e as cata temperaturas – 1931.....	76
5.8 A pesquisa de Paulo Sá em 1934/35.....	78
5.9 Termômetro resultante de André Missenard – 1935/36.....	93
5.10 Conforto na cidade universitária – 1951.....	94
6. BENJAMIM ALVES RIBEIRO	103
7. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO USADOS ATUALMENTE.....	107
7.1 Voto médio estimado.....	107
7.1.1. Pesquisa de O. FANGER em 1968 - câmaras climatizadas.....	112
7.2 Modelo adaptativo.....	115
8. COMPARAÇÕES DOS ESTUDOS DE PAULO SÁ.....	119
8.1 Paulo Sá e o VME.....	119
8.1.1 O VME e os estudos de Paulo Sá em 1931.....	120
8.1.2 O VME e os resultados em 1934/35.....	121
9. ESTUDOS DE CASO EM AMBIENTE ESCOLAR.....	127
9.1 Metodologia de pesquisa por Partridge e MacLean.....	128
9.2 Metodologia de pesquisa por Paulo Sá.....	131
9.3 Metodologia de pesquisa por Ribeiro, 1939.....	132
9.4 O método de Michael Humphreys em escolas públicas.....	134
10. DISCUSSÃO.....	139
CONCLUSÃO.....	143
ABSTRACT.....	145
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 (A e B) Vistas áreas do Rio de Janeiro, 1930.....	9
Figura 3.2 (A, B e C) Fotos da Avenida Rio Branco, RJ.....	10
Figura 3.3 (A, B e C) Escola de Belas Artes, Rio de Janeiro.....	11
Figura 3.4 (A, B e C) Projetos elaborados na década de 30.....	17
Figura 3.5 (A, B e C) Rio de Janeiro década de 40.....	18
Figura 3.6 (A, B e C) Ministérios construídos durante a década de 1930 e 1940.....	19
Figura 3.7 (A e B) Fotos do INT.....	20
Figura 3.8 Fotos da Sessão de Indústrias e Construção.....	22
Figura 3.9 Paulo de Sá.....	27
Figura 3.10 (A e B) Aparelhagem usada na medição da reflexão térmica.....	32
Figura 3.11 (A, B e C) Lobo Carneiro em épocas diferentes de sua vida.....	35
Figura 4.1 Carta para estimar a velocidade do ar.....	43
Figura 4.2 Termômetro de globo.....	44
Figura 4.3 (A e B) Cartas de temperatura efetiva.....	46
Figura 4.4 Espateoscópio.....	47
Figura 4.5 Carta para estimar a temperatura equivalente através da temperatura de globo.	48
Figura 4.6 (A e B) Carta para estimar a temperatura equivalente.....	50
Figura 4.7 Elevação e planta do termômetro proposto por André Missenard.....	51
Figura 5.1 Quadro das ventanias verificadas em 1930.....	58
Figura 5.2 (A, B, C e D) Imagens do Rio de Janeiro, década de 1930.....	71
Figura 5.3 (A, B, C e D) Imagens final da década de 1930 e começo de 40.....	72
Figura 5.4 Sensação térmica em relação ao uso de ventiladores em relação à temperatura efetiva.....	83
Figura 5.5 Valores de TBS segundo Paulo Sá 1934/1935	89
Figura 5.6 Valores da Velocidade do ar segundo Paulo Sá 1934/1935.....	90
Figura 5.7 Valores das equações de regressão	91
Figura 5.8 Vista aérea Cidade Universitária.....	95
Figura 5.9 Regime de ventos registrados por Sá, para o verão.....	96

Figura 5.10 Implantação da cidade universitária, proposta por Sá.....	97
Figura 5.11 Implantação da Cidade Universitária após conclusão.....	97
Figura 5.12 Diferenças entre as temperatura.....	99
Figura 6.1 Questionário aplicado por benjamim Alves Ribeiro.....	104
Figura 7.1 Diagrama de Conforto.....	110
Figura 8.1 Gráfico das Sensações pelo VME.....	126
Figura 9.1 Questionário aplicado às crianças no período de duas horas.....	129
Figura 9.2 Vestimentas para meninos e meninas.....	134
Figura 9.3 Questionário aplicado às crianças 4 vezes ao dia	143

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Limites para cômodos em habitações	13
Quadro 3.2 Critérios de conforto	14
Quadro 3.3 Coeficientes médios de reflexão em relação Às variáveis utilizadas	31
Quadro 3.4 Dados relativos à reflexão térmica dos corpos de prova.....	34
Quadro 4.1 Constantes para a equação do Catatermômetro.....	43
Quadro 4.3 Relação entre a temperatura e umidade.....	53
Quadro 5.1 Porcentagem de calor perdido por radiação de acordo com a temperatura...	56
Quadro 5.2 Esquema do estudo da orientação dos edifícios e, 1937.....	57
Quadro 5.3 Predominância dos ventos.....	58
Quadro 5.4 Fatores Físicos e Fisiológicos.....	62
Quadro 5.5 Aparelhos utilizados nas medições.....	63
Quadro 5.6 Escala de sensação de conforto.....	64
Quadro 5.7 Escalas de sensação de conforto térmico I	65
Quadro 5.8 Escalas de sensação de conforto térmico II	66
Quadro 5.9 Escalas de sensação térmica adotada.....	66
Quadro 5.10 A população pesquisada por Sá.....	67
Quadro 5.11 Tecidos utilizados nas décadas de 1930 a 1950.....	73
Quadro 5.12 Vestimentas utilizadas no verão.....	74
Quadro 5.13 Vestimentas utilizadas no inverno.....	74
Quadro 5.14 Características dos tecidos.....	75
Quadro 5.15 Condições físicas do ambiente para as diferentes sensações.....	78
Quadro 5.16 Valores de correlação para os índices térmico.....	80
Quadro 5.17 Valores climáticos Rio de janeiro 1934.....	80
Quadro 5.18 Valores climáticos Rio de janeiro 1935.....	81
Quadro 5.19 Valores 1934/35.....	82
Quadro 5.20 Valores para o mês de maio.....	84
Quadro 5.21 Valores para o mês de junho.....	85
Quadro 5.22 Valores para o mês de julho.....	86
Quadro 5.23 Valores para o mês de agosto.....	86

Quadro 5.24 Valores para o mês de setembro.....	87
Quadro 5.25 Condições físicas do ambiente para a sensação fria.....	88
Quadro 5.26 Condições físicas do ambiente para a sensação pouco fria.....	88
Quadro 5.27 Condições físicas do ambiente para a sensação de neutralidade.....	88
Quadro 5.28 Condições físicas do ambiente para a sensação pouco quente.....	89
Quadro 5.29 Condições físicas do ambiente para a sensação quente.....	89
Quadro 5.30 Equações de regressão – sensação térmica e temperaturas – verão.....	91
Quadro 5.31 Equações de regressão – sensação térmica e temperaturas – inverno.....	91
Quadro 5.32 Período de inverno.....	92
Quadro 5.33 Período de verão.....	93
Quadro 5.34 Valores climáticos Rio de Janeiro. 1936.....	94
Quadro 5.35 Temperatura de bulbo seco.....	98
Quadro 5.36 Diferenças de TBS, 1952.....	99
Quadro 5.37 Excessos térmicos, 1952.....	99
Quadro 5.38 Umidade relativa, 1952.....	100
Quadro 5.39 Velocidade do vento.....	100
Quadro 6.1 Valores para Rio e São Paulo.....	105
Quadro 6.2 Temperaturas encontradas para São Paulo.....	105
Quadro 7.1 Temperatura neutra para diferentes grupos (°C).....	113
Quadro 7.2 Equações de regressão.....	114
Quadro 7.3 Relação entre os grupos às temperaturas neutras encontradas.....	114
Quadro 8.1 Valores entre Sá e Fanger.....	120
Quadro 8.2 Valores 1934/35.....	122
Quadro 8.3 Mês de maio.....	123
Quadro 8.4 Mês de junho.....	123
Quadro 8.5 Valores para o mês de junho.....	124
Quadro 8.6 Sensação fria.....	124
Quadro 8.7 Sensação um pouco fria.....	124
Quadro 8.8 Sensação de neutralidade.....	124
Quadro 8.9 Sensação pouco quente.....	125

Quadro 8.10 Sensação quente.....	125
Quadro 9.1 Média do conforto pra os diferentes grupos restado.....	130
Quadro 9.2 Partridge e MacLean, 1932/33.....	130
Quadro 9.3 Valores encontrado por Sá em 1931.....	131
Quadro 9.4 Paulo Sá, 1931.....	132
Quadro 9.5 Benjamim Alves Ribeiro, 1939.....	133
Quadro 9.6 Valores encontrados nas salas de aula.....	136
Quadro 9.7 Tipos de vestimentas propostas por Humphreys.....	137
Quadro 9.8 Valores para vestimentas meninos e meninas.....	137
Quadro 9.9 Michael Humphreys, 1971.....	138
Quadro 10.1 Valores estipulados para a temperatura efetiva relacionada a diferentes anos e países.....	141

Resumo

A preocupação com a avaliação de conforto no Brasil, em meados de 1930, procurava nos métodos, propostos e utilizados internacionalmente, condições de adaptá-los às variáveis brasileiras. Tem-se conhecimento do trabalho de dois pesquisadores brasileiros sobre índices de conforto térmico nessa época: Paulo Sá e Benjamim Alves Ribeiro. Estas pesquisas buscam estabelecer uma relação entre a sensação individual de conforto térmico e os índices obtidos pelos vários métodos utilizados na época, principalmente as catatemperaturas e a temperatura efetiva. O resgate e análise da pesquisa de Paulo Sá demonstram não apenas a abordagem científica e a obtenção de temperaturas de conforto térmico para a cidade do Rio de Janeiro, como também as dificuldades metodológicas e científicas existentes. Os valores encontrados pelas pesquisas de Paulo Sá e Benjamin Alves Ribeiro foram utilizados para cálculo do VME, proposto por Fanger, através do uso do software Conforto 2.02. O trabalho também apresenta a metodologia utilizada por Paulo Sá e Benjamim Alves Ribeiro, Fanger e Michael Humphreys em pesquisas realizadas em escolas ou com estudantes. Destes, apenas Fanger trabalhou com câmaras climatizadas. O ambiente escolar tem se mostrado propício a estudos de avaliação de conforto térmico, tanto pela importância do mesmo, como pela atividade desenvolvida, faixa etária e facilidade de implementação da pesquisa. Desse modo, uma descrição e comparação de metodologias relativas ao ambiente escolar são relatados neste trabalho.

Palavras chave: Paulo Sá, história da avaliação térmica no Brasil,

INTRODUÇÃO

A preocupação com a avaliação de conforto térmico no Brasil, em meados de 1930, procurava nos métodos, propostos e utilizados internacionalmente, condições de adaptá-los às variáveis brasileiras. Tem-se conhecimento do trabalho de dois pesquisadores brasileiros sobre índices de conforto térmico nessa época: Paulo Sá e Benjamim Alves Ribeiro. As pesquisas de Paulo Sá (1934) e Benjamim Alves Ribeiro (1939) buscam estabelecer uma relação entre a sensação individual de conforto térmico e os índices obtidos pelos vários métodos utilizados na época, principalmente as catatemperaturas e a temperatura efetiva.

Paulo Sá é conhecido pela sua pesquisa na cidade universitária do Rio de Janeiro, na década de 1950, pela sua contribuição aos estudos de insolação para a construção da mesma, assim como por seus diagramas de iluminação natural para as capitais brasileiras, além da contribuição sobre avaliação de conforto térmico no Brasil. Seus textos também possuem alguma referência à acústica arquitetônica, bem como abordagens educativas sobre o funcionamento de uma escola de engenharia civil. Sua participação é também observada na criação do INPM¹ e da ABNT, e com o professor universitário na Politécnica do Rio de Janeiro e na PUC Rio de Janeiro. Segundo Hugo Segawa (SEGAWA, 2001) não se pode atribuir a Paulo Sá² “... a completa reformulação dos postulados de conforto ambiental embora tenham constituído atitude renovadora em seu tempo...”. Assim, em 1930, quando Paulo Sá inicia seus estudos, as medidas e

¹ INPM- Instituto Nacional de Pesos e Medidas

² Hugo Segawa cita outros nomes além de Paulo Sá, como Bezerra Coutinho, Albuquerque e Freire e Afrânio Peixoto

métodos usados já são bem diferentes dos utilizados no início do século. Paulo Sá já se preocupava com a delimitação de uma zona térmica, para criar uma escala ou um índice de temperaturas efetivas para brasileiros. Da mesma maneira que o resfriamento do corpo humano dependeria da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e de sua movimentação; o conforto, a saúde e produtividade também seriam funções das mesmas variáveis, posto que dependeriam do resfriamento do corpo humano. Sá considera que as divergências existentes entre a cultura, a sociedade e economia de cada lugar afetariam os resultados encontrados. Nesse sentido, sua visão aproxima-se da de Michael Humphreys, (HUMPHREYS, 1996) quando propõe o método adaptativo para avaliação de conforto térmico.

Os textos de Paulo Sá, referentes as suas pesquisas, demonstram a importância de uma coesão entre seus estudos e os realizados por pesquisadores de outros países, que o faz relatar trabalhos de outros cientistas da época, assim como seus estudos serem publicados internacionalmente. A pesquisa de Paulo Sá é baseada na avaliação de conforto térmico através das análises dos elementos físicos e questionários individuais, preenchidos no ato das medições climáticas. Estes resultados individuais eram dados através dos grupos participantes das pesquisas, segundo a sensação de conforto, predita por uma escala de sete pontos.³

A pesquisa de Benjamim Alves Ribeiro, proposta na cidade de São Paulo, toma o trabalho de Sá como parâmetro vem de encontro com esta afirmação, demonstrando que os valores considerados ótimos para o Rio de Janeiro, em relação à sensação térmica, não eram os mesmos encontrados para a sociedade paulistana. A comparação com a pesquisa de Benjamim Alves Ribeiro mostra a diferença existente entre Rio e São Paulo, em relação à sensação térmica, revelando uma tendência da população da cidade de São Paulo, a uma preferência a temperatura efetiva com um valor um pouco mais baixo do que a suposta pela população do Rio de Janeiro, para a sensação térmica agradável.

Paulo Sá, em sua pesquisa, buscou um índice de conforto para o Rio de Janeiro que satisfizesse seus habitantes, através da análise das condições climáticas e das sensações térmicas observadas. Os fatores que podem ser considerados de importância relativa à semelhança entre os

³ A utilização desta escala não era comum nos estudos daquela época.

métodos propostos por Sá e Fanger (FANGER, 1970) seriam a preocupação com as sensações individuais e as trocas térmicas com o ambiente em que a população analisada estaria inserida. Paulo Sá demonstra a preocupação com as vestimentas utilizadas pelos indivíduos que foram questionados e também com a atividade que estava sendo executada no ato das medições. Infelizmente, seus relatos citam apenas que as pessoas estavam vestidas normalmente em atividade leve.

As normas internacionais utilizadas atualmente para avaliar o conforto térmico (ISO 7730, 1994) utilizam o VME (voto médio estimado). O VME propõe uma escala de valores entre -3 e $+3$, relacionada com a porcentagem de insatisfeitos para determinada situação ambiental interna (vinculada principalmente ao uso do condicionamento térmico artificial para manter a temperatura constante). Para Fanger *“For a given activity level, the skin temperature, t_{s} , and the sweat secretion, E_{sw} , are seen to be the only physiological variables influencing the heat balance in the equation of thermal comfort. The sensation of thermal comfort has been related to the magnitude of these two variables...”* (Fanger, 1970), isto é, para dado nível de atividade, a temperatura média da pele, t_s , e a taxa de secreção do suor, E_{sw} , podem ser consideradas como as únicas variáveis fisiológicas que influem sobre o equilíbrio de calor na equação do conforto térmico. Essa é a hipótese fundamental do método do Voto Médio Estimado.

Pensando em avaliação de sensação térmica, porém numa vertente diferente da proposta por Fanger, Michael Humphreys propõe o modelo adaptativo. Esse modelo supõe, assim como Paulo Sá no começo de sua pesquisa em 1931, que as pessoas se adaptam diferentemente ao lugar onde estão, sendo as ações adaptativas formas de se ajustarem ao meio *“... the temperature of comfort is not a Constant, but varies systematically with climate and season, according to the temperatures people are accustomed to...”* (HUMPHREYS, 1979) *“... a temperatura de conforto não é uma constante, pois varia de acordo com a estação, e a temperatura a que as pessoas estão acostumadas...”* ou, segundo as palavras de Sá *“... Num mesmo país e para um mesmo povo diversa será a maneira de agir quando submetido aos mesmos fatores influentes ... a ação dos ambientes varia tanto de país para país, de indivíduo para indivíduo, de ocasião para ocasião... o ambiente confortável para uns será inadequado para outros...para compensar as divergências individuais*

necessário se torna, então, acumular um número grande de observações, estudando em larga escala a maneira como diferentes Indivíduos reagem às condições diversas do ambiente ...” (SÁ, 1938).

A expressão obtida por Humphreys para a temperatura de conforto é dada em função das temperaturas externas e internas. Essa expressão é deduzida pela teoria da correlação, onde se determinam as equações de regressão. O método adaptativo assim pressupõe que uma varredura da temperatura do local estudado poderá interferir na sensação térmica que o indivíduo espera encontrar em determinado lugar. A equipe de Humphreys, estudando estas temperaturas e analisando a sensação térmica, elabora uma equação baseada em dados coletados referentes a relação entre a temperatura e a sensação térmica. O método adaptativo propõe que a sensação de desconforto possa ser minimizada através de fatores sociais, físicos e econômicos, sendo estes valores diferentes dependendo do lugar onde forem feitos os estudos. (HUMPHREYS, 1979).

Em sua busca por um índice que satisfizesse a condição climática no Rio de Janeiro, Paulo Sá utiliza o coeficiente de correlação de Pearson, para delimitar as equações de regressão. Paulo Sá também propõe equações onde uma variável é dada em função da outra. Seu objetivo é estabelecer relações entre a sensação de conforto individual (pela média geral) e os índices e variáveis climáticas (SÁ, 1948).

O resgate e a análise da pesquisa de Paulo Sá são de extrema importância tanto pela abordagem científica de seus resultados como pela preocupação demonstrada em encontrar um intervalo de valores das variáveis de conforto térmico para a cidade do Rio de Janeiro. Nesse sentido é interessante uma comparação com o método de Fanger (adotado atualmente nas normas internacionais (ISSO-7730,1994), tanto Paulo Sá (1934), como Benjamim Alves Ribeiro (1939) e Michael Humphreys (1971) realizaram pesquisas em escolas para a aplicação de seus questionários e observações, sendo que Fanger (1970) trabalhou com estudantes em sua pesquisa com câmaras climatizadas.

Observa-se, portanto, que o ambiente escolar tem se mostrado propício a estudos de avaliação de conforto térmico, tanto pela importância do mesmo, como pela atividade desenvolvida,

faixa etária e facilidade de implementação da pesquisa. Desse modo, uma descrição de pesquisas relativas ao ambiente escolar é apresentada neste trabalho, com uma comparação entre elas.

OBJETIVO.

- O objetivo geral do presente trabalho é relatar e resgatar parte da pesquisa do engenheiro Paulo Sá, referente a avaliação de conforto térmico, como forma de reconhecimento de seus méritos como pesquisador, e do estágio alcançado nas décadas de 30 a 50 pela pesquisa brasileira em conforto térmico.
- Como objetivo específico, procura-se estabelecer um possível vínculo entre Paulo Sá e o método de VME, proposto por Fanger e adotado atualmente pelas normas internacionais.
- O segundo objetivo específico desse trabalho é analisar os métodos aplicados nos estudos de caso realizados por Paulo Sá (1931), Benjamim Alves Ribeiro (1939), Michael Humphreys (1972), Partridge e MacLean (1933)⁴ e P. O. Fanger (1970) na avaliação de conforto térmico do ambiente escolar, ou na sensação térmica de jovens em idade escolar.

⁴ O referente trabalho é citado por Michael Humphreys em 1972, sendo tido por Humphreys como um dos poucos trabalhos existentes em ambiente escolar até a referida data, além de ter sido realizado em uma data próxima ao trabalho de Sá e Ribeiro. Thomas Bedford também cita o mesmo trabalho em 1948, referindo-se as zonas de conforto com valores de temperatura efetiva em torno de 63°F a 71°F

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - A arquitetura do Rio de Janeiro no início do século XX

No início do século XX, a divisão de trabalho na construção civil era diferente dos dias atuais. Uma questão simples pode ser levantada de imediato: quem era o arquiteto, quem era o engenheiro e quem era o mestre de obra. Tradicionalmente, era muito comum que as funções fossem passadas ou herdadas nos canteiros de obra do Rio de Janeiro. Sob o ponto de vista estético, o panorama da capital do Brasil em 1930 revelava uma arquitetura eclética mesclada a um novo conceito formal que daria lugar à arquitetura moderna brasileira.. Assim, o panorama da capital do Brasil em 1930 (figura 3.1 - A, B), era o de uma arquitetura eclética (figura 3.2 – A, B, C).



A - Rio de Janeiro-Flamengo, 1930.



B - Rio de Janeiro – Barra da Tijuca, 1930.

Figura 3.1 (A e B) - Vistas áreas do Rio de Janeiro, 1930

Fonte: http://www.geocities.com/TheTropics/Cabana/4274/RJ_1930.htm

“... A produção e o aprendizado da Arquitetura no Brasil Colônia ocorria junto às corporações de ofício ou em um canteiro de obras, a exemplo dos trabalhos de Antonio Francisco Lisboa. Excepcionalmente iríamos encontrar alguns profissionais habilitados, na maioria das vezes em Academias Militares, desenvolvendo projetos arquitetônicos ou urbanísticos, como Frias de Mesquita ou Pinto Alpoim. Somente após a chegada da Família Real ao Brasil, em 1808, foi criada a Academia de Artes e Ofícios, que só começou a funcionar em edifício próprio em 1826, já como Academia Imperial, iniciando-se assim o ensino regular de Arquitetura, como um dos cursos da Escola Real das Ciências, Artes e Ofícios, sendo indicado como responsável pelo curso, o arquiteto Grandjean de Montigny que veio na Missão Francesa em 1816 e que foi o autor do novo edifício especialmente projetado e construído para este fim junto à Av. Passos no centro do Rio, hoje desaparecido...” (BITTAR, 2003).

A partir de 1890, na República, as diretrizes do curso foram alteradas, dissociando cada



A- Maio de 1930: chegada do Graf Zeppelin ao Rio de Janeiro, sobrevoando a Av. Rio Branco, no centro da cidade.-cinelandia 1939



B- Avenida Rio Branco



C- Sede do atual Museu da Justiça Federal na Avenida Rio Branco,

Figura 3.2 (A, B e C) - Fotos da Avenida Rio Branco, RJ.

Fonte: -www.brasilcult.pro.br/expos/html/zeppelin.htm (19/08/2003);

B <http://www.stf.gov.br/institucional/visitaSTF/fotos.asp?foto=foto5>, (19/08/03)

vez mais o ensino de Arquitetura das demais Belas-Artes. No início do século XX, junto com as propostas de melhoramentos da então Capital Federal, foi idealizado e construído um novo e imponente edifício, inspirado no Louvre, projeto do Professor-arquiteto Morales de los Rios, para abrigar a Escola de Belas Artes (figura 3.3 - A, B, C), na então recém inaugurada Avenida Central, hoje Rio Branco.



Figura 3.3 (A, B e C) - Escola de Belas Artes, Rio de Janeiro.

Fonte: http://www.ivt-rj.net/museus_patri/historico.htm

Era comum a falta de organização na construção civil em 1925: tanto os pedreiros possuíam ainda o título de mestre de obras (a formação era dada nos canteiros de obra) como a diferença entre arquitetura e engenharia não era clara, posto que a formação na maioria das vezes era dada nas mesmas faculdades e pelos mesmos professores. (BRUAND, 1991). No início do século XX a arquitetura colonial brasileira ainda possuía porões altos, iluminados através de pequenos óculos; as singelas mudanças ocorridas até entanto eram provenientes de modificações urbanas, vinculadas à implantação das habitações que começavam a afastar-se dos limites laterais dos lotes (muitas vezes este espaço acabou sendo ajardinado), proporcionando desta maneira, maior arejamento e iluminação.

No início do século XX, adotou-se durante muito tempo como índice de conforto de um ambiente as taxas de CO₂ existentes no ar ou até mesmo, a quantidade de metros cúbicos de ar por pessoa em determinado ambiente, “... *convém observar que os índices citados e condenados são ainda os que constam de nosso projeto de Código de Trabalho parado desde 1926, no extinto Senado Federal. Nelle, com efeito se declara que nos ambientes de trabalho, o ar deve*

ser renovado de modo a manter a taxa de CO₂ inferior a 9 p. 10.00 e a fornecer 30 m. c. de ar por indivíduo por hora...” (SÁ, 1934).

O enfoque sobre as necessidades do ser humano em relação ao ambiente foi se alterando ao longo dos séculos, porém a preocupação com o ambiente sempre existiu. No início do século XX, os estudiosos sobre este assunto eram médicos sanitaristas, tendo relativa importância em seus estudos a higiene, saúde e salubridade das edificações; as escolas de saúde também foram pioneiras nas questões relacionadas à maneira como os indivíduos se relacionavam com o ambiente, assim como as trocas térmicas existentes entre o corpo e o meio.

Possivelmente em 1878, foi editada a primeira publicação sobre conforto térmico no Brasil, (SEGAWA, 2001) de autoria de Luiz Schreiner, engenheiro-arquiteto ativo do Rio de Janeiro, formado pela Real Academia de Belas Artes de Berlim. Schreiner dizia que “... *Até certo ponto pode-se considerar a vida civilizada como uma luta contra o clima... nas latitudes baixas contra o calor demasiado no verão... É incontestável a necessidade, para a cidade do Rio de Janeiro principalmente, de uma transformação absoluta dos sistemas construtivos. É uma triste verdade não haver no mundo outro país, em que a construção das habitações tão pouco corresponda, ou para melhor dizer, de nenhum modo esteja de acordo com as exigências do clima...*” (apud SEGAWA, 2001).

O primeiro congresso de Saneamento e Salubridade da habitação acontece em Paris em 1904. De uma maneira geral se propõe que a orientação das novas ruas facilite a implantação dos prédios em suas marginais, aumentando a quantidade de luz natural incidente nos pavimentos do edifício. Nesta época, porém, não existiam normas para avaliar as condições das edificações brasileiras e as normas existentes em cidades como Paris e Berlim não se aplicavam à posição geográfica, latitude, população e clima brasileiros, além da forte influência indígena em nossa cultura. (ALBUQUERQUE e FREIRE, 1917). O primeiro estudo editado sobre insolação no Brasil, foi realizado por Alexandre Albuquerque em 1914. Este estudo influenciou o código de obras de São Paulo, a primeira cidade a adotar as recomendações do I Congresso Internacional Sobre Higiene das Habitações (Paris, 1904); também a este estudo cabe a explicação do cálculo matemático capaz de promover a insolação adequada ao edifício.

Em 1914 o primeiro Congresso Paulista de Medicina tem como tema a questão de avaliar as condições das edificações no Brasil, visando com isto uma melhoria da qualidade de vida paulista (ALBUQUERQUE e FREIRE, 1917). Discute-se então a questão das ruas, das casas e dos aposentos de acordo com a preocupação da época, que era manter os aposentos com um volume de ar mínimo em torno de 37 m³ pelas leis municipais, 30m³ pelo código sanitário e 25m³ estabelecido pela lei francesa.

No citado congresso, foram propostas relações apresentadas resumidamente (quadro 3.1), a seguir (ALBUQUERQUE E FREIRE, 1917):

Quadro 3.1 - Limites para cômodos em habitações

LIMITES PARA CÔMODOS EM HABITAÇÕES 5			
Aposentos	PÉ DIREITO		ÁREAS MÍNIMAS (M²)
	MÍNIMO (M)	MÁXIMO (M)	
PORÃO	0,50	1,20	
SUBTERRÂNEO	0,50	3,50	
SUBTERRÂNEO NÃO ENTERRADO	0,20	1,20	
REZ DO CHÃO	2,50	2,70	10,00
ANDARES	3,00	-	8,50
LOJAS	4,50	-	
SOBRELOJA	2,50	-	10,00
ATTICO	2,50	-	8,50

Rez do chão - Andar imediatamente acima do porão, quando destinado exclusivamente à habitação diurna.
Andar térreo - Andar sobre a Rez do chão, ou sobre o porão, destinado a habitação noturna e diurna.
Pé-direito - Altura entre o assoalho e o teto.
Porão - Câmara de ar isolante cujo nível é igual, ou superior ao do terreno exterior.
Subterrâneo - Câmara isolante, cujo nível é inferior, podendo ser usada para adegas ou depósitos.

Fonte: Adaptado de Albuquerque e Freire, 1917.

Desta nova arquitetura brasileira, emergente a partir do fim da década de 1920, convém mencionar dois fatores que contribuíram para a sua formação: o problema da insolação e a técnica avançada do uso do concreto (MINDLIN, 2000).

Uma alteração nas edificações ocorrida devido ‘a preocupação com a higiene do ambiente – ventilação e iluminação natural foi o desaparecimento da bandeira nas aberturas e a

5 Supondo um volume mínimo de 25 m³ por aposento.

substituição das vidraças por venezianas de ventilação. Outro elemento que também indica uma preocupação com a iluminação natural são os prédios de apartamentos que começam a possuir poços de iluminação (MASCARÓ, 1981).

A insolação deveria ser trabalhada de acordo com as variáveis ambientais existentes para cada área de estudo diferenciada. Quando se pensa em Rio de Janeiro e São Paulo, duas possibilidades diferentes aparecem, visto que, na primeira, a excessiva insolação é prejudicial, sendo função da arquitetura minimizar a entrada de raios solares diretos nas habitações. No caso de São Paulo, busca-se na maioria das vezes o maior aproveitamento possível da insolação. (MINDLIN, 2000)

Na década de 30, no Rio de Janeiro surgem pesquisadores como Paulo Sá, Attilio Corrêa e Lima, Hermínio de Andrade Silva. que se preocupavam com a questão térmica das edificações “... *Sob a liderança de Paulo Sá, formulou-se uma doutrina, baseada em extensa pesquisa experimental, cobrindo todos os aspectos dos problemas de insolação nas edificações: astronômico, térmicos, de ofuscação, sombra, etc...*” (MINDLIN, 2000).

Em 1934, a maior preocupação da pesquisa nacional, porém, era em relação ao que estava sendo descoberto aqui e o que estava sendo feito no exterior, principalmente nos EUA. Para Paulo Sá, os processos de resfriamento do corpo humano eram função da temperatura, da umidade relativa e da movimentação do ar. Como o conforto, a saúde e a produtividade estão ligadas a este resfriamento (SÁ, 1934), define-se que eles também são função das mesmas variáveis. A medida deles define então, o grau de conforto do ambiente.

O termo “sensação de conforto térmico”, foi introduzido no período de 1913 a 1923 e o termo “zona de conforto” é introduzido pelo professor John Sheppard, no Teacher’s Normal College em Chicago (ROHLES et al, 1966). A temperatura efetiva foi definida por Houghten e Yaglou, em 1923, como uma combinação das temperaturas de bulbo seco e úmido e velocidade do ar⁶ (HOUGHTEN & YAGLOU, 1923). A ASHVE⁷ (YAGLOU e MILLER, 1925) propõe algumas relações entre as variáveis climáticas analisadas pela carta psicrométrica e a temperatura

⁶ Esta é a definição usada por Paulo Sá.

⁷ ASHVE American Society of Heating and Ventilating Engineers (Associação Americana dos Engenheiros de Aquecimento e Ventilação)

efetiva, sendo seus valores aceitos para baixas temperaturas. Apenas em 1946, Bedford incrementa a temperatura efetiva, introduzindo as trocas térmicas por radiação, o que acarreta na proposta da temperatura efetiva corrigida (BEDFORD, 1948). No quadro 3.2 são dados alguns valores de temperatura efetiva cuja combinação das variáveis climáticas oferece uma sensação de conforto.

Quadro 3.2-Critérios de conforto

Data	Especificações Climáticas			Zona de conforto*
	(°F)	(°C)	Variável	(C)
Anterior a 1900	65 - 70	18,3 - 21,11	TBS	18,3 - 21,11
Próximo a 1900	56	13,3	TBU	21,11
1914	68	20	TBS	20
	40		UR (%)	
1923	66 - 72	18,8 - 22,2	TBS	18,8 - 22,2
	19 - 61	-17,2 - 16,11		
1923	63 - 71	17,2 - 21,6	TE	20
	64	17,7	TE (valor ótimo)	
1925	63 - 71	17,2 - 21,6	TE	21,6
	66	18,8	TE (valor ótimo)	
1929	66 - 75	18,8 - 23,8	TE	25
	71	21,6	TE (valor ótimo)	
1939	64.8 - 76	18 - 24,4	TE	25,5
	71,8	22,1	TE (valor ótimo)	
1941	68	20	TE (valor ótimo)	23,3
1938-1956	73 - 77	22,7 - 25	TBS	23,3 - 25
	25 - 60		UR(%)	
1960	77.6	25,3	TBS	25
	30		UR(%)	
1965	73 - 77	22,7 - 25		23,3 - 25
	UR=Menor que 60%			
1965	77	25	TBS	25,5

Para - TBS (temperatura de bulbo seco); TBU (temperatura de bulbo úmido); UR (umidade relativa); TE (temperatura efetiva).
* valor tido como ótimo para a temperatura de bulbo seco, com UR=40%

Fonte: Adaptado de NEVINS, 1966.

Um outro fator que estabeleceria um cenário para a ascensão desta arquitetura moderna seria o uso do concreto armado, proporcionando uma estrutura mais elegante e leve. O

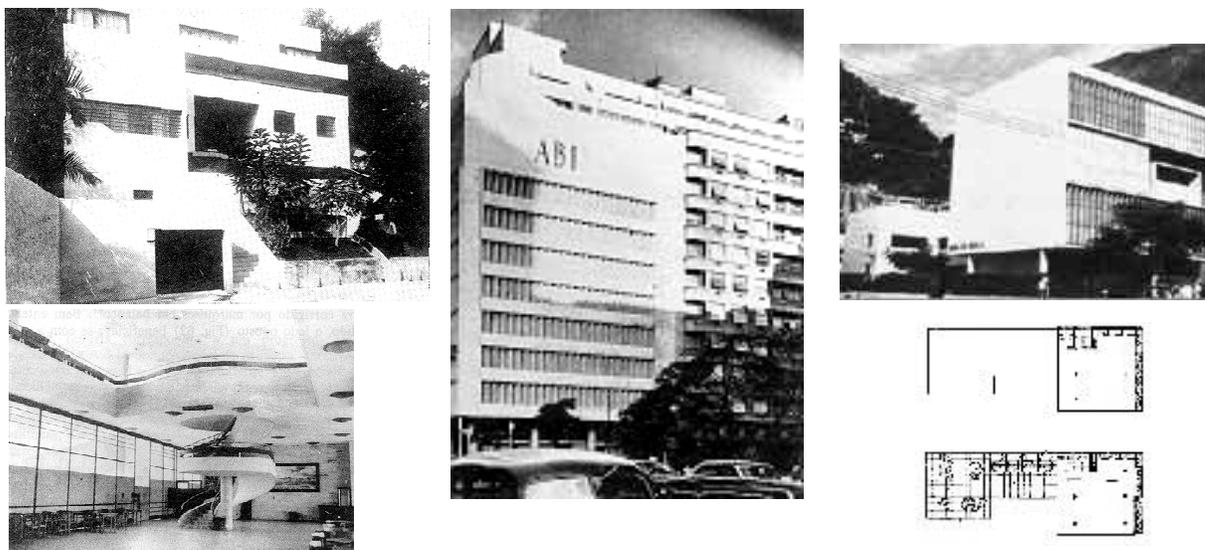
aparecimento do cimento Portland vem do final do séc. XVII, sendo o concreto armado (mistura de cimento, areia, pedra britada, sustentado por barras de ferro) utilizado pela primeira vez em meados do séc. XIX. O vidro também ganha espaço na indústria da construção. Estes dois novos materiais provocam uma alteração nos materiais tradicionais utilizados (em praticamente todas as residências até o séc. XIX) como a madeira, a argila, a pozolana e o ferro (utilizado com maior frequência a partir de 1850, na construção civil) (COLIN, 200).

No período de 1930 a 1950, sob a influência da vanguarda modernista, muitos arquitetos brasileiros começam a se preocupar com a questão da iluminação, através do uso do *Brise Soleil* criado por Le Corbusier, muito utilizado em projetos da escola carioca e paulista da época. Destes arquitetos pode-se citar: Affonso Eduardo Reidy, Lucio Costa, Gregori Warchavchik (figura 3.4 – A), Atílio Correa e Lima (figura 3.4 – B), M.M. Roberto (figura 3.4 – C), Oscar Niemeyer (figura 3.4 – D), Rino Levi, além de trabalhos do ponto de vista técnico como os desenvolvidos por Paulo Sá, no INT (MASCARÓ, 1981). A relação entre arquitetos e engenheiros, pelo menos no Brasil, distingue-se como sendo a arquitetura um conceito formal vinculado à forma plástica, inovando em estruturas e soluções formais, dependente e completada pelos cálculos e soluções propostas por engenheiros; ao contrário da Europa, onde é comum o arquiteto ser responsável por uma empresa construtora.

Como afirma Sá, em virtude da elaboração do projeto da construção da cidade universitária “... estudamos a orientação geral dos edifícios daquela cidade. Fizemo-lo de um ponto de vista exclusivamente técnico, e com ele procuramos resolver uma questão preliminar e básica em todo o projeto: a nossa futura universidade. Sobre o projeto geral ficamos conhecendo depois o interessante trabalho da comissão de arquitetos da qual faz parte a alta capacidade do prof. Lucio Costa. Naquele projeto, não se detalhou, porque não lhe era de fim próprio, a questão de orientação. Que o novo trabalho lhe sirva de colaboração é o que desejamos...” (SÁ, 1937a)⁸. Outro exemplo desta parceria pode ser encontrado nas obras de Niemeyer, que só foram executadas devido a Joaquim Cardoso, um dos melhores calculistas do mundo (BRUAND, 1991).

⁸ Segundo comunicação pessoal de Palhano Pedroso (Rio de Janeiro, 20/08/2003), a construção da cidade universitária seguiu os estudos realizados por Sá na mesma época

Dentre os projetistas que auxiliaram na construção conceitual e responderam pelo cálculo estrutural desta arquitetura iniciada em 1920, encontra-se entre outros nomes um grupo que acompanhou e colaborou com os arquitetos modernistas desde suas primeiras obras; formado pelos engenheiros Emilio Baumgart, Joaquim Cardoso, Antonio Alves Noronha, Paulo Frago, W. Tiez, entre outros (MINDLIN, 2000).



A - Casa Rio de Janeiro, G. Warchavchik, 1931. C - Associação Brasileira de Imprensa D- Obra do Berço – Oscar Niemeyer, 1937
 B - Aeródromo para hidaviões, RJ, 1937-1938, (ABI), 1938. Por Marcelo e Milton E- Obra do Berço – Oscar Niemeyer, 1937
 Vestíbulo. Attilio Correa e Lima Roberto.

Figura 3.4 (A, B e C) -Projetos elaborados na década de 1930.

Fonte: - BRUAND, 1991;D - <http://www.niemeyer.org.br/oscarNiemeyer/arquitetura.htm>.

No que diz respeito à arquitetura, as questões políticas no início do século XX, tem importante destaque, visto que os governantes desta época viam na construção de edifícios públicos uma forma de promoção pessoal. Além disso, havia poucos prédios públicos que funcionavam em mansões particulares. Com a ascensão de Getúlio Vargas ao poder entre 1930 - 45, (figura 3.5 – A, B, C) a criação dos ministérios foi uma grande transformação, posto que atribuía ao governo federal, responsabilidades que antes eram dos estados (BRUAND, 1991).

Dos ministérios construídos nessa época, cada um seguindo o desejo de seu governante, vale a pena ressaltar a diferença existente entre o Ministério da Educação e Saúde e os outros. Uma situação interessante ocorreu na construção do prédio do ministério da educação: o ministro

Gustavo Capanema, que ocupou o cargo entre 1934 e 1943, sugeriu em 1936 que fosse um edifício diferenciado dos estilos arquitetônicos existentes. Assim, recusou o projeto ortodoxo de construção do ministério, solicitando a Lucio Costa um novo projeto. Surge então o marco da arquitetura “moderna” brasileira: o ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro (Figura 3.6 - A) (BRUAND, 1991), proposto inicialmente por uma equipe chefiada por Lucio Costa, tendo como arquiteto participante Le Corbusier e mais adiante, em 1938, chefiado por Oscar Niemeyer.



A - Aniversário do sindicato dos guindasteiros do porto do Rio de Janeiro, 1930/1945. Rio de Janeiro (RJ). (CPDOC/ AFG foto 002)



B - Av. Rio Branco (1940)



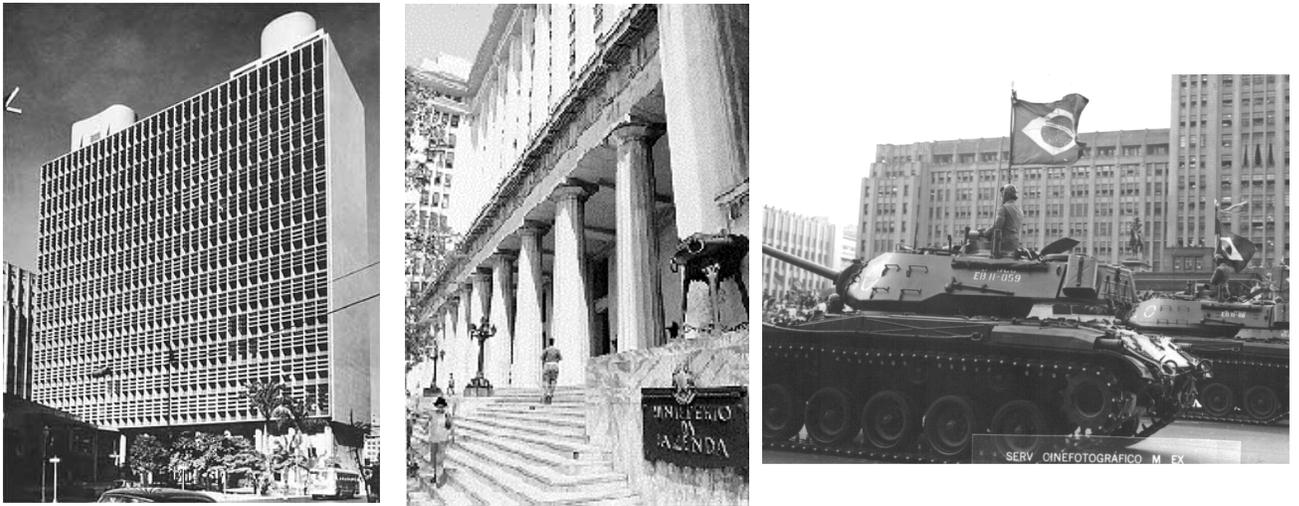
C - Cinelândia 1945

Figura 3.5 (A,B e C)- Rio de Janeiro década de 1940.

Fonte: A - www.cpdoc.fgv.br/nav_historia; (19/08/2003); B/C - ruavista.com/thalesE.htm(19/08/2003).

As questões políticas no Brasil fizeram com que as grandes obras e as novas tecnologias estivessem envolvidas na construção de edifícios como ABI (figura 3.4 – B) e o Ministério da Educação e Saúde (figura 3.6 – A) no Rio de Janeiro. Esta atitude de Gustavo Capanema foi um fato isolado, posto que outros ministérios, como o da Fazenda⁹, o da Justiça e o da Guerra, (figura 3.6 - B, C) construídos na mesma época, fossem construídos seguindo os princípios da época .

⁹ A sede do Ministério da Fazenda no Rio de Janeiro foi inaugurada em novembro de 1943. Considerado como neo-clássico, o estilo foi um reflexo da decisão pessoal do então ministro Artur de Souza Costa durante a escolha do projeto arquitetônico. A construção do edifício foi coordenada por uma comissão de engenheiros, arquitetos e desenhistas sob a direção do engenheiro Ary Fontoura de Azambuja.



A - Ministério da educação e saúde, 1937- 1943. B - Ministério da Fazenda, 1938-1943. C - Ministério da Guerra. 1935- 1937.

Figura 3.6 (A, B e C) -Ministérios construídos durante a década de 1930 e 1940.

Fonte: A-BRUAND, 1991; B.- <http://www.fazenda.org.Br>; C- <http://www..org.br>.

A contraposição entre esta arquitetura vinculada aos princípios de Le Corbusier e a arquitetura vernacular e colonial foi comum nesta época. Elementos como o brise, a estrutura livre e o emprego de grandes superfícies envidraçadas foram se adaptando à arquitetura colonial brasileira proporcionando o surgimento desta nova arquitetura. Desta maneira, estes elementos sofrem ajustes ao clima quente úmido dos trópicos, através de alterações como, por exemplo, as fachadas de azulejos assim representadas devido a alto índice pluviométrico e com as cores azul e branca da tradição regional (MINDLIN, 2000). Bruand descreve as características da arquitetura brasileira do século XX como: “...decorrentes das condições históricas vigentes do país da época: predominância da arquitetura urbana, ausência quase total de preocupações sociais, importância fundamental dos edifícios públicos, prioridade às realizações de prestígio, preocupação com a personalização e com o aparato formal, nítido desejo de conceber uma arquitetura atual, voltada para o futuro mas sem desprezar os valores do passado, conflitos e tentativas de conciliação entre, de um lado, o apelo revolucionário e o apego à tradição, e, de outro, a sedução por tudo que é estrangeiro e o orgulho nacional...” (BRUAND,1991)

3.2 - Instituto Nacional de Tecnologia

Fundado em 1921, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) (figura 3.7) foi a primeira instituição de pesquisa tecnológica do Brasil a atuar pelo Governo Federal. Teve origem na Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, criada em 28 de dezembro de 1921, e, ao longo dos anos, recebeu outras denominações que traduziram suas missões e objetivos, sempre identificados com áreas estratégicas para o desenvolvimento nacional. As atividades do INT se confundem com etapas importantes na história da pesquisa tecnológica do país.



A - INT, Rua Venezuela.



B - Fonseca Costa, primeiro diretor do INT.

Figura 3.7(A e B) – Fotos do INT.
Fonte: Arquivo do INT.

Na década de 1920 foi inicialmente subordinado ao Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, objetivando o estudo e o desenvolvimento de pesquisas tecnológicas para melhor aproveitamento dos recursos naturais do país na área de combustíveis e minérios, além de promover análises e ensaios em apoio à indústria nacional e aos órgãos governamentais. A criação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, em 26 de novembro de 1930, foi uma das primeiras iniciativas do governo, sob a chefia de Getúlio Vargas. O ministério surgiu para

concretizar o projeto do novo regime de interferir sistematicamente no conflito entre capital e trabalho, que no Brasil, até então, era tratado pelo Ministério da Agricultura, sendo as questões relativas ao trabalho, na realidade, praticamente ignoradas pelo governo¹⁰ (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2003).

Em 1933, passa a denominar-se Instituto de Tecnologia, com a finalidade de melhor estudar o aproveitamento das matérias-primas nacionais e de promover cursos de especialização para técnicos brasileiros. O instituto é integrado à estrutura do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, em 1934, com a denominação de Instituto Nacional de Tecnologia. Um dos trabalhos que merece destaque, na década de 50, foi a o cálculo dos coeficientes de isolamento térmico e acústico para a padronização das espessuras de parede na construção da cidade de Brasília (INT, 2003). No momento de sua criação o INT contava com 7 secções técnicas: metalurgia, combustíveis, materiais de construção (figura 3.8), física tecnológica e medidas físicas, química tecnológica, matérias primas vegetais e animais e indústrias de fermentação (CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981). O INT teve duas gerações de técnicos, a primeira da época de sua fundação e uma segunda nas décadas de 1930 e 1940. De uma maneira geral, pode-se dizer que estes dois grupos eram formados por uma elite socioeconômica, em sua maioria formada em engenharia ou química pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, sendo que o segundo grupo já mescla outras faculdades assim como escola nacional de física, escola de química industrial e a faculdade nacional de filosofia. No primeiro grupo destacaram-se Fonseca da Costa, Paulo Sá, Heraldo de Souza Matos, Thomas Le Gall (inglês), Silvio Froes de Abreu (químico), Ruben Descartes (químico), Rubem Roque (químico), além de outros que não se mantiveram ativos no INT, como Paulo Carneiro, Aníbal Pinto de Souza, Joaquim Souza. Do segundo grupo participaram Fernando Lobo Carneiro, além de posteriormente nomes como Abrahão Iachan, João Consante Perrone, Nancy de Queiroz Araújo, Feiga Posenthal, Ernesto Tolmasquim, Palhano Pedroso e Libero Antonaccio (CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981).

¹⁰ Das iniciativas do ministério na década de 1930 vale a pena ressaltar em março de 1932, a regulamentação do trabalho feminino e as Comissões Mistas de Conciliação; surgindo em março de 1933, a carteira profissional; é importante também ressaltar suas iniciativas no sentido de criar os Institutos de Aposentadoria e Pensões. Nos primeiros anos do Estado Novo, foi regulamentado o salário mínimo (1938) e criado, em agosto de 1940, o Serviço de Alimentação da Previdência Social (SAPS). Em 1º de maio de 1941 foi finalmente inaugurada a Justiça do Trabalho

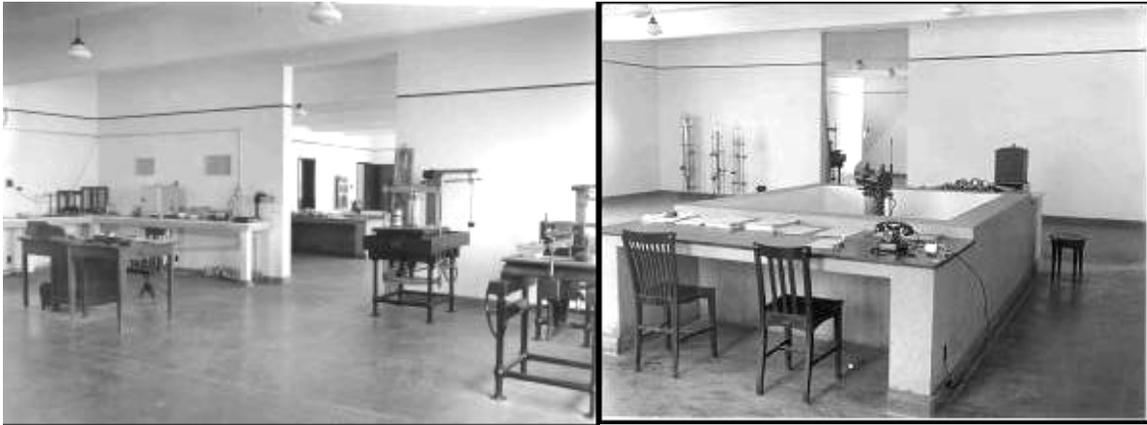


Figura 3.8 – Fotos da Sessão de Indústrias de Construção.
Fonte: Arquivo do INT.

O INT atua hoje em áreas como: (INMETRO, 2003).

- Organismo de Certificação de Produtos (OCP), credenciado pelo INMETRO, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação;
- Credenciar novos laboratórios e serviços junto ao INMETRO;
- Estimular a criação de novos negócios direcionados ao desenvolvimento de tecnologia inovadora, através do gerenciamento das atividades de incubação de empresas;
- Programa do Núcleo de Tecnologias do Gás Natural - com recursos do fundo setorial de petróleo e gás natural (CTPETRO),
- Beneficiar indústrias com a tecnologia de prototipagem rápida, que produz, em algumas horas, modelos tridimensionais desenhados em computador;
- Implementar softwares de gestão de produção

3.3 - A criação do INPM

Durante o primeiro Império, foram feitas diversas tentativas de uniformização das unidades de medidas brasileiras. Porém, apenas em 26 de junho de 1862, Dom Pedro II promulgou a Lei Imperial nº. 1157 oficializando, em todo o território nacional, o sistema métrico decimal francês. O Brasil foi uma das primeiras nações a adotar o novo sistema, que seria utilizado em todo o mundo posteriormente.

Em 1938, na era do governo Presidente Vargas, foi enviado um decreto que previa a criação de uma comissão de metrologia. A cargo do INT, Fonseca Costa propôs os nomes para esta comissão de metrologia: Paulo Sá, Bernhard Gross, Dulcideo Pereira, F. M. Oliveira Castro, Joaquim Costa Ribeiro, João Luiz Meiller e Domingos Fernandes Costa. Assim Fonseca Costa foi designado pelo governo Federal para adquirir os padrões de pesos e medidas a serem adotados no Brasil. Um fato é narrado por Lobo Carneiro a respeito da condição metrológica do Brasil nesta época “... *Nossa missão era estabelecer os padrões nacionais de pesos e medidas. Quando o Brasil aderiu à Comissão Internacional de Pesos e Medidas, recebemos de Paris o Metro e o Quilograma padrões. Só que, por obra do destino, o metro padrão sumiu. Ninguém conseguia achar... Não estava em lugar algum! Muito tempo depois, encontraram na casa da moeda, uma caixa fechada a chave que estava servindo de calço para uma mesa. Foram ver o que havia lá dentro: era o metro padrão...*” (PEREIRA, 2003).

A criação da divisão de metrologia funcionava, em 1940, com a finalidade de executar os serviços técnicos de aferição e lacração de medidas e de instrumentos de medição prescritos pela lei metrológica. Assim, os comerciantes, fabricantes de balanças e as usinas de álcool eram obrigadas a possuir um medidor lacrado pelo INT ou qualquer outra repartição técnica a juízo do Ministério da Fazenda. Em 1942, foi incumbida à seção de metrologia a formação de técnicos para fiscalizar e aferir instrumentos de medidas. Da passagem de Paulo Sá pela metrologia, como presidente de associação, tira-se textos e preocupações em como originar um escala de medidas realmente brasileiras, pois como diz Sá “... *apesar de todo o esforço que se tem feito ainda há gente que opõe a nossa lei metrológica uma inexplicável resistência... o barril não é nosso, o*

grau API não é nosso, nosso é o hectolitro; nossa é a massa específica (ou a densidade)...”¹¹
(SÁ,1958).

Segundo Armênio Lobo “... no início dos anos 50: a metrologia que se praticava naquela época era de um nível muito baixo. (...) Tinha laboratório. Tinha uns poucos instrumentos, uma tal câmara fria lá, com uma máquina de riscar, de fazer réguas, um aparelho de medição suíço, uma balança da Gurley americana e uma caixa de pesos dourados, debaixo de um armário. Mas não se fazia metrologia. Padrão? Que padrão! Não existia, realmente, na realidade, padrão, com esse sentido de padrão de referência para o país...Talvez nem o país tivesse por que desenvolver uma estrutura sofisticada para guarda e conservação de padrões primários, já que também as atividades de metrologia legal careciam de um eficiente aparato fiscalizador das atividades comerciais. Apesar de todos os esforços, é sabido que até 1960 os serviços continuavam limitados à cidade do Rio de Janeiro e ao estado de São Paulo, com quase exclusiva atuação no âmbito de feiras livres, para o combate aos abusos mais evidentes...”
(INMETRO, 2003).

Os atributos da sessão de metrologia ficaram sob a responsabilidade do Ministério de Indústria e Comércio, (MIC) até 1961. Como parte da reestruturação do MIC, foi retirada do mesmo toda a área de atuação relativa ao campo das relações de trabalho, atribuindo-lhe exclusivamente o estudo e a execução das políticas de governo relacionadas com a indústria e o comércio. Neste reordenamento, as atividades de cunho metrológico do INT seriam transferidas a um novo órgão, o INPM, (Instituto Nacional de Pesos e Medidas), criado em 1961, tendo como primeiro diretor geral Paulo Sá, que acabara de se aposentar do INT. O processo, contudo, não seria simples e exigiria, em primeiro lugar, um forte amparo político (INMETRO, 2003).

Criado para cumprir as atribuições metrológicas de forma independente, o INPM, era diretamente subordinado ao ministério da Indústria e Comércio, com a finalidade de promover a execução da legislação metrológica. Ao INPM ficava a responsabilidade de todo o material metrológico existente no país, com exceção dos equipamentos pertencentes ao Observatório

¹¹ Texto escrito por Sá, sobre as unidades usadas na reunião comemorativa do 5º aniversário da Petrobrás, buscando a conscientização de valores métricos legais para os padrões brasileiros, ao invés do Barril, do API (American Petroleum Institute) e do grau Fahrenheit

Nacional. Separadas as atribuições de pesquisa tecnológica e de metrologia, o INT permaneceria responsável pela primeira, nos termos formulados pela legislação de 1938. Em termos práticos, estas definições não foram realizadas, pois a tentativa de conjugar as tarefas de cunho legal com uma estrutura científica dependia de investimentos em infra-estrutura e pessoal que não foram levados em conta pelos governos que se seguiram até 1945 (CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981).

Após vinte anos, em 1962, já existia a aferição no Rio de Janeiro. Um elemento chave nas negociações para o estabelecimento do INPM foi Paulo Accioli Sá, membro da Comissão de Metrologia e presidente da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Paulo Sá foi diretor do INPM de 1962 a 1968. Ele havia “... *sido presidente desta Comissão de Metrologia, então já tinha ligações, tinha outra sensibilidade para metrologia, etc. (...) era uma pessoa que tinha uma posição confortável junto a alguns políticos, então a gente achava que isso ia empurrar a metrologia para frente. Bom, representou melhora muito grande, mas não resolveu os problemas, não deu à metrologia a posição que ela deveria ter (...) Começamos a ser pressionados para sair do INT - já que criaram, agora vão embora! - naquela ocasião, tinham esvaziado o edifício de instrumentos...*” (Armênio Lobo¹²). Por tradição, a prefeitura fazia a aferição; mas a aferição era muito precária. De tal forma que quando o Dr. Paulo Sá resolveu assumir as aferições, em acordo com as autoridades, nem a aferição, nem a fiscalização estavam sendo feitas perfeitamente. “... *Usava-se pedras como peso, as balanças eram muito precárias (...) nós ficamos muito surpresos porque chegavam com dois pratos da balança, balança de feirante, os dois pratos para fazer aferição, já estava carimbado o exame de aferição...*” (INMETRO,2003).

E nessas condições ficou por um bom tempo a metrologia brasileira, criando força a partir da década de 1960. Em 1973, nasce o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, o INMETRO, que no âmbito de sua ampla missão institucional, atualmente, objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando a sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. Além disso, luta para conquistar o reconhecimento internacional do Sistema Nacional de Metrologia e do Sistema

¹² Armênio Lobo Cunha Filho foi diretor do Instituto de Pesos e Medidas de 1975 a 1980.

Brasileiro de Credenciamento de Laboratórios, Organismos de Certificação e Inspeção ao mesmo tempo em que vem trabalhando para que o país ingresse competitivamente no mercado externo (INMETRO, 2003).

3.4 - Algumas personalidades do INT

3.4.1 - Paulo Accioli de Sá

Nascido em Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, em 21 de outubro de 1898 e falecido em julho de 1984, em Santos, SP; Paulo Sá (figura 3.9), assim conhecido por muitos, pode ser considerado mais que um engenheiro civil, como referiu-se Palhano Pedroso “*eu o considero muito mais um humanista do que apenas um técnico...*” (PEDROSO, 2003). Formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1920, conclui seu trabalho de livre docência em 1928 na área de hidráulica (SÁ, 1928), sendo professor livre docente da mesma faculdade na cadeira de Hidráulica Teórica e aplicada¹³. Sobre suas funções acadêmicas pode-se citar ainda sua participação na fundação da Politécnica da PUC Rio. Foi secretário de Viação e Obras do Rio de Janeiro, sob o governo de João Carlos Vital, diretor da revista *A Família*, fundador do Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas, membro da Comissão Internacional de Metrologia, entre outras atividades.

Figura culta e tímida, Paulo Sá tem participação em vários fatos ocorrentes no Rio de Janeiro durante o século XX. Assim o cita Faria Góes, diretor do CETRHU¹⁴, em 1969 “*...o prof. Paulo Sá, dispensa apresentações dada sua destacada carreira e sua autoridade como professor da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, da Escola Politécnica da Puc, do INT, da ABNT, além de outras atividades, numerosas e fecundas no campo educacional e profissional...*” (SÁ, 1969).

¹³ Arquivos do Museu da Escola Politécnica na UFRJ.

¹⁴ CETRHU, Fundação Getúlio Vargas, Centro de Estudo e Treinamento em Recursos Humanos.



Figura 3.9 - Paulo Sá
Fonte: INT.

Falar do INT é falar de Paulo Sá. Como chefe da divisão de Indústria da Construção, do Ministério de Indústria e Comércio, Sá tinha por objetivo “...prestar aos fabricantes e usuários dos produtos utilizados na indústria de construção todo o auxílio técnico para permitir compras de qualidades definidas e estabelecer regras mais racionais nos processos construtivos... oferecia serviços de concreto e cimento, telhas e tijolos, de madeiras, de metais, de solo e pavimentação e de impermeabilizantes térmicos..” (Sá, apud CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981).

De sua participação no INT, podem-se citar mais duas contribuições: a criação da ABNT e a criação do INPM (posteriormente denominado INMETRO). A ABNT surge “... como uma filha da divisão de Paulo Sá”¹⁵ possuindo os mesmos problemas referentes ao controle de qualidade dos materiais que eram empregados na indústria civil e que muitas vezes comprometia o resultado final da obra (Sá, apud CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981). A divisão de Metrologia, criada apenas em 1938, também conta com a participação de Paulo Sá, que foi designado diretor da divisão em 1962.

Os primeiros estudos de aplicação estatística ao problema de segurança e obras também foram de iniciativa de Paulo Sá. Sua participação ocorre desde 1936, quando resolveu reunir mensalmente, no refeitório do INT, os representantes de vários laboratórios tecnológicos do Rio

¹⁵ Em entrevista pessoal tanto Palhano Pedroso como Abhraão Iachan (ainda pertencente ao INT), demonstraram em seus relatos que Paulo Sá, possuía pela ABNT um carinho muito pessoal sendo que ele mesmo brincava que ABNT era seu 10º filho.

de Janeiro. Assim, pelo sucesso das reuniões em 1937, foi elaborada a Primeira reunião geral dos Laboratórios Nacionais de Ensaio de Materiais; a segunda reunião aconteceu em São Paulo, em 1938, tendo como resultado o apoio do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) aos esforços do INT. Estas duas reuniões antecipam a criação da ABNT em 1940, sendo citadas em seus estatutos como reuniões da própria ABNT (PEREIRA, 2003).

A sessão de Paulo Sá foi assim a que mais se desenvolveu ao longo dos anos “... *houve o caso de crescimento e de projeção para fora, como ocorreu, mais explicitamente com a divisão de Paulo Sá, que além de ter atraído uma vasta clientela e se engajado na obtenção da lei metrológica na criação da ABNT, chegara a constituir no seu auge, uma equipe de 20 engenheiros e técnicos...*” (Fernando Lobo Carneiro, apud CASTRO e SCHWARTZMAN, 1981).

Das obras que utilizaram os serviços do INT, em relação à dosagem de concreto utilizada, até 1940, pode-se citar entre outras (SÁ, 1940):

- Obra Aeroporto Santos Dumond/ Obra Sanatório de Recife – Cliente Leão Roberto e CIA.
- Obra Ponte Sobre o Tiete / Obra Edifício a rua Araújo Porto Alegre - Cliente Chistiani Nielsen
- Obra Porto de Ibítuba/ Obra Porto de Natal – Cliente Companhia Nacional de Construção Civil e Hidráulicas
- Obra Edifício Brasília/ Obra Edifício a Praia do Botafogo - Cliente Gusmão Dourado
- Obra Armazéns do Porto do Rio – Cliente construtora Brandão
- Obra Instituto dos Bancários – Cliente Brandão, Magalhães e Cia

- Obra Imprensa Nacional/ Obra Clube Militar/ Obra Palácio do comércio – Cliente Dourado e Cia
- Obra Edifício do Ministério do Trabalho – Cliente Raja Gabaglia.

Na década de 1950, pode-se citar a participação da Seção de Industrias de Construção, em obras como (PEREIRA, 2003):

- Adutora do Guandu;
- Aeroporto do Galeão;
- Participação na construção do Museu de Arte Moderna do Rio;
- Complexo universitário da ilha do Fundão;
- Colaboração na construção de Brasília através dos cálculos dos coeficientes de isolamento térmico e acústico para a padronização das espessuras das paredes;

3.4.2 - Luiz Alberto Palhano Pedroso

O engenheiro Luis Alberto Palhano Pedroso trabalhou no INT desde 1939, junto com o engenheiro Paulo Sá, na área de estudos dos materiais para a proteção térmica. (Pedroso, 2003). Segundo Pedroso, como assistente do eng. Paulo Sá, “... em 1939, eu acabara de chegar dos EUA, cheio de novas idéias, por ter estudado fora do pais na área de ar condicionado. Assim no INT, eu tive a oportunidade de realizar estas novas idéias, por que Paulo Sá era uma pessoa que enxergava a frente de seu tempo, o que nos dava espaço para realizar estas novas pesquisa. Tínhamos uma caixa térmica, vinculada a tecnologia da época e foi com ela que começamos a realizar nossos primeiros estudos...” (PEDROSO,2003). Palhano Pedroso também acompanhou

Paulo Sá, na criação da ABNT¹⁶, sendo ainda seu assistente na criação da divisão de metrologia, ficando responsável pela sessão de medidas.

Juntamente com Paulo Sá, tem participação no estudo da cidade universitária do Rio de Janeiro na década de 1950, assim como no controle de ruídos urbanos, regime dos ventos, entre tantas outras coisas (PEDROSO, 2003).

Um dos trabalhos realizados foi publicado pelo INT em 1943, com a contribuição de Palhano Pedroso. A preocupação da publicação era relatar a importância dos valores de insolação, responsáveis pelo ganho térmico da estrutura, criando medidas defensivas para os dias em que este fator de insolação estivesse acima de um nível médio. Da mesma maneira, neste trabalho apresentou-se o início do estudo sobre condutibilidade térmica das superfícies, tendo-se como objetivo avaliar termicamente uma edificação.

Segundo Sá, 1943, as superfícies são de grande importância no ganho de carga térmica, Paulo Sá elabora o teste a seguir, sendo que ele mesmo cita o trabalho de dois engenheiros, que seriam mais precisos em relação ao assunto: Pontes Vieira e Palhano Pedroso, que também possuem trabalhos publicados pelo I.N.T.

Os resultados encontrados foram superficiais, não apresentando uma análise mais profunda, apenas constatou-se que o vermelho das cores utilizadas é o melhor refletor, que a rugosidade da superfície não é de grande importância e que como era de se esperar a pintura influi bastante na refletividade, sendo a pintura a óleo a que possui o coeficiente mais baixo de refletividade do calor. (quadro 3.3).

Através de experimentos com corpos de prova de concreto circulares, de 5 cm de diâmetro e 1 cm de altura, foram feitos 40 testes mudando-se as seguintes variáveis: cor, rugosidade, tipo de pintura e material de revestimento. Determinam-se os seguintes valores:

¹⁶ A ABNT foi fundada sem fins lucrativos e tanto Sá como Palhano Pedroso, não recebiam nada por este trabalho. (Pedroso, 2003)

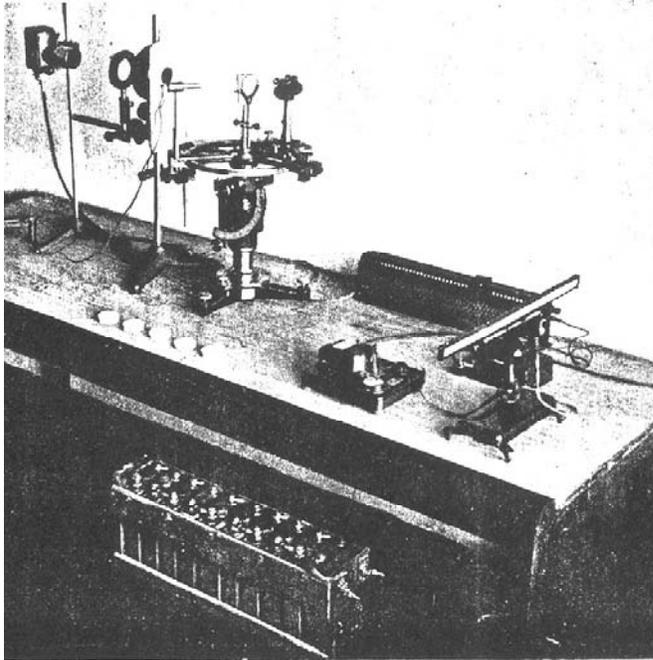
Quadro 3.3 - Coeficientes médios de reflexão em relação às variáveis consideradas

1º Variável		2º Variável		3º Variável	
Cor		Rugosidade		Pintura	
	%	Tipo	%	Tipo	%
Vermelho	81	Lisa	59	Gesso e cola	73
Amarelo	79	Rugosa	45	Sem pintura	43
Verde claro	76			Óleo fosco	26
Branco	67				
Cinza claro	48				
Creme	45				
Rosa	36				
Marrom	30				
Cinza escuro	21				

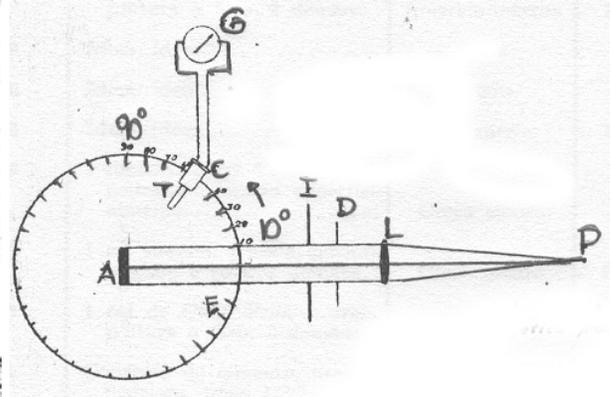
Fonte: Adaptado de SÁ, 1943

Os ensaios foram feitos por Palhano Pedroso com a finalidade de obter dados comparativos sobre o poder refletor térmico de materiais de revestimento geralmente empregados na construção civil (SÁ, 1943). Para a realização dos ensaios foram utilizados (figura 3.10)

- A. Fonte energética - Lâmpada trabalhando sobre tensão de 6 volts, 6 amperes, corrente contínua; filamento em espiral, aproximadamente pontual; por meio de uma lente, foram obtidos raios energéticos paralelos incidindo normalmente sobre a superfície em estudo;
- B. Corpo de Prova – Cilindros, medindo 5 cm de diâmetro de base por 1 cm de altura, confeccionados com cimento, areia e pedrisco, traço 1:2:2. Os corpos de prova foram revestidos com materiais diversos (Ver quadro 3.3);
- C. Receptor Térmico: Célula de Moll (fabricante Kipp e Zonen), com filtro 0,3mm de ebonite, precedida por um tubo cilíndrico receptor, esfumado internamente. A superfície da célula que recebe a radiação é $0,28\text{cm}^2$;
- D. Galvanômetro utilizado – Siemens tipo standard, com sensibilidade de 3,3 a 0,9 micro volts por metro



A - Foto da aparelhagem



Onde:

P - Fonte energética pontual

L - lente

B - Esquema da aparelhagem

Figura 3.10 (A e B) -Aparelhagem utilizada na medição da reflexão térmica
Fonte: SÁ,1943

Cada corpo de prova foi colocado de modo que a face revestida ficasse no plano vertical e ortogonal aos raios energéticos incidentes. Sobre um limbo horizontal graduado se movimentava um suporte com a célula de Moll, ligada ao galvanômetro em que são feitas as leituras para cada posição do receptor térmico. Essas leituras foram efetuadas num quadrante do limbo graduado respectivamente, a 11°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°. Em seguida fez-se uma representação gráfica no sistema polar. Os pontos obtidos, ligados, formam uma curva contínua, que seria uma circunferência se o corpo de prova seguisse a lei de Lambert. A área limitada pela curva representaria o refletor térmico da superfície em estudo, nas condições do ensaio. Assim, tomando a maior área como padrão, obteve-se os dados mostrados no quadro 3.4:

Quadro 3.4 – Dados relativos à reflexão térmica dos corpos de Prova

Composição do revestimento	Cor	Estado da Superfície	Reflexão térmica (%)
1: cal de Cabo Frio, 1 areia, pintura gesso e cola, 2 demãos	Branco	Lisa	100
Idem	Branco	Pouco Rugosa	92
Idem	Branco	Rugosa	88
Idem	Amarelo	Lisa	87
Idem	Vermelho	Rugosa	85
Idem	Vermelho	Pouco Rugosa	85
Idem	Verde claro	Lisa	84
Idem	Branco	Rugosa	83
Idem	Verde Claro	Rugosa	83
Idem	Amarelo	Rugosa	82
Idem	Amarelo	Lisa	80
1 cal comum, 1 areia, pintura gesso e cola, 2 demãos	Vermelho	Rugosa	80
Idem	Vermelho	Pouco Rugosa	76
1: cal de Cabo Frio, 1 areia, pintura gesso e cola, 2 demãos	Verde claro	Pouco Rugosa	70
1 cimento branco, 1 cal, 4 areia alba	Branco	Rugosa	70
1 cal comum, 1 areia, pintura gesso e cola, 2 de mãos	Amarelo	Muito Rugosa	67
1 cimento,2,5 areia, 1 pedra 0, 0,5 kieselguhr	Cinza claro	Lisa	58
Idem	Cinza claro	Lisa	57
1 cimento,2 cal, 4 saibro	Creme claro	Lisa	57
1 cal de cabo frio, 1 areia	Cinza claro	Muito Rugosa	56
1 cimento,2 cal, 4 saibro	Creme claro	Pouco Rugosa	53
1 cimento,2 cal, 4 areia	Cinza claro	Lisa	47
1 cimento branco, 2 cal, 4 areia alba	Branco cinza	Lisa	46
1 cal de cabo frio, 1 areia, pintura a óleo, 2 demãos	Branco	Pouco Rugosa	45
Idem	Rosa	Pouco Rugosa	44
1 cimento,2 cal, 4 areia	Cinza claro	Lisa	41
1 cal de cabo frio, 1 areia	cinza	Rugosa	38
1: cal de Cabo Frio, 1 areia, pintura a óleo, 2 demãos	Verde azulado	Rugosa	37
Idem	Branco	Lisa	36
1: cal de Cabo Frio, 1 areia, pintura gesso e cola, 2 demãos	Cinza claro	Lisa	32
1 cimento, 2 cal, 4 areia, pó de pedra adicionado superficialmente	Cinza escuro	Rugosa	31
1 cal de Cabo frio, 1 areia pintura a óleo, 2 demãos	Amarelo Marrom	Pouco rugosa	30
Idem	Rosa	Lisa	28
Idem	Creme	Lisa	26
Idem	Branco	Pouco rugosa	23
1 cimento, 2 cal, 4 areia, pó de pedra adicionado superficialmente	Cinza escuro	Lisa	22
1 cal comum, 1 areia, pintura gesso cola, 2 demãos	Cinza escuro	Pouco rugosa	17
1 cal cabo frio, 1 areia pintura a óleo, 2 demãos	Cinza	Lisa	16
Concreto de cimento, areia e pedrisco, traço 1:2:2	Cinza	Lisa	16
1 cal comum, 1 areia	Cinza escuro	Rugosa	16
1 cal cabo frio, 1 areia, pintura a óleo, 2 demãos	Cinza	Rugosa	10

Fonte: SÁ,1943.

3.4.3 - Fernando Luiz Lobo Barboza Carneiro

Entre os pesquisadores que fizeram a história do INT podemos citar Fernando Luiz Lobo Barboza Carneiro. Aos 20 anos de idade, Lobo Carneiro (figura 3.11) trabalhou com o engenheiro Emílio Baumgart, responsável pela construção do primeiro grande edifício no mundo em estrutura de concreto, pertencente ao jornal "A Noite". (INT, 2003). Em 1934 Fernando Lobo Carneiro formou-se na Escola Politécnica da Universidade do Brasil; motivado por seus tios Astrogildo Machado e Carlos Chagas, pesquisadores da equipe de Oswaldo Cruz, Lobo Carneiro optou pelo convite de Paulo Sá, seu ex-professor e um dos responsáveis pela fundação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)¹⁷ (AGUIAR / 2001). A partir daí, Lobo Carneiro (figura 3.11- A, B, C) iniciou suas pesquisas em resistência das estruturas de concreto. Ingressando no INT, trabalhou 33 anos com resistência de estruturas e modelos reduzidos. O ensaio *Dosagem de Concretos* (1943) apresenta um método experimental conhecido como "método do INT", que estabelece as proporções dos componentes empregados na elaboração do concreto. No mesmo ano, o engenheiro desenvolveria um método internacional para calcular a resistência dos concretos à tração (AGUIAR, 2001).

Um desafio acabaria suscitando a criação do método que o faria reconhecido internacionalmente: a intenção da Prefeitura do Rio de Janeiro de deslocar, em 1943, a Igreja São Pedro dos Clérigos (INT, 2003).

Na época, seria aberta a Avenida Presidente Vargas no Rio de Janeiro, justamente onde havia a pequena Igreja de São Pedro, de planta elíptica e, portanto, distinta das mais comuns, retangulares ou em cruz. Para evitar sua demolição, a igreja seria deslocada sobre rolos. "A distância não era grande, dez metros. Na Europa haviam realizado com sucesso usando rolos de aço. Como estávamos em guerra, não era possível consegui-los" (AGUIAR, 2001).

Surgiu a idéia de usar rolos de concreto, cuja resistência o professor analisou em laboratório. A constatação de que o rolo de concreto racha verticalmente ao invés de esmagar

¹⁷ Fundada em 1940, a ABNT, é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como Fórum Nacional de Normalização – ÚNICO – através da Resolução n.º 07 do CONMETRO, de 24.08.1992. Membro fundador da ISO (International Organization for Standardization), da COPANT (Comissão Pan-americana de Normas Técnicas) e da AMN (Associação Mercosul de Normalização).

quando pressionado originou o ensaio apresentado em setembro de 1943 na terceira reunião da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A igreja, contudo, foi demolida, pois seu deslocamento estava expondo ao ridículo o prefeito Henrique Dodsworth, inclusive em um samba da época (AGUIAR, 2001). “...*Impossibilitada de rolar a edificação em cilindros de aço, não disponíveis por ocasião da guerra, a empresa Estacas Frank contratou o INT para estudar a possibilidade de utilizar cilindros de concreto. Para investigar a resistência dessas estruturas, desenvolvi o método, que acabou, dois anos depois, sendo levado pelo diretor Fonseca Costa para a Reunião Internacional de Laboratórios de Ensaio, em Paris, envolvendo as 14 principais instituições do mundo nesta área. Distribuído em folhas mimeografadas, o material acabou sendo conhecido como brazilian test e adotado pela American Society for Testing and Materials, pelo Comitê Europeu de Concreto e pela ISO ...*” (CARNEIRO, 2001).



A - Lobo Carneiro e a família. Ele é o mais velho de oito irmãos
B - Lobo Carneiro em conferência no Clube de Engenharia, em 27/04/1948.
C - Lobo Carneiro e esposa, Zenaide, 2001.

Figura 3.11 (A, B e C) - Lobo Carneiro em épocas diferentes de sua vida

Fonte: INT,2001

Na Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ), Lobo Carneiro participou do desenvolvimento da tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas, utilizada pela Petrobrás. Na Coppe, permaneceu lecionando no programa de pós-graduação em Engenharia Civil até os últimos dias de sua vida. (falecido em novembro de 2001) (INT, 2003). No INT, Lobo Carneiro ainda chefiou a Divisão de Ensino e Documentação, em 1964, e no mesmo período, realizou um trabalho que resgatou a importância de Galileu como fundador da Ciência da Resistência de Materiais (INT, 2003).

3.5 Sequência cronológica

1916 - Alexandre Albuquerque. Primeiro estudo editado sobre insolação no Brasil.

1921 - Fundado o Instituto Brasileiro de Arquitetura, 21/01.

1921 - Fundado o Instituto Nacional de Tecnologia (INT).

1925 - Primeira visita de Le Corbusier ao Brasil, visita a escola nacional de Belas-Artes do Rio de Janeiro (12/1925).

1925 - Os pedreiros possuíam ainda o título de mestre de obras.

1930 - Golpe de Estado por Getulio Vargas.

1930 - Criação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio (26/11).

1930 - Lucio Costa nomeado diretor da Escola de Belas Artes.

1931 - Lucio Costa (18/09) demitido do cargo de diretor da Escola de Belas Artes, devido às divergências entre a escola catedrática e o novo estilo moderno.

1931 - Paulo Sá realiza seu primeiro trabalho sobre temperatura efetivas no Brasil, que vem a ser publicado em 1934;

1932 - Revolução Paulista

1933 - Decreto regulamentador da função de Arquiteto, dando aos mestres de obras¹⁸ o título de arquitetos-construtores.

¹⁸ Em 1925, os mestres de obra pedreiros ainda tinham domínio sobre o mercado da construção civil como na época colonial, (apud BRUAND, Architectura e Urbanismo, n-4, julho –agosto de 1937, 181-182)

1934 - O Instituto de Tecnologia passa a integrar a estrutura do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, com a denominação de Instituto Nacional de Tecnologia.

1934/1935 - Paulo Sá realiza um trabalho sobre avaliação térmica no Brasil, pressupondo equações lineares.

1935 - Primeiro esboço para a criação da cidade Universitária do Rio de Janeiro.

1935/36 - Lucio Costa, projeto para o Ministério da Educação e Saúde.

1935/36 - Paulo Sá realiza um trabalho sobre avaliação térmica no Brasil, utilizando o termômetro resultante de Missenard.

1936 - Le Corbusier, auxílio no projeto do ministério da Educação e Saúde e no projeto da cidade universitária do Rio de Janeiro.

1936 - Primeiro projeto para a criação de uma Faculdade de Arquitetura, a criação dessas faculdades nas capitais dos principais estados do Brasil deu-se de 1943 em diante.

1937 - Oscar Niemeyer, primeiro exemplo de *Brise - soleil* móvel na arquitetura brasileira. Obra do Berço

1938 - Construção da sede social da Associação Brasileira de Imprensa (ABI) por Marcelo e Milton Roberto.

1938 – Criada a seção de metrologia na divisão de indústria e comércio no INT

1939 - Niemeyer assume a direção da equipe do MES, no Rio de Janeiro.

1939 - Lucio Costa, Oscar Niemeyer – Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de New York.

- 1940** - Fundada a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).
- 1943** - Lobo Carneiro apresenta um método experimental conhecido como "método do INT", sobre "*Dosagem de Concretos*".
- 1944** - M. M. M. Roberto, Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro /1937-1944.
- 1944** - IRB, prédio do Instituto de Resseguros do Brasil. Projetado em 1940, pela equipe M.M.M. Roberto.
- 1945** - Mudança do curso de Arquitetura da escola de Belas Artes do Rio de Janeiro, para uma faculdade autônoma incorporada à Universidade Federal.
- 1951** - Publicação dos primeiros estudos propostos por Sá, para a cidade Universitária do Rio de Janeiro.
- 1961** - Criado o INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas).

4. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO NA DÉCADA DE 30

Segundo Sá, 1936, existiam algumas variáveis capazes de influir na sensação térmica do homem perante um determinado ambiente. De uma maneira geral, tinha-se que, nenhum fator isoladamente seria capaz de representar a sensação térmica individualmente, o que gerou o uso de vários fatores climáticos interligados. Dos métodos utilizados na época, como a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido, a temperatura radiante, a umidade e a velocidade do ar não poderiam reproduzir a sensação térmica isoladamente. Buscava-se então um índice capaz de representar adequadamente a influência térmica do ambiente sobre o organismo humano, capaz de indicar o grau de conforto experimentado pelos indivíduos e paralelamente a influência exercida pelo ambiente sobre a saúde e produtividade do mesmo indivíduo (SÁ, 1936). Dentre os métodos utilizados na época tomou-se conhecimento dos seguintes:

4.1 -Temperatura de bulbo seco.

A temperatura é a medida de quanto um corpo é mais quente ou mais frio que o outro corpo. A temperatura não é uma medida direta de calor, e sim a medida do resultado da ação do calor sensível. O corpo mais quente é o de maior temperatura, ou de maior nível de calor. A temperatura de bulbo seco é usada pelo não técnico para exprimir a “idéia” do dia quente e do dia frio. O mesmo pressupõe que os dias quentes possuem elevadas temperaturas de bulbo seco e os dias frios a temperatura mais baixa (SÁ, 1936). Em 1826, porém já se tinha conhecimento de que a sensação de frio era muito mais complexa do que a medida pelo termômetro de bulbo seco.

Entre as variáveis citadas (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura radiante, umidade e velocidade) a temperatura de bulbo seco é a que mais representa a sensação de conforto do indivíduo no ambiente, sendo apenas um fator, pois não é sensível nem à umidade, nem à movimentação do ar, nem ao calor irradiado (SÁ, 1936). A medida no termômetro comum de bulbo seco é dada através de um termômetro simples de mercúrio. Cuidados especiais devem ser tomados para que a coluna de mercúrio não interaja com o ar, não ficando exposta às mudanças causadas pela ventilação, nem pela radiação de calor das superfícies circundantes. (BEDFORD, 1948).

4.2 - Temperatura de bulbo úmido

Essa temperatura é medida pelo termômetro de bulbo úmido natural, o qual tem seu bulbo envolto por uma gaze molhada. Seu valor é influenciado pela temperatura de bulbo seco como também por seu teor de umidade, o qual facilita ou dificulta a evaporação da água contida no bulbo (SÁ, 1936) ¹⁹.

A umidade da atmosfera é a quantidade de vapor de água contida no ar. Para dada temperatura, há um valor do máximo conteúdo possível de vapor de água, que depende da pressão de vapor a essa temperatura, e é chamado de ponto de saturação ou ponto de orvalho.

¹⁹ No texto escrito por Paulo Sá, 1936, não há comentários sobre a ventilação.

Nesse caso a umidade relativa é de 100%. Conhecendo-se a pressão atmosférica e a pressão parcial de vapor de água, pode –se dizer que (BEDFORD, 1948):

$$g = \frac{4354x}{p - x} \quad (4.1)$$

Onde:

g = é a quantidade de vapor de água por 1lb de ar seco;

x = é a pressão parcial exercida pelo vapor de água presente na atmosfera;

p = é a pressão barométrica;

As pressões são dadas em mmHg.

4.3 - Catatermperatura

O catatermômetro foi introduzido por Leonard Hill, em 1914. Trata-se de um termômetro a álcool que se aquece aproximadamente à temperatura do corpo humano, para em seguida deixar esfriar até a temperatura do ambiente a estudar. Consiste de um bulbo com 4 cm de comprimento e 1,8 cm de diâmetro. Na haste a diferença entre a maior e a menor graduação é 5°F(≈2,8 °C). No topo da haste, o tubo interior é ampliado formando um pequeno reservatório, de modo que o instrumento possa ser aquecido diversos graus acima da graduação mais elevada sem risco de quebra. Na parte detrás da haste marca-se o fator do termômetro ou fator cata, que representa a quantidade de calor perdida, em milicalorias por cm² da superfície do bulbo, à medida que o termômetro se resfria através do intervalo de 5°F(≈2,8 °C) marcado na haste (BEDFORD, 1948).

O termômetro é mergulhado num recipiente com água quente até o álcool alcançar o reservatório no alto da haste e logo em seguida é retirado do recipiente, pendurado e secado. Enquanto o termômetro esfria, mede-se o tempo que o álcool demora a cair da graduação superior ao nível mais baixo de graduação. O tempo cronometrado deste resfriamento dá uma medida do poder refrigerante do ar e assim da perda de calor para o ambiente (SÁ, 1934). Assim sendo, utilizou-se o catatermômetro para estabelecer a velocidade do ar. Dividindo-se o tempo de

refrigeração médio expresso pelo coeficiente do “poder de refrigeração” (*cooling power*), tem-se que a taxa da perda de calor do bulbo pode ser expressa em milicalorias por cm^2 .

O termômetro foi pensado primeiramente como um instrumento que medisse as perdas de calor humano para o ambiente. Seu principal uso, porém, foi como um anemômetro, devido às diferenças existentes entre o resfriamento do termômetro e a maneira com que o corpo humano dispersa calor.

Consegue-se obter a velocidade do ar através desse coeficiente. Isto pode ser verificado pelo cálculo direto ou pelo uso de um nomograma.

O cálculo da velocidade do ar é dado pela fórmula:

$$V = \left[\frac{\frac{H}{(T-t)^{-a}}}{b} \right]^2 \quad (4.2)$$

Onde:

V = velocidade do ar (ft/min)

t = temperatura ($^{\circ}\text{F}$)

H = poder de refrigeração do catatermômetro: valor do grau cata dividido pelo tempo de refrigeração (s)

T, a e b = constantes tabeladas que dependem do catatermômetro usado, apresentadas no quadro 4.1.

Existem vários tipos de catatermômetro, que tornam as variáveis diferentes na equação para o cálculo da velocidade do ar. Para isso existe um quadro (quadro 4.1) com os valores estipulados para alguns modelos:

Quadros 4.1 - Constantes para a equação do Catatermômetro

CONSTANTES PARA AS CATA-TEMPERATURAS								
ESCALA DE REFRIGERAÇÃO		SUPERFÍCIE DE BULBO	T		BAIXAS VELOCIDADES		ALTAS VELOCIDADES	
(°F)	(°C)		(°F)	(°C)	a	b	a	b
100-95	37,7 - 35	Vidro	97,7	36,5	0,111	0,01584	0,0586	0,02012
130-125	54,4 - 51,6	Vidro	127,5	53	0,118	0,0139	0,064	0,0184
100-95	37,7 - 35	Prata	97,7	36,5	0,056	0,0158		
130-125	54,4 - 51,6	Prata	127,5	53	0,061	0,0139	0,011	0,0170
150-145	65,5 - 62,7	Prata	147,5	64,2	0,074	0,0184	0,018	0,0223

Até 200 ft/min considera-se baixas velocidades; acima desse valor, altas velocidades.
 Para salas comuns pode-se usar um cata termômetro prata, com escala de refrigeração de 130°F a 125°F.
 Para ambientes mais quentes pode-se usar um cata termômetro prata, com escala de refrigeração de 150°F a 145°F.

Fonte: Adaptado de Bedford, 1949.

Para facilitar o uso do termômetro, foi desenvolvida uma carta que permite o cálculo da velocidade do ar (figura 4.1).

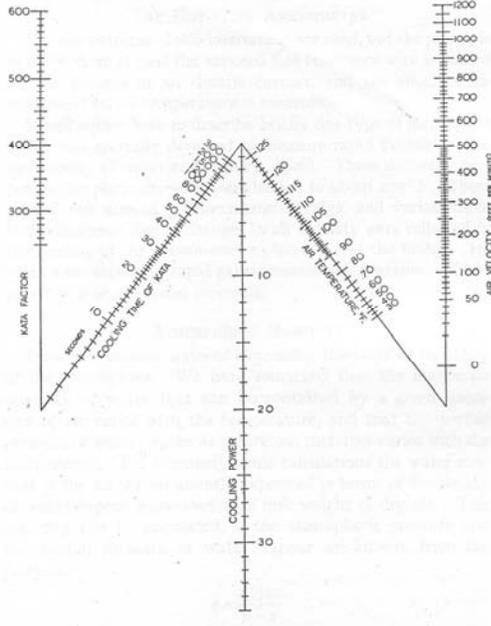


Figura 4.1 - Carta para estimar a velocidade do ar. (Através das temperaturas encontradas por catatermômetro prata com poder de refrigeração de 130°F a 125°F).

Fonte: Bedford, 1949.

A carta para estimar a velocidade do ar é utilizada da seguinte maneira: traça-se uma linha do ponto na escala vertical esquerda (fator do cata), até o ponto da linha inclinada esquerda (tempo de refrigeração); estende-se esta linha até a linha vertical média, que determina o valor do poder refrigerante. Sabendo-se a temperatura do ar, liga-se o ponto do poder refrigerante até a

linha da direita (temperatura do ar), formando uma reta que deverá ser estendida até a segunda linha da direita, achando-se então a velocidade do ar.

4.4 – Temperatura de Globo

A irradiação efetiva ou temperatura de globo (figura 4.2), introduzido por Vernon em 1930 (BEDFORD, 1948), definida por Vernon como a temperatura de radiação – convecção, tem como objetivo indicar a combinação dos efeitos de radiação e convecção e como eles influenciam o corpo humano. O termômetro de globo por si só foi considerado inadequado como medidor de conforto por Bedford, e ele exemplifica dizendo que, *“quando a temperatura do ar é igual a das superfícies circundantes, a temperatura de globo será igual à temperatura do ar independente da velocidade do ar.”*

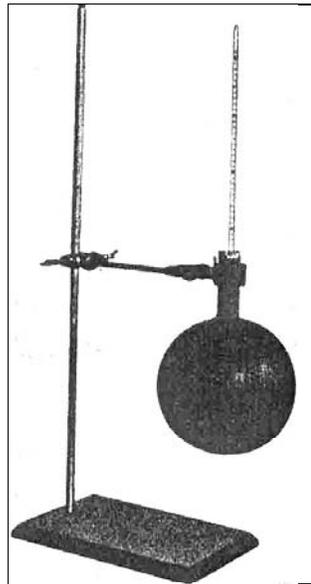


Figura 4.2 - Termômetro de globo.
Fonte: Bedford, 1948.

Quando a temperatura das superfícies circundantes é menor do que a do ar a temperatura de globo será inferior a do ar, mas se aproximará da temperatura do ar com o aumento da velocidade do ar, com temperatura e radiação constantes. *“... By itself the globe thermometer is inadequate as an index of the thermal environment. For example, when the air and the surrounding surfaces are at the same temperature, the globe thermometer will record air*

temperature whatever the air velocity. Again, if the surrounding are cooler than the air, the globe thermometer reading will be below air temperature, but with air temperature and radiation constant the temperature of the globe will approach more nearly to that of the air as the velocity increases...”(BEDFORD, 1949).

4.5 - Temperatura Efetiva

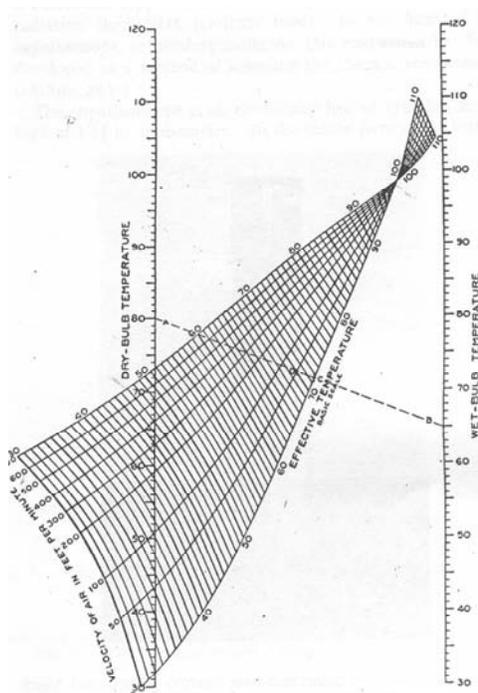
A temperatura efetiva surge no início do século XX como uma forma de se encontrar um índice que melhor representasse o efeito combinado dos fatores determinados como fundamentais para o conforto térmico, na época, como a temperatura de bulbo seco, a velocidade do ar e a umidade relativa. Em 1923, a ASHVE, num trabalho desenvolvido por Houghten e Yaglou, (HOUGHTEN E YAGLOU, 1923) propõe as “linhas de igual conforto” que determinariam as “zonas de conforto”; dando origens ao Índice de Temperatura Efetiva (RUAS, 1999). Este índice serviria de referência para a sensação térmica do indivíduo que estivesse exposto as variáveis climáticas analisadas através da temperatura efetiva (BEDFORD, 1948). As temperaturas efetivas foram representadas em dois ábacos, um válido para pessoas despidas da cintura para cima, chamado de escala básica, (figura 4.3 - A) e outro para pessoas normalmente vestidas (figura 4.3 - B), denominada escala normal (RUAS, 1999).

O índice sofreu varias alterações, sendo uma delas para incorporar os efeitos da vestimenta (YAGLOU & MILLER, 1925). Em 1929, para determinar os efeitos do clima de verão no intervalo de conforto (YAGLOU & DRINKER, 1929). Em 1932, foi feita uma proposta de correção para incluir os efeitos da radiação térmica, a chamada Temperatura Efetiva Corrigida (TEC). Esta é obtida pelos ábacos de temperatura efetiva, substituindo a temperatura de bulbo seco pela temperatura do termômetro de globo (VERNON & Warner, 1932). A carta da temperatura efetiva considera uma combinação de três variáveis com é mostrado na figura 4.3 (A,B).

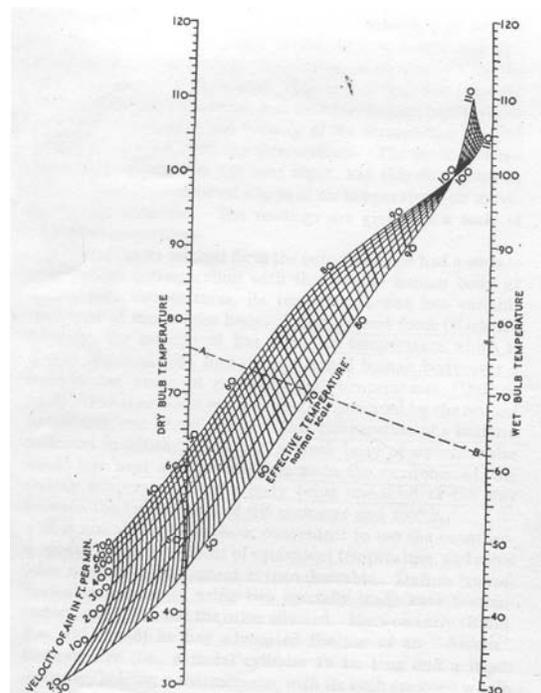
O ábaco de temperatura efetiva foi usado sem restrições até 1947, quando se comprovou que o índice superestimava o efeito da umidade nas baixas temperaturas e o subestimava nas altas temperaturas (YAGLOU et al., 1947).

O nomograma das temperaturas efetivas utiliza a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido e a velocidade do ar para determinar o valor da temperatura efetiva. Para determiná-la, traça-se uma linha entre os valores encontrados para TBS e TBU, e determinando-se o ponto, onde esta reta cruza a linha de velocidade desejada. A temperatura efetiva terá o valor da linha de temperatura efetiva que passa nesse ponto do cruzamento.

Assim sendo, em 1938, a temperatura efetiva era a combinação de três fatores: temperatura do ar, umidade e velocidade do ar. “... As “*temperaturas efetivas*” não são, pois no sentido real da palavra, verdadeiras temperaturas, como há quem suponha, levado pelo fato de serem registradas em graus Celsius. São simples índices complexos nos quais a temperatura é um dos elementos, mas que incluem outros fatores - umidade e velocidade do ar - que evidentemente nem são temperaturas nem se medem em graus Celsius...” (SÁ, 1938).



A - Carta de temperatura efetiva, (escala básica).



B - Carta de temperatura efetiva, (escala normal).

Figura 4.3 (A e B) – Cartas de temperatura efetiva.
Fonte: ASHVE, Bedford, 1949.

4.6 - Temperatura Equivalente

A temperatura equivalente pode também ser denominada de B.E.T. (british equivalent temperature). A. F. Dufton,²⁰ levando em conta o calor irradiado e desprezando a umidade do ar, elaborou um aparelho para medir este índice, o espateoscópio. O espateoscópio²¹ consiste de um cilindro metálico (com 22 polegadas de altura e 7,2 polegadas de diâmetro) (figura 4.4) enegrecido superficialmente, aquecido por meio de lâmpadas elétricas de modo a manter pouco variável a temperatura da superfície. (SÁ, 1938).

O instrumento funciona através de uma corrente de aquecimento controlada por uma tira bimetálica reguladora situada dentro do cilindro. Existe uma corrente de aquecimento que mantém o aparelho a 78°F (25,5°C). Quando o ambiente está em uma temperatura de 78°F (25,5°C) a temperatura da superfície do instrumento também deverá ser 78°F (25,5°C), e em um ambiente mais fresco a temperatura da superfície seria um pouco mais baixa (ADLAM, 1949). O cilindro possui em seu interior ar parado e a temperatura de superfície do mesmo é de 75°F (25,5°C), relacionada com a temperatura superficial da vestimenta (1,1 clo) de uma pessoa em atividade sedentária em ambiente confortável.

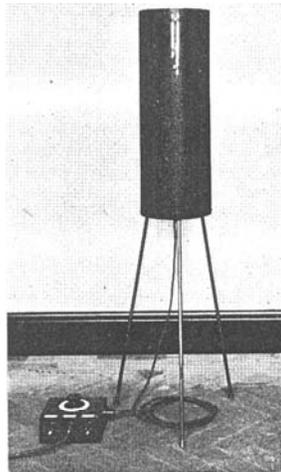


Figura 4.4-Espateoscópio, 1938.
Fonte: ADLAM, 1949

²⁰ Dufton desconsidera a umidade do ar por pensar que a mesma pode ser considerada desprezível para ambientes internos na Inglaterra, porém ele relata que a umidade é um fator importante para temperaturas acima de 28,9°C. (SÁ, 1938)

²¹ Sá utiliza a palavra espateoscópio, enquanto que Bedford utiliza Eupatheoscope; apenas para uniformidade do texto foi utilizada a forma como Sá se referiu.

A taxa de perda de calor da superfície do equipamento está relacionada com a temperatura, a velocidade do ar e radiação térmica do entorno. “*Sua vantagem está em medir o calor de radiação, já que cede as calorias que vem a superfície do espateoscópio, deixando, porém de lado a umidade do ar*” (SÁ, 1938). A temperatura equivalente de um meio é definida como “*a temperatura de um lugar uniformemente fechado, no qual, em seu interior o ar semi-saturado, tem igual calor ao do ar conhecido*” (ADLAM, 1949). A temperatura equivalente britânica (B.E.T.) foi originalmente escrita como “*a temperatura uniforme de um lugar fechado, com ar parado no qual um corpo negro de tamanho considerável a 24°C trocaria calor na mesma taxa que no ambiente real. (restringe-se a temperatura equivalente até 24,4°C).*” (ADLAM, 1949).

Esta situação não corresponderia a todos os países e lugares. Sendo assim a definição foi modificada para “*temperatura uniforme de um ambiente fechado no qual um cilindro negro de 55 cm de altura e 18 cm de diâmetro perderia o calor na mesma taxa que no ambiente real. A temperatura superficial do cilindro é função da perda de calor do cilindro e é menor que 37,8°C na proporção de 2/3 da diferença entre 37,8°C e a temperatura do ambiente fechado*”.

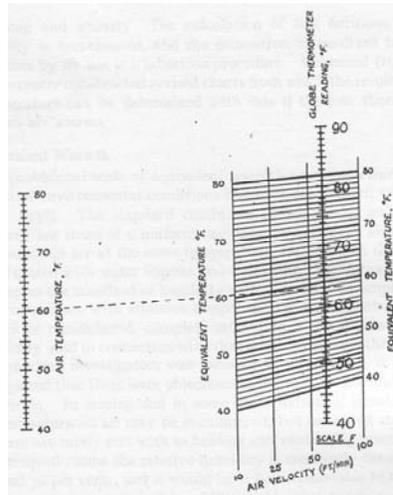


Figura 4.5 - Carta para estimar a temperatura equivalente através da temperatura de globo
Fonte: Bedford, 1949

A carta de temperatura equivalente (figura 4.6) determina a mesma através da temperatura de bulbo seco e da temperatura de globo. Através da carta, traça-se uma linha reta entre o ponto na escala da temperatura de ar até a escala do valor da temperatura radiante média; o local onde esta linha corta a linha da velocidade do ar será o ponto que determinará os valores da velocidade do ar e temperatura equivalente. “ *A straight line is draw from the appropriate point on the air temperature scale to that on the mean radiant temperature scale and where this line cuts the air velocity line concerned the equivalent temperature 65°F, and mean radiant temperature 70°F, the equivalent temperatures 64,8°F when the velocity the air is 100ft/min. Values can be interpolated for intermediates velocities*” e dá fórmula a seguir pode-se achar a velocidade do ar em ft/min (BEDFORD, 1948)

$$Et = 0,522 t_a + 0,478 t_w - 0,01474 \sqrt{v (100 - t_a)} \quad (4.3)$$

Onde:

t_a = temperatura do ar (°F);

t_w = temperatura radiante das superfícies²² (°F);

v = velocidade do ar (ft/min)²³

Pode-se, também, estimar a temperatura equivalente, através do termômetro de globo proposto por Vernon, sugere-se a seguinte equação (4.4).

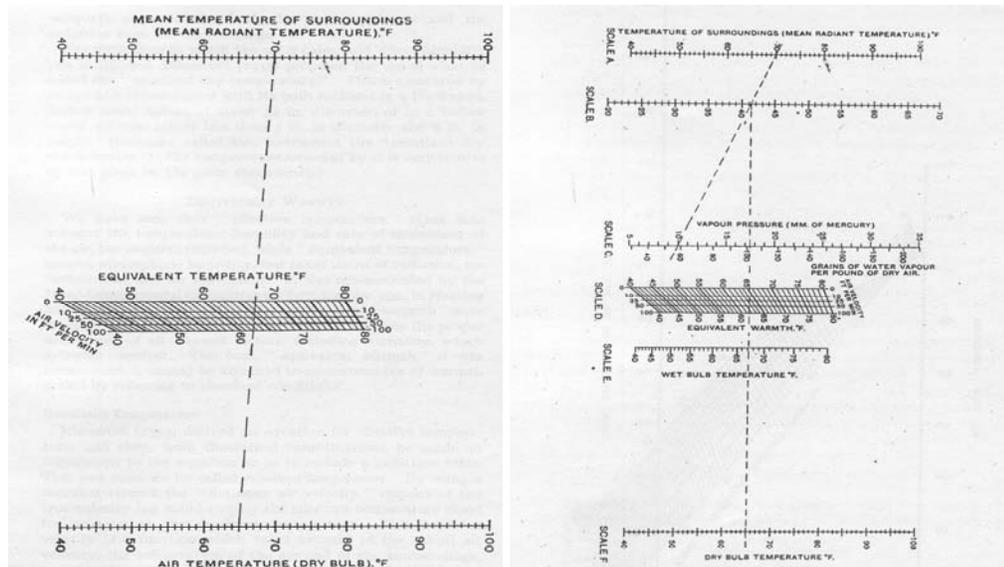
$$Et = 0,522 t_a + 0,478 t_g + \sqrt{v (0,808 t_g - 0,0661 t_a - 1,474)} \quad (4.4)$$

Onde t_g = temperatura de globo em F°

O uso do nomograma da temperatura equivalente se dá pelo uso do valor das variáveis da temperatura de bulbo seco (figura 4.5 – A, B):

²² Tw é definido por Winslow como sendo a temperatura de todas as superfícies. A temperatura radiante das superfícies é determinada pelo método dos termopares

²³ 1 ft/ min = 0,005m/s; já que 1 ft = 30,48cm



A - Pessoa em trabalho leve

B - Pessoas sedentárias

Figura 4.6 (A e B) - Carta para estimar a temperatura equivalente.
 Fonte :Bedford, 1949. (IHRB; rept. n°76, HMSO).

4.7 - Indicações do Termo Integrador

O termo integrador foi desenvolvido em New Jersey, EUA, 1949, na mesma época que o espateoscópio de Dufton na Inglaterra e o termômetro de globo de Vernon na Inglaterra, É um aparelho parecido com o espateoscópio, levando em conta as características do entorno sem medir a umidade. É constituído por um cilindro metálico, que recebendo um aquecimento constante permitirá medir o “poder refrigerante do ar” (SÁ, 1938). Foi construído com o objetivo de conseguir-se um índice de conforto térmico que representasse a combinação da influência da temperatura do ar, do movimento do ar, da umidade relativa e da temperatura radiante do meio.

Na realidade os métodos como o termo integrador e o espateoscópio foram abandonados quando os pesquisadores descobriram que as reações fisiológicas do corpo humano variam tão largamente em pontos diferentes da escala de temperaturas, que nenhum instrumento físico isoladamente poderia fornecer um quadro verdadeiro das influências ambientais encontradas. Somente uma determinação independente dos fatores distintos (temperatura de bulbo seco, velocidade do ar, umidade relativa e temperatura média radiante) poderia fornecer uma medida real das demandas térmicas do ambiente (WINSLOW e HERRINGTON, 1949).

4.8 - Temperatura Resultante

A temperatura resultante foi desenvolvida por André Missenard na França (MISSENARD, 1936). Apresenta a vantagem de levar em conta a convecção, a irradiação e a evaporação, sendo que deixa de lado a questão da movimentação do ar.

A figura 4.7 mostra o corte e planta do termômetro proposto por André Missenard em 1936. (SÁ, 1936).

Onde:

A = Termômetro comum de mercúrio;

B = Bulbo;

C = Esfera metálica oca de diâmetro aproximado de 8 cm;

D = Gaze que cobre a esfera em determinada fração de sua superfície;

E = Recipiente com água

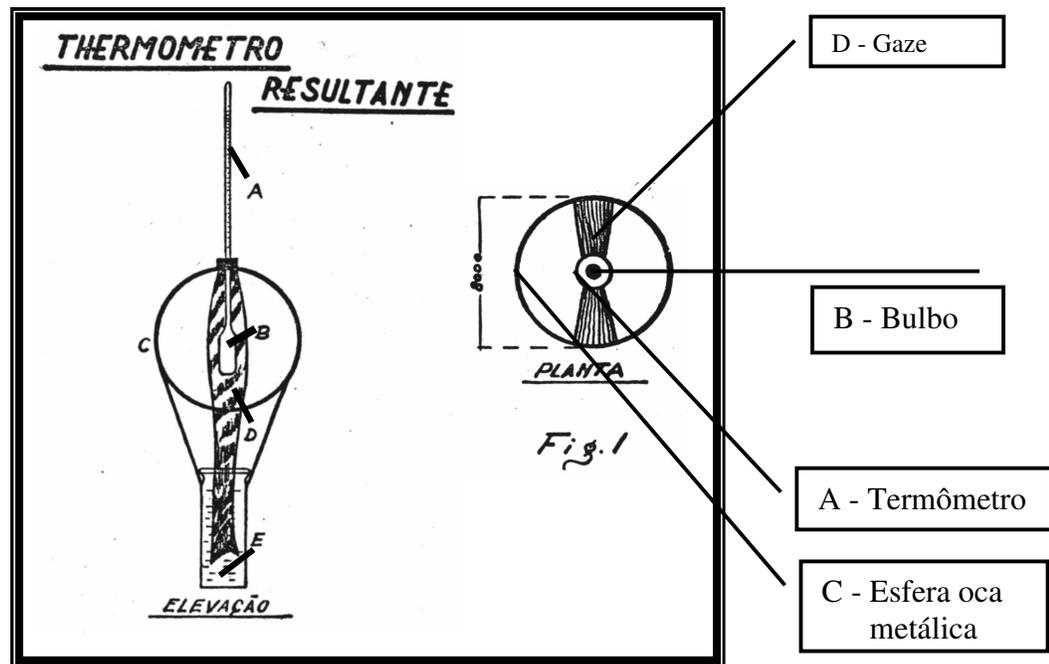


Figura 4.7 - Elevação e planta do termômetro proposto por André Missenard.

Fonte: Sá, 1936.

Segundo Paulo Sá, André Missenard também considera que as perdas de calor do corpo humano (Q) são dadas em função da temperatura de bulbo seco, t_s , umidade relativa do ar, h ,

movimentação do ar , v , e temperatura radiante das paredes, R , sendo Q dado pela seguinte equação supondo $v=0$:

$$dQ = F(t_s , h , R) \quad (4.5)$$

O termômetro proposto por Missenard partia do princípio que a temperatura no interior do globo medida pelo termômetro de mercúrio, representaria a temperatura resultante das temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e radiante, já que poderia se considerar o bulbo negro com a máxima absorção por radiação.

Caso a de perda de calor (dQ) não varie ($dQ=0$), para uma mesma taxa de umidade²⁴ (h), a variação da temperatura de bulbo seco (dt_s) é igual a 1,1 vezes a variação da temperatura nas paredes (dR) ou seja:

$$dt_s = 1,1 dR \quad (4.6)$$

Se forem mantidas as temperaturas do ar e das paredes²⁵, apenas variando a umidade do ar verifica-se, por exemplo, que para o acréscimo de 1°C numa temperatura de 15°C, seria necessário diminuir em 3 unidades a umidade do ar para se manter a mesma sensação térmica. O quadro 4.3, mostra o quanto a umidade do ar deve ser diminuída para cada 1°C de aumento na temperatura de bulbo seco a fim de manter a mesma sensação térmica.

²⁴ Usado assim por Missenard

²⁵ Considera-se que $T_s=R$, porém, R é dado por apenas um ponto da parede.

Quadro 4.3 - Relação entre a temperatura e Umidade

Temperatura de bulbo seco	Umidade do Ar
(°C)	(%)
15(ts)	dts =-3 ,0(dh)
17(ts)	dts =-4,0 (dh)
19(ts)	dts =-5,5 (dh)
20(ts)	dts =-6,0 (dh)
d _{ts} = diferença entre as temperaturas de bulbo secos d _h = diferença de umidade	

Fonte: Adaptado de SÁ, 1936.

Dentre todos os índices apresentados, Paulo Sá optou pela temperatura efetiva, a catatemperatura e a temperatura resultante de Missenard, pois considerou a facilidade de equipamentos desses índices, e por maior familiaridade com os mesmos.

5. A PESQUISA DE PAULO SÁ

Em 1938, a literatura mundial²⁶ (SÁ, 1938) ainda colocava que os povos dos trópicos eram menos desenvolvidos que os povos de climas temperados e que isso era imposto pela ordem natural das coisas, considerando que as raças de climas tropicais são menos energéticas do que as raças do Norte, e que as mesmas dificilmente sobreviveriam às condições impostas pelo clima tropical. Benjamin Kidd cita “... *do mesmo modo que o clima produz peles brancas e pretas, dá origem a povos fortes e fracos, impondo assim as populações dos trópicos a uma ordem que lhes decreta a perpétua subserviência*”. Yaglou (apud SÁ, 1938) estabelece que um homem trabalhando sob uma temperatura de 21°C poderia produzir duas vezes mais do que um homem exposto à temperatura de 34°C; ainda sobre as pesquisas da época, Earle Phelps relata que uma pessoa produziria cerca de 28% menos de trabalho, sob condições de temperatura de 30 °C e umidade de 80%, do que em condições de temperatura de 20 °C e umidade de 50% (apud SÁ, 1938). Como citou Wallace Thompson sobre a climatização artificial dos trópicos “... *seu poder de fazerem os trópicos habitáveis para povos de qualquer raça e em qualquer clima “revolucionam literalmente” as regiões tropicais ...*”(apud SÁ, 1938)

²⁶ Benjamin Kidd; “Control of the Tropics”; Robert de Courcy Ward; “Climate considered especially in relation to the man”; Yaglou; “The influence of atmospheric conditions on health and growth”; Earle Philips; “Public Health Engineering” New York State Commission on Ventilation; Andre Missenard “L’Homme et le climat” além de citar Alexis Carrel e H.W. Hill.

Pensava-se também que em climas quentes, como a temperatura do ar é mais próxima da temperatura do corpo humano, ter-se-ia que a perda por radiação seria menor do que em climas frios, supondo-se um aumento das perdas por evaporação. Estas, porém, poderiam ser prejudicadas por climas onde a umidade relativa do ar possuíse valores elevados. O quadro 5.1 mostra valores relativos às pesquisas realizadas, tanto por Bedford quanto por Sá, sendo a deste ultimo em condições de variáveis climáticas locais e a primeira realizada em câmara climatizada com ar parado e 30% de umidade. Dos resultados apresentados no quadro observa-se que a porcentagem de calor perdida por radiação aumenta à medida que a temperatura de bulbo seco aumenta também.

Quadro 5.1 - Porcentagem de calor perdido por radiação de acordo com a temperatura

T. Bedford ²⁷ Câmaras climatizadas (1936)		Paulo Sá Ventilação Natural ²⁸ (1938)	
Temperatura	PORCENTAGEM DE CALOR PERDIDO	Temperatura	Porcentagem de Calor Perdido
(°C)	(%)	(°C)	(%)
11,7	18,0		
16,0	16,0		
20,5	27,0		
25,0	38,0	25,0	45,0
30,0	62,0	30,0	39,0

Fonte: Adaptada de SÁ, 1938.

Neste estudo Sá apenas discutia a questão da avaliação térmica. Conclui que as perdas de calor do corpo humano são dadas em função da temperatura do ar, responsável pelas perdas por convecção, temperatura dos objetos, responsável pelas perdas por irradiação; umidade, facilitando ou dificultando as perdas por evaporação e ventilação, que renova a camada de ar em contato com o corpo, variando as perdas por condução e evaporação e que a importância de cada uma está vinculada às demais, já que o valor de uma ação interfere sobre a outra (SÁ, 1938). Porém Paulo Sá em seus estudos possuía uma metodologia que abrangia outras finalidades, “... além das considerações de ordem esthetica, ou de ordem constructiva e topographica que não nos cabe examinar, as razões principaes que devem decidir da orientação dos edificios da cidade universitaria podem se classificar em...” (Sá,1937).

²⁷ Retirado de “The warmth factor in comfort at work” T. Bedford (1936). Resultados obtidos em câmara calorimétricos à umidade de 30 %, com ar quase parado

²⁸ Paulo Sá também estipula valores para as trocas por condução e evaporação, sendo os valores para 30 °C – 34% para condução e 27% para a evaporação e para 25 °C – 37,5% para condução e 17,5% para a evaporação.

A metodologia usada por Sá verificava os seguintes tópicos:

- A- Quantidade de energia luminosa;
- B- Quantidade de energia térmica;
- C- Quantidade de energia ultravioleta;
- D- Exposição às correntes atmosféricas prevalentes no local;

A partir do estudo do Sol, Sá pressupõe o estudo da energia luminosa, térmica e química, correspondendo respectivamente a cada item os problemas de iluminação natural, problemas de insolação e irradiação ultravioleta. Do estudo dos ventos seriam verificados os ventos mais frequentes e as rajadas. (SÁ, 1937).

Sobre o *iluminamento* das superfícies, vários trabalhos foram feitos por Sá, assim como a publicação n-3 no Instituto Nacional de Tecnologia, em 1948, que resume os trabalhos realizados nesta área. (SÁ, 1937). O quadro 5.2 fornece um esquema dos estudos em 1937:

Quadro 5.2 - Esquema do estudo da orientação dos edifícios em 1937

Sol	Energia luminosa	Problema da iluminação natural
	Energia térmica	Problema da insolação
	Energia química	Problema da irradiação
Ventos	Estudo dos ventos mais frequentes	
	Estudo das rajadas	

Fonte: Adaptado de Sá, 1937.

Sobre os ventos que sopram no edifício, Sá discute as vantagens e as desvantagens conseqüentes da velocidade dos mesmos. Dos infortúnios causados pelo vento pode-se destacar as rajadas com velocidades altas, onde seria necessário o fechamento das janelas e as chuvas que, com velocidades do ar altas, vêm em direção às paredes com mais força, estragando mais rápido as paredes umedecidas pela água das chuvas.

Ainda sobre os ventos, Sá relata em 1937 um quadro retirado da repartição meteorológica da época com alguns valores e direções medianas para a época. Estes valores são vistos no quadro 5.3

Quadro 5.3 - Predominância dos Ventos

	1917	1919	1921	1923
VENTO PREDOMINANTE	S - SE	S - SE	S - SE	S - SE
Frequência relativa ao vento predominante	26,9%	25,3%	20,1%	9,3%
Velocidade (m/s)	3,3	2,7	2,9	1,7

Fonte: Adaptado de Sá, 1937.

Paulo Sá em 1937 também publicou um quadro referente às ventanias registradas na cidade do Rio de Janeiro, que para o ano de 1930 foram num total de 26. Sá relata que destas 26 nenhuma teria ocorrido no sentido NO - ESE e que 20 delas ocorreram no sentido S - OSO. As velocidades destas ventanias ficaram em torno de 16,2m/s a 34m/s (figura 5.1).

Direção da ventania								
	NO	ONO	OSO	SO	SSO	S	SSE	SE
em janeiro	—	—	—	—	—	—	—	—
em fevereiro	1	—	—	—	—	—	—	—
em março	—	—	—	—	—	4	—	—
em abril	—	—	—	—	—	1	—	1
em maio	1	—	—	—	1	—	1	—
em junho	—	—	1	1	—	—	—	—
em julho	+	+	+	+	+	+	+	+
em agosto	—	—	1	—	2	—	1	—
em setembro	—	—	—	—	1	3	—	—
em outubro	—	1	—	—	2	1	—	—
em novembro	—	—	—	1	1	—	—	—
em dezembro	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	1	2	2	7	9	2	1

Figura 5.1 - Quadro das ventanias verificadas em 1930.
Fonte: Sá, 1937.

Pelos estudos desenvolvidos pelo INT até aquele momento, percebeu-se que nem sempre as soluções propostas pelas orientações e aberturas corretas chegariam a uma sensação térmica confortável. Para isso, seria necessário utilizar a climatização artificial de ar. Para se

estabelecer esta confortabilização artificial necessário se faria descobrir os valores climáticos e pessoais para tal ambientação; “... antes de projetar um dispositivo para ventilação destinado a tornar confortável um ambiente é necessário, sem dúvida, definir o que seja o ambiente confortável ...” (SÁ,1936a)

A proposta do trabalho de Paulo Sá era a de avaliar a sensação dos indivíduos. Estes indivíduos seriam questionados por ele durante as medições climáticas; situando as variáveis que por ele foram utilizadas na época, pressupondo assim uma zona de neutralidade térmica para a época em estudo, através da relação entre as sensações individuais e as variáveis medidas.

Apesar das controvérsias existentes entre as pesquisas dessa época, é possível diagnosticar uma preocupação entre as variáveis: clima, homem (produção) e conforto térmico. Relata-se como preocupação inicial na questão do conforto térmico à necessidade de se achar uma “formula mágica” entre as variáveis climáticas capazes de fazer o homem produzir igualmente, independentemente do clima em que se encontra. Das teorias vigentes na época, Sá propõe que “... as relações entre homem e clima variam de acordo com o lugar em que se está, de indivíduo para indivíduo, e até mesmo o próprio indivíduo poderá ter reações adversas ao mesmo clima de acordo com o estado em que se encontre. Por isso seria difícil encontrar um índice que agradasse a todos o tempo todo...” (SÁ, 1938).

Em 1938, Sá conclui que as perdas de calor do corpo humano e as conseqüências das mesmas para o bem estarem, saúde, produtividade do indivíduo para determinado lugar vão ser função de quatro fatores climáticos: temperatura do ar ambiente, temperatura dos objetos, umidade relativa e a movimentação do ar (SÁ, 1938).

Sá também especifica que além das perdas de calor pelas variáveis climáticas o homem também ganha calor pela atividade e precisa perder. De acordo com os textos de Sá “... O homem possui um rendimento em torno de 20%, exigindo dos alimentos uma maior ou menor quantidade de calorias de acordo com sua necessidade (trabalho que realize); ou seja, o organismo necessita em torno de 2500 a 5000 calorias por dia sendo que apenas 20% é transformado em trabalho, e o restante cedido pelo corpo ao ambiente...” (SÁ, 1938). “... Como o calor

específico²⁹ do ar é cerca de 1cal/g°C³⁰, aproximadamente o da água; assim as 100 a 150 calorias acumuladas elevariam os 60 kg (peso estimado do homem brasileiro) em cerca de 2°C. Portanto, se o homem não tivesse como ceder as calorias ao ambiente ele, no final de duas horas estaria com uma temperatura corpórea de 41°C...” (SÁ, 1934). O homem precisa, pois, ceder ao meio em que se encontra, essas 100 calorias a mais que produz. O corpo humano poderia então, ser comparado com uma máquina de baixo rendimento, já que da energia retirada dos alimentos apenas 20% seriam transformados em trabalho (WINSLOW e HERRINGTON, 1949).

Bedford, 1948, considera que o organismo humano, em trabalho moderado, gasta em torno de 3000 kcal ou cerca de 12.000BTU³¹ diários para realizar esta atividade. Deste valor apenas 20% é transformado em trabalho; o restante é cedido para o ambiente, através dos mecanismos de trocas de calor. A saúde do organismo então depende das trocas térmicas entre o corpo e o ambiente, sendo mantida a temperatura da boca em 98,4°F (36,8°C) e de 99°F (37,2°C) no interior dos tecidos do corpo humano.

O corpo humano produz calor pelo metabolismo, e precisa perder o calor em excesso para o meio. Para um sistema em equilíbrio tem-se então desta maneira três processos: convecção, radiação e evaporação. As perdas ocorrem por evaporação e os ganhos e perdas podem ser dados por convecção e radiação, como pode ser visto na equação 3.7 (WINSLOW e HERRINGTON, 1949):

$$M - E \pm C \pm R = 0 \quad (5.1)$$

Onde:

M = taxa de metabolismo;

E = taxa de perda de calor por evaporação

C= taxa de troca de calor por convecção

R= taxa de troca de calor por radiação

²⁹ Calor específico é o calor necessário para que cada caloria acumulada faça subir de 1°C a temperatura de 1 kg do corpo

³⁰ Não há referência a unidades em seu texto, porém admite-se a unidade como sendo cal/g°C

³¹ Caloria (cal) é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água de 14,5°C para 15,5°C ao nível do mar . Usa-se muito a unidade quilocaloria (kcal), Onde 1kcal =1000cal. A norma britânica estabeleceu o BTU (British Thermal Unit) como unidade legal de calor. O BTU é definido como a quantidade de calor necessária para elevar em 1° Fahrenheit a temperatura de 1 libra inglesa de água. 1 BTU = 0,252kcal.

As trocas de calor com o ambiente ocorrem pelos processos descritos pela física clássica: radiação, condução, convecção e evaporação do suor que se forma na pele. A condução, a convecção e a radiação ocorrem de um meio mais quente para um meio mais frio; já a evaporação depende da taxa de umidade relativa da atmosfera (SÁ, 1938). Define-se então que a temperatura do ambiente influi nas perdas por condução, convecção e radiação; a temperatura dos objetos nas perdas por radiação, a umidade relativa facilita ou dificulta as trocas por evaporação e a circulação do ar interfere, dependendo da sua velocidade, na maior ou menor sensação de conforto térmico, na troca de ar que está ao redor da pele (SÁ, 1938) “... *O aumento da temperatura diminui a velocidade da perda de calor por condução*³²; *o crescer da umidade dificulta evaporação do suor e a conseqüente dispersão das calorias humanas. Para que o ritmo inicial da perda se restabeleça é necessário se tornar a trocar esta “camisa de ar” que veste constantemente os indivíduos. Aparece aí a importância da circulação do ar: substituindo uma camisa aquecida e umedecida por uma mais seca e fresca, aumenta-se a emigração das calorias dos indivíduos; aumentando-se a sensação de bem estar individual, além das menções já feitas sobre saúde, produtividade, etc. ...*”(SÁ, 1938). Levando-se em consideração as trocas existentes entre o homem e o ambiente, verifica-se que as mesmas dependem de fatores físicos e fisiológicos, como mostra o Quadro 5.4 (WINSLOW e HERRINGTON; 1949). A evaporação dependerá da temperatura, velocidade e umidade do ar além dos fatores fisiológicos; a convecção dependerá da temperatura e velocidade do ar além dos fatores fisiológicos e a radiação dependerá da temperatura radiante média e dos fatores fisiológicos.

Seguindo o raciocínio proposto por Fanger em 1970, as variáveis ambientais também seriam responsáveis pela sensação térmica do indivíduo no ambiente. Sá, em 1938, vê como principais variáveis para a caracterização de conforto térmico a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido, umidade, as indicações do termo-integrador, a irradiação efetiva, a temperatura efetiva, as catatemperaturas, a temperatura resultante e a temperatura equivalente. Destes métodos, as indicações do termo-integrador e da irradiação efetivas não foram utilizadas por Paulo Sá pelo fato de não haver provas de sua eficácia. (SÁ, 1938).

³² Na verdade, Sá está se referindo a convecção.

Quadro 5.4 - Fatores Físicos e Fisiológicos

FATORES FÍSICOS E FISIOLÓGICOS EM RELAÇÃO ÀS TROCAS EXISTENTES COM O MEIO			
	Evaporação	Convecção	Radiação
Fatores Físicos			
Temperatura do ar	+	+	
Movimento do ar	+	+	
Umidade relativa	+		
Temperatura radiante média			+
Fatores Fisiológicos			
Área superficial por DUBOIS ³³		+	
Área efetiva de radiação			
Área da superfície de evaporação	+		+
Média da temperatura da pele		+	+
Umidade disponível para evaporação	+		

Fonte: WINSLOW e HERRINGTON; 1949.

As primeiras pesquisas usam elementos climáticos como a temperatura de bulbo seco, a umidade, velocidade do ar e a temperatura efetiva; também são utilizados aparelhos com o catatermômetro. Verifica-se na narrativa de Paulo Sá uma necessidade de medir variáveis de conforto assim como: a temperatura radiante, a resistência térmica das vestimentas, a transmissão térmica dos materiais. Estes fatores são estudados separadamente por Sá à medida que surge a necessidade dos valores de cada variável. (SÁ, 1938). Os aparelhos utilizados por Sá³⁴ nas diferentes medições são os citados no quadro 5.5³⁵:

Dos estudos realizados por Sá alguns pontos fazem parte de uma metodologia análoga para os anos consecutivos em que foram realizados. São comuns na pesquisa de Sá dois pontos: 1- Medição das variáveis ambientais e 2- Registro da sensação térmica sentida pela população pesquisada.

A pesquisa relativa à sensação térmica tem sua primeira publicação em 1934, referente a dados de 1931, uma segunda publicação em 1937, referente a dados de 1934/1935 e uma terceira publicação em 1936, referente a resultados de 1935/36. Estes mesmos relatos foram publicados em outras edições posteriores, porém com base nos mesmos dados. Existe também a pesquisa

³³ Eugene F. Dubois, "The Mechanism of Heat Loss Temperature Regulation", estudo sobre as transmissões de calor em homens nus em dieta alimentar em relação com a temperatura.

³⁴ Segundo entrevista com Palhano Pedroso, 2003, foi confirmado o uso do cata como aparelho utilizado para medir a velocidade do ar .

³⁵ As lacunas existentes foram por falta de dados do próprio autor e referências específicas não encontradas sobre os aparelhos da época.

referente à cidade universitária, porém esta avaliou apenas as variáveis climáticas não se preocupando em pesquisar as sensações térmicas do indivíduo.

Quadro 5.5 - Aparelhos utilizados nas medições

Aparelhos Utilizados por Sá					
Ano	1931	1934	1935	1936	1951
Temperaturas	Medidas com um termômetro que dava TBS e TBU	Medidas com menos de ¼ de grau de diferença	Medidas com menos de ¼ de grau de diferença	Foi utilizado o termômetro resultante de André Missenard.	Medidas com um termômetro que dava TBS e TBU
Umidade Relativa	Tirada das indicações dos termômetros de bulbo seco e úmido.	Tirada das indicações dos termômetros de bulbo seco e úmido.	Tirada das indicações dos termômetros de bulbo seco e úmido.		Tirada das indicações dos termômetros de bulbo seco e úmido
Grau Cata	Um catatermômetro I.Hicks, nº863; que foi quebrado durante as medições	Dois catatermômetro I.Hicks, nº5613, F=467 e outro nº5701 F=482	Dois catatermômetro I.Hicks.		Não foi utilizado
	Tempo de queda medido com um cronômetro Montbrillant a 1/5 de segundo	Tempo de queda medido a 1/5 de segundo	Tempo de queda medido a 1/5 de segundo		
Velocidade do Ar	Indicação do grau cata seco	Indicação do grau cata seco	Indicação do grau cata seco	Para o uso do termômetro é suposto V=0	Indicação do grau cata seco. Foi também verificada a direção dos ventos.

5.1. A Metodologia utilizada por Paulo Sá

Os estudos de Sá foram feitos no INT, com alunos e engenheiros do próprio Instituto. No local escolhido eram feitas as medições climáticas e a coleta das sensações individuais, no mesmo horário para ambas. Depois de feitas as observações, tirava-se a média das sensações registradas para cada dia e comparava-se estes valores com as características físicas do ambiente no mesmo dia. Dessa maneira Paulo Sá delimitava quais eram os conjuntos de variáveis climáticas que correspondiam a cada voto de sensação térmica do indivíduo. Isto acontecia pela relação encontrada entre as variáveis climáticas e a observação pessoal.

A relação era encontrada pelo modelo estatístico da época. Este modelo formava pares de argumentos entre uma variável e a sensação térmica (SÁ, 1936a). A correlação entre uma variável climática e a média das sensações individuais, definiria um valor para a variável, que para as sensações tidas como agradáveis pertenceriam a valores dentro da zona de conforto (SÁ,

1936a). As variáveis físicas medidas foram: TBS (temperatura de bulbo seco), TE (temperatura efetiva americana), graus cata, UR (umidade relativa do ar) e V (velocidade do ar).

5.2 – A escala de Sensação Térmica

A pesquisa de Sá buscava discernir, entre os vários métodos de identificar o conforto térmico de um ambiente, aquele que satisfazia o conforto térmico brasileiro, tentando assim estabelecer um índice de conforto nacional.³⁶ Sua importância pode ser dada também, por conduzir a um estudo de conforto que busca relatar a sensação térmica do indivíduo em relação ao ambiente.

A escala de sensação térmica utilizada por Paulo Sá era a de sete pontos (1 a 7). Esta escala numérica propõe os valores entre $(-0,5 + n < n < +0,49 + n)$, como pode ser visto no quadro 5.6. Para estabelecer qual das variáveis vai representar melhor o conforto térmico do ambiente, tira-se a média das sensações individuais registradas para cada dia, comparando-as às médias dos valores das características físicas do ambiente para o mesmo dia (a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa e a velocidade do ar) (SÁ, 1936). A média ponderada dos resultados encontrados entre a sensação térmica e as variáveis dariam o valor representativo da sensação térmica mediana do grupo pesquisado para aquele dia.

Quadro 5.6 - Escala de sensação de conforto

Escala de sensação de conforto	
Sensação térmica	Valores correspondentes às sensações térmicas
1- muito fria	até 1,49
2-fria	1,5 a 2,49
3 –quase frio	2,5 a 3,49
4- agradável	3,5 a 4,49
5-um pouco quente	4,5 a 5,49
6- quente	5,5 a 6,49
7- muito quente	Acima de 6,5

³⁶ Sá se refere ao conforto nacional porém ele só faz as medições climáticas na cidade do Rio de Janeiro Em outras publicações referentes à questão da iluminação natural, Paulo Sá se refere a outras capitais brasileiras.

A escala utilizada por Paulo Sá, desde 1931, e a escala de Ole Fanger (1970) em 1967 apresentam sete pontos de sensações térmicas (quadro 5.7). Embora pareça normal o uso de escalas com sete pontos, as escalas de sensação térmica utilizadas em 1930 não adotavam sete pontos, como realiza Paulo Sá em suas anotações. Alguns trabalhos da época utilizam a escala de cinco pontos, assim como as pesquisas de Benjamim A. Ribeiro (1939) e Partridge e Maclean (1934); Sá relata, em 1936, porém, o uso de uma escala de sete sensações por Bedford, em Londres (SÁ, 1948).

Quadro 5.7 - Escalas de sensação de conforto térmico I

MÉTODO DE BENJAMIM ALVES RIBEIRO (1939)		MÉTODO DE PAULO SÁ (1931)		MÉTODO DE OLE FANGER (1967)	
Sensação Térmica	Escala numérica.	Sensação Térmica	Escala numérica	Sensação Térmica	Escala numérica
		Muito fria	1	Muito frio	-3
Frio desagradável	1	Fria	2	Frio	-2
Fresca. agradável	2	Quase frio	3	Leve frio	-1
Agradável	3	Agradável	4	Confortável	0
Quente agradável	4	Pouco quente	5	Leve calor	1
Quente desagradável	5	Quente	6	Calor	2
*	*	Muito quente	7	Muito calor	3

Fonte: SÁ, 1948, RIBEIRO, 1943, FANGER 1970; Relação numérica entre as medidas encontradas para os dois métodos utilizados.

O VME, proposto por Fanger é atualmente aceito internacionalmente pela ISO 7730, (1994), utiliza a escala de sete pontos para avaliar o conforto em ambientes térmicos moderados. Fanger propõe que o (zero) corresponda à sensação de neutralidade e as sensações de frio e calor são progressivas à medida que os valores se afastam do mesmo. Os valores negativos correspondem ao frio, numerados de -1(um) a - 3 (três) e os valores positivos correspondentes ao calor, numerados de +1 (um) a +3 (três). Os valores de neutralidade propostos por Sá, Humphreys³⁷ e Ribeiro equivalem ao número 4 (quatro), enquanto que para Fanger corresponde ao 0 (zero), o quadro 5.7 demonstra estes valores. Os trabalhos realizados por Paulo Sá, Benjamim Alves Ribeiro, Fanger e Michael Humphreys (1977) mostram estudos de caso referentes a escolas, em diferentes lugares, com diferentes faixas etárias e diferentes épocas,

³⁷ Michael Humphreys segue a linha do modelo adaptativo, pelo qual sendo um homem um animal, o mesmo poderá se adaptar no ambiente em que vive, designando valores termicamente confortáveis para diferentes regiões.

porém todas procuravam estabelecer uma ligação entre o conforto térmico sentido pelos observadores e as condições climáticas existentes no ambiente. Das pesquisas aqui citadas, apenas a realizada por Fanger possui resultados obtidos em câmaras climatizadas; os outros exemplos ocorrem no próprio ambiente com climatização natural.

Da mesma maneira que Paulo Sá, Michael Humphreys utiliza a escala de 7 pontos. O quadro 5.8 demonstra os valores. Com o objetivo de facilitar a compreensão do texto foi adotada a escala utilizada por Fanger. Assim os valores encontrados por Sá e Ribeiro não são citados como foram mencionados por eles e sim, segundo a escala proposta por Fanger. O quadro 5.9 mostra os valores que foram usados no atual trabalho.

Quadro 5.8 - Escalas de sensação de conforto térmico II

PAULO SÁ (1931)		MICHAEL HUMPHREYS (1977)		FANGER (1967)	
Sensação Térmica	Escala numérica.	Sensação Térmica	Escala numérica	Sensação Térmica	Escala numérica
Muito fria	1	Muito fria	1	Muito frio	-3
Fria	2	Fria	2	Frio	-2
Quase frio	3	Quase frio	3	Leve frio	-1
Agradável	4	Agradável	4	Confortável	0
Pouco quente	5	Pouco quente	5	Leve calor	1
Quente	6	Quente	6	Calor	2
Muito quente	7	Muito quente	7	Muito calor	3

Fonte: SÁ, 1948, FANGER 1970, Humphreys, 1977; Relação numérica entre as medidas encontradas para os dois métodos utilizados.

Quadro 5.9 - Escalas de sensação térmica adotada.

BENJAMIM ALVES RIBEIRO (1939)		PAULO SÁ (1931)		OLE FANGER (1967)	
Sensação Térmica	Escala numérica.	Sensação Térmica	Escala numérica	Sensação Térmica	Escala numérica
		Muito fria	-3	Muito frio	-3
Frio desagradável	-2	Fria	-2	Frio	-2
Fresca agradável	-1	Quase frio	-1	Leve frio	-1
Agradável	0	Agradável	0	Confortável	0
Quente agradável	1	Pouco quente	1	Leve calor	1
Quente desagradável	2	Quente	2	Calor	2
		Muito quente	3	Muito calor	3

5.3 - A população pesquisada

A população estudada por Paulo Sá fica, em sua maioria, em torno de 8 pessoas, de diferentes idades, sexo e atividades. A primeira publicação em 1931 tem como população pesquisada 13 alunos de segundo grau. No período de 1934 a 1935, Sá publica uma parte dos resultados referentes aos meses de maio a setembro, onde conta com 8 observadores sendo uma mulher, e numa publicação final cita apenas como sendo 8 observadores. Nas demais datas, Sá continua fiel ao grupo de 8 pessoas³⁸ em suas pesquisas posteriores..Pela falta de dados sobre os indivíduos pesquisados tentou-se concentrar as várias informações contidas nos textos em um quadro para auxiliar a visualização do perfil desta “população pesquisada”. O quadro 5.13 descreve os pontos relevantes das populações nas diferentes épocas de sua pesquisa.

Quadro 5.10 - A população Pesquisada por Sá

Ano	1931	1934	1935	1936
Número de participantes	13	8	8	4 a 8
Idade	14 a 17 e Paulo Sá	Adultos	Adultos	Adultos
Atividade		Em pequena atividade	Em pequena atividade	Repouso
Sexo	Masculino	7-Masculino 1-Feminino	Masculino	Masculino

5.4 - As vestimentas utilizadas da época

Hoje em dia é muito comum o uso de tecidos como o brim (jeans), a meia elástica, o poliéster, os materiais sintéticos, e até mesmo o tênis ao invés do sapato de couro.

O vestir-se no século XXI parece até uma questão de personalidade, não existe realmente um modelo a ser seguido, nem mesmo um traje que represente uma condição social ou uma profissão. A liberdade do século XXI também se manifesta na forma como as pessoas se vestem e como combinam as peças oferecidas nas inúmeras lojas e rouparias existentes. Não é de

³⁸ Estas 8 pessoas deveriam ser funcionários do INT na época e talvez até nos diferentes anos da pesquisa tenham sido responsáveis pelo mesmo estudo.(nota do autor)

hoje que a moda ou a roupa que se veste pode traduzir informações sobre determinada época; assim o estudo do tema torna-se muito complexo para a extensão deste trabalho.

Dos textos analisados não foi encontrada nenhuma referência sobre a sensação de conforto térmico do indivíduo ao estar vestindo determinada roupa. Dos trabalhos pesquisados a frase que mais demonstra uma preocupação com o conforto de uma maneira geral, ao se estudar a moda em 1920, porém ainda sob um contexto bem implícito da “idéia” de se pensar em conforto término seria: “... *Felizmente nós agora temos o bom gosto de inventar para a nossa moda, hábitos confortáveis e estheticos, obedecendo inteligentemente ao criterio hygienico do bem estar organico,...*” (apud FAÇANHA, 2000).

Da segunda metade do século XX (a partir de 1950) em diante, os manifestos populares mundiais tentam vender a possibilidade de uma sociedade mais livre. No Brasil, um marco desta mudança é a criação do modelo masculino proposto por Flavio de Carvalho em 1956, em meio a uma série de artigos publicados no Diário de São Paulo. Um deles, intitulado “A moda e o novo Homem”, lança o New Look do verão masculino: “... *O New Look tropical - que leva principalmente em consideração a ventilação do corpo - é apresentado pelas ruas de São Paulo. Nas imediações da avenida Ipiranga com a rua Barão de Itapetininga, Flávio de Carvalho pára e faz um verdadeiro grito de guerra contra as vestes cretinas e imbecis do homem atual...*” (FAÇANHA, 2000). O traje proposto por ele era composto de um saioite amplo, uma blusa com pregas largas, meias de malha e sandálias abertas; foram utilizados o algodão para o saioite e o nylon para as outras peças (FOLHA DA MANHÃ, 1956). Segundo Flavio de Carvalho “... *Meu traje visa garantir aos homens uma perfeita circulação de ar, coisas que as incômodas roupas modernas não podem oferecer... São muito importantes para a circulação perfeita do fluxo de ar, estas meias de malhas abertas. As pregas da camisa também têm a mesma finalidade. Note que as cavas das mangas são abertas...:*” (FOLHA DA MANHÃ, 1956). Pela ISO 9920,(1995 tem-se que a resistência térmica desta vestimenta fica em torno de 0,46 clo, considerando-se a blusa com 65% de poliéster e 35% de algodão.(FUNDACENTRO,1999)

O “traje do futuro”, assim intitulado pelo arquiteto, pode ser considerado como a primeira manifestação brasileira não apenas em relação à falta de moda nacional, mas também

pela busca de um vestuário mais incorporado ao clima brasileiro, propondo com seu novo traje “... libertar o homem do calor e de seus maléficis efeitos...” (FOLHA DA MANHÃ, 1956). A repercussão de movimentos, como o de Flavio de Carvalho, é sentida atualmente pela liberdade de expressão adquirida por todos e esta representação pode ser observada na maneira como as pessoas se vestem. Logicamente, havendo a “não necessidade de se estar vestido como todos” as pessoas intuitivamente vão se vestir da maneira que se sintam bem e isto está ligado com a sensação de conforto, que não era considerada fator primordial nas décadas do início do século passado.

No entanto, quando se pensa em 1930, as coisas não eram como agora e, além da oferta de materiais ser bem menos volumosa, havia a preocupação com estar na moda e vestir-se de acordo com as regras sociais (BONADIO, 2000). Foi constatado que os tecidos utilizados na época eram quase sempre importados, visto que o desenvolvimento da indústria têxtil em São Paulo é reação à segunda guerra mundial, que marca para a economia brasileira o início da produção no setor secundário nacional. A professora Maria Claudia Bonadio, historiadora de moda pertencente ao corpo docente da Universidade Paulista/UNIP, descreve que de uma maneira geral o pano e até mesmo as peças eram importadas, principalmente da França, a lã era a mais utilizada para casacos no inverno; no verão, usava-se algodão, linho e seda. Claro que já existiam uma série de misturas de fios naturais aos sintéticos (BONADIO, 2002, comunicação pessoal). Ela também relata que “...Pesquisar moda e principalmente o uso de determinados tecidos no Brasil é bastante problemático devido à ausência de material coletado e/ou publicado...” (BONADIO, 2002, comunicação pessoal). Pode-se dizer também que, a partir do final da segunda guerra, a economia mundial torna-se completamente americanizada, tornando os EUA o principal mercado de importação do Brasil. “Sem dúvida, o isolamento de Paris fez com que os americanos se sentissem mais livres para inventar sua própria moda. Nesse contexto, foram criados os conjuntos, cujas peças podiam ser combinadas entre si, permitindo que as mulheres pudessem misturar as peças e criar novos modelos. ...” (GARCIA, 2003). Esse período marca também a entrada das fibras artificiais como o poliéster, o nylon e até mesmo o jeans. (GARCIA, 2003).

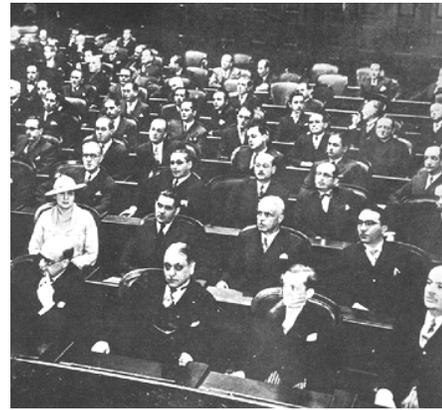
As pesquisas de Paulo Sá feitas no Rio de Janeiro (SÁ, 1936) carecem de informação sobre as vestimentas utilizadas pela população pesquisada nos diferentes momentos. Mesmo sendo realizada em praticamente 3 décadas diferentes pode-se considerar que o vestuário masculino utilizado no dia a dia do Rio de Janeiro não sofreu grandes alterações, pois no que diz respeito a resistência térmica das vestimentas nos diferentes períodos analisados por Sá, os valores ficam muito próximos. Os estudos sobre avaliação de conforto térmico elaborado por Paulo Sá foram feitas em 1931/1934/1935/1936/1951 e Benjamim Alves Ribeiro em 1939. Porém as publicações das mesmas foram feitas um pouco mais tarde (SÁ, 1948). Existe também a influência da pesquisa de Paulo Sá sob outros pesquisadores, como Palhano Pedroso, que utilizou os valores de Paulo Sá em suas pesquisas sobre o Rio de Janeiro na década de 1950. Isso pode significar três estilos de vestuários diferentes, correspondentes a três décadas.

As décadas citadas são marcadas por fatores peculiares, tanto para a sociedade paulista, quanto carioca. A década de 30 (figura 5.2- A, B, C, D) se caracteriza pelo início da industrialização têxtil no Brasil, e conseqüentemente o começo do trabalho feminino nas mesmas fábricas. Do vestuário feminino paulista pode-se dizer que as saias voltam a ser longas e acinturadas, o uso do chapéu está em alta; os vestidos eram justos e retos, além de possuírem o bolero, as capinhas curtas e $\frac{3}{4}$ também fazem parte do modelo da década. Materiais mais baratos passaram a ser usados em vestidos de noite, como o algodão e a casimira (GARCIA, 2003).

A moda dos anos 30 descobriu o esporte, a vida ao ar livre e os banhos de sol. Seguindo as exigências das atividades esportivas, os saíotes de praia diminuíram, as cavas aumentaram e os decotes chegaram até a cintura, assim como alguns modelos de vestidos de noite. Os estilistas também criaram pareôs estampados, maiôs e suéteres (GARCIA, 2003). No final da década, surge o Nylon, que irá alterar profundamente a indústria da moda, substituindo a meia de seda.



A - Rio de Janeiro, 1930- 1930 Fibra Cine Video's Art Research.



B - Assembléia Rio de Janeiro, 1934.



C - Comemoração da Revolução, Rio de Janeiro, 1930.



D - Cartaz de roupa em 1930.

Figura 5.2 (A, B, C e D) - Imagens do Rio de Janeiro, década de 1930.

Fonte: A, B, C, D Gowhere/almanaque folha/abril 2003.

No final dos anos 30 (figura 5.3), com a aproximação da Segunda Guerra Mundial, que estourou na Europa em 1939, as roupas já apresentavam uma linha militar, assim como algumas peças já se preparavam para dias difíceis, como as saias, que já vinham com uma abertura lateral para facilitar o uso de bicicletas (GARCIA, 2003). A segunda guerra mundial acontece no período entre décadas (1938 a 1945) e também tem repercussão no ramo da moda. Com a racionalização dos tecidos e toda a crise gerada pela guerra, os modelos desta década tornam-se tristes e monótonos. As lojas situadas à rua 25 de Março em São Paulo fabricam para toda a Europa peças como cuecas, calcinhas, camisas, sutiãs e outras peças íntimas (FAÇANHA, 2000). Assim, pela falta do produto importado, a indústria brasileira cresce não só na área têxtil, mas em vários outros setores.



A - Realeio. São Paulo. 1939.



B - Ronde. São Paulo. 1939.



C - Jornaleiro, São Paulo, 1939. (Praça da Sé)



D - Exposição Portinari, Rio de Janeiro 1939.

Figura 5.3 (A, B, C e D) – Imagens - final da década de 1930 e começo de 40.

Fonte foto Gowhere/ almanaque folha, (maio 2003).

A década de 50, enfim, denominada era JK, é um reflexo dos acontecimentos da década anterior, dando a São Paulo a característica de ser a cidade que mais crescia no mundo na mesma época. A moda então passa a ter uma conotação americanizada, ao contrário do período anterior à guerra, onde a França detinha a hegemonia. A moldes americanos pode-se deduzir que o rock'n'roll cria a moda dos rabos de cavalos, os vestidos ou saias rodadas e várias anáguas para dar volume ao traje (FAÇANHA, 2000).

Analisando a pesquisa realizada por Paulo Sá, tomou-se o tipo de tecidos estudado por ele, como os utilizados na década de 30 do século XX. Pode-se supor uma diferença entre o vestuário das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, porém devido à presença de poucas fábricas

e à diversidade dos materiais não ser a mesma dos dias atuais, utiliza-se o mesmo vestuário tipo para as duas cidades. Nos quadros 5.12 e 5.13 apresenta-se alguma consideração sobre o vestuário típico de um homem e uma mulher para as décadas em estudo. São apresentados no quadro 5.11 alguns dados considerados interessantes para o presente trabalho, sobre os tecidos utilizados nas épocas específicas para verão / inverno; interno/ externo, dia ou noite.

Quadro 5.11 - Tecidos utilizados nas décadas de 1930 a 1950

Ano	Tecido	Verão	Dia	Exterior
1934	Organdi, Jenoez, Linho, Crepe, Shantung e Jérsei.	verão	dia	exterior
1941	Feltro, Linho, Gabardina, Jérsei, Tafetá, Shantung e Crepe.	verão	dia	exterior
1949	Crepe, Musselina, Linho Tafetá	verão	dia	exterior
Ano	Tecido	Inverno	Dia	Exterior
1934	Crepe (de lã), Veludo e Lã,	inverno	dia	exterior
1941	Tafetá, crepe, pique, Shantung, Jérsei e Feltro.	inverno	dia	exterior
1949	Lã, Piquê, Veludo, Cetim e Jérsei.	inverno	dia	exterior

Fonte: Adaptado de NACIF, 2000.

Como pode ser visto no quadro 5.11, dos tecidos citados tem-se como matéria prima os fios da seda, lã e algodão naturais, porém em alguns casos já aparecem fibras artificiais, como por exemplo, a viscose, uma musselina de seda feita com fios artificiais. (NACIF, 1993).

5.5 - Vestimentas utilizadas

Um estereótipo de vestimenta que poderá ter sido utilizada pelos indivíduos que responderam aos questionários do Rio e de São Paulo. Levando-se em consideração a moda da época, foram consideradas como trajes feminino e masculino os itens demonstrados nos quadros 5.12 e 5.13: O quadros ainda mostram um valor para a resistência térmica dos trajes, elaborado através da ISO 9920³⁹. No quadro 5.12 podem ser vistos os valores de verão para

³⁹ A unidade de resistência térmica da vestimenta é dada em *clo*. 1 *clo* = 0,155m²°C/w

roupas usadas nos décadas de 1930,1940 2 1950 e no quadro 5.13 os mesmos valores para as vestimentas de inverno.

Quadro 5.12 - Vestimentas utilizadas no verão

Traje Feminino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Saia longa acinturada/ Chapéu	Saia reta/Cores escuras/ Manga exército/Roupas íntimas de algodão	Vestidos e saias rodada c/ anáguas/ Blusa com manga/
Tecido	Linho/Crepe (tricoline)	Nylon /Linho/tricoline	Tricoline de Seda
Resistência térmica da vestimenta (clo)	0,81	0,81	0,84
Traje Masculino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Terno, camisa de manga comprida/ gravata e chapéu	Terno, camisa de manga comprida/ gravata e chapéu opcional	Terno, camisa de manga comprida/ gravata e chapéu opcional
Tecido	Linho/cambraia	Linho/cambraia	Algodão / fibra sintética/tricoline
Resistência térmica da vestimenta (clo)	1,1	1,1	1,1

Quadro 5.13 - Vestimentas utilizadas no inverno

Traje Feminino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Saia / Blusa/ Bolero/ Capa 3/4	Saia / Blusa/ meias (Nylon)/ Capa	Saia (longa)/ Blusa/ Nylon meias(Nylon)/ Capa
Tecido	Malha/ Lã	Nylon /Veludo/Malha/ Lã	Nylon /Veludo/ Lã
Resistência térmica da vestimenta(clo)	0,97	0,97	1,00
Traje Masculino			
Ano	1930	1940	1950
Vestuário	Terno, camisa de manga comprida/ gravata e chapéu opcional	Terno, camisa de manga comprida/ gravata e chapéu opcional	Terno camisa de manga comprida/ gravata e chapéu opcional
Tecido	Lã	Cambraia/Lã	Algodão /Lã
Resistência térmica da vestimenta⁴⁰ (clo)	1,1	1,1	1,1

5.6 - Relação da vestimenta com a sensação térmica

As pesquisas de Paulo Sá inserem-se no começo da busca da relação entre as variáveis de conforto e a sensação de conforto pessoal. Porém, em 1936, o que se sabia dessas variáveis e dessas relações era um tanto quanto simplificado, quando comparado com o conhecimento atual.

⁴⁰ Os valores foram retirados da ISO 9920, e para o vestuário de inverno não foram considerados os tipos de tecido utilizados.

Uma publicação do INT (SÁ, 1936) tenta correlacionar a sensação térmica com a vestimenta utilizada, através de estudos feitos com o catatermômetro de Leonard Hill. Como afirmou Sá: “*O ótimo de conforto para o mesmo grau de atividade do indivíduo, dependerá da maneira como se apresenta vestido*”, ou até mesmo Pettenkofer “*cada pessoa transporta consigo, na sua roupa, um clima individual*”. (apud Sá, 1936).

Paulo Sá utiliza o termômetro proposto por Hill, por achar que este termômetro consegue medir a uma temperatura próxima a do corpo humano, o poder refrigerante do ar por convecção e radiação⁴¹. Utilizando dois catatermômetros, um coberto com um pedaço de pano a ser analisado e outro ao ar livre, foram feitas as medições; através das constantes utilizadas pelo cata, determinava-se o grau cata do aparelho nu e do aparelho coberto. Estas variáveis foram chamadas de K_n para o grau cata nu e K_v para o grau cata vestido.

Pela descrição do catatermômetro, pensou ele que a diferença de valores encontrados pelos dois termômetros poderia então dar o valor referente ao poder retentivo de calor em milical/cm²/s. Segundo Sá poderia se dizer que , “*...O poder retentivo do calor dos tecidos estudados, no que se refere a condução e a irradiação, é tanto maior quanto maior é o poder resfriante do ambiente, sendo as condições próximas das do corpo humano...*” (Sá, 1948).

Na verdade o cata mede o tempo que a coluna de mercúrio leva para descer, do aquecimento à temperatura do corpo humano. Quanto mais rápido a coluna desce, mais seco está o ar, maior a velocidade do ar e menor a umidade. Então, quanto maior a diferença entre as duas variáveis, menor será a flexibilidade do tecido para ventilar o organismo e suas trocas úmidas com o meio. Desta maneira o tecido utilizado poderá retardar as trocas por convecção e radiação.

O quadro 5.14 apresenta as diferenças encontradas para K_v e K_n encontrados para ambientes onde K_n é dado pela coluna. Dos tecidos estudados percebe-se que os mesmos retêm tanto mais calor quanto o poder refrigerante do ar; alguns tecidos retêm mais calor em ambientes com pequeno poder refrigerante do que em ambientes com grande poder refrigerante; o linho, para ambientes quentes mostra valores negativos, ou seja, o cata vestido com este pano perde

⁴¹ Paulo Sá usa o termo irradiação.

calor mais depressa do que o cata nu. Os resultados encontrados por Paulo Sá foram por ele mesmo questionados e verificada a necessidade de haver novos ensaios. Desse modo, Paulo Sá relatou a possibilidade de existirem erros nas medições e por isso os resultados não podem ser tidos como finais (SÁ,1936).

Quadro 5.14 - Características dos Tecidos

Poder Retentivo					
Características do Material					
Tecido	Linho rodier	Cambraia de Linho	Tricoline de Seda	Malha de Algodão	Lã
Cor	Branca	Branca	Branca Listada	Branca	Azul Marinho
Espessura (mm)⁴²	0,24	0,1	0,11	0,23	0,31
Para um ambiente: grau cata-seco(Kn)	Diferença entre o valor encontrado pelo cata nu e cata vestido				
Menor que 4	-0,59	0,62	0,41	0,59	0,28
4 a 5	-0,03	0,92	0,78	0,81	0,78
5 a 8	1,03	1,79	2,11	2,23	2,32
Mais que oito	2,42	2,86	3,99	3,53	4,83

Fonte: Adaptado de Sá, 1948

5.7 - Temperatura efetiva e as cata temperaturas -1931

Este estudo foi realizado com um grupo de 8 alunos, de 14 a 17 anos, vestidos de acordo com a época (terno, camisa de manga comprida, gravata/ camiseta⁴³ e chapéu opcional=1,1 clo) em atividade leve (1,2 met^{44 45}) e repouso (1 met) além do próprio Paulo Sá. As observações e medições foram feitas entre 11 e 12 horas de agosto a setembro de 1931, com um total de 250 observações individuais, inclusive dele mesmo. A cada dia eram medidas simultaneamente a temperatura, a umidade e a velocidade do ar⁴⁶, juntamente com a elaboração de fichas individuais⁴⁷, onde os alunos registravam a sensação térmica pela escala de 1 a 7 pontos. As condições físicas do ambiente foram medidas com o termômetro de Leonard Hill (Grau cata) e termômetros para as temperaturas seca e úmida.

⁴² Sá utilizou aqui a especificação do fabricante.

⁴³ Segundo Palhano Pedroso muitos estrangeiros ainda usavam a camiseta por baixo da camisa, sendo este um costume europeu e não brasileiro

⁴⁴ Nos textos de Paulo Sá, a unidade MET, não era utilizada, o mesmo só especificava a atividade sem a unidade.

⁴⁵ O MET é a unidade de medida que especifica a energia produzida pelo corpo para determinada atividade, assim 1met= 58,3W/m²

⁴⁶ O texto redigido por Paulo Sá não especifica a quantidade de medições que foram feitas diariamente nem o intervalo entre as mesmas. Presume-se pelo texto relatado que os resultados foram especificados por uma diária destas medições e observações.

⁴⁷ Paulo Sá também não relata em seus textos como eram estas fichas individuais.

Desta primeira pesquisa Paulo Sá concluiu que os valores dos “estados equivalentes”⁴⁸ são diferentes para brasileiros e americanos, e que o conforto térmico brasileiro ⁴⁹exigia uma temperatura efetiva maior que para os americanos. Paulo Sá observou que o estado correspondente a temperatura “ótima” de conforto para os brasileiros estaria em torno de 22°C da escala americana de temperaturas efetivas.

Para uma temperatura americana efetiva “ótima” em torno de 19,5°C (SÁ, 1934), foi mostrado que o conforto térmico brasileiro exigia uma temperatura efetiva maior do que a necessária para os americanos; pois para os habitantes do Rio de Janeiro a temperatura de 19,5 °C seria relativa à sensação “fresca”. A idéia principal deste trabalho de 1931 foi correlacionar os valores de conforto aqui obtidos com aqueles estipulados internacionalmente.

Os primeiros resultados divulgados por Paulo Sá, em março de 1934 (SÁ, 1934), mostram uma preocupação em ampliar os estudos, abrangendo outras classes de indivíduos, em circunstâncias diversas, delimitando diferentes grupos de estudos e talvez diferentes sensações para as variáveis estudadas. O que se sabe em relação a isso é que as pesquisas relacionadas à radiação térmica, à vestimenta, entre outras, foram feitas separadamente, mas não chegaram a ser usadas simultaneamente na pesquisa editada pelo Instituto Nacional de Tecnologia.

A seguir, no quadro 5.15, são mostrados os resultados encontrados por Paulo Sá em sua pesquisa com o catatermômetro, em ambientes internos. No quadro 5.15 são indicados os valores da temperatura de bulbo seco, umidade, velocidade, graus cata (seco e úmido) e a temperatura efetiva americana correspondente, para a cidade do Rio de Janeiro (SÁ, 1948).

De um modo geral, Paulo Sá preocupa-se em relatar as diferenças existentes entre a temperatura de bulbo seco, a temperatura efetiva, a cata-temperatura, a umidade do ar e velocidade do ar, registrando que:

⁴⁸ Sá usa o termo estados equivalentes para relacionar uma determinada sensação térmica encontrada para diferentes valores de TBS, UR e Velocidade do ar encontrados simultaneamente

⁴⁹ O termo brasileiro aqui se refere às medições do Rio de Janeiro.

Quadro 5.15 - Condições físicas do ambiente para as diferentes sensações

SENSAÇÃO I						SENSAÇÃO II						SENSAÇÃO III					
Neutralidade Térmica (-0,5 a 0,49)						Pouco Quente.(0,5 a 1,49)						Pouco Fria (-0,5 a -1,49)					
Ts	U	V	Cs	Cu	TE	Ts	U	V	Cs	Cu	TE	Ts	U	V	Cs	Cu	TE
°C	%	m/s			°C	°C	%	m/s			°C	°C	%	m/s			°C
20,1	82	0,39	7,4	16,4	18,5	24,0	78	0,46	5,9	12,5	21,8	20,5	71	0,47	7,6	14,7	18,2
24,5	67	0,36	5,3	13,1	22,1	24,1	73	0,08	3,8	13,5	22,5	23,0	84	0,64	7,0	12,8	20,7
24,5	88	0,11	4,0	12,6	23,6	26,8	63	0,50	4,7	12,4	23,4	23,7	87	2,03	10,2	13,1	19,5
24,6	62	0,09	3,8	18,3	22,2												
25,6	57	0,17	4,0	12,5	22,7												
26,0	61	0,24	4,2	14,8	23,0												

Fonte: Adaptado SÁ, 1934.

1) Para valores de umidade de 60% a 80%, habituais no Rio de Janeiro, as temperaturas secas do ar representam com fidelidade a sensação térmica experimentada. Pode-se dizer que o aumento da temperatura é compensado pelo aumento da velocidade do ar.

2) As condições térmicas consideradas confortáveis para brasileiros divergem da sensação térmica americana. Os valores equivalentes para brasileiros seriam: TBS=20,1°C, UR=82% e V=0,39 m/s, ou TBS=24,5°C, UR=67% ,V=0,36m/s. Se estes valores fossem comparados com a sensações americana, a TE variaria em 3,5°C

3) A temperatura efetiva americana e as cata-temperaturas secas representam suficientemente a sensação de conforto; seus índices correspondentes encontram-se em torno de 22°C para a temperatura efetiva, de 4,5 a 5,0 para cata-temperatura seca no inverno. Para o verão, valores de cerca de 24,5°C para a temperatura efetiva e 2,5 a 3,5 para a cata temperatura seca.

5.8 - A pesquisa de Paulo Sá em 1934/35

Esta pesquisa tinha por objetivo estabelecer qual dos índices térmicos demonstraria melhor a sensação de conforto. Isto foi feito através da análise dos índices de conforto existentes; e entre eles qual iria satisfazer melhor a relação ambiente/ indivíduo. Procurava-se também reconhecer quais eram os índices que se relacionavam com a sensação ótima de conforto.

Foi realizada durante um ano inteiro, de maio de 1934 a maio de 1935. Registrou-se as condições físicas (desconsiderando a radiação) do ambiente: temperatura de bulbo seco,

temperatura de bulbo úmido, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura efetiva (calculada pela escala americana), cata-temperatura seca e cata-temperatura úmida. Através de um grupo de oito homens adultos^{50 51}, vestidos de acordo com a época (terno, camisa de manga comprida, gravata/ camiseta, chapéu opcional =1,1 clo) e em repouso (1 met); que registravam, em fichas independentes e individuais⁵², a sensação térmica de acordo com a escala de sensação de conforto; aqui também é utilizado o método da aferição individual para a análise de conforto térmico, registrando a sensação de conforto, através da escala de 7 pontos (SÁ, 1934).

Os resultados foram separados em dois períodos, para os meses de maio a outubro, um primeiro período denominado “inverno”, com temperatura de bulbo seco no local entre 21°C e 28,5°C; e um segundo período denominado “verão”, com temperatura de bulbo seco variando de 24°C a 34,5°C, para os meses de novembro a abril.

No texto escrito em 1938, encontra-se a seguinte citação de Paulo Sá sobre as variáveis físicas e ambientais que influenciariam na sensação de conforto “... *a temperatura, a umidade, o calor irradiado, a movimentação do ar, a sua condutibilidade térmica, os hábitos dos indivíduos sujeitos ao ambiente, seu estado de saúde, suas disposições mentais, e um grande número de outros fatores... Para compensar as divergências individuais necessário se torna acumular um número de observações em larga escala a maneira como diferentes indivíduos reagem as condições diversas do ambiente, e assim tratar os resultados “estatisticamente” ...*”(SÁ, 1938).

O texto citado demonstra uma preocupação em conseguir o maior número de Sensações iguais sobre uma quantidade de indivíduos. As observações coletadas pela população pesquisada seriam analisadas por um modelo estatístico (coeficiente de Pearson).

Através do coeficiente de Pearson, foram estipulados valores de correlação entre a sensação das pessoas no ambiente e os resultados das medições para as variáveis térmica

⁵⁰ Não é possível dizer com precisão a idade, porém em suas publicações Sá sempre agradece aos funcionários do Instituto Nacional de tecnologia por fazerem as medições.

⁵¹ Na publicação n-22 do INT, 1936, Sá cita que no período de maio a setembro de 1934, o grupo de observadores era composto de 7 homens e uma mulher

⁵² Os ensaios foram realizados no Instituto Nacional de Tecnologia, na seção de materiais de construção, sendo que os engenheiros desta seção serviram de observadores, assim confirmados por Palhano Pedroso . Ou seja, os engenheiros chefes das sessões e seu assistentes, entre 20 e 40 anos na época.

analisadas. O Quadro 5.16 mostra que pelo coeficiente de Pearson, a temperatura de bulbo seco é a variável que mais influi na sensação de conforto térmico.

Quadro 5.16 - Valores de Correlação para os Índices Térmicos
Valores de Correlação para os Índices Térmicos

	VERÃO (Período de 1 de maio a 31 de outubro)	INVERNO (Período de 1 de novembro a 30 de abril)
Temperatura de bulbo seco	+0,74 (+- 0,03)	+0,80 (+- 0,03)
Temperatura efetiva americana	+ 0,80(+ - 0,02)	+ 0,70(+ - 0,02)
Cata temperatura seca	-0,71 (+- 0,05)	-0,75 (+- 0,05)
Cata temperatura úmida	-0,57 (+- 0,05)	-0,61 (+- 0,05)
Umidade relativa	-0,12 (+- 0,06)	-0,38 (+- 0,06)
Velocidade do ar	-0,43 (+- 0,05)	-0,12 (+- 0,05)

Fonte: Adaptado de SÁ, 1938.

Para uma comparação entre os valores encontrados por Paulo Sá e as temperaturas externas existentes na época encontrou-se os dados climáticos sobre o Rio de Janeiro, no ano de 1934 e 1935. Estes valores são apresentados nos quadros 5.20 e 5.21 e foram obtidos da estação meteorológica de Bangu no Rio de Janeiro, pois não foi encontrado outro arquivo de dados meteorológicos para a época.

Quadro 5.17- Valores climáticos - Rio de Janeiro, 1934.
1934 - Estação Bangu – latitude 22°53' sul, longitude 42°27'oeste

Meses	Temperatura máxima absoluta	Temperatura média das máximas	Temperatura mínima absoluta	Temperatura média das mínimas	Temperatura média compensada	UR
	°C	°C	°C	°C	°C	%
Janeiro	37,4	32,4	20,0	22,3	26,9	79
Fevereiro	39,2	33,7	20,6	22,3	27,1	76
Março	37,0	32,3	20,0	21,3	25,9	80
Abril	36,6	29,9	16,8	20,6	24,2	82
Mai	36,8	28,8	13,6	17,2	22,0	79
Junho	34,0	27,7	11,0	14,9	20,5	76
Julho	29,6	25,3	9,2	13,7	18,7	80
Agosto	37,6	26,5	9,0	15,0	19,9	79
Setembro	36,2	26,6	10,0	18,0	21,5	80
Outubro	34,8	27,4	10,6	16,5	21,4	79
Novembro	39,2	30,2	14,6	19,5	24,2	75
Dezembro	35,2	29,6	18,2	21,7	25,5	83

Fonte: INMET, 2003, comunicação pessoal.

Quadro 5.18- Valores climáticos - Rio de Janeiro, 1935.

1935-Estação Bangu- lat 22°53' sul , long 42°27' oeste						
	temperatura máxima absoluta	temperatura média das máximas	temperatura mínima absoluta	temperatura média das mínimas	temperatura média compensada	UR
	°C	°C	°C	°C	°C	%
Janeiro	36,6	30,8	18,5	21,3	26	81
Fevereiro	36,0	31,6	19,4	22,8	26,5	84
Março	37,2	32,6	18	21,6	26,2	80
abril	33,8	27,5	15,4	19	22,6	84
maio	32	26,6	9,8	14,5	19,6	82
junho	32,2	27,8	11	16,3	21,1	82
julho	32,2	27,5	10,6	16,2	21	76
agosto	33,8	26,6	10,8	16,0	20,7	77
setembro	27,0	27,5	13,6	17,2	21,6	79
outubro	33,6	27,7	15,4	19,6	22,8	83
novembro	35,8	29,2	15,2	19,0	23,7	76
dezembro	38,0	32,6	16,1	21,5	26,9	73

Fonte: INMET, 2003, comunicação pessoal.

A análise dos dados de temperatura através da estação Bangu demonstra uma amplitude térmica elevada para a cidade do Rio de Janeiro. Porém os valores medianos das temperaturas máximas e mínimas assim como a média ponderada condizem com os valores encontrados por Paulo Sá em suas medições.⁵³

As medições feitas por Sá utilizaram os mesmo padrões no que diz respeito à umidade, velocidade e TBS, e graus cata. No que diz respeito à influência da velocidade do ar, os ensaios foram feitos com e sem o uso do ventilador. O Quadro 5.19 a seguir tem como objetivo demonstrar como a velocidade do ar influi na sensação de conforto do indivíduo no ambiente. O efeito da velocidade é observado nas medições do cata-úmido, o que já era de se esperar posto que a velocidade do ar acelera a evaporação da água, além das perdas por convecção “...o movimento do ar, que renovando a camada de ar em contato com o corpo, faz variar as perdas por condução e evaporação...”⁵⁴ (SÁ, 1938).

⁵³ Convém lembrar que a estação Bangu não era próxima do local onde foram feitas as medições servindo apenas como valor de referência para uma exemplificação. Não há, contudo dados externos das medições realizadas por Paulo Sá.

⁵⁴ No texto Sá usa o termo condução para convecção.

O próprio Sá reconhece que para os limites da experiência não foram notados valores significativos para a velocidade do ar, porém “...Uma observação que convém fazer, é que a influência da ventilação sobre conforto pode não ser exclusivamente uma influência térmica e que a movimentação do ar pode, talvez agir favoravelmente sobre a epiderme dando-lhes, por motivos outros, um impressão agradável...” Porém analisando-se graficamente (figura 5.4) estes valores, nota-se que a velocidade do ar influencia na temperatura efetiva encontrada, portanto os valores de 0,5 que Paulo Sá desprezou, podem ser considerados significativos.⁵⁵

Quadro 5.19 - Valores 1934/35

Valores de ensaio 1934/35							
Com ou sem Ventilador	TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	Cata –seco	Cata-umido	TE (°C)	Sensação Térmica
Sem ⁵⁶	33,00	60	0,86	2,0	7,2	28,6	2,4
Com	33,00	60	1,27	2,3	11,2	27,4	1,9
Sem	31,00	70	0,05	1,6	6,5	28,9	1,9
Com	31,00	70	0,45	2,6	10,2	27,5	1,5
Sem	25,50	79	0,16	3,6	9,4	24,4	0,1
Com	25,50	79	0,25	4,0	13,9	24,2	-0,1
Sem	24,00	77	0,08	3,9	11,8	22,5	0,4
Com	24,00	77	0,13	4,3	15,4	22,3	0,3
Sem	25,50	74	0,09	3,5	9,8	23,4	1,1
Com	25,5	74	0,28	4,5	13,5	22,9	0,2
Sem	26,00	81	0,08	3,3	11,4	24,4	1,7
Com	26,0	81	0,23	4,1	12,4	24,1	0,3
Sem	25,50	74	0,08	3,4	19,1	23,4	0,7
Com	25,50	74	0,28	4,5	13,5	22,9	0,2
Sem	25,00	53	0,08	3,6	13,2	29,6	0,6
Com	25,00	53	0,28	4,3	19,1	20,3	0,1
Sem	24,50	65	0,07	3,7	14,2	21,7	0,6
Com	24,50	65	0,18	4,5	16,1	21,6	0,2
Sem	27,00	58	0,08	3,0	13,8	23,6	1,8
Com	27,00	58	0,26	3,7	14,3	32,1	0,8
Sem	27,50	68	0,09	2,9	10,7	24,8	2,1
Com	27,50	68	0,42	4,1	14,9	24,2	1,7
Sem	26,50	82	0,23	3,9	11,1	24,4	1,6
Com	26,50	82	0,30	4,3	15,5	24,2	0,9
Sem	30,00	65	0,05	1,9	7,9	26,8	2,5
Com	30,00	65	0,90	3,8	12,9	25,5	1,8

Fonte: SÁ 1938.

⁵⁵ Sabe-se que a ventilação produz um efeito de aquecimento ou resfriamento de acordo com a umidade relativa e temperatura do ar, também sendo responsável pela sensação de retirada de umidade do ar que fica em contato direto com a pele do indivíduo.

⁵⁶ Embora os valores estejam um pouco acima dos outros valores da tabela, foram retirados estes mesmos da obra de Sá

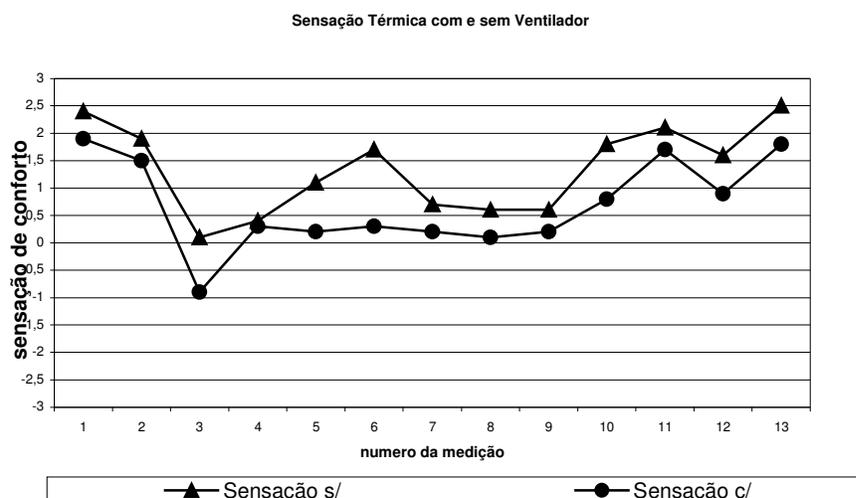


Figura 5.4 - Sensação Térmica em relação ao uso de ventiladores, em relação a temperatura efetiva.

Para se estabelecer o grau de conforto térmico, na pesquisa do engenheiro Paulo Sá a sensação 4 correspondente à sensação agradável. Para que isto acontecesse o estudo de Sá propôs a utilização de dois métodos. O primeiro método seria pela teoria da correlação, onde se determinam as duas retas de regressão, nas quais as coordenadas permitem calcular os valores de uma grandeza, em função dos valores da outra. O segundo método propõe a média dos valores encontrados que correspondem à sensação agradável.

Estes dois procedimentos foram utilizados para as variáveis medidas, que são: temperatura de bulbo seco, temperatura efetiva americana, cata temperatura seca, devido ao fato dessas variáveis climáticas representarem uma função linear. A partir do conhecimento das equações lineares e dos valores para a sensação agradável, chega-se à finalidade da pesquisa: determinar valores para as variáveis responsáveis pela climatização dos ambientes.

Segundo Paulo Sá, quando “... quer-se construir uma instalação confortabilizadora (ou refrigeradora) para um teatro cinema, uma fabrica, um escritório, um restaurante ou mesmo uma residência particular, é necessário conhecer previamente o resultado que se quer obter: qual a temperatura, qual a umidade, qual a velocidade do ar a serem obtidos...” Como disse André Missenard⁵⁷ “...Numa época em que se cuida de realizar artificialmente todos os climas, é

⁵⁷ L'homme at le climat, (1936).

preciso chamar a atenção para o perigo que comporta a generalização sem as precauções necessárias destas condições artificiais...”.

Em 1936, Sá publica uma parte da pesquisa referentes aos meses de maio a setembro de 1934, onde plota os resultados encontrados até o momento da publicação. Nestes gráficos também se encontra o número de observadores que responderam aos questionários bem como a sensação térmica encontrada para cada dia. Esta pesquisa também relata um total de oito observadores sendo que um deles era do sexo feminino. Os quadros 5.20, a 5.25 mostram os valores para os meses consecutivos de maio a setembro.

Quadro 5.20 – Valores para o mês de maio

MAIO							
dia	TBS	UR	V	Cata -seco	Cata - úmido	T E	Sensação
	(°C)	(%)	(m/s)			(°C)	
9	27	58	0,18	3,5	13	23,9	0,6
11	25,5	68	0,18	4,1	12	23,2	-0,6
14	24,5	56	0,11	4	11,5	22	-0,9
15	24,5	56	0,08	3,8	10	22,2	-1
16	24,5	56	0,09	3,8	12,7	22,2	-0,6
17	24,5	56	0,17	4,4	12,6	22,1	-0,5
18	25	70	0,17	4,2	13	22,6	0,3
21	27	63	0,33	4,1	10,3	23,7	0,3
22	28,5	55	0,35	3,5	10,7	24,5	0,6
23	26,5	79	0,16	3,6	9,4	24,4	0,1
24	28	52	0,42	4,8	15	23,2	0
25	26	62	0,2	4	13,3	23,5	0,3
26	27,5	55	0,15	3,2	11,4	24,5	0,8
28	26	60	0,18	3,9	11,1	23,6	0,8

Fonte : Adaptado de Sá,1936 e dados da autora (TE e sensação).

No mês de maio (quadro 5.20) foram feitas medições em 14 dias. Em 6 deles obteve-se uma sensação agradável pelo método da média dos votos individuais. O valor da TBS ficou mais próximo dos valores médios das máximas estipulados pela estação Bangu e a umidade relativa demonstra valores abaixo dos da estação. No mês de junho (quadro 5.21) foram feitas medições para 16 dias. Em 10 deles obteve-se uma sensação agradável pelo método da média dos votos individuais. O valor da TBS ficou mais próximo dos valores médios das máximas estipulados pela estação Bangu e a umidade relativa demonstra valores abaixo dos da estação. No mês de

julho (quadro 5.22) foram feitas medições em 15 dias. Em 14 deles obteve-se uma sensação agradável pelo método da média dos votos individuais. O valor da TBS ficou mais próximo dos valores médios das máximas estipulados pela estação Bangu e a umidade relativa demonstra valores abaixo dos da estação. No mês de agosto (quadro 5.23) registram-se 8 dias. Em 2 deles obteve-se uma sensação agradável pelo método da média dos votos individuais. O valor da TBS ficou mais próximo dos valores médios das máximas estipulados pela estação Bangu e a umidade relativa demonstra valores abaixo dos da estação.

Quadro 5.21 – Valores para o mês de junho

JUNHO							
dia	TBS	UR	V	Cata -seco	Cata - úmido	T E	Sensação
	(°C)	(%)	(m/s)			(°C)	
1	27	52	0,14	3,3	12,5	23,4	0,8
4	28	62	0,19	2,9	17	24,8	1,3
5	28,5	55	0,08	2,5	10,5	25	1,8
8	24	60	0,19	4,7	14,1	21,3	-0,6
11	25	77	0,15	4,1	11,2	23	-0,1
12	25	77	0,23	4,5	15,1	22,8	-0,2
13	25	78	0,15	4,1	10,6	23,3	0,25
15	25,5	63	0,18	4,1	12,9	22,3	0,16
18	25	62	0,09	3,7	11,4	22,5	0,4
19	24	61	0,16	4,5	13,6	21,5	-0,1
20	24	58	0,19	4,7	13,3	21,2	-0,13
21	23,5	55	0,25	5,2	13,6	20,5	-0,67
22	24	55	0,29	5,2	14,9	21	0,3
25	24,5	70	0,29	5	12,9	22	0,13
26	24	73	0,13	4,3	11,3	22,1	0
27	24	73	0,25	5,0	11,9	21,9	0

Fonte : Adaptado de Sá,1936 e dados da autora (TE e sensação).

Quadro 5.22 – Valores para o mês de julho

JULHO							
dia	TBS	UR	V	Cata -seco	Cata - úmido	T E	Sensação
	(°C)	(%)	(m/s)			(°C)	
2	23	60	0,28	5,6	15,3	20,2	-0,17
4	23,5	61	0,09	4,2	12,6	21,1	0
5	23	48	0,33	5,8	14,5	19,5	-0,01
6	23	61	0,12	4,6	17,7	20,7	-0,38
9	23	76	0,06	4,1	14,5	21,5	0
11	22,5	72	0,09	4,5	13,3	20,8	-0,25
12	22,5	79	0,23	5,5	14,7	21,8	-0,17
13	22	80	0,05	4	12,1	20,8	0,4
16	23,5	75	0,13	4,5	12,4	21,8	0
18	25,5	63	0,13	3,8	15,6	22,9	0,91
19	25,5	70	0,18	4,1	11,9	23,1	0,12
23	23	68	0,1	4,4	13,6	21	0,25
24	23	68	0,11	4,5	13,5	21	0,08
30	23	80	0,18	5	18	21,4	0
31	24	65	0,16	4,5	17,7	21,7	-0,3

Fonte: Adaptado de Sá,1936 e dados da autora (TE e sensação).

Quadro 5.23 – Valores para o mês de Agosto

AGOSTO							
dia	TBS	UR	V	Cata -seco	Cata - úmido	T E	Sensação
	(°C)	(%)	(m/s)			(°C)	
1	25	62	0,23	4,5	12,7	22,1	0,75
2	26	56	0,16	3,8	12,7	23	0,59
3	25	70	0,15	4,1	12,9	22,7	0,67
10	23,5	69	1,34	9,1	29	19,1	-0,71
21	23	76	0,94	8,5	19,4	18,8	-0,56
22	23	76	0,29	5,6	16,7	21	-0,25
27	25,5	60	0,49	4,8	14,3	22	0,83
31	25,5	74	0,28	4,5	18,5	22,9	0,5

Fonte: Adaptado de Sá,1936 e dados da autora (TE e sensação).

No mês de setembro (quadro 5.24) registram-se 7 dias. Em nenhum destes obteve-se uma sensação agradável pelo método da média dos votos individuais. O valor da TBS ficou mais

próximo dos valores médios das máximas estipulados pela estação Bangu e a umidade relativa demonstra valores abaixo dos da estação.

Ao todo foram registradas as médias de 60 dias entre os meses de maio a setembro, e nesse período, 32 dias apresentaram, pelo método da média dos votos individuais diários, uma sensação de neutralidade térmica. O mês que ofereceu maior satisfação térmica com o ambiente foi julho, onde dos 15 dias, 14 foram considerados dentro da zona de conforto.

Quadro 5.24– Valores para o mês de setembro

SETEMBRO							
dia	TBS	UR	V	Cata -	Cata - úmido	T E	Sensação
	(°C)	(%)	(m/s)			(°C)	
4	25,9	81	0,08	3,3	11,4	24,4	1,67
11	27,5	68	0,12	3,04	10,6	25	1,67
17	26	71	0,11	3,5	15,7	23,3	0,67
18	26,5	74	0,08	3,4	10,1	23,4	0,7
21	25	53	0,08	3,6	13,2	20,6	0,58
24	24,5	65	0,07	3,65	14,2	21,7	0,57
25	27	58	0,08	3,0	13,8	23,6	1,75

Fonte: Adaptado de Sá, 1936 e dados da autora (TE e sensação).

A partir dos valores registrados, Paulo Sá formulou quadros referentes as condições físicas dos ambientes correspondentes ao grau de conforto. Estes valores podem ser vistos no quadro 5.25, a 5.29. A 60 medições feitas foram separadas em Sensação Fria, Sensação Pouco Fria, sensação de Neutralidade Térmica, Sensação Pouco Quente e Sensação Quente. Dos dados apresentados nos quadros 5.25 a 5.29 pode-se perceber apenas uma sensação pouco fria e que 3 votos registram a sensação quente. Os resultados significativos se dividem entre as sensações Pouco Quente (16 votos) e Pouco Fria (12 votos) e a zona de neutralidade (15 votos). Desses resultados é possível identificar que as três variáveis interferem na sensação térmica do indivíduo perante o ambiente, posto que existem valores iguais de temperatura de bulbo seco para sensações térmicas diferentes, supondo-se assim o efeito das demais variáveis sobre a sensação térmica. Os quadro 5.30 e 5.31 determinam as equações de Regressão para as sensações térmicas de verão e inverno.

Quadro 5.25 - Condições físicas do ambiente para a sensação fria

Sensação Fria (-2,5 a -1,49)		
Paulo Sá		
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)
23,00	58	1,00

Quadro 5.26 - Condições físicas do ambiente para a sensação um pouco fria

Sensação Pouco Fria (-1,50 a -0,49)		
Paulo Sá		
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)
21,00	61	0,90
21,00	83	1,56
21,50	86	0,36
21,50	60	1,14
22,00	60	2,57
22,00	76	0,94
23,00	72	0,82
23,00	69	1,34
23,50	55	0,25
23,50	75	0,72
23,50	80	1,20
23,50	80	0,20

Quadro 5.27 - Condições físicas do ambiente para a sensação de neutralidade

Sensação de Neutralidade Térmica -0,50 a 0,49					
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)
22,00	80	0,05	24,00	55	0,28
22,50	72	0,09	24,00	73	0,13
22,50	79	0,23	24,00	73	0,25
23,00	60	0,80	24,00	65	0,16
23,00	48	0,33	24,00	77	0,08
23,00	61	0,12	24,00	77	0,13
23,00	76	0,06	24,50	70	0,29
23,00	68	0,10	24,50	65	0,18
23,00	68	0,11	25,00	70	0,15
23,00	80	0,18	25,00	62	0,09
23,00	65	0,81	25,00	53	0,18
23,00	76	0,29	25,50	63	0,18
23,50	75	0,13	25,50	70	0,18
24,00	61	0,16	25,50	74	0,28
24,00	58	0,19			

Quadro 5.28 - Condições físicas do ambiente para a sensação pouco quente

Sensação Pouco Quente 0,50 a 1,49		
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)
23,50	61	0,09
24,50	65	0,07
25,00	62	0,25
25,00	70	0,15
25,00	74	0,08
25,00	53	0,08
25,50	63	0,13
25,50	74	0,09
25,50	74	0,28
26,00	56	0,16
26,00	81	0,23
26,00	71	0,11
26,50	60	0,49
27,00	58	0,23
27,50	68	0,34
28,00	55	0,54

Quadro 5.29 - Condições físicas do ambiente para a sensação Quente

Sensação Quente 1,50 a 2,49		
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)
26,00	81	0,08
27,00	58	0,08
27,50	68	0,12

Temperatura de Bulbo Seco X Sensação Térmica

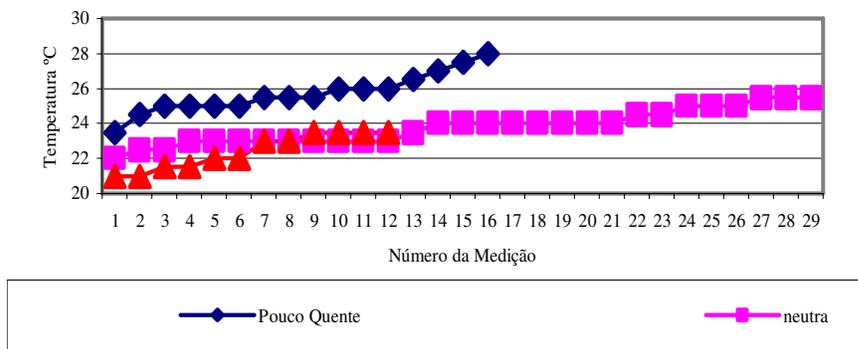


Figura 5.5. – Valores de TBS segundo Paulo Sá 1934/1935

Observa-se que em alguns pontos a TBS da sensação fria é mais alta do que a TBS da sensação de neutralidade, e quando isso ocorre a velocidade do ar é maior para as sensações frias. Caso não haja aumento da velocidade do ar a umidade relativa deverá acusar alguma variação, como mostra a figura 5.6

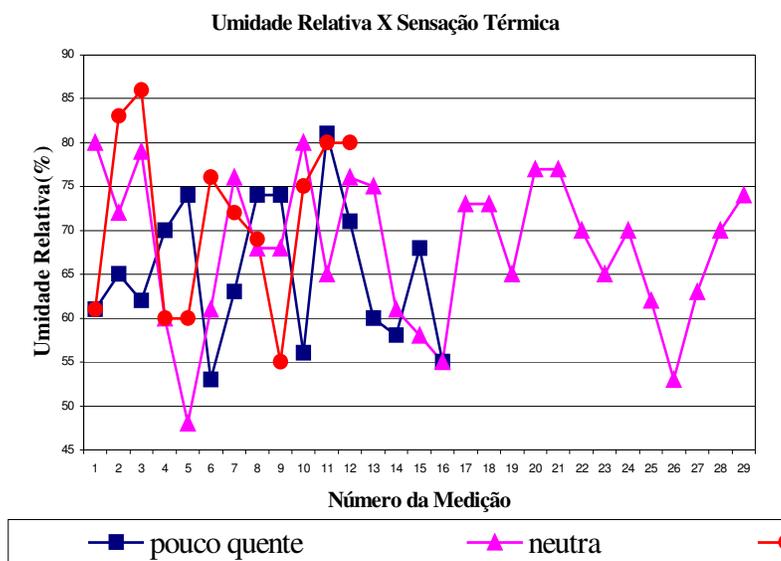


Figura 5.6. – Valores da Velocidade do ar segundo Paulo Sá 1934/1935

As figuras 5.7 e 5.8 apresentam as equações de regressão utilizadas, comparando as sensações e as temperaturas, para os períodos de verão e inverno, respectivamente. É importante ressaltar que existe uma diferença notável, para as zonas de verão e inverno, de quantidade de dias razoavelmente dentro da zona de conforto, posto que no inverno tem-se 54 dias enquanto que no verão apenas 16 dias foram considerados confortáveis.

Velocidade do ar X Sensação Térmica

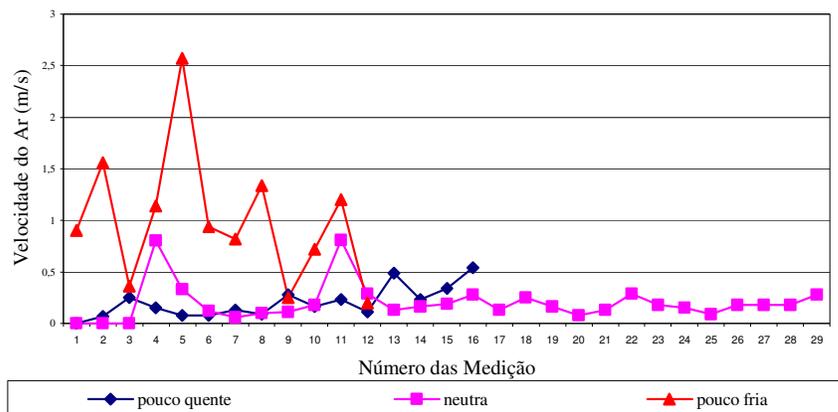


Figura 5.7. – Valores das equações de regressão.

Quadro 5.30 - Equações de Regressão- Sensação Térmica e temperaturas-Verão

	VERÃO-PERÍODO-				
	31 de Outubro-30 de Abril				
	Coefficiente De correlação	Índice De Linearidade		Equações De Regressão	Valor de Conforto (°C)
temperatura efetiva americana	0,7(+/-)0,04	2,44	linear	s=0,406te-5,48 te=1,22s+19,93	23,3 24,8
Temperatura do ar	0,8(+/-)0,09	1,13	linear	s=0,325ts -4,37 ts= 1,97s+19,00	25,8 26,9
Grau cata seco	-0,75(+/-)0,03	1,92	linear	s=-0,934s +7,63 k _s =-0,602s+19,00	5,1 5,4
Grau cata úmido	-0,61(+/-)0,05	2,41	linear	s=-0,25ku+7,75 k _u =-1,50s+18,20	12,2 15
Umidade relativa	-0,38(+/-)0,07	3.16	não linear		
Velocidade do ar	-0,12(+/-)0,08				

Fonte: Adaptado de SÁ, 1938.

Quadro 5.31- Equações de Regressão-Sensação Térmica e Temperaturas – Inverno

	INVERNO-PERÍODO				
	1.º de Maio-30 de Outubro				
	Coefficiente de correlação	Índice De Linearidade		Equações De Regressão	Valor de Conforto (°C)
Temperatura efetiva americana	0,3(+/-)0,02	2,28	linear	s=0,339te-3,31 te=1,89s +14,19	21,5 21,8
Temperatura do ar	0,74(+/-)0,03	1,53	Linear	s=0,333ts - 4,18 ts=1,65s+18,00	24,5 24,6
Grau cata seco		3,25	não linear		5,4
Grau cata úmido	-0,57(+/-)0,05	3,41	não linear		1
Umidade relativa	-0,115(+/-)0,08				
Velocidade do ar	-0,43(+/-)0,05				

Fonte: Adaptado de SÁ, 1938.

Sá concluiu, em 1939, que na cidade do Rio de Janeiro, tendo-se a umidade média entre 60% e 80%, e supondo-se pessoas vestidas normalmente e atividade média, para a sensação confortável as temperaturas secas de verão e de inverno são respectivamente e aproximadamente 26,5°C e 24,5°C. Em seguida são mostrados os valores encontrados por Sá entre 1934 e 1935(quadro 5.31 e 5.32)

Quadro 5.31 - Período de Inverno

ts	ks	te	ts	ks	te	ts	ks	te
°C		°C	°C		°C	°C		°C
34,5	4,4	22,1	24	5,2	21	23	4,5	21
25	4,2	22,6	24,5	5	22	23	5	21,4
27	4,1	23,1	24	4,3	22,1	24	4,5	21,7
26,5	3,6	24,4	24	5	21,9	26	3,8	23
26	4	24,2	23	5,6	20,2	23	7,6	19,4
5	4,8	23,2	23,5	4,2	21,5	23	5,6	21
26	4	23,5	23	4,6	20,7	24	3,99	22,5
26	4,1	23	23	5,8	19,5	24	4,3	22,3
25	4,1	22,8	22,5	5,5	20,8	25,5	4,5	22,9
25	4,1	23,3	23	4,1	21,5	25,5	4,5	22,9
25	7,8	20,9	22,5	4,5	20,8	25	4,3	20,3
25,5	4,1	22,8	22	4	20,8	24,5	4,5	21,3
25,5	3,7	22,5	23,5	4,5	21,8	26	4,3	23
24	4,5	21,5	25,5	4,1	23,1	23	4,4	21,6
24	4,7	21,2	23	4,4	21	23,5	4,5	22,8
25	4	22,8	26,5	4	24,5	24	4,2	21,8
26	3,4	23,5	26	3,8	24,4	22,5	4,7	20,4
25	3,8	22,5	28	2,6	24,8	23	4,6	21,2

Fonte: Adaptado de SA, 1936.

Quadro 5.33 - Período de Verão

ts	ks	te	ts	ks	te	ts	ks	te
°C		°C	°C		°C	°C		°C
24,5	4,3	22,5	25,5	3,2	24	29	2,8	26,2
26	3,4	24,2	26	4	24	29	3,6	25
28	3,8	25,6	27,5	3,6	25,5	28	3,2	25,4
28	3,9	25,6	30,5	3,3	26,8	27,5	3,5	24,8
27	3,2	24,7	27,5	3,1	25,5	25,5	3,7	24
						24,5	3,6	23,2

Fonte: Adaptado de SÁ, 1936.

5.9 - Termômetro Resultante de Andre Missenard-1935/36

As medidas realizadas por Paulo Sá utilizando o termômetro de Missenard seguem o mesmo roteiro das outras medições: 4 a 8 homens vestidos de acordo com a época (terno, camisa de manga comprida, gravata /,camisete e o chapéu opcional, 1,1 clo) e em repouso, respondendo a uma sensação térmica através da escala de sete pontos já mencionada. As medições vão de novembro de 1935 a janeiro de 1936, isto é, durante o verão carioca.

Pelo método estatístico (coeficiente de Pearson) chega-se a seguinte correlação (r) entre o índice de conforto térmico e as medidas obtidas pelo termômetro (3.48).

$$r = 0,861 \pm 0,025 \quad (5.48)$$

As experiências demonstraram assim que existe uma relação entre as duas grandezas. Paulo Sá, continuando seu modelo estatístico, propõe que, sendo Y a sensação de calor, com a escala adotada, X a temperatura resultante do local, chega-se à seguinte equação:

$$Y = 0,35X - 4 \quad (5.49)$$

Por exemplo, considerando-se a temperatura de 22,9°C como a temperatura encontrada no termômetro de Missenard, obtém-se um grau de conforto em torno de 4, o que significa que a temperatura estabelecida está dentro da zona de conforto proposta para o verão carioca. No caso

de uma temperatura acima de 27° C, seria obtida uma sensação fora da zona de conforto. O quadro 5.34 relata valores de temperatura e UR para o Rio de Janeiro, em 1936.

Quadro 5.34 - Valores climáticos Rio de Janeiro, 1936

1936-Estação Bangu - lat. 22°53' sul, long. 42°27' oeste						
	Temperatura máxima absoluta	Temperatura média das máximas	Temperatura mínima absoluta	Temperatura média das mínimas	Temperatura média compensada	UR
	°C	°C	°C	°C	°C	%
janeiro	39,2	33,7	18,6	22,2	27,9	71
fevereiro	36	30,3	19,2	21,6	25,3	81
março	38	30,8	18,4	21,5	24,9	83
abril	36,2	31,3	16,6	20,2	24,3	81
maio	32,9	31,2	17,2	19,3	23,8	81
junho	34	29,6	12	16,8	21,9	76
julho	33	28,4	10,8	14,5	20,2	74
agosto	34	26,9	11	15	19,7	76
setembro	37,6	27,4	12,8	16,6	20,7	79
outubro	36	29	13	18,1	22,4	78
novembro	35,4	29,5	14,2	19,9	23,9	77
dezembro	37,4	31,2	17	20,9	25,7	77

Fonte: INMET, 2003, comunicação pessoal

5.10 - Conforto na cidade universitária – 1951

A pesquisa realizada por Sá na Cidade Universitária (figura 5.5) pode ser considerada uma das mais completas sobre o clima tropical existentes na época de 1950. Suas pesquisas foram realizadas durante um ano, repercutindo numa infinidade de votos de variáveis físicas do local pesquisado.

Dos índices propostos para a verificação da sensação de conforto observada foram utilizadas a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa do ar, a velocidade do ar e a temperatura radiante⁵⁸

Assim como nas publicações anteriores, Sá conclui que a temperatura de bulbo seco representa no Rio de Janeiro um índice muito bom do grau de conforto térmico do ambiente e que a umidade relativa pouco influenciava na sensação⁵⁹; sobre a velocidade do ar, ficou constatado

⁵⁸ Paulo Sá utiliza nomenclaturas diferentes para as variáveis assim como temperatura seca e calor irradiado pelas superfícies internas do cômodo

⁵⁹ Esta observação feita por Sá sobre a UR causou interesse de outros pesquisadores da área, pois era diferente da idéia da época.

que desde que as velocidades não sejam baixas, sua importância é fundamental para a sensação térmica. Um outro fator visto por Sá seriam os valores de insolação para as diferentes fachadas.⁶⁰



Figura 5.8 - Vista área cidade universitária

Fonte: MINDLIN,2002.

Nesta publicação Sá conclui que para melhorar a sensação de desconforto seria necessário:

A- Orientar o edifício de forma a colocá-lo sobre a melhor posição de carga solar incidente sobre o mesmo.

B- Orientar o edifício na direção dos ventos; evitando também rajadas e velocidades altas que acabam gerando desconforto, o que pode ser feito por meio de uma cortina de árvores;

C- Colocar anteparos entre as paredes e a incidência de radiação solar direta, (isto poderia ser feito através de árvores, quebra-sóis independentes do edifício ou integrado ao próprio edifício);

D- Impedir que esta carga solar incidente penetre no ambiente interno do edifício, através da escolha da cor do revestimento; paredes de menor condutibilidade térmica,

E- Caso nenhuma dessas alternativas acarrete uma melhoria na sensação agradável do edifício, recorre-se a acondicionamento artificial de ar, proporcionando o clima que se deseja, nas ocasiões em que se precisa.

As medições foram feitas no período de 1º de outubro de 1950 a 30 de setembro de 1951, em 4 pontos diferentes da Cidade Universitária (figura 5.7)(figura 5.8): Puericultura,

⁶⁰ Sá denomina como "... carga solar local a quantidade de calor em calorias por metro quadrado e por unidade de tempo, recebida pelas superfícies externas dos cômodos...".

Arquitetura, Engenharia e Pindaí, os dois primeiros com aparelhos registradores e os dois últimos colhidos cada dia pelos observadores. A análise final mostra os valores encontrados para a temperatura de bulbo seco, excessos térmicos⁶¹, diferenças entre as temperaturas de manhã e tarde, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos.(figura 5.6)

Os resultados foram listados por estações: primavera (outubro, novembro, dezembro), verão (janeiro, fevereiro, março), outono (abril, maio, junho), inverno (julho, agosto, setembro); além também da divisão em horários em dois períodos: manhã e tarde. Segundo da Sá o objetivo da divisão foi simplesmente sistematizar os dados para melhor compreensão dos mesmos visto que para o Rio de Janeiro a divisão climática é um tanto quanto ilusória.

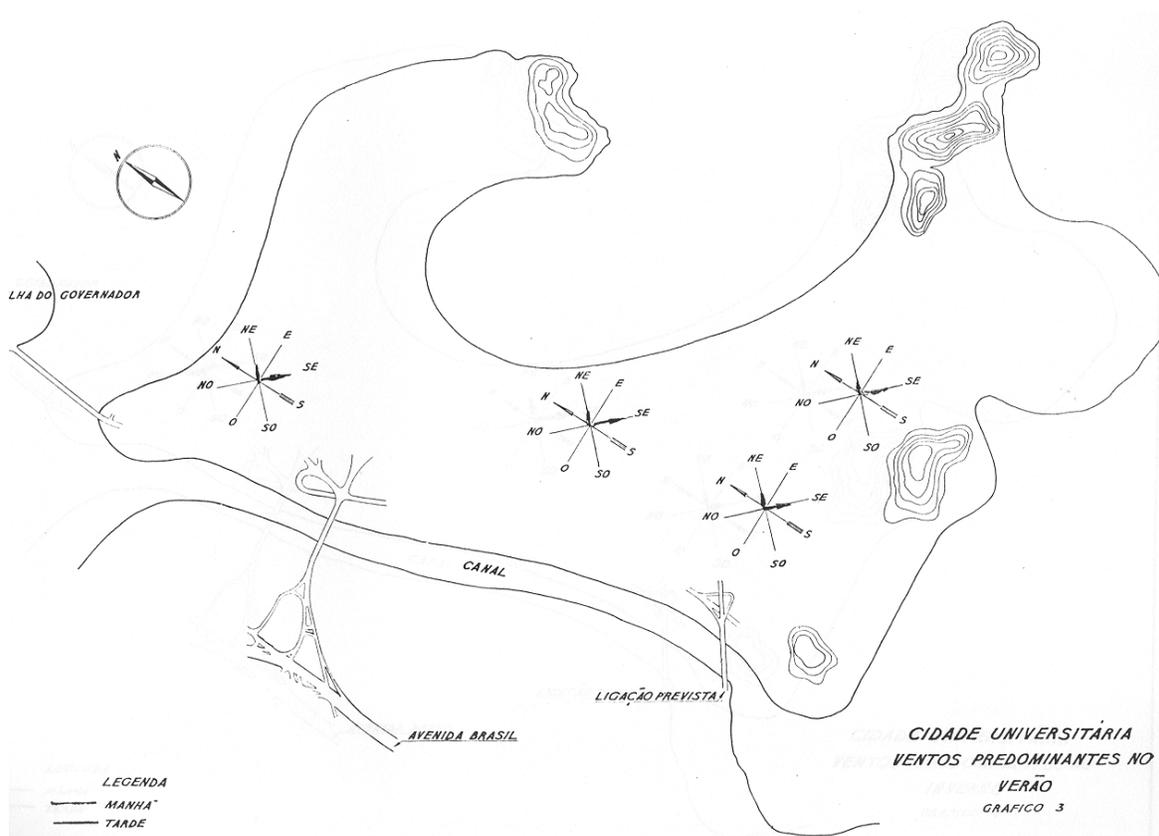


Figura 5.9 - Regime de Ventos registrado por Sá, para o verão.

Fonte: Sá 1936.

⁶¹ A expressão excesso térmico é definida por Sá como sendo a diferença entre o número de graus-hora observados no período e o número de graus-hora correspondentes á sensação de conforto. A expressão graus-hora corresponde ao produto da temperatura em graus pelo tempo, em horas, na qual a temperatura foi verificada.

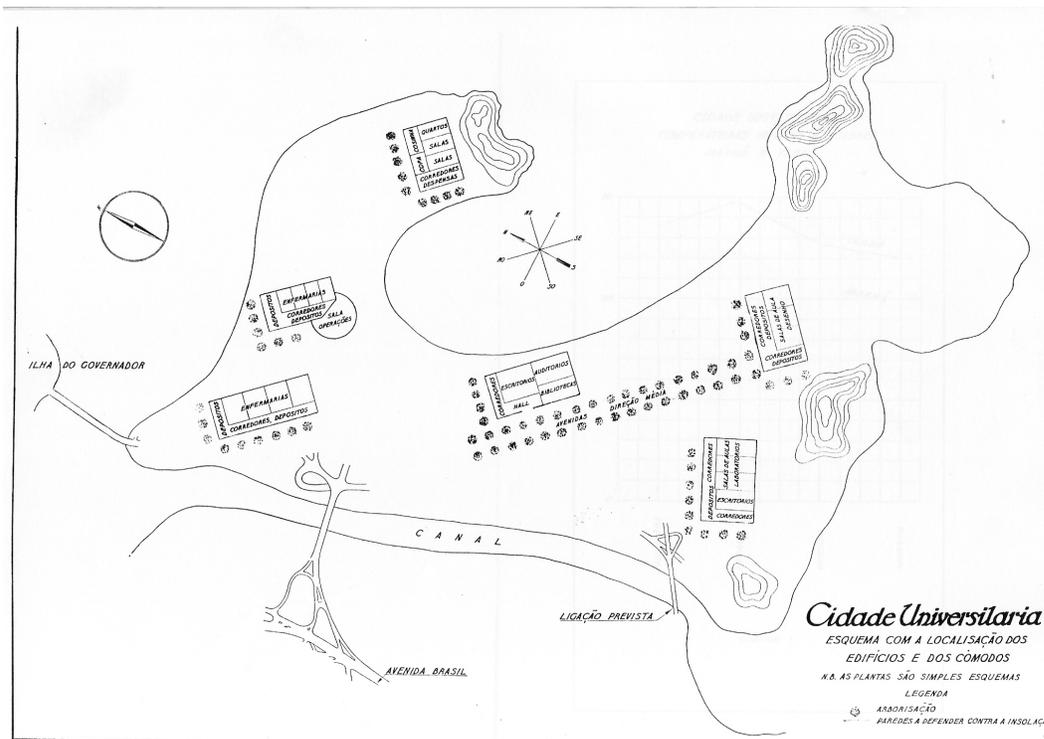


Figura 5.10 – Mapa da implantação da cidade universitária, proposta por Sá. (Não existe preocupação na escala e projeto no desenho, apenas orientação).

Fonte: Sá 1936.



Figura 5.11 – Implantação da cidade universitária após conclusão.

Fonte: MINDLIN, 2002.

Dos resultados encontrados, Sá em 1952, conclui que:

A- Para a temperatura de bulbo seco: (quadro 5.38) Existe uma diferença entre as temperaturas da manhã e da tarde; a figura 5.9 mostra esta diferença, que é aproximadamente 5°C para verão, outono e inverno e de 2,3°C na primavera; a diferença de temperatura entre verão e inverno fica entre 5°C e 5,5°C (quadro 5.34).

B- Excesso térmico: Pelo quadro 5.35, nota-se que, no período da tarde, o local pode ser considerado um tanto quanto quente, pois o excesso térmico é da ordem de +0,5 e no período da manhã o local pode ser considerado um tanto quanto frio, pois o excesso térmico é da ordem de -0,5.

Quadro 5.35 - Temperaturas de Bulbo Seco encontradas em diferentes locais e épocas do anos para os períodos de manha e tarde, 1952.

Temperatura de Bulbo Seco					
Manha					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
	°c	°c	°c	°c	°c
Arquitetura	24,2	24,5	20,4	19,3	22,1
Puericultura	24,7	24,6	20,2	19,1	22,2
Engenharia	25,0	24,7	21,0	19,1	22,5
Pindaí	25,1	24,6	20,8	19,1	22,4
Média	24,8	24,6	20,6	19,2	22,3
Tarde					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
	°c	°c	°c	°c	°c
Arquitetura	26,5	29,3	25,5	24,2	26,4
Puericultura	27,0	29,6	25,5	24,0	26,5
Engenharia	27,0	29,4	25,6	25,1	26,8
Pindaí	27,5	29,6	25,4	23,9	26,6
Média	27,0	29,5	25,5	24,3	26,6

Fonte: Sá, 1951

Quadro 5.36- Diferenças de TBS, nos períodos da manhã e da tarde,1952

Diferenças de Temperatura					
Manha e Tarde					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
	°c	°c	°c	°c	°c
Arquitetura	2,3	4,8	4,1	5,0	4,1
Puericultura	2,3	5,0	5,3	4,9	4,4
Engenharia	2,0	4,7	4,6	6,0	4,3
Pindaí	2,4	5,0	4,6	4,8	4,2
Média	2,3	4,9	4,7	5,2	4,2

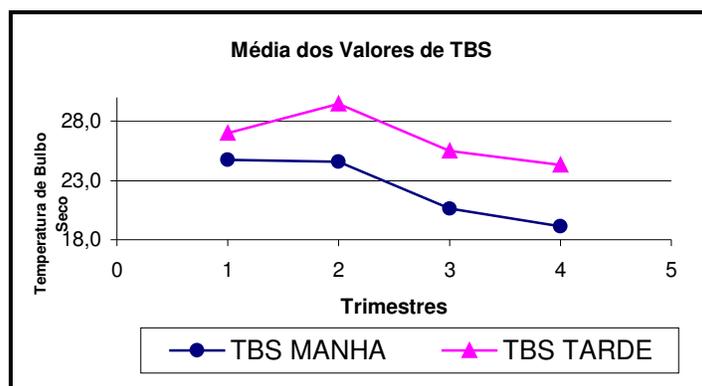


Figura 5.11 – Diferenças entre as temperaturas.

Quadro 5.40 - Excessos térmicos,1952

Excessos Térmicos(graus- hora)					
Manhã					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
Arquitetura	-0,3	0,0	-4,1	-5,3	-2,4
Puericultura	0,2	0,1	-4,3	-5,4	-3,0
Engenharia	0,5	0,2	-3,5	-5,4	-3,1
Pindaí	0,6	0,1	-3,7	-5,4	-3,1
Média	0,3	0,1	-3,9	-5,4	-3,1
Tarde					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
Arquitetura	1,0	4,8	1,0	-0,2	1,9
Puericultura	1,5	5,1	1,0	-0,5	2,0
Engenharia	1,5	4,9	1,1	0,6	2,3
Pindaí	2,0	5,1	0,9	-0,6	2,1
Média	1,5	5,0	1,0	-0,2	2,1

C- Umidade relativa da manhã, 81,5% é relativamente maior do que a umidade relativa da tarde 66,7% , como pode se visto do quadro 5.38:

Quadro 5.38- Umidade relativa,1952.

Umidade Relativa (média)		
%		
Local	Manha	Tarde
Arquitetura	83,0	68,0
Puericultura	81,0	65,0
Engenharia	81,0	66,0
Pindaí	81,0	68,0
Média	81,5	66,8

Da velocidade dos ventos encontrou-se que os ventos são mais fortes na primavera do que no inverno; a intensidade dos mesmos também é mais acentuada na parte da tarde, como mostra o quadro 5.39;

Quadro 5.39- Velocidades do vento, 1952.

Ventos Velocidade					
Manhã					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
	<i>unidade não fornecida</i>				
Arquitetura	82,1	31,2	49,9	58,2	55,4
Puericultura	89,7	44,8	37,2	57,8	57,4
Engenharia	94,3	31,4	45,2	57,8	57,2
Pindaí	142,4	42,0	45,8	74,1	76,1
Média	102,1	37,4	44,5	62,0	61,5
Tarde					
Local	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total Ano
	<i>unidade não fornecida</i>				
Arquitetura	136,8	60,7	69,6	88,3	88,9
Puericultura	141,6	62,0	63,9	93,4	90,2
Engenharia	115,6	66,2	56,3	46,9	71,3
Pindaí	208,0	115,9	78,4	115,0	129,3
Média	150,5	76,2	67,1	85,9	94,9

Do primeiro estudos realizado por Sá em 1931 e este último citado aqui em 1952, observa-se a mudança no método de pesquisa, bem como nos objetivos da mesma, que se tornam mais claros. A citação de Sá demonstra uma conscientização da necessidade de se pensar em construções termicamente aceitáveis:

“... Um dos aspectos do progresso mais característico mais recente das ciências de construir e da arte de habitar está, com certeza, na importância crescente que se vem emprestando as considerações de conforto no ambiente que por meio delas se vai criar. Não que em outros tempos deixassem de lado tais considerações. A verdade, porém é, que a habitação, depois de ter sido, nos primórdios da humanidade, sobretudo um abrigo e um refugio, passou a ser desde o início de sua evolução considerada como alguma coisa que devia ser bela, que se devia decorar, que se faria para ser vista....Visando porém sempre o belo, procurando sempre conseguir no que construía, ‘aquilo que visto agrada’ o arquiteto e construtor deixavam num discreto segundo plano as considerações de conforto. Quem quer que examine, desse ponto de vista, as maravilhosas realizações da arte arquitetural de outros tempos, logo observa esse descaso relativo pelo bem estar dos que iam morar nas casas edificadas. Isso se evidencia, seja na insolação, seja na disposição em planta dos cômodos, como nas formas com que se imaginava os móveis, seja na escassez de vãos iluminantes, como na ausência de instalações que fizessem mais confortável a vida dos moradores...” (SÁ, 1952).

A influência da mudança da escola de arquitetura das Belas Artes para a UFRJ é sentida, pelas palavras de Sá. Também é possível notar uma nova sociedade que surge das mudanças políticas, econômicas e sociais do Brasil a partir de 1945. A casa, antes vista como bela aos olhos, uma escultura tridimensional, passaria deste ponto em diante a fazer parte das necessidades modernas da necessidade regional, desvinculada da arquitetura européia, extremamente bela, porém deficiente nas questões de conforto para o clima tropical do Rio de Janeiro.

6. BENJAMIM ALVES RIBEIRO

Em 1939, o engenheiro Benjamim Alves Ribeiro realiza uma pesquisa sobre conforto térmico na cidade de São Paulo (Ribeiro, 1939). Foi utilizado o método de votação individual, com aplicação de um questionário com 3 perguntas, além do nome, dia e número do questionário. As perguntas referem-se a: A-) Vestuário: Deficiente, normal, demasiado; B-) Sente-se bem disposto, C-) sensação de conforto térmico oferecida pelo ambiente, através da escala de cinco possibilidades.

- 1- Frio desagradável,
- 2- Fresco agradável,
- 3- Agradável,
- 4- Quente agradável,
- 5- Quente desagradável;

Foram feitas observações num período de 20 dias, durante os meses de agosto e setembro (estações frias do ano) entre nove e dez horas da manhã; as medições foram feitas no interior de uma sala de aula, do curso de Educadores Sanitários da Faculdade de Higiene São Paulo. Passada uma hora depois que as alunas estavam na sala, as medições eram realizadas, aproveitando as condições térmicas existentes no local. As portas e janelas ficavam fechadas e só eram abertas, meia hora antes das aulas para arejar o recinto. (RIBEIRO, 1945).

O número de votantes constou, em média, de 43 indivíduos do sexo feminino, com idade variando entre 18 e 29 anos, normalmente vestidos, sentados e tomando nota das aulas. Só foram levados em consideração os questionários onde o indivíduo que não apresentava nenhum sinal de mal estar (questão C) e estava vestido de acordo com o clima (questão B). A figura 6.1 mostra uma cédula típica usada por Alves Ribeiro. O emprego do método de votação foi usado como uma escala de sensação térmica de cinco pontos, seguindo o exemplo de Yaglou. (YAGLOU, 1927 e YAGLOU, 1928).

Formulário de questionário com os seguintes campos:

- Data...../...../.....
- N.º.... Nome
- Sensação**
 - Frio, desagradável
 - Fresco, agradável
 - Agradável
 - Quente, agradável
 - Quente, desagradável
- Vestuário**
 - Deficiente
 - Normal
 - Demasiado
- Sente-se bem disposto?**

Figura 6.1 - Questionário aplicado por Benjamim Alves Ribeiro.
Fonte: Benjamim Alves Ribeiro, 1945.

Benjamim Alves Ribeiro (RIBEIRO, 1945), faz uma comparação entre as medidas encontradas para o Rio de Janeiro, entre 1931 e 1934 (quadro 6.1), através da pesquisa de Paulo Sá e as encontradas em São Paulo pelo autor. Por uma análise comparativa constatou-se uma diferença climática entre as duas cidades. Os valores ótimos encontrados para São Paulo apresentam, relativamente aos do Rio de Janeiro, tendência de preferência por ambientes mais frios.

Quadro 6.1 - Valores para Rio e São Paulo

Relação entre as medidas encontradas nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo				
CIDADE	CATA - SECO	CATA - ÚMIDO	TEMPERATURA EFETIVA	BULBO SECO
RIO DE JANEIRO	4,7(3,6 a 7,8)	14,1(9,4 a 19,6)	21,8°C	---- ⁶²
SÃO PAULO	5,25	15,00	19,5°C	21,0°C

Fonte: RIBEIRO, 1939.

A pesquisa também mostra os valores da temperatura externa, podendo ser feita uma comparação entre a temperatura externa e interna (quadro 6.2)

Quadro 6.2 - Temperaturas encontradas para São Paulo

data	EXTERNO			SALA			DIFERENÇAS		
	ts	tu	ur	ts	tu	ur	Ts	tu	ur
	°C	°C	%	°C	°C	%	°C	°C	%
18/08	18,9	13,4	55	22,7	15,8	50	3,8	2,4	5
21/08	20,6	16,7	68	24,1	18,8	61	3,5	2,1	7
20/08	14,4	12,5	81	19,6	15,4	65	5,2	2,9	16
21/08	16,9	14,2	75	20,7	16,2	64	3,8	2	11
22/08	21,1	14,2	47	22,6	16,5	55	1,5	2,3	-8
23/08	20	15,1	61	22,6	16,9	58	2,6	1,8	3
24/08	18,3	16,1	80	21,5	17,6	69	3,2	1,5	11
25/08	15,3	12,3	72	19,3	14,4	60	4	2,1	12
26/0	19,2	15,8	72	20,7	16,9	69	1,5	1,1	3
27/08	15,9	14,4	86	19,6	16,2	72	3,7	1,8	14
28/08	15,8	14,4	87	20,2	16,8	72	4,4	2,4	15
29/08	18,2	16,8	88	20,1	17,8	81	1,9	1	7
30/08	16,8	14	75	21,3	16,8	65	4,5	2,8	10

Fonte: Adaptado de Ribeiro, 1945.

⁶² O valor não foi indicado no texto

7. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO USADOS ATUALMENTE

7.1 VOTO MÉDIO ESTIMADO

Pensando em como estabelecer um método que considerasse tanto as variáveis ambientais com as variáveis pessoais; estipulando qual seria a sensação térmica estabelecida pelo conjunto dessas variáveis, Fanger (FANGER, 1970), através de um modelo proposto a partir de experimentos em câmaras climatizadas, deduziu a equação de conforto. Esse modelo parte do pressuposto que, para determinada atividade física, a sensação térmica confortável vai ser função das trocas de calor existentes entre o corpo e o meio e da facilidade encontrada pelo organismo para realizar as trocas necessárias.

A ASHRAE (1997) expressa matematicamente estes mecanismos de termorregulação. Estes mecanismos possibilitam ao organismo equilibrar as taxas de produção e dissipação de calor; através da taxa de distribuição do fluxo sanguíneo, do nível de calor metabólico, da taxa de sudorese, etc. Este processo pode ser dado através da equação 7.1:

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} + S \quad (7.1)$$

Sendo:

$$Q_{sk} = C + R + E_{rs} + E_{dif} \quad (7.2)$$

$$Q_{res} = C_{res} + E_{res} \quad (7.3)$$

Onde:

M= Taxa metabolismo, W/m²;

W= Parte do metabolismo transformada em trabalho mecânica; W/m²;

Q_{sk}= Taxa total de calor perdido pela pele, W/m²;

Q_{res}= Total de calor perdido pela respiração, W/m²;

S= Taxa de calor armazenado no corpo, W/m²;

C + R= Perda de calor sensível por radiação e convecção, W/m²;

E_{rsw} = Taxa de calor perdida por evaporação da transpiração, W/m²;

E_{dif} = Taxa de calor perdida por evaporação da água de difusão, W/m²;

C_{res} = Taxa de perda de calor convectivo na respiração, W/m²;

E_{res} = Taxa de perda de calor evaporado na respiração, W/m²;

Q= Taxa de variação de calor no organismo.

O termo S representa a taxa de calor armazenada no corpo, no caso desse termo ser igual a zero significa que o corpo está em equilíbrio térmico, os valores negativos e positivos significam respectivamente o resfriamento e o aquecimento do corpo (ASHVE, 1954).

A partir da idéia de que para haver conforto térmico o homem precisa estar em equilíbrio térmico, Fanger elaborou uma equação de conforto levando em conta combinações entre as variáveis pessoais e ambientais.

A equação de conforto de Fanger, 1968, foi deduzida considerando que a sensação de conforto é função da combinação de variáveis ambientais e pessoais, como se vê na equação 7.4.

$$f\left(\frac{H}{A_{Du}}, I_{cl}, t_a, t_{mrt}, p_a, v, t_s, \frac{E_{sw}}{A_{Du}}\right) = 0 \quad (7.4)$$

Onde:

H/A_{Du} = Produção de calor interna por área superficial do corpo(A_{Du} =área Dubois m^2);

I_{cl} =resistência térmica da vestimenta, (clo);

t_a =temperatura do ar;(°C);

t_{rmt} =temperatura radiante média,(°C);

p_a =pressão de vapor de água no ambiente,(mmHg);

V =velocidade relativa do ar;

t_s = temperatura superficial da pele,(°C);

E_{sw}/A_{du} =calor perdido pela evaporação do suor por área superficial do corpo;

A combinação dessas variáveis resultou na seguinte expressão para o equilíbrio térmico do corpo humano (FANGER,1968):

$$\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-0,35\left[43-0,061\cdot\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-p_a\right]-0,42\left[\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-50\right]-$$
$$-0,0023\cdot\frac{M}{A_{Du}}(44-p_a)-0,0014\cdot\frac{M}{A_{Du}}(34-t_a)=\frac{35,7-0,032\cdot\frac{M}{A_{Du}}(1-\eta)-t_{cl}}{0,18\cdot I_{cl}}=$$

$$3,4\cdot 10^{-8}\cdot f_{cl}\cdot\left[(t_{cl}+273)^4-(t_{mrt}+273)^4\right]+f_{cl}\cdot h_c\cdot(t_{cl}-t_a) \quad (7.5)$$

Onde:

M = Energia do metabolismo, (kcal/h);

A_{du} = área superficial do corpo(A_{du} = área Dubois m^2);

η = Rendimento do trabalho mecânico externo;

t_s = temperatura média da pele,(°C);

p_a = pressão de vapor d'água no ar, (mmHg);

E_{sw} =calor perdido por evaporação do suor, (kcal/h);

t_c = temperatura superficial da vestimenta, (°C);

f_{cl} = fator de área da vestimenta;

I_{cl} = resistência térmica da vestimenta, (clo);

h_c = coeficiente de transferência de calor por convecção, (kcal/h.m²);

t_{mrt} = temperatura radiante média, (°C);

t_a = temperatura do ambiente(°C);

A equação proposta por Fanger resultou de várias combinações que resultariam em neutralidade térmica. Assim Fanger as representou através de linhas de conforto, denominadas de Diagramas de conforto (figura 7.1).(FANGER, 1970).

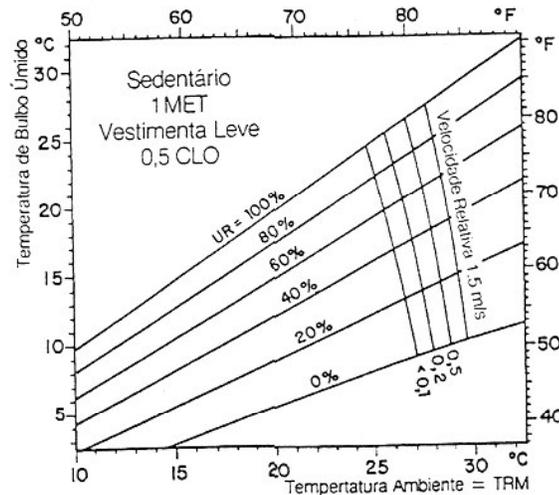


Figura 7.1 - Diagrama de Conforto

Fonte: RUAS, 1999.

Pelos diagramas tomava-se conhecimento das variáveis responsáveis pela sensação de conforto térmico; porém era preciso estabelecer qual o grau de desconforto gerado por condições adversas das propostas nos diagramas.

Para avaliar o grau de desconforto Fanger usou de uma escala de sensação térmica denominada de Predicted Mean Vote - PMV (voto médio estimado) (RUAS, 1999), esta escala é dada da seguinte maneira:

- 3- muito frio
- 2 - frio
- 1 - leve sensação de frio
- 0 - neutralidade térmica
- +1 - leve sensação de calor
- +2 - calor
- +3 - muito calor

Para obter uma relação entre o calor produzido por uma atividade, trocado com o ambiente real e o calor produzido pela mesma atividade trocado com o ambiente em neutralidade térmica, Fanger estipulou o ICT (Índice de carga térmica). O ICT é igual a zero para condições de neutralidade térmica e cresce em valor absoluto na medida em que a condição de desconforto aumenta. Fanger considerou que a sensação térmica era função deste índice, estabelecendo que o PMV poderia ser dado por:

$$\begin{aligned}
 PMV = & \left(0,032 \cdot e^{-0,042 \frac{M}{A_{Du}} + 0,032} \right) \left\{ \frac{M}{A_{DU}} \cdot (\eta - 1) - 0,35 \cdot \left[43 - 0,061 \cdot \frac{M}{A_{DU}} (\eta - 1) - p_a \right] \right\} \\
 & \left\{ -0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}} \cdot (\eta - 1) - 50 \right] - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}} \cdot (44 - p_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}} \cdot (34 - t_a) \right\} \\
 & - 3,4 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4 \right] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \quad (7.7)
 \end{aligned}$$

O método de Fanger utiliza equações para calcular a média da temperatura da pele e a quantidade de calor perdida por evaporação do suor para os indivíduos dependendo de suas atividades (FANGER, 1970).

Em 1984 a ISO 7730, adotou o VME para avaliação de ambientes térmicos moderados podendo variar de -2 a +2 (RUAS, 1999). A ISO 7730 (1994) estabelece valores de conforto para verão e inverno através da temperatura operante (t_o), dada por:

$$t_0 = A.t_a + (1 - A).t_{rm} \quad (7.8)$$

Onde:

A= coeficiente definido pela velocidade do ar, em m/s, para:

$V < 0,2 \text{ m/s}$, $A = 0,5$.

$0,2 < V < 0,6 \text{ m/s}$, $A = 0,6$.

$0,7 < V < 1,0 \text{ m/s}$, $A = 1,0 \text{ m/s}$.

t_a = temperatura do ar(°C)

t_{rm} = temperatura radiante média(°C)

V= velocidade do ar (m/s)

7.1.1 – A Pesquisa de Ole Fanger em 1968- Câmaras Climatizadas

Para estender a equação de conforto para outras regiões geográficas, elaborou-se então uma pesquisa com 128 alunos de faculdades dinamarquesas nas mesmas condições propostas por NEVINS (NEVINS, 1966) em sua pesquisa com estudantes americanos. A pesquisa de NEVINS consistia de alunos utilizando uniformes padrão (0,6 clo) e em atividades sedentária durante três horas de testes laboratoriais.

Dos participantes da pesquisa metade eram mulheres e a outra metade homens, procurando assim relações entre as condições térmicas em relação ao sexo. Eles estavam vestindo camisas de sarja de algodão e calças compridas. As camisas eram usadas fora das calças. Os homens vestiam cueca de algodão sem nenhuma camiseta ou t-shirts por baixo das camisas; as mulheres usavam sutiãs e calcinhas; todos usavam meias grossas de lã sem sapatos. O valor total da resistência térmica para a vestimenta era 0,6 clo.

Foram submetidos a salas de experimentos onde a condição na câmara foi mantida constante durante cada período de teste com duração de 3 (três) horas. A temperatura de ar foi mantida em quatro níveis diferentes: 21,1°C, 23,3°C, 25,6°C e 27,8°C. A temperatura radiante

média se igualou a temperatura do ar e a velocidade do ar =0,1m/s. Dois níveis de umidade (rh = 30% e 70 %) foram usados para cada temperatura a fim de obter as circunstâncias iguais as experiências realizadas por Nevins (NEVINS, 1966) e, também para investigar os efeitos térmicos da umidade. Das oito condições de teste cada uma foi mantida durante quatro experiências: para 8 mulheres em idade de faculdade, 8 homens em idade de faculdade, 8 mulheres idosas, 8 homens idosos. Às três horas testadas foram administradas em dois períodos: à tarde (2-5 pm) ou à noite (7-10 pm) como nas experiências realizadas por Nevins. Todos os 32 testes foram feitos durante o outono 1968. Todos os observadores responderam na escala de sete pontos em relação à sensação de conforto.

A pesquisa também procurou relacionar a questão da idade e do sexo, sendo feitas comparações também sobre a idade e o sexo dos participantes. Pessoas idosas (mais ou menos com 45 anos de diferença dos estudantes) foram submetidas às mesmas condições e os resultados foram apresentados em quadros. O quadro 7.1 mostra os valores de conforto obtidos para os grupos estudados. Fanger usou equações de regressão para estipular a temperatura neutra para a sensação 0, correspondente ao grau de neutralidade. No quadro 7.2 são dadas as equações encontradas por Fanger:

Quadro 7.1 - Temperatura Neutra para diferentes grupos (°C)

GRUPO	HOMENS E MULHERS	MULHERES	HOMENS
Alunos Dinamarqueses	25,71	25,5	26,07
Idosos Dinamarqueses	25,71	25,22	26,50
Alunos Americanos	25,55	25,91	25,09
Equação de Conforto	25,6		

Fonte: Fanger, 1970.

Quadro 7.2 - Equações de Regressão

Grupo	Número de Observadores	Equação de Regressão	Coefficiente de Correlação (R)	Desvio padrão (S _y /T)
Alunos Dinamarqueses				
Homens e Mulheres	128	$Y = -3,836 + 0,3048T$	0,716	0,768
Mulheres	64	$Y = -5,063 + 0,3907T$	0,803	0,751
Homens	64	$Y = -1,709 + 0,2190T$	0,615	0,731
Idosos Dinamarqueses				
Homens e Mulheres	128	$Y = -4,241 + 0,3206T$	0,667	0,925
Mulheres	64	$Y = -6,090 + 0,4001T$	0,757	0,901
Homens	64	$Y = -2,391 + 0,2412T$	0,569	0,906
Alunos Americanos				
Homens e Mulheres	720	$Y = -4,625 + 0,3376T$	0,796	0,756
Mulheres	360	$Y = -5,678 + 0,3735T$	0,834	0,727
Homens	360	$Y = -3,574 + 0,3019T$	0,783	0,709

Y= Voto médio estimado / T= temperatura ambiente

A análise estatística mostra que a descrição linear das equações de Y por T não está completa, e o modelo é consequência somente de uma descrição aproximada. Esse valor estatístico pode servir como um bom indicador das possíveis diferenças.

Fonte: Fanger, 1970.

Foi determinado o valor de temperatura neutra para os grupos estudados (quadro 7.3). Não existe uma diferença significativa entre a temperatura preferida entre os alunos dinamarqueses e americanos, e nenhuma diferença entre alunos dinamarqueses e idosos dinamarqueses.

Quadro 7.3- Relação entre os grupos às temperaturas neutras encontradas

GRUPOS	TEMPERATURA NEUTRA (°C)
Alunos Dinamarqueses	25,71
Alunos americanos	25,55
Idosos Dinamarqueses	25,71
Alunos Dinamarqueses Mulheres	25,22
Alunos Dinamarqueses Homens	26,07
Idosas Dinamarquesas Mulheres	25,22
Idosos Dinamarqueses Homens	26,50
Alunos americanos Mulheres	25,91
Alunos americanos Homens	25,09

Fonte: Adaptada de Fanger, 1970.

Acha-se uma diferença significativa entre mulheres e homens americanos, mas não entre os grupos dinamarqueses de sexo diferentes. Embora a diferença de sexo não seja significativa,

deveria ser mencionado que os homens dinamarqueses de ambas as faixas etárias preferiram uma temperatura mais alta que as mulheres, enquanto o oposto aconteceu para o caso dos americanos.

7.2 – Modelo adaptativo

O modelo adaptativo parte da percepção de que o ser humano é um animal que busca o conforto e que, tendo a oportunidade, interage com o ambiente de modo a assegurá-lo. Uma das considerações plausíveis de relacionamento entre homem e ambiente seria que o ser humano é um receptor ativo e não passivo das impressões sentidas, e que participa diretamente do equilíbrio com o meio. O método adaptativo depende de dois fatores: 1-) Como o organismo se relaciona com o ambiente; 2-) Como “funciona” este ambiente a qual o homem faz parte.

O princípio fundamental do método adaptativo pode ser especificado como: “... *quando uma determinada ação, humana ou não, ocorre e causa desconforto, o ser humano automaticamente procura caminhos para restabelecer seu conforto...*” (Humphreys, 2001). Para que ocorra esta ação de adaptação, torna-se necessário um tempo de acomodação. As respostas adaptativas aparecem melhor em longos espaços de tempo do que em um curto prazo de tempo (HUMPHREYS e NICOL, 1998).

O interesse pelo modelo adaptativo pode ser identificado por duas razões principais: 1-) Os resultados obtidos em câmaras climatizadas divergem dos valores conseguidos nos ambientes climatizados naturalmente; 2-) A população parece aceitar um intervalo de temperaturas muito maior do que a proposta pelos métodos racionais, pelo fato do indivíduo se adaptar ao lugar em que vive (HUMPHREYS, 1996).

Para o modelo adaptativo o equilíbrio entre as pessoas e o meio no qual interagem, ocorre mediante a procura pelos mesmos de ações necessárias para assegurar um conforto térmico (HUMPHREYS, 1994). Esta interação está vinculada, entre outras ações, a atividade e a vestimentas destes indivíduos. Um fator importante também seriam os projetos e as construções dos edifícios como aliados no controle térmico. O conforto térmico, então, não deve ser visto

primeiramente como um problema fisiológico fruto da regulação do calor ou da vestimenta utilizada, mas preferencialmente como uma ampla faixa de respostas comportamentais de acordo com o clima (HUMPHREYS, 1995).

O método adaptativo enfatiza que as pessoas moram em lugares diferentes, possuindo culturas diferentes; estes lugares diferenciados também possuem climas e microclimas próprios, o que logicamente criará uma zona de conforto individual para cada área de estudo (HUMPHREYS, 1995). As estratégias adaptativas necessárias para cada lugar e população possuirão então valores específicos para cada lugar. O homem pode interagir com o meio de diversas maneiras, que podem ou não ser usadas o tempo todo, às vezes não é possível ao indivíduo trocar de roupa, mudar a atividade que está exercendo, abrir uma janela ou uma porta, etc. Estas características podem ser vinculadas ao projeto das edificações, previsibilidade e normalidade dos habitantes, assim como usar roupas apropriadas ao conforto; ao tipo de clima que mais lhe agrada (HUMPHREYS, 1995).

Os estudos relativos ao método adaptativo podem ser vinculados a linhas de estudo como:

1– Projetos termicamente aceitáveis para casas, escolas, escritórios, etc., em climas particulares, através da escolha da implantação e da construção, desenho e construção das edificações (HUMPHREYS, 1995); delimitação de sistemas de ar condicionado ou aquecimento mais indicados para cada caso, e também verificam a possibilidade do uso de controles como: termostatos, coberturas em persianas, etc. (HUMPHREYS, 1995);

2 – Identificação das variáveis de ajuste ambiental e pessoal para se manter o conforto; como escolha de roupas adequadas ao clima, estação, temperatura interna e necessidades sociais (HUMPHREYS, 1995);

3 – Determinar o melhor perfil de temperatura diária e sazonal para espaços ocupados, de acordo com o clima e a estação de ano (HUMPHREYS e NICOL, 1998).

O tempo de estudo de cada área dependerá de cada caso assim ela poderá se ater a dias, anos, meses. Cada resultado é específico para cada área de estudo particular, sendo que novos estudos deverão ser feitos para acrescentar qualquer tipo de mudança ocorrida (HUMPHREYS e NICOL, 1998).

Para Humphreys o conforto térmico não deveria ser originado da própria temperatura da sala, mas vindo de um valor médio mensal, pois o desconforto térmico surge principalmente da contradição entre os ambientes que as pessoas esperam e os ambientes que elas encontram (HUMPHREYS, 1996). Espera-se que as pessoas estejam confortáveis nos ambientes nos quais elas estão acostumadas, quando os processos de adaptação estiverem trabalhando satisfatoriamente. Este processo pressupõe uma adaptação para cada lugar, delimitando um tipo de projeto que leva em consideração a questão social, clima e a temperatura externa (HUMPHREYS e NICOL, 1998). O desconforto pode ser causado pelo desgaste excessivo do corpo nos processos de escolha e ajuste da temperatura própria ao clima exterior; segundo Humphreys “... *O desconforto é causado pela excessiva regulação necessária nos processos de ajuste ao lugar, pela temperatura corporal...*” (HUMPHREYS, 1995a).

Uma suposta crítica ao método seria de que o modelo adaptativo é contrário à prática ergonômica, pois força a pessoa a adaptar-se ao ambiente ao invés do ambiente ser humanizado. Isso seria uma interpretação errônea do enfoque adaptativo, pois segundo o método, o bom projeto deve assegurar suficiente oportunidade de adaptação, dando preferência ao ambiente controlado pelos ocupantes, ao invés de ser fixado por algum padrão externo (HUMPHREYS e NICOL, 1998).

Pensando em questões como:

- a) o que lidera as expectativas das pessoas sob as temperaturas;
- b) como elas se adaptariam as mudanças bruscas de temperatura de sala;
- c) quais poderiam ser os limites desta adaptação e

d) o que poderia acontecer se esta adaptação fosse impedida ou restringida;

Nicol e Humphreys, em 1973, propuseram o método adaptativo (HUMPHREYS, 1996); através do estudo de variáveis, assim como as vestimentas utilizadas ou as das delimitações das condições de conforto propuseram o método adaptativo.

O modelo proposto por Nicol e Humphreys (HUMPHREYS, 1996) procurava relatar quais os níveis de satisfação pessoais com o determinado ambiente. As respostas subjetivas (votos de conforto) revelariam o grau de sucesso adaptável da sociedade, interagindo os edifícios com seus ocupantes, delimitando duas linhas de estudo:

a) Como realmente as temperaturas regionais típicas se relacionam com a temperatura desejada pelos ocupantes e

b) Como os votos de conforto estariam indicando o conforto térmico para estes edifícios típicos além de poder servir como um ponto de referência para edifícios particulares.

Pode-se dizer que a condição de conforto é dada pela reunião de fatores sociais e físicos vinculados a habilidade de se adaptar ao meio, dependentes do contexto em que se encontrem. A relação entre temperatura de conforto e temperatura desconfortável é o ponto chave para a habilidade desta adaptação (NICOL e RAJA, 1997). Um dos pontos do método adaptativo é baseado na condição de que as pessoas se adaptam às condições que elas experimentam no cotidiano de tal modo que a sensação de desconforto diminui (NICOL and RAJA, 1997).

A análise de regressão é aplicada para valores individuais e são expressas por equações na forma:

$$Y = ax + b \quad (7.9)$$

Onde

y = sensação de conforto

a e b = são constantes

x = voto de conforto

O modelo adaptativo pressupõe equações de conforto ($t_c = at_o + b$), vinculadas a temperaturas de conforto diferentes de acordo com as variações da vestimenta e da taxa metabólica. As divergências podem ocorrer em relação ao que os ocupantes chamam de temperatura interna confortável. As temperaturas confortáveis são próximas da temperatura da acomodação, pelo método adaptativo, pois se tende a trabalhar junto com circunstâncias do meio sem modificá-las (HUMPHREYS e NICOL, 1998).

As pesquisas realizadas por Humphreys em escolas, parques e shoppings demonstram que a adaptação demora em torno de uma semana ou mais. No entanto a temperatura externa média mensal não é suficiente para se estabelecer uma idéia geral do clima, respondendo a variações diárias instantâneas. Esta exigência sugeriu uma nova equação para o controle da temperatura interna; usando-se a média ponderada exponencialmente da temperatura externa (Trm.).

Na realidade, as condições de conforto estão sujeitas a uma reunião de fatores sociais e físicos vinculados à habilidade de se adaptar ao meio o que depende do contexto inserido. Em geral método adaptativo propõe uma avaliação entre a construção e os ocupantes, no que diz respeito ao clima. A relação entre temperatura de conforto e temperatura desconfortável é o efeito que está vinculado na habilidade da adaptação (NICOL e RAJA, 1997).

8. COMPARAÇÕES DOS ESTUDOS DE PAULO SÁ

8.1 Paulo Sá e o VME

Através dos valores indicados, nas pesquisas realizadas por Paulo Sá, como umidade, temperatura de bulbo seco e velocidade do ar, foi feita uma relação com o VME. Os valores atribuídos para a taxa metabólica e resistência térmica da vestimenta foram 1 met e 1,1 clo respectivamente. Para a temperatura radiante foi suposta a mesma temperatura de bulbo seco. Os resultados apresentados abaixo são divididos pelo ano de realização de cada pesquisa.

8.1.1. – O VME e os estudos de Paulo Sá em 1931

Neste estudo, realizado em 1931, foram medidas simultaneamente a temperatura, a umidade e a velocidade do ar, juntamente com a elaboração de fichas individuais, onde os alunos registravam a sensação de calor, numa escala de 1 a 7. Os primeiros resultados divulgados por Paulo Sá, em março de 1934 (SÁ, 1934), mostram uma preocupação em ampliar os estudos, abrangendo outras classes de indivíduos, em circunstâncias diversas, delimitando diferentes grupos de estudos e talvez diferentes sensações para as variáveis estudadas. A seguir, no quadro 8.1, são mostrados os resultados encontrados por Paulo Sá e a aplicação dos mesmos valores ao VME, através do uso do software Conforto 2002. O

quadro 8.1 mostra a divisão pelos resultados coletados por Sá e sua divisão em sensação I, sensação II, sensação III. Os valores encontrados por Sá divergem da sensação do VME

Quadro 8.1-Valores encontrados por Sá e relação como o VME.

SENSAÇÃO I					SENSAÇÃO II					SENSAÇÃO III				
Neutralidade Térmica. (-0,5 a 0,49)					Pouco Quente. (0,5 a 1,49)					Pouco Fria (-0,5 a -1,49)				
Paulo Sá			Fanger		Paulo Sá			Fanger		Paulo Sá			Fanger	
Ts	U	V	VME	%	Ts	U	V	VME	%	Ts	U	V	VME	%
°C	%	m/s			°C	%	m/s			°C	%	m/s		
20,1	82	0,39	-0,94	23	24,0	78	0,46	0,17	5	20,5	71	0,47	0,96	24
24,5	67	0,36	0,3	6	24,1	73	0,08	0,58	12	23,0	84	0,64	-0,18	5
24,5	88	0,11	0,75	16	26,8	63	0,50	0,91	22	23,7	87	2,03	0,24	6
24,6	62	0,09	0,6	12										
25,6	57	0,17	0,71	15										
26,0	61	0,24	0,79	18										

Fonte :Adaptado de Sá,1936 e o VME retirado de Conforto 2002

8.1.2 – O VME e os resultados em 1934/35

Entre maio de 1934 e maio de 1935, registrou-se as condições físicas (desconsiderando a radiação) do ambiente: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura efetiva (calculada pela escala americana), catatemperatura seca e catatemperatura úmida. As medições feitas por Sá, utilizaram os mesmo padrões no que diz respeito a umidade, velocidade e TBS. No que diz respeito a influência da velocidade do ar, os ensaios foram feitos com e sem o uso do ventilador. O Quadro 8.2 a seguir tem como função demonstrar como a velocidade do ar influi na sensação de conforto do indivíduo no ambiente.

Em 1936, Sá publica uma parte da pesquisa referentes ao meses de maio a setembro de 1934, onde ela relata os resultados encontrados até o momento da pesquisa. Nestes gráfico também se encontram o número de observadores que responderam aos questionários como a sensação térmica encontrada para cada dia..Os quadros 8.3 a 8.7 demonstram os valores para os meses consecutivos e a relação com VME e o valor dado por Paulo Sá.

Quadro 8.2 - Valores 1934/35

Com ou sem Ventilador	Paulo Sá			Sensação Térmica	Fanger	
	TBS	UR	V		VME	Insatisfeitos
	(°C)	(%)	(m/s)			(%)
63						
Sem	33,00	60	0,86	2,4	2,84	98
Com	33,00	60	1,27	1,9	2,83	98
Sem	31,00	70	0,05	1,9	2,48	92
Com	31,00	70	0,45	1,5	2,34	89
Sem	25,50	79	0,16	0,1	0,88	21
Com	25,50	79	0,25	-0,1	0,79	18
Sem	24,00	77	0,08	0,4	0,59	12
Com	24,00	77	0,13	0,3	0,48	9
Sem	25,50	74	0,09	1,1	0,95	23
Com	25,5	74	0,28	0,2	0,72	15
Sem	26,00	81	0,08	1,7	1,16	33
Com	26,0	81	0,23	0,3	0,97	24
Sem	25,50	74	0,08	0,7	0,97	24
Com	25,50	74	0,28	0,2	0,72	15
Sem	25,00	53	0,08	0,6	0,66	14
Com	25,00	53	0,28	0,1	0,4	8
Sem	24,50	65	0,07	0,6	0,63	13
Com	24,50	65	0,18	0,2	0,45	9
Sem	27,00	58	0,08	1,8	1,23	36
Com	27,00	58	0,26	0,8	1,04	27
Sem	27,50	68	0,09	2,1	1,44	47
Com	27,50	68	0,42	1,7	1,20	35
Sem	26,50	82	0,23	1,6	1,13	31
Com	26,50	82	0,30	0,9	1,08	29
Sem	30,00	65	0,05	2,5	2,15	83
Com	30,00	65	0,90	1,8	1,88	71

Quadro 8.3 –Mês de maio

MAIO						
dia	PAULO SÁ			Sensação	FANGER	
	TBS	UR	V		VME	Insatisfeitos
	(°C)	(%)	(m/s)			(%)
9	27	58	0,18	0,6	1,1	30
11	25,5	68	0,18	-0,6	0,76	17
15	24,5	56	0,08	-1	0,55	11
16	24,5	56	0,09	-0,6	0,53	10
17	24,5	56	0,17	-0,5	0,39	8
18	25	70	0,17	0,3	0,65	13
22	28,5	55	0,35	0,6	1,41	45
23	26,5	79	0,16	0,1	1,17	33
24	28	52	0,42	0	1,20	35
25	26	62	0,2	0,3	0,83	19
26	27,5	55	0,15	0,8	1,24	37
28	26	60	0,18	0,8	0,83	19

⁶³ Embora os valores estejam um pouco acima dos outros valores da tabela, foram retirados estes mesmos da obra de Sá

Quadro 8.4 – Mês de junho

JUNHO						
PAULO SÁ				FANGER		
dia	TBS	UR	V	Sensação	VME	Insatisfeitos
	(°C)	(%)	(m/s)			(%)
1	27	52	0,14	0,8	1,08	29
4	28	62	0,19	1,3	1,42	46
5	28,5	55	0,08	1,8	1,6	56
8	24	60	0,19	-0,6	0,26	6
11	25	77	0,15	-0,1	0,73	16
12	25	77	0,23	-0,2	0,64	13
13	25	78	0,15	0,25	0,74	16
15	25,5	63	0,18	0,16	0,72	15
18	25	62	0,09	0,4	0,71	15
19	24	61	0,16	-0,1	0,31	6
20	24	58	0,19	-0,13	0,24	6
21	23,5	55	0,25	-0,67	0,01	5
22	24	55	0,29	0,3	0,11	5
25	24,5	70	0,29	0,13	0,38	8
26	24	73	0,13	0	0,45	9
27	24	73	0,25	0	0,29	6

Quadro 8.5 – Valores para o mês de julho

JULHO						
PAULO SÁ				FANGER		
dia	TBS	UR	V	Sensação	VME	Insatisfeitos
	(°C)	(%)	(m/s)			(%)
2	23	60	0,28	-0,17	-0,13	5
4	23,5	61	0,09	0	0,3	6
5	23	48	0,33	-0,01	-0,26	6
6	23	61	0,12	-0,38	0,1	5
9	23	76	0,06	0	0,31	6
11	22,5	72	0,09	-0,25	0,12	5
12	22,5	79	0,23	-0,17	-0,08	5
13	22	80	0,05	0,4	0,06	5
16	23,5	75	0,13	0	0,33	7
18	25,5	63	0,13	0,91	0,78	17
19	25,5	70	0,18	0,12	0,78	17
23	23	68	0,1	0,25	0,2	5
24	23	68	0,11	0,08	0,18	5
30	23	80	0,18	0	0,14	5
31	24	65	0,16	-0,3	0,34	7

Fonte :Adaptado de Sá,1936.

Para os meses de julho a agosto a relação entre o VME e os valores de Paulo Sá não oferecem um relação. Dos valores acima reapresentados mais os do período que não foram

publicados por Sá, ele montou um quadro referente às condições físicas dos ambientes correspondentes ao grau de conforto. Estes valores podem ser vistos dos quadros 8.6 a 8.10 onde também aparecem os valores do VME

Quadro 8.6 - Sensação Fria

Sensação Fria -2,5 a -1,49				
Paulo Sá			Fanger	
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	VME	Insatisfeitos (%)
23,00	58	1,00	-0,05	10

Quadro 8.7 - Sensação um pouco Fria

Sensação Pouco Fria (-1,50 a -0,49)				
Paulo Sá			Fanger	
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	VME	Insatisfeitos (%)
21,00	61	0,90	-1,09	30
21,00	83	1,56	-1,13	31
21,50	86	0,36	-0,46	9
21,50	60	1,14	-1,01	26
22,00	60	2,57	-1,09	30
22,00	76	0,94	-0,68	14
23,00	72	0,82	-0,34	7
23,00	69	1,34	-0,51	10
23,50	55	0,25	0,01	5
23,50	75	0,72	-0,12	5
23,50	80	1,20	-0,22	6
23,50	80	0,20	0,26	6

Quadro 8.8 - Sensação de neutralidade

Sensação de Neutralidade Térmica -0,50 a 0,49				
Paulo Sá			Fanger	
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	VME	Insatisfeitos (%)
22,00	80	0,05	0,06	5
22,50	72	0,09	0,12	5
22,50	79	0,23	-0,08	5
23,00	60	0,80	-0,42	8
23,00	48	0,33	-0,26	6
23,00	61	0,12	0,1	5
23,00	76	0,06	0,31	6
23,00	68	0,10	0,20	5
23,00	68	0,11	0,18	5
23,00	80	0,18	0,14	5
23,00	65	0,81	-0,39	8
23,00	76	0,29	-0,02	5
23,50	75	0,13	0,33	7
24,00	61	0,16	0,31	6
24,00	58	0,19	0,24	6
24,00	55	0,28	0,12	5

24,00	73	0,13	0,45	9
24,00	73	0,25	0,29	6
24,00	65	0,16	0,34	7
24,00	77	0,08	0,59	12
24,00	77	0,13	0,48	9
24,50	70	0,29	0,38	8
24,50	65	0,18	0,45	9
25,00	70	0,15	0,67	14
25,00	62	0,09	0,71	15
25,00	53	0,18	0,498	10
25,50	63	0,18	0,72	15
25,50	70	0,18	0,78	17
25,50	74	0,28	0,725	15

Quadro 8.9 - Sensação pouco quente

Sensação Pouco Quente 0,50 a 1,49				
Paulo Sá			Fanger	
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	VME	Insatisfeitos (%)
23,50	61	0,09	0,3	6
24,50	65	0,07	0,63	13
25,00	62	0,25	0,5	10
25,00	70	0,15	0,67	14
25,00	74	0,08	0,83	19
25,00	53	0,08	0,66	14
25,50	63	0,13	0,78	17
25,50	74	0,09	0,95	23
25,50	74	0,28	0,72	15
26,00	56	0,16	0,82	19
26,00	81	0,23	0,97	24
26,00	71	0,11	1,02	27
26,50	60	0,49	0,79	18
27,00	58	0,23	1,06	28
27,50	68	0,34	1,24	37
28,00	55	0,54	1,19	34

Quadro 8.10 - Sensação Quente

Sensação Quente 1,50 a 2,49				
Paulo Sá			Fanger	
TBS (°C)	UR (%)	V (m/s)	VME	% Insatisfeitos
26,00	81	0,08	1,16	33
27,00	58	0,08	1,23	36
27,50	68	0,12	1,40	45

Pela distribuição da sensação térmica estabelecida por Sá para as variáveis ambientais medidas, nota-se que os valores encontrados por Sá para a sensação de neutralidade térmica são correspondentes em 79,4% das medições existentes com a sensação de neutralidade térmica proposta pelo VME. Existe também uma aproximação com os valores mostrados por Sá para a sensação Pouco Quente com o VME. A sensação Quente não possui nenhum valor na zona estimada pelo VME e para sensação Pouco Fria 63% dos valores encontram-se dentro da zona estabelecida pelo VME porém 37% dos valores também se encontra dentro da zona de neutralidade térmica. Como pode ser visto na figura 8.1.

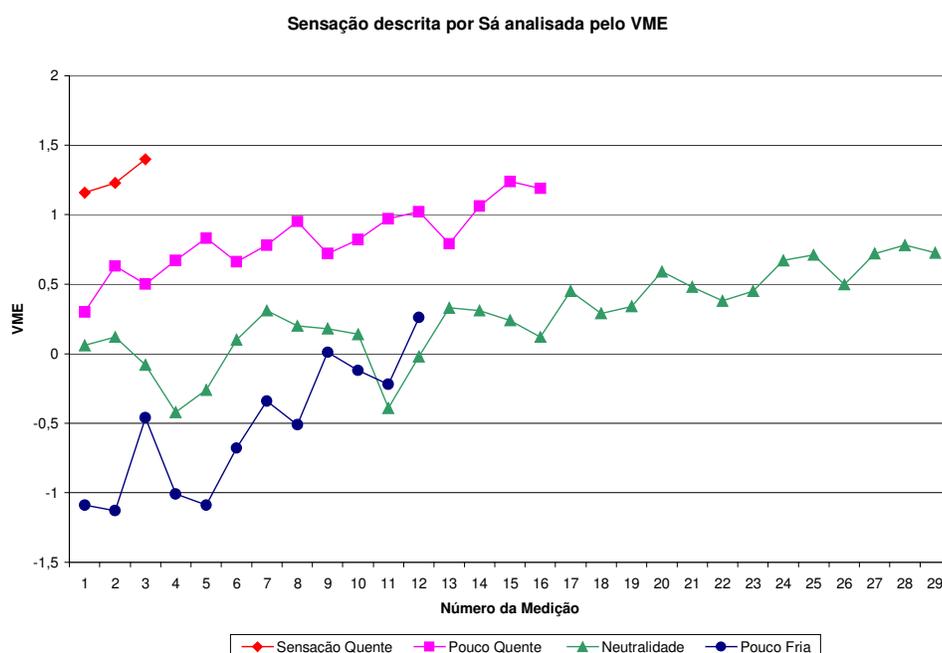


Figura 8.1 – Gráfico das Sensações pelo VME.

9. ESTUDOS DE CASO EM AMBIENTE ESCOLAR

O conforto térmico de um ambiente é essencial para a sensação de bem estar e bom desenvolvimento das atividades dos usuários. As situações de desconforto, causadas seja por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade e excessiva combinada com temperaturas elevadas, radiação térmica devido a superfícies muito aquecidas, podem ser bastante prejudiciais, causando sonolência, alteração nos batimentos cardíacos, aumento da sudorese. Psicologicamente tem também seus efeitos, provocando apatia e desinteresse pelo trabalho. Estas situações são extremamente desfavoráveis num ambiente escolar. (KOWALTOWSKI, et. al, 2001)

Resultados de várias pesquisas que avaliaram o conforto térmico de edificações escolares em clima quente mostram um quadro muito parecido, independente da região e tipologia construtiva pesquisada. A maioria das escolas é considerada quente no verão e com ventilação inadequada. Este resultado está intimamente relacionado com a orientação das aberturas em salas de aulas e a inadequação dos elementos de proteção solar, gerando assim insolação excessiva. Mesmo com a orientação inadequada, os dispositivos de controle solar podem ser colocados buscando a melhoria do conforto térmico. Outras avaliações também mostram que os pavimentos superiores possuem desempenho térmico pior do que as salas dos pavimentos térreos, pelo fato das coberturas não possuírem tratamento térmico adequado (KOWALTOWSKI, et. al, 2001).

Apesar da inequação do ambiente construído ao clima ser um assunto pesquisado em todo mundo, encontra-se ainda um grande número de ambientes inadequados. Essa inadequação tem um enorme custo social, gerando um desconforto térmico ao usuário, comprometendo sua saúde e disposição para realizar as atividades além de provocar gastos com equipamentos mecânicos de condicionamento térmico. Para produzir uma arquitetura adaptada ao clima, tanto interna como externamente, são necessários alguns conhecimentos. O ambiente físico do ser humano consiste de diversos elementos numa inter-relação bastante complexa. Esses elementos físicos são: luz, som, clima, o espaço e os seres. Todos atuam diretamente sobre o corpo humano, que pode absorvê-lo ou reagir a seus efeitos. As reações físicas e psicológicas resultam dessa luta pelo equilíbrio biológico. A aplicação de princípios que visam a obtenção de um ambiente saudável, onde o ser humano encontre conforto em todos os aspectos sensoriais, deve ser coerente com a atividade a ser realizada, proporcionando o bem estar desejável. A adequação da arquitetura ao clima beneficia o ser humano sob diversos aspectos, proporcionando-lhe conforto térmico, beneficiando a saúde e o melhor desempenho das atividades cotidianas, diminuindo o consumo de energia para a obtenção de conforto térmico por meios ativos (LABAKI e BARTHOLOMEI, 2001).

Os trabalhos aqui apresentados buscam estabelecer um índice de conforto através das variáveis ambientais e de como os indivíduos se relacionam fisicamente com este ambiente. Através dos estudos de casos apresentados, nota-se que a temperatura de bulbo seco é a variável que mais se correlaciona com a sensação térmica agradável e que para cada lugar existe uma temperatura de neutralidade térmica diferente.

9.1 – Metodologia de pesquisa por Partridge e MacLean

Da mesma maneira em que no Brasil o Instituto Nacional de Tecnologia inicia os estudos sobre avaliação térmica, o Departamento de Higiene Fisiológica da Universidade de Toronto realizou em julho de 1933 uma pesquisa em escolas sobre a zona de conforto térmico para crianças entre 7 e 14 anos (PARTRIDGE e MACLEAN, 1935). Michael Humphreys cita o trabalho de Partridge em sua pesquisa sobre escolas primárias realizada

em 1972 (HUMPHREYS, 1977a) como sendo um dos poucos trabalhos realizados até aquela época sobre avaliação térmica em escolas. Para a realização dos ensaios a temperatura da sala foi mantida a uma temperatura efetiva equilibrada e o mesmo grupo de crianças foi testado durante todos os dias. Durante duas horas este mesmo grupo, de 15 em 15 minutos registrava a sensação térmica; no final da medição cada observador entregava uma ficha (figura 9.1) com as sensações.

Nome-								
Idade-								
Data-								
Vestimenta-								
Condição Física-								
Você está confortável?			X	X	X			
Você sente um frio confortável?								
Você sente um calor confortável?		X				X	X	X
Você sente frio?								
Você sente calor?	X							

Figura 9.1 - Questionário aplicado às crianças no período de duas horas.

Fonte: Partridge e Maclean. 1935.

O questionário foi respondido por adultos e crianças; as sensações relatadas pelas crianças podem ser consideradas confiáveis pela coerência entre as respostas de crianças e adultos. Dos valores encontrados existiram diferenças entre o grupo de adultos e de crianças para as temperaturas de inverno e também entre meninos e meninas para a mesma época do ano, estas diferenças podem ser explicadas pela diferença de vestimenta entre meninos, meninas e adultos (PARTRIDGE e MACLEAN, 1935). As temperaturas de conforto para verão e inverno também foram diferentes.

Uma comparação entre as respostas dos meninos, meninas, juntamente os meninos e as meninas e na quarta coluna os adultos, pode ser vista no quadro 9.1.

Quadro 9.1 - Média de Conforto para os diferentes grupos testados.

Valores encontrado para a temperatura de inverno e verão								
	Verão				Inverno			
	Meninos	Meninas	Média	Adultos	Meninos	Meninas	Média	Adultos
Zona de Conforto (F)	66-75	66-75	66-75	66-75	56-73	58-72,5	57-73	61,5-71,5
Intervalo	9	9	9	9	17	14,5	16	10
Média em F	70,5	70,5	70,5	70,5	66	67,5	66,5	66,5
Média em °C	21,4	21,4	21,4	21,4	18,9	19,7	19,2	19,2

Fonte: Adaptado de Partridge e Maclean, 1934.

O quadro 9.2 mostra um resumo da metodologia usada por Partridge e MacLean.

Quadro 9.2 - Partridge e MacLean, 1932/1933

Pesquisa realizada por:	Ruth Partridge e D.L. MacLean
Data	1932/1933
Lugar	Toronto
	Departamento de Higiene Fisiológico
Objetivo da Pesquisa	Usar a escala de temperatura efetiva para estabelecer um valor de conforto térmico em escolas publicas primárias
População Pesquisada	25 Alunos das escolas públicas de Toronto que puderam ir ao Laboratório da faculdade aos sábados pela manha.
Número de votos coletadas	Crianças - 698- verão/861- inverno Adultos - 6.
Característica População Pesquisada	Alunos de 7 a 14 anos; e um grupo de adultos. Não foi levada em conta diferença entre raças e a atividade exercida era a mesma proposta em salas de aula
Vestimenta	Normal para a época - havendo diferença entre vestuário infantil e adulto, porém não foram citadas as peças de roupa utilizadas.
Escala utilizada	5 (cinco)* pontos: T.W. - muito quente; C.W. - confortavelmente quente; V.C. - muito confortável; C.C. - confortavelmente frio; -T. C. - muito frio;
	*Foi dada como zona de conforto os valores referentes a C.W. V.C. e C.C.
Valores Encontrados para a Sensação agradável C.W. V.C. e C.C.	
Temperatura de bulbo seco (externa)	Verão - média 18,8 °C Inverno- mínima -6,61°C e máxima 33°C-média 10,5°C
Umidade externa	Verão - mínima 35% e máxima 70% - média 53% Inverno - mínima 23% e máxima 48% - média 34%
Outras	
Velocidade do ar	Entre 15 ft/min e 50 ft/min
Cata Seco	Entre 4,5 e 5,5
Temperatura efetiva americana	21,4 °C no verão e de 18,7 °C a 19,2°C no Inverno
OBSERVAÇÕES	
Os estudos foram feitos em um laboratório onde se fixava a temperatura efetiva em determinado valor obtendo as sensações para cada valor fixado. EM intervalos de 15 minutos os instrutores passavam e coletavam a sensação observada	

9.2 - Metodologia de pesquisa por Paulo Sá

Este estudo foi realizado com um grupo de alunos do próprio engenheiro, rapazes de 14 a 17 anos. Em dias diferentes eram medidas simultaneamente a temperatura, a umidade e a velocidade do ar, juntamente com a elaboração de fichas individuais, onde os alunos registravam a sensação de calor, numa escala de 1 a 7. As condições físicas do ambiente foram medidas com o termômetro de Leonard Hill (Grau cata) e termômetros para as temperaturas seca e úmida. Estas observações foram feitas entre 11 e 12 horas de agosto a setembro de 1931, com um total de 250 observações individuais, inclusive dele mesmo (SÁ, 1948).

Quadro 9.3 - Valores encontrados por Sá em 1931

Quadro I - Sensação ótima					
Temperatura de bulbo seco	Umidade Relativa	Velocidade do ar	Cata seco	Cata úmido	Temperatura Efetiva
°C	%	m/s			
20,1	82	0,39	7,4	16,4	18,5
24,5	67	0,36	5,3	13,1	22,1
24,5	88	0,11	4	12,6	23,6
24,6	62	0,09	3,8	18,3	22,2
25,6	57	0,17	4	12,5	22,7
26	61	0,24	4,2	14,8	23
Quadro II- Sensação um pouco quente					
Temperatura de bulbo seco	umidade	Velocidade do ar	Cata seco	Cata úmido	Temperatura efetiva
°C	%	m/s			
24,5	78	0,46	5,9	12,5	21,8
24,1	73	0,08	3,8	13,5	22,5
26,8	63	0,5	4,7	12,4	23,4
Quadro III - Sensação fresca					
Temperatura de bulbo seco	umidade	Velocidade do ar	Cata seco	Cata úmido	Temperatura efetiva
°C	%	m/s			
20,5	71	0,47	7,6	14,7	18,2
23	84	0,64	7	12,8	20,7
23,7	87	2,03	10,2	13,1	19,5

Fonte: Adaptado de Sá, 1934.

O quadro 9.4 mostra um resumo da pesquisa de Paulo Sá.

Quadro 9.4 -Paulo Sá, 1931

Pesquisa realizada por:	Paulo Sá
Data	1931
	Agosto a Setembro –entre 11 e 12 horas
Lugar	Rio de Janeiro
	Instituto Nacional de Tecnologia
Objetivo da Pesquisa	Estabelecer um escala de temperatura efetiva para o Rio de Janeiro
População Pesquisada	14
Número de Votos coletados	250
Característica da População Pesquisada	Alunos de 14 a 17 anos; e o próprio Paulo Sá.
Vestimenta	Calça comprida, paletó, camisa manga longa, meia e sapato.(1,1 clo).
Escala utilizada	7 (sete) pontos; para 4*(quatro) sensação agradável.
	*Variando de 3,5 a 4,5
Valores Encontrados para a Sensação agradável (3,5 a 4,5)	
Temperatura de bulbo seco	Entre 20°C e 26°C
Umidade	Entre 61% e 88%
Outras	
Velocidade do ar	Entre 0,09m/s e 0,39m/s
Cata Seco	Entre 3,8 e 7,4
Cata Úmido	Entre 12,5 e 16,4
Temperatura efetiva americana	Entre 18,5°C e 23,6 °C
Observações	
Conclui-se que as temperaturas efetivas americanas e brasileiras divergem de 3,6°C a mais para a sensação térmica agradável para brasileiros do que para os americanos.O aumento da temperatura é compensado pelo aumento da velocidade do ar e ou pela diminuição da umidade	

As observações feitas neste primeiro estudo, não têm como resultados equações ou médias ponderadas dos resultados; ele apenas apresenta os valores encontrados para sensações de conforto ótima, pouco quente e pouco fria. Desta pesquisa é elaborado um quadro (ver quadro 9.3), onde os valores da temperatura de bulbo seco, umidade do ar velocidade do ar, cata seco, cata úmido e temperatura efetiva americana são comparados com a sensação de conforto encontrada.

9.3 - Metodologia de pesquisa de Ribeiro, 1939

Foram feitas observações num período de 20 dias, durante os meses de agosto e setembro (estações frias do ano) entre nove e dez horas da manhã; as medições foram feitas

no interior de uma sala de aula, do curso de Educadores Sanitários da Faculdade de Higiene São Paulo. Passada uma hora que as alunas estavam em sala as medições eram realizadas, aproveitando as condições térmicas existentes no local. As portas e janelas ficavam fechadas e só eram abertas meia hora antes das aulas para arejar o recinto (RIBEIRO, 1945).

Quadro 9.5 - Benjamim Alves Ribeiro, 1939

Pesquisa realizada por:	Benjamim Alves Ribeiro
Data	1939
	Agosto a Setembro –entre 9 e 10 horas
Lugar	Instituto de Higiene de São Paulo/ Curso de Educadores Sanitários
	Sala de aula –13m.x 5,5m x 4m/ Área iluminada – 12m ²
Objetivo da Pesquisa	Averiguar os valores de conforto em função do catermômetro e das temperaturas efetivas
População Pesquisada	47
Votos coletados	868
Característica da população pesquisada	Alunas e professoras públicas de 18 a 29 anos; todas mulheres.
Vestimenta	Saia, blusa (meia manga), bolero, meia calça e sapato.(0,97 clo)
Escala utilizada	5(cinco) pontos; sendo 3(três) a sensação agradável.
Valores Encontrados para a Sensação agradável	
Temperatura de bulbo seco	21°C
Umidade	Entre 50% e 81%
Velocidade do ar	Entre 0,09m/s e 0,14m/s
Cata Seco	5,25
Cata Úmido	15
Temperatura efetiva americana	19,5 °C
Observações	
Os valores encontrados para São Paulo são menores dos que os encontrados para o Rio de Janeiro; Os votos foram dados após 60 minutos de permanência na sala, como estimativa para um tempo de adaptação.Houve pouca diferença entre os valores exteriores e os interiores. A sensação térmica obtida foi dada em relação a uma média dos votos encontrados para as condições climáticas específicas. A radiação não é levada em conta pela falta de aparelhos adequados;	

O número de votantes constou, em média, de 43 indivíduos do sexo feminino, com idade variando entre 18 e 29 anos, normalmente vestidos, sentados e tomando nota das aulas. Só foram levados em consideração os questionários onde o indivíduo não apresentava nenhum sinal de mal estar e estava vestido de acordo com o clima. O quadro 9.5 mostra um resumo da pesquisa de Ribeiro.

9.4 - O método de Michael Humphreys em escolas públicas

Em 1977, Humphreys publicou um trabalho nas escolas primárias do Reino Unido, para crianças entre 7 a 9 anos com atividades diversas, em cinco escolas diferentes. O estudo foi feito em junho de 1971 e repetido em junho de 1972, pois no primeiro estudo o tempo estava mais frio do que de costume para aquela época do ano. Das cinco escolas que participaram do estudo em 1971 e 1972, um total de 582 alunos.

O objetivo da pesquisa estava em demonstrar que crianças não poderiam usar a mesma escala térmica proposta para adultos, já que as mesmas possuíam trajes, atividades e metabolismos diferentes dos adultos. Para o estudo foi utilizada uma folha com ilustrações, onde as crianças assinalavam as roupas que estavam vestindo, levando-se em consideração que teriam consciência da roupa que vestiam (figura 9.2).

The figure shows two questionnaires side-by-side. The left one is for girls and the right one is for boys. Both have a 'What are you wearing?' section with illustrations of various clothing items and checkboxes. The left questionnaire also includes a 'How are you feeling?' section with a scale from 'much too hot' to 'much too cold'.

1- Questionário para meninas

What are you wearing?

blazer slip
 cardigan vest
 jumper pants
 blouse tights
 pinafore socks
 dress
 skirt

How are you feeling?

much too hot
 too warm
 nice and warm
 just nice
 nice and cool
 too cool
 much too cold

2- Questionário para meninos

What are you wearing?

blazer long trousers
 cardigan short trousers
 jumper vest
 pullover pants
 shirt socks
 tee shirt

How are you feeling?

much too hot
 too warm
 nice and warm
 just nice
 nice and cool
 too cool
 much too cold

Figura 9.2 – Vestimentas para meninos e meninas.

Fonte: Humphreys, 1970.

As medições foram feitas em quatro horários (manhã, almoço, intervalo da tarde, saída) durante o dia, cada uma após meia hora que as crianças estavam na sala. Cada criança deveria descrever através da tabela dada, qual a roupa que estava vestindo (figura 9.2) e a sensação térmica sentida (figura 9.3).

A escala de conforto térmico adotada foi a de sete pontos, indo do muito quente ao muito frio, sendo a zona 4 considerada dentro da zona de conforto. Em uma comparação com as pesquisas com adultos o valor 4 encontrado, corresponderia ao valor de 4,7 para as crianças, mostrando que as crianças são menos sensíveis as diferenças de temperatura do que os adultos. A relação dos questionários das vestimentas com a avaliação do conforto foi dada através de uma tabela onde cada roupa indicada corresponderia a um numero (ver figura 9.2) que se somando todas as partes totalizaria a resistência térmica da vestimenta, assim uma vestimenta com 10 pontos, equivaleria a 1 clo.

DAF..... TIME..... 1. On the whole, the lesson has gone: well _____:_____badly 2. The principal activity was 3. When the children filled in their pads, how long had they been in their classroom? Less than 15 minutes : _____ 15 - 30 minutes : _____ More than 30 minutes : _____ Comments: <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 250px;"></div>	THE CHILDREN WERE: reluctant _____:_____willing cheerful _____:_____glum obstructive _____:_____helpful wide-awake _____:_____dreamy careless _____:_____careful settled _____:_____restless diabolic _____:_____angelic docile _____:_____wild apathetic _____:_____inquisitive vocal _____:_____tongue-tied quarrelsome _____:_____peaceable energetic _____:_____lifeless frivolous _____:_____earnest creative _____:_____destructive unresponsive _____:_____responsive
---	---

Figura 9.3 - Questionário aplicado às crianças 4 vezes ao dia.

Fonte: Humphreys, 1970.

Sobre a temperatura pode-se dizer que para uma diferença de dois graus não foi observada sensação de desconforto notável, uma explicação para isso talvez tenha sido o fato de que as crianças fossem vestidas para a escola com roupas que pudessem ser tiradas durante o aumento da temperatura diária, como casacos, gorros e luvas. A média de temperatura ficou entre 17°C á 23 °C (ver quadro 9.6). Os resultados mostrados foram obtidos pelos métodos de regressão e correlação.

Das crianças questionadas um pouco menos da metade mostrou ser capaz de responder o questionário, mas este valor foi tido como suficiente para a análise, não se constatando diferença entre a sensação dos meninos e das meninas (ver quadro 9.6).

Quadro 9.6 - Valores encontrados nas salas de aula

Valor encontrado para a pesquisa realizada em 1970, em escolas publica por M. Humphreys.								
numero da sala	Medias Subjetivas de calor		Medias dos Números das Vestimentas		Média da Temperatura da sala	Números de casos	Número de meninos	Número de meninas
	meninos	meninas	meninos	meninas	°C			
1	4,7	4,2	9,2	8,3	21,1	44	10	6
2	3,9	5	9,7	8	17,5	42	6	4
3	4,5	4,7	9,8	9	21,3	45	3	2
4	4,5	4,3	9,2	8,4	18,4	47	14	13
5	4,5	4,2	10,1	9,1	18,3	48	9	7
6	4,8	3,7	9,5	8,7	20,5	50	11	3
7	4,6	4,7	9,9	9,4	19,5	49	9	5
8	4,7	4,8	9,4	9,1	18,9	48	10	8
9	5,2	4,1	9,5	6,5	21,5	27	3	4
10	4,3	4,5	9,1	8,1	23,1	32	7	7
11	4,4	4,1	9,2	8,2	19,9	23	13	8
12	4,2	4,3	9,6	7,7	19,9	40	10	7
13	4,1	4,2	9,6	8,6	20,4	38	6	11
14	4,7	4,7	8,8	7,6	22	34	8	3
15	5	5,2	9,6	9	20,2	40	8	4
16	4,4	4,4	9,2	8,4	22,3	29	7	10
17	4,5	4,7	8,8	8,4	21,6	40	15	11
Valor Médio	4,53	4,46	9,42	8,38	20,38	676,00	149,00	113,00

Fonte: Humphreys, 1970.

Em 1977 Humphreys estipula algumas possíveis vestimentas no verão (HUMPHREYS, 1977). Estes valores foram testados por 30 homens e mulheres que se propuseram a fazer a verificação da porcentagem em que as combinações ocorriam. As vestimentas foram separadas em três categorias: leve, média e pesadas(quadro 9.7). Estas observações foram coletadas no verão de 1973, e dos resultados observados concluiu-se que as vestimentas no que diz respeito ao conforto térmico são completamente independentes da idade e do sexo do individuo.No que diz respeito a crianças e adultos percebe-se uma leve diferença das crianças ao vestirem roupas mais leves. Na pesquisa realizada por Humphreys, 1977 (HUMPHREYS, 1977) observa-se que a temperatura de conforto equivalente ao grau 4 da escala de conforto para adultos é equivalente ao grau 4,7 da escala de conforto para crianças.

Quadro 9.7 - Tipos de vestimenta propostas por Humphreys

Vestimenta Leve	Vestimenta Média	Vestimenta Pesada
Bermuda	Terno	Sobretudo
Blusa	Jaqueta esporte	Casaco de Couro
Casaco fino	Jaqueta casual	Blusão fechado
Vestido leve	Pulôver fino ou Cardigan	
Camiseta	Vestido pesado	
	Parca	
	Blusão aberto com blusa por baixo	

Fonte: Adaptado de Humphreys, 1977 (Os limites entre as vestimentas leves e médias giram em torno de 0,55 clo, enquanto que para as vestimentas médias e pesadas gira em torno de 1 clo).

Quadro 9.8 - Valores para vestimentas para Meninos e Meninas

Vestuário para meninos			Vestuário para meninas		
Peça de roupa	Valor numérico	Valor estipulado pela ISO7730 (I'clo)	Peça de roupa	Valor numérico	Valor estipulado pela ISO7730 (I'clo)
Casaco com gola	3	0,60	Casaco com gola	3	0,60
Casaco sem gola	3	0,55	Casaco sem gola	3	0,55
Blusa de manga comprida	3	0,30	Blusa de manga comprida	3	0,3
Colete sem manga	2	0,12	Blusa manga curta	2	0,15
Camisa manga comprida	2	0,25	Vestido sem manga	2	0,20
camiseta	2	0,09	Vestido com manga	2	0,20
Calça comprida	3	0,25	Saias	2	0,25
Shorts	2	0,06	Vestido de baixo	1	0,20
Camiseta sem manga	1	0,04	Camiseta sem manga	1	0,04
cuecas	1	0,03	calcinhas	1	0,03
Meias	1	0,02	Meia calça	1	0,03
			Meias	1	0,02
Artigos inesperados					
Roupas de natação	2		Poncho	2	0,70
Shorts de futebol	1	0,06	Hot-pants	2	
			Roupas de natação	2	

Fonte: ISO 7730 e Humphreys/1972.

O quadro 9.8 mostra alguns valores de vestuário diferentes entre meninos e meninas, além de estipular uma relação entre a resistência térmica de cada vestimenta de acordo com a ISO 7743 e os valores numéricos propostos por Humphreys; segundo ele o maior número estimado para a resistência térmica de 1clo seria uma vestimenta com valor numérico 10. O quadro 9.9 sugere um resumo da pesquisa de Humphreys

Quadro 9.9 - Michael Humphreys, 1971

Realizada por:	Michael Humphreys
Data	1971/72
Lugar	Reino Unido - Cinco escolas primárias
Objetivo da Pesquisa	O objetivo da pesquisa estava em supor que crianças não poderiam usar a mesma escala térmica proposta para adultos, já que as mesmas possuíam trajes, atividades e metabolismos diferentes dos adultos.
Observadores	262
Coletadas	Aproximadamente 676
Observadores	Crianças entre 7 a 9 anos em atividades diversas
Vestimenta	As crianças se despiam durante o dia à medida que a temperatura subia. As roupas utilizadas pelas crianças seguiram a tendência da temperatura da sala durante vários dias
Escala utilizada	7(sete) pontos; sendo 4(quatro) a sensação agradável.
VALORES ENCONTRADOS PARA A SENSACÃO AGRADAVEL	
Temperatura de bulbo seco	Entre 18,3°C e 23,1°C
Outras	A média das vestimentas ficou em torno de 8,36 (meninas) e 9,43(meninos), dado que o número 10 representaria 1,0 clo.
OBSERVAÇÕES	
O calor subjetivo seguiu as variações de temperatura da sala, mas não foi relacionado com as temperaturas médias das salas de aula que estavam entre 17°C e 23°C. O valor 4 encontrado para adulto equivaleria ao valor 4,7 para as crianças consideradas As medições foram feitas em quatro horários (manha, almoço, intervalo da tarde, saída) durante o dia, cada uma após meia hora que as crianças estavam na sala. Cada criança deveria descrever através da tabela dada, qual a roupa que estava vestindo (figura 1) e a sensação de calor sentida.	

DISCUSSÃO

As condições climáticas existentes no Brasil são diferentes do hemisfério Norte. Assim fica difícil reconhecer que os valores internacionais se encaixem perfeitamente nesta necessidade brasileira. No início do século XX, as concepções arquitetônicas, construtivas e tecnológicas começa a ser diferenciada por funções e a parceria entre arquitetos e engenheiros é sentida em muitas falas do próprio Paulo Sá que entende que uma função é complemento da outra.

Quando Paulo Sá fez seus estudos, três aspectos presentes nos estudos atuais ficaram de lado pela falta de instrumentação e pelo desenvolvimento dos métodos: a resistência térmica das vestimentas, o valor da taxa metabólica e a temperatura radiante média. Entre elas um fator fica bem claro: a falta da descrição exata destas vestimentas e qual o valor da resistência térmica das mesmas. Ao fazermos este levantamento muito superficialmente pelo mérito da questão é possível verificar que dois pontos necessitam de mais profundidade: os padrões utilizados pelas normas atuais, às vezes, não possuem os valores requeridos, por exemplo: a resistência térmica de uma saia rodada de lã, pois o tecido, lã, não está presente na norma. Outro fator seria considerar este vestuário típico integralmente, pois o Brasil desta época ainda possuía traços coloniais e a proximidade com as guerras faz com a imigração seja um fator diário no Brasil, relacionando uma mistura de povos, culturas e países, num país aberto a essa diversidade de culturas. O povo brasileiro do início do século mesclava numa porcentagem maior esta cultura indígena/colonial/

brasileira, a esta cultura importada de países europeus e norte americanos. Um exemplo disto, no caso das vestimentas, seria o uso das camisetas usadas por baixo das camisas, muito aceitas na Europa, mas que não tinham vínculo nenhum com o clima tropical brasileiro, mas mesmo assim por constituírem um hábito continuaram presentes nesta população imigrante.

A pesquisa de Sá é importante por trabalhar com pontos bastante atuais nas pesquisas referentes ao conforto térmico, assim como utilizando variáveis ambientais e fisiológicas; ou como base para as pesquisas como as de Benjamim Alves Ribeiro ou Palhano Pedroso. Seu trabalho possui base científica suficiente para poder ser comparado com pesquisas atuais com mais de 60 anos de diferença entre elas. Outro fator que merece destaque é a visão diferenciada de Paulo Sá perante os outros pesquisadores da época buscando sempre um compartilhamento internacional com o que estava sendo feito aqui e no resto do mundo.

Seu estudo mostra algumas lacunas em relação a metodologia utilizada porém isto é perfeitamente aceitável se for feita uma comparação com as publicações feitas por Paulo Sá e outras feitas por outros pesquisadores, no Brasil, na mesma época. A base cultural, tecnológica e padronizada, que o Brasil possuía, também era muito diferente; assim sua pesquisa também demonstra este crescimento, vinculado ao surgimento da ABNT, do instituto de pesos e medidas criados pelo próprio Paulo Sá, além de outros órgãos que começavam a ser dignos de qualidade e respeito na mesma época.

De uma análise geral tira-se do trabalho realizado por Sá, que tanto a escala utilizada nas medições, como os observadores, e a sua metodologia podem exprimir a sensação térmica do Rio de Janeiro na década de 30.

No que diz respeito à pesquisa de Fanger, a comparação entre as duas pode ser feita pelo fato de Paulo Sá, embora não tendo como medir todas as variáveis ambientais e fisiológicas responsáveis pelo conforto térmico determinou que sensação térmica é função da vestimenta utilizada, assim como das atividades e das trocas térmicas entre o corpo e meio além dos fatores ambientais (a temperatura radiante média, umidade relativa,

velocidade do ar e temperatura de bulbo seco) são responsáveis pela sensação térmica sentida pelo indivíduo.

O ambiente escolar é propício para medições, pois possui indivíduos geralmente da mesma faixa etária, exercendo a mesma atividade, em ambientes ventilados natural ou artificialmente, além dos indivíduos permanecerem no espaço por um espaço razoável de tempo. Dos estudos de caso levantados foi elaborado um quadro (quadro 10.1) entre as diferenças de temperatura dos trabalhos aqui apresentados e outros mais antigos fornecidos pela ASHRE. Demonstra-se cada vez mais é fundamental que cada lugar desenvolva sua própria temperatura de conforto a fim de se examinar exatamente como cada indivíduo de acordo com a sua herança cultural e social consegue ou não se sentir confortável no ambiente por eles habitado.

Quadro 10.1 - Valores estipulados para a temperatura efetiva relacionada a diferentes anos e países

ASHRAE (55-56)			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1923	TE	17,8	
1925	TE	18,9	
1929	TE	21,7	
1939	TE	22,1	
1941	TE	20,0	
Paulo Sá			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1931	TE	21,5	Rio de Janeiro
Partridge e MacLean			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1932/33	TE	21,4	Toronto
Ribeiro			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1939	TE	19,5	São Paulo
Humphreys			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1977	TS	20,3	Reino Unido
Fanger			
Data	valor	Média ponderada (°C)	Cidades
1968	TC	25,55	Americanos
1968	TC	25,71	Dinamarqueses

CONCLUSÃO

- a. De uma análise geral tira-se do trabalho realizado por Sá, que tanto a escala utilizada pelas medições, como os observadores, e a sua metodologia podem exprimir a sensação térmica do Rio de Janeiro na década de 30.
- b. As diferenças encontradas entre o VME e os valores referentes a pesquisa de Paulo Sá podem ser explicadas pelo fato da vestimenta, atividade e temperatura radiante média não ficarem muito claras na pesquisa de Sá.
- c. Dos estudos de caso levantados foi elaborado um quadro (quadro 10.1) comparando os resultados dos trabalhos aqui apresentados, demonstrando que cada vez mais é importante que cada lugar determine sua própria temperatura de conforto;

ABSTRACT

The researches about thermal comfort evaluation in Brazil, in the middle of 1930, were searching for the internationally used and proposed methods, so that the conditions to adapt them to Brazilian environmental parameters could be achieved. The work of two Brazilian researchers who were researching thermal comfort indexes by that time are known: Paulo Sá and Benjamim Alves Ribeiro. In their researches they were working to establish a relationship between the individual thermal sensation and the indexes obtained by the several methods used at that time, mainly the catatemperatures and the effective temperatures. When analyzing the research of Paulo Sá, it can be shown his scientific approach and the obtaining of comfort temperatures for the city of Rio de Janeiro, as well as the existent methodological and scientific difficulties. The values found by those authors were used to the calculation of the PMV, proposed by Ole Fanger, through the use of the software Comfort 2.02. This work also presents the methodology used by Paulo Sá and Benjamim Alves Ribeiro, Fanger and Michael Humphreys in researches accomplished at schools or with students. Fanger worked with students in acclimatized cameras and the others with naturally ventilated environments. Schools are an appropriate environment to studies about thermal comfort evaluation not only due to the importance of the theme, but also for the developed activity, age group and easiness of implementation of the research. A description and comparison of different methods applied to the school environment are presented in this work.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLAM, T.N.; **Radiant heating, the industrial press**, N.Y., 2 ed., 1949

ALBUQUERQUE A.; FREIRE,V.S.; Hygiene da residência urbana, primeiro congresso médico paulista, **O ESTADO DE SÃO PAULO** , 2 /1/1917

Arquivo da Folha de São Paulo; “Flávio de Carvalho lançou ontem o revolucionário “Traje do Futuro”; in **FOLHA DA MANHÃ**, Assuntos Gerais, ano XXXII, São Paulo, sexta-feira 19 de outubro de 1956, nº. 9964.

AULICIEMS, A. Thermal sensations of secondary school children in summer timer. In *Journal of Hygiene*, 71. 453-458. 1973

AGUIAR , disponível em <http://www.uol.com.br/cienciahoje/perfis/lobo/lobo1.htm>, dia 18/07/2003

BEDFORD, T.; “Basic Principles of Ventilation and Heating”, Medical Research Council Londres, 389 pags., 1948

BONADIO, M. C.. **Moda: costurando mulher e espaço público. Estudo sobre a sociabilidade feminina, São Paulo 1913-1929.** Dissertação de Mestrado. Departamento de História. Linha: Cultura e Cidades. IFCH – UNICAMP, 2000.

BRUAND, Y.; **Arquitetura contemporânea no Brasil**, Perspectiva, São Paulo, S.P., 1991, 398 pgs.

COLIN, S.; **Um Introdução a arquitetura**, UAPÊ, Rio de Janeiro ,RJ, , 2000, 196 pgs.

Disponível em http://www.cpdoc.fgv.br/nav_historia/htm/anos30-37/ev_ministerio_trabalho.htm, dia 20/07/2003

Disponível em www.inmetro.gov.br/noticias/livroMetrologia/06_LivroMetrologia_cap05.PDF, dia 21/07/2003

FAÇANHA, A, “100 Anos da moda paulistana”, Ano 5, nº 24, 2000, disponível na Internet via: <http://gowheresp.terra.com.br/24/24historiamoda.htm> , Arquivo capturado em 17/05/2003)

FANGER, O. How to apply models predicting thermal sensation and discomfort in practice. In **Thermal Comfort: Past, present and future**, N.A. Oseland and M.A. Humphreys, eds. BRE Report, Watford, U. K.: Building Research Establishment; 1994

FANGER, O. **Thermal comfort –analysis and application in environmental engineering.** Copenhagen, 1970, 244 p.

FANGER, P. O. Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation In **ASHARE 74th annual meeting**, Mineapolis, June 26-28,1967

GARCIA, C.; “Anos 30, tempos de crise”; Disponível na Internet via: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/almanaque/anos30.htm>,Arquivo capturado em 16/05/03)

GARCIA, C.; “Anos 40, A moda e a guerra”; Disponível na Internet via: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/almanaque/anos40.htm>., Arquivo capturado em 16/05/03)

GONÇALVES, W.B.; VALLE, R.M.; GARCIA, E.S.; “Avaliação de índices de conforto térmico para Belo Horizonte - MG”; **Cadernos de arquitetura e urbanismo, Belo Horizonte**, v.8, n.9, pag147-175, dez 2001

Heating Ventilating air Conditioning – GUIDE 1954, ASHVE Physiological Principles, vol 32, capítulo 6,págs 111 –120,1954

HOUGHTEN, F.C; YAGLOU, C.P.; HUMPHREYS, C. M. Determining lines the equal comfort, and Determination of the comfort zone. In: **ASHVE Transactions**, v.29, 1923.

----. ----. Cooling effect on human beings produced by various air velocities. In: **ASHVE Transactions**, v.30, 1924.

HUMPHREYS, M A. Thermal comfort \temperatures worldwide - The current position, **WREC**, School of Architecture Oxford Brookes University, pp 139, 1996.

HUMPHREYS, M A., NICOL, J. F.; An Adaptative Guideline for UK office temperatures. In: **Standards of Thermal Comfort, indoor air temperature standards for the 21st century**, Humphreys, M A.; Nicol, F.N., Sykes, O. and Roaf, S pp 3-13, 1995b

HUMPHREYS, M A., NICOL, J., F.; Understanding the adaptive approach to the thermal comfort; In **ASHRAE technical data bulletin, Field Studies of thermal comfort and adaptation**, vol. 14 number 1, pags1-14, São Francisco, Califórnia, 1998.

HUMPHREYS, M A.; Thermal comfort temperatures and the habits of Hobbits. In: **Standards of thermal comfort, indoor air temperature standards for the 21st century**, Humphreys, M A.; Nicol, F.N., Sykes, O. and Roaf, S pp 3-13, 1995a

HUMPHREYS, M A.; A study of the thermal comfort of primary school children in summer, **Building and environment**; vol 12 pgs 231-239, Pergamon Press, 1977a.

----. ----. The optimum diameter for a globe thermometer for use indoors; **Building Research Establishment**; vol. 8, p. 1 - 5, 1978.

----. ----. The Variation of Comfortable Temperatures; **Energy Research**; vol. 3, p. 13 - 18, 1979.

----. ----. Clothing and the Outdoor Microclimate in Summer; **Building and environment**; vol 12, p 137 - 142, Pergamon Press 1977b

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION,) **ISO 7730**; moderate thermal environments-determination of the VME and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 9920**; ergonomics-estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemblr. Geneva, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 89960**;ergomics-determination of metabolic heat production. Geneva,1990.

KOWALTOWSKI; D.C.C.; et. al. Conforto e ambiente escolar, **cadernos de arquitetura** Bauru, n-3, jul/dez 2001, págs 1 a 26.

LABAKI; L.C; Bartholomei, C.L.B.; Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas, S.P.; livro de resumos, **ENCAC 2001**, VI Encontro Nacional e III encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, 11-14 nov 2001

MASCARÓ, L.R.; **Luz, Clima e arquitetura**, Edições Técnicas, Porto Alegre , RS, 1981, 189 pgs.

MINDLIN, H. E. **Arquitetura moderna no Brasil**, aeroplano, Rio de Janeiro, 2ªedição, 2000, 288 pgs.

MISSENARD, A.; **L’homme et le climat**; 1937, Paris, Plon, 270p.

NACIF, M. C. V **Obra Consumada; uma abordagem estética da moda feminina, no Rio de Janeiro, entre 1932 e 1947**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: EBA/CLA/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

NACIF, M. C. V.. **Estilo urbano; um estudo das formas vestimentares das camadas médias urbanas, no Rio de Janeiro, na primeira metade do século XX**. Tese de doutorado. Niterói: ICHF/ Universidade Federal Fluminense, 2000

NEVINS, R.G. Criteria of thermal comfort. **Building Research**, p.27-30, Jul-Ago.1966.

NICOL, F; RAJA, I;. Modeling Temperature and Human Behavior in Buildings; **IbpsaNews**, v9, n1, pags 8-11,1997.

PARTRIDGE, R.C.; MACLEAN D.L.; “*Determination of the Comfort Zone for School Children*”, **The Journal of Industrial Hygiene**, p 66-71, 17, n-2, March, 1935.

PEREIRA, J.; disponível em http://www.int.gov.br/pesq_des.html, dia 13/07/2003

Primeiro Congresso Brasileiro de Hygiene .**Congresso Brasileiro de Hygiene**, 1 Rio de Janeiro 1-9 out. 1923; v.1. Sessão inaugural e temas officiaes, 1926-1927

RIBEIRO, B. A. Contribuição ao estudo térmico. **Boletim nº 86, Instituto de Higiene de São Paulo**, 1945.14p.

ROHLES, F.H. ;NEVINS, R.G. ; SPRINGER, W. ; FEYERHERM, A.M. Temperature humid tidy chart for thermal comfort of seated persons. In : **ASHRAE Transactions**, v.72, part 1,1966, p.283

RUAS, A. C. Avaliação de conforto térmico – contribuição à aplicação das normas internacionais. **Dissertação de mestrado** apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP. Campinas 1999.78p

SÁ, P. Conforto térmico... **Ministério do trabalho indústria e comércio. Instituto nacional de tecnologia.** Rio de Janeiro, nº. 45, 1938. 59p. il.

----. ----. Estudos para o estabelecimento de uma escala de temperaturas efetivas no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia**, 27, n.3, p.67-69, 1934

----. ----.. Estudos sobre conforto térmico no Brasil: o termometro resultante de Missenard... Rio de Janeiro,1936.

----. ----. Estudos sobre o conforto térmico e o conforto visual no Brasil.Rio de Janeiro : Instituto Nacional de Tecnologia, 1936. 43p.

----. ----. Indústrias da construção – volume IV- Conforto e Iluminação. Rio de Janeiro. **Instituto Nacional de Tecnologia Rio de Janeiro** 1948. 202p

SEGAWA, H.; Clave de Sol, **ENCAC 2001**, ENCAC, VI Encontro Nacional e III encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, 11-14 nov 2001

VERNON, H.M.; WARNER, C. G. **The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures.** J.Hyg.Camb, v.32,p.431-462,1932

WINSLOW C.E.A.; HERRINGTON L. P.; **Temperature and human life**, Princeton University, Princeton, New Jersey, 1949,269 pags.

YAGLOU, C. P.; DRINKER, P. .The summer comfort zone .In; **ASHVE Transactions**, 35,1929.

YAGLOU, C.P. A method for improving the effective temperature index. In: **ASHVE Transactions**, 53,1947.

YAGLOU, C.P.; MILLER, W. E. Effective temperature with clothing. In; **ASHVE Transactions**, 31: 89-99, 192