

AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO NO BRASIL: A PESQUISA DE PAULO SÁ NO RIO DE JANEIRO, NAS DÉCADAS DE 1930 A 1950. UMA APROXIMAÇÃO COM O MÉTODO ADAPTATIVO

(1) Oliveira M. C. A.; (2) Labaki L. C.

(1) Professora Substituta UFU Arquitetura e Urbanismo
e-mail(marielacao@ig.com.br)

(2) Professora Associada Unicamp, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Caixa Postal 6021, cep 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, Tel. +55 (19) 3788-2384
e-mail(lucila@fec.unicamp.br)

RESUMO

Os estudos sobre avaliação de conforto térmico e propostas de índices de conforto têm se desenvolvido desde o início do século passado em todo o mundo, com diferentes enfoques e metodologias. Constata-se que as temperaturas de conforto são diferentes dependendo das regiões. Muitas das foram realizadas em câmaras climatizadas. Em contraposição a essas pesquisas, o método adaptativo propõe o estudo em ambientes naturalmente ventilados. Entre várias considerações, segundo esse método, o ser humano, tendo a oportunidade de escolha, consegue adaptar-se ao meio, interagindo com o mesmo em busca do conforto. No Brasil, entre as décadas de 30 e 50 do séc XX, tem-se conhecimento do trabalho sobre avaliação de conforto térmico no Rio de Janeiro realizado por Paulo Sá. Por este trabalho, Sá tenta vincular a sensação térmica individual com a temperatura existente, não utilizando câmaras climatizadas e sim a sensação real e momentânea de cada indivíduo. Nesse trabalho, busca-se então uma relação entre as pesquisa realizadas por Paulo Sá no Brasil, nas décadas citadas e o método adaptativo.

ABSTRACT

The studies on evaluation of thermal comfort and proposals of comfort indices if have developed since the beginning of the century passed in the whole world, with different approaches and methodologies. One evidences that the temperatures of comfort are different depending on the regions. Many of had been carried through them in acclimatized chambers. In contraposition to these researches, the adaptation method considers the study in environments of course ventilated. Between some things, according to this method, the human being, having the choice chance, obtains to adapt it the same the way, interacting with in search it comfort In Brazil, it enters the decades of 30 and 50 of séc XX, knowledge of the work is had on evaluation of thermal comfort in Rio De Janeiro carried through for Pablo Sá. For this work, Sá tries to tie the individual thermal sensation with the existing temperature, not using acclimatized chambers and yes the real and instant sensation of each individual. In this work, a relation searches then enters the research carried through by Pablo Sá in Brazil, the cited decades and the adaptation method

1. INTRODUÇÃO

O engenheiro Paulo Sá trabalhou no Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro, sendo diretor da divisão de Indústria de Construção, com suas primeiras publicações datadas do início da década de 1930. Pode-se dizer que ele é um dos responsáveis pelo início do estudo de conforto térmico no Brasil. (OLIVEIRA e LABAKI, 2001)

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 existentes por pessoa em determinado ambiente. Apesar destas idéias, em 1930, quando Paulo Sá começa seus estudos, as medidas e métodos usados já são bem diferentes. Em 1936, eram tidos como principais índices para a caracterização de conforto térmico a temperatura seca do ar, a temperatura úmida, as catatemperaturas, a temperatura efetiva, a temperatura equivalente, as indicações do termo-integrador, a irradiação efetiva e a temperatura resultante. (OLIVEIRA e LABAKI, 2001).

Em 1934, uma das preocupações da pesquisa nacional, era relacionar a pesquisa brasileira ao que acontecia no exterior, principalmente nos EUA, devido à criação da temperatura efetiva, em 1923, (HOUGHTEN & YAGLOU, 1923), estabelecendo linhas de igual conforto. No Brasil, em 1931, a pesquisa de Paulo Sá tem sua primeira publicação (SÁ, 1934). Desta primeira pesquisa conclui-se que os valores são diferentes para brasileiros e americanos, e que o estado correspondente à temperatura “ótima” de conforto para os brasileiros estaria em torno de 22°C da escala americana de temperaturas efetivas, ao passo que a temperatura americana efetiva “ótima” se situava em torno de 19,5°C para os americanos.

A pesquisa realizada por Paulo Sá em 1934/35, procurava através dessa temperatura de conforto ideal, um índice de resfriamento para a cidade do Rio de Janeiro, através de processos de refrigeração ativos. Em seus textos, afirmava que as variáveis de conforto precisariam ser ajustadas ao clima, para assim minimizar a quantidade de refrigeração necessária ao conforto, pois para o instituto nacional de tecnologia o importante era descobrir qual seria esta taxa de refrigeração do ar para a temperatura de conforto, tornando a refrigeração ativa, um meio de atingir a sensação térmica requerida pelos indivíduos (SÁ, 1938). Como disse André Missenard “... Numa época em que se cuida de realizar artificialmente todos os climas, é preciso chamar a atenção para o perigo que comporta a generalização sem as precauções necessárias destas condições artificiais...” (MISSENARD, 1936). Assim de uma maneira diferente do proposto pelo método adaptativo, considerando o ponto de vista de que os homens são diferentes pela superioridade das raças, consegue-se notar a diferença entre lugares, povos e culturas. É esta verificação de um clima diferente entre lugares, que faz da pesquisa de Paulo Sá uma contribuição a um modelo adaptativo do Rio de Janeiro.

O método adaptativo tem em seu conceito, uma proposta diferente da de Paulo Sá, visto que um de seu objetivo é propor a maior adaptação possível sem o uso de condicionamento artificial de ar, divergindo das climatizações propostas por câmaras climatizadas. Segundo Humphreys, o método proposto em câmaras climatizadas intensifica o uso de energia, sem com isso se preocupar com a adaptação do indivíduo no clima ou micro clima existente. Isto pressupõe que estes métodos, trabalham com margens de tolerância inferiores do que o indivíduo poderia estar interagindo. Como consequência tem-se um maior consumo de energia, e uma adaptação coletiva que não leva em consideração as diferenças existentes entre lugares, países e a cultura de cada povo. (HUMPREYS, 1998)

2. A PESQUISA DE PAULO SÁ

2.1.- A metodologia utilizada por Paulo Sá

Tem-se como preocupação inicial na questão de avaliação de conforto térmico a necessidade de se achar uma “formula mágica” entre as variáveis climáticas capazes de fazer o homem produzir igualmente independente do clima em que se encontra. Porém, em 1939, a literatura mundial¹, imaginava que os povos dos trópicos eram menos desenvolvidos do que os povos de clima temperados e que isso era imposto pela ordem natural das coisas; sendo as raças de clima tropicais

¹ 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”, todos citados por Paulo Sá, além de Alexis Carrel e H.W. Hill.

menos enérgicas do que as raças do Norte, sendo que a última dificilmente sobreviveria às condições impostas pelo clima tropical (SÁ, 1934). Benjamim Kidd² 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...*”. Das teorias vigentes na época pode-se dizer que as relações entre homem e clima variavam de acordo com o lugar em que se estava, de indivíduo para indivíduo, e até mesmo quando o próprio indivíduo (dependendo do estado em que se encontrasse) pudesse sentir reações adversas ao mesmo clima.

Apesar das controvérsias existentes é possível diagnosticar uma preocupação entre as variáveis: clima, homem (produção) e conforto térmico. Paulo Sá utiliza o método estatístico (coeficiente de Pearson)³ para estabelecer uma média entre os valores encontrados. Seus resultados foram baseados em medições diárias através da formulação das equações lineares e do índice de correlação entre as variáveis, sendo estes valores obtidos a partir de questionários individuais e medições climáticas de temperatura, umidade e velocidade do ar. Em algumas de suas citações considera-se também a importância da temperatura radiante e da vestimenta (devido à falta de informações, tanto as temperaturas radiantes, quanto à vestimenta utilizada não pressupõem equações). As conclusões foram retiradas a partir destas análises. (SÁ,1948)

A pesquisa de Paulo Sá analisa entre os índices de conforto existentes qual deles iria satisfazer melhor a relação ambiente/ indivíduo e qual era o valor dos índices que expressavam a sensação ótima de conforto. Para isso distinguem-se as variáveis que são responsáveis pelo conforto térmico. Pressupõe-se que as trocas entre o homem e o meio dependem de quatro fatores, que são a umidade relativa do ar, a temperatura seca do ar, a temperatura dos objetos (radiante) e a movimentação do ar, sendo responsáveis respectivamente pelas trocas de evaporação do suor da pele, perdas por condução, perdas por radiação, e por ultimo a facilidade que a ventilação ocasiona nas trocas por condução e evaporação. (SÁ, 1934)

A pesquisa consiste num grupo de 8 homens adultos, vestidos e em atividade leve⁴, que registravam, em fichas independentes e individuais, a sensação de calor de acordo com a escala de sensação de conforto. Em fichas individuais os observadores registraram a sensação de maior ou menor calor que sentiam, através de uma escala de 1 a 7. Durante um ano inteiro, de maio de 1934 a maio de 1935, registrou-se as condições físicas do ambiente: temperatura seca, temperatura úmida, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura efetiva (esta calculada pela escala americana), cata temperatura seca e cata temperatura úmida. Através do coeficiente de Pearson, foram estipulados valores de correlação entre a sensação das pessoas no ambiente e os valores obtidos pelas medições. No quadro I, são apresentados os valores dos coeficientes, que demonstram a relação entre a sensação de conforto dada pelos indivíduos e a os valores tirados das medições (SA, 1948).

A pesquisa procurava achar o melhor índice de conforto térmico para o Brasil. O estudo propõe a utilização de dois métodos para se estabelecer o que melhor representa o grau de conforto térmico requerido (na pesquisa de Paulo Sá, a escala de conforto vai de 1 a 7, sendo 1 correspondente a muito frio e 7 a muito quente; 4 é correspondente à sensação agradável). O primeiro método seria pela teoria da correlação, onde se determina as duas retas de regressão. O segundo método propõe a média dos valores encontrados que correspondem à sensação agradável. Estes dois procedimentos foram utilizados para as variáveis medidas que representaram uma função linear: temperatura seca, temperatura efetiva americana, cata temperatura seca (SA,1936).

2.2. – Resultados Encontrados para as cidades do Rio de Janeiro

Numa primeira análise pode-se verificar que para as zonas de verão e inverno, existe uma diferença notável entre a quantidade de dias razoavelmente dentro da zona de conforto, posto que no inverno

² Ver cit 1

³ O método estatístico utilizado é considerado mais simples do que os utilizados atualmente, pois consiste na formulação de uma equação linear, que relaciona apenas duas variáveis num mesmo sistema.

⁴ Os ensaios foram realizados no Instituto Nacional de Tecnologia, na seção de materiais de construção, sendo que os engenheiros desta seção serviram de observadores

tem-se 54 dias dentro da zona de conforto enquanto que no verão apenas 16 dias foram considerados confortáveis. Para a temperatura seca foram estipulados os seguintes valores: sensação de conforto para verão: 25,8 °C a 26,9 °C; sensação de conforto para inverno: 24,5°C a 24,6°C. Alguns dos valores mais encontrados nas medições encontra-se no quadro a seguir: (Quadro I).

Quadro I. Valores 1934/35.

Valores de ensaio 1934/35							
	Temperatura Seca (°C)	Umidade relativa (%)	Velocidade Ar (m/s)	Cata – seco	Cata-úmido	Temperatura Efetiva (°C)	Sensação
1	33,00	60	0,86	2,0	7,2	28,6	6,4
2	31,00	70	0,05	1,6	6,5	28,9	5,9
3	25,50	79	0,16	3,6	9,4	24,4	4,1
4	24,00	77	0,08	3,9	11,8	22,5	4,4
5	25,50	74	0,09	3,5	9,8	23,4	5,1
6	26,00	81	0,08	3,3	11,4	24,4	5,7
7	25,50	74	0,08	3,4	19,1	23,4	4,7
8	25,00	53	0,08	3,6	13,2	29,6	4,6
9	24,50	65	0,07	3,7	14,2	21,7	4,6
10	27,00	58	0,08	3,0	13,8	23,6	5,8
11	27,50	68	0,09	2,9	10,7	24,8	6,1
12	26,50	82	0,23	3,9	11,1	24,4	5,6
13	30,00	65	0,05	1,9	7,9	26,8	6,5

Fonte: Sá, 1938

Quadro II. Valores 1934/35

	INVERNO-PERÍODO			VERÃO-PERÍODO-		
	1.º de Maio-30 de Outubro			31 de Outubro-30 de Abril		
	coeficiente de correlação	Equações De Regressão	Valor de Conforto	Coeficiente De correlação	Equações De Regressão	Valor de Conforto
Temperatura efetiva americana	0,3	$s=0,339te - 3,31$	21,5 ⁰ C	0,7	$s=0,406te - 5,48$	23,3 ⁰ C
		$te=1,89s + 14,19$	à 21,8 ⁰ C		$te=1,22s + 19,93$	à 24,8 ⁰ C
Temperatura do ar	0,74	$s=0,333ts - 4,18$	24,5 ⁰ C	0,8	$s=0,325ts - 4,37$	25,8 ⁰ C
		$ts=1,65s + 18,00$	à 24,6 ⁰ C		$ts= 1,97s + 19,00$	à 26,9 ⁰ C
Umidade relativa	-0,115			-0,38		
Velocidade do ar	-0,43			-0,12		

Onde s= índice de conforto, ts= temperatura seca, te = temperatura efetiva, ks = cata seco, ku = cata úmido.

Fonte SÁ, 1938.

Os resultados foram separados em dois períodos, um primeiro período chamado “inverno”, com temperatura seca do ar no local entre 21°C e 28,5°C para os meses de maio a outubro; e um segundo

período denominado “verão”, com temperatura seca do ar variando de 24°C a 34,5°C, para os meses de.

Novembro a abril (SÁ, 1936).

A preocupação da pesquisa era estabelecer os valores de conforto térmico para serem implantadas as unidades climatizadoras de ar, não sendo citado na pesquisa se haveria o uso de condicionamento de ar ou de circuladores, mantendo a sensação térmica pelo aumento da velocidade do ar. (SA, 1948) Pelo Quadro II toma-se conhecimento das equações de regressão utilizadas por Paulo Sá, com uma comparação entre as sensações e as temperaturas.- Relações e correlações entre sensação de conforto

Concluiu-se então, em 1939, que para a cidade do Rio de Janeiro, com umidade média entre 60% e 80%, pessoas vestidas normalmente e atividade média, as temperaturas secas de verão e de inverno são respectivamente e aproximadamente 26,5°C e 24,5°C. (SA, 1948).

Destes dados convém lembrar que não se pode presumir ao certo o que é tido como vestimenta adequada visto que, em 1939, os alunos usavam ternos para irem à escola, com colete, camisa de manga comprida, camiseta regata por baixo da mesma, além da gravata, itens que faziam parte do vestuário tipo para o clima tropical do Rio de Janeiro (1943). Vale a pena comentar que este tipo de vestuário chegaria perto da resistência térmica proposta para uma vestimenta de inverno, não adequada ao calor dos trópicos.



Fig. 1-Alunos do Colégio Pedro II com seu tradicional uniforme "caqui", bordado na lapela um ramo de café e tabaco, portando bandeiras do Brasil, dos Estados Unidos e da França, saem às ruas da Cidade do Rio de Janeiro pedindo ao Governo Brasileiro a declaração de Guerra. (1943)

3. O MÉTODO ADAPTATIVO

Uma das preocupações do método adaptativo é procurar estipular o melhor perfil de temperatura diária e sazonal para espaços ocupados, de acordo com clima e estação. Quando os processos de adaptação estiverem trabalhando satisfatoriamente, espera-se que as pessoas estejam confortáveis nos ambientes nos quais elas estão acostumadas (ASHRAE, 1998). O desconforto é causado pelo desgaste excessivo do corpo nos processos de escolha e ajuste da própria temperatura com o clima exterior; segundo Humphreys. 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 larga faixa de respostas comportamentais interligadas ao clima.(HUMPHREYS,1995).

O método adaptativo tende a trabalhar junto com circunstâncias do meio e não modificá-las, o que acarreta que as temperaturas confortáveis são próximas da temperatura da acomodação. 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 média da temperatura mensal ao ar livre, não é suficientemente para uma relação que responda a variações diárias o tempo todo. Esta exigência sugere um algoritmo para o controle das temperaturas internas; Usa-se uma média ponderada exponencialmente da temperatura externa como a base para este controle (Trm.). Para $T_{it} =$

temperatura interna alvo, T_{mo} = média ponderada exponencialmente da temperatura externa, tem-se a equação:

$$T_{it} = 0,534T_{mo} + 12,9(^{\circ}\text{C}) \quad [\text{Eq. -01}]$$

3.1- Metodologia do Método Adaptativo

A pesquisa de campo foi realizada em edifícios na Universidade Brookes de Oxford, em um período de sete semanas entre agosto e setembro de 1994. Os 20 indivíduos que fizeram parte da pesquisa eram o pessoal administrativo e acadêmico da universidade e alguns alunos de pós-graduação, ocupando quatro edifícios do campus. (NICOL e RAJA, 1997). Foram determinadas as equações de regressão para médias diárias de temperatura de conforto (T_c) e em relação à vestimenta utilizada (I_{clo}), respectivamente: (NICOL e RAJA, 1997).

$$T_c = 0,602T_{rm} + 11,7 \quad (r = 0,79) \quad [\text{Eq. -02}]$$

$$T_{clo} = 1,28 - 0,035T_{rm} \quad (r = 0,87) \quad [\text{Eq. -03}]$$

Onde: T_c = temperatura média de conforto; T_{mo} = média ponderada exponencialmente da temperatura externa, calculada para cada dia da pesquisa.

4. - CONCLUSÕES - UMA COMPARAÇÃO ENTRE SÁ E HUMPHREYS

O método proposto por Paulo Sá utiliza-se da teoria da correlação para determinar as retas de regressão, pressupondo equações. Seus resultados foram baseados em medições diárias através da formulação das equações lineares e do índice de correlação entre as variáveis, sendo estes valores obtidos a partir de questionários individuais e medições climáticas de temperatura, umidade e velocidade do ar. Um dos resultados encontrados por Sá sugere a relação entre a temperatura seca do ar (t_s) e a sensação de conforto(s). Estas equações são:

Período de Verão (25,8^oC a 26,9^oC)

$$s = 0,325t_s - 4,37 \quad [\text{Eq. -04}]$$

$$t_s = 1,97s + 19,00 \quad [\text{Eq. -05}]$$

Período de Inverno (24,5^oC a 24,6^oC)

$$s = 0,333t_s - 4,18 \quad [\text{Eq. -06}]$$

$$t_s = 1,65s + 18,00 \quad [\text{Eq -07}]$$

Sá conclui que para a cidade do Rio de Janeiro, para uma umidade média entre 60% e 80%, adultos, vestidos normalmente e em pequena atividade, as temperaturas secas de conforto de verão e de inverno são respectivamente e aproximadamente 26,5°C e 24,5°C.

O método adaptativo também propõe uma correlação entre a variáveis usando do mesmo método utilizado por Sá: retas de regressão, pressupondo equações lineares. Uma estimativa da temperatura que os indivíduos achariam confortável, T_c , foi feita através do voto de conforto C e a temperatura de globo T_g (NICOL e RAJA, 1997). Tem-se que:

$$T_c = T_g - 3C \quad [\text{Eq -08}]$$

Em 1938, a temperatura de globo ainda não era considerada uma variável para os índices de conforto térmico, porém, a pesquisa através de variáveis climáticas foi utilizada por Sá. Embora estas variáveis fossem diferentes das utilizadas pelo método adaptativo as mesmas possuíam sintonia com a época dos estudos realizados por Sá. Citando 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 necessários se torna, então, acumular uns números grandes de observações, estudando em larga escala a maneira como diferentes indivíduos reagem as condições diversos do ambiente...*” (SÁ, 1938). Essa citação pode remeter a idéia da mesma ser considerada como um antecedente do método adaptativo, para a cidade do Rio de Janeiro.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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.

HUMPHREYS, M A.; Thermal comfort temperatures and the habits of hobbit; In: **Standards for Thermal Comfort: Indoor air temperature for the 21 century**. Edited by F Nicol, M. Humphreys, O. Sykes and S. Roaf; London, ISBN 0419204202, pp 3-13,1995.

HUMPHREYS, M A. Thermal Comfort \temperatures Worldwide- the current position, In: **WREC**, School of Architecture Oxford Brookes University, UK, pp. 139, 1996.

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

MISSEARD, A.; **L’Homme et Le Climat**; 270p, Paris, Plon, 1937.

NICOL, F; RAJA, I;. Modeling Temperature and Human Behavior In Buildings; In: **Ibpsa News**, v9, n1, 1997,pags 8-11.

OLIVEIRA, M. C. A. e LABAKI L. C.; Os primeiros estudos sobre conforto térmico no Brasil: a contribuição de Paulo Sá ; In: **Caderno de Resumos ENCAC 2001**, VI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído II Biental “José Miguel Aroztegui, págs 151, 2001”.

SÁ, P. Estudos para o estabelecimento de uma escala de temperaturas efetivas no Brasil. In.: **Revistas Brasileiras de Engenharia**, 27,n.3,p.67-69, 1934

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

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

Figura; Arquivo do Colégio D. Pedro II.-<http://www.cp2.g12.br/>