

CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE DE ENSINO: IMPLICAÇÕES NO DESEMPENHO E NA APRENDIZAGEM

Jaqueline Brito Vidal Batista, M.Sc. – DFE/CE/UFPB

Luís Bueno da Silva, Dr. – PPGE - CT/UFPB

Antônio Souto Coutinho, Dr. – LAT - CT/UFPB

Fábio Robério Mesquita dos Santos - Bolsista PIBIC/CNPq/UFPB

Paulo José Adissi – PPGE - CT/UFPB

Resumo: Neste trabalho foi realizada uma avaliação das condições térmicas de um ambiente de ensino e das sensações térmicas dos alunos, com o objetivo de detectar se essas condições e sensações eram adequadas ou não ao desempenho e aprendizagem. Os resultados obtidos indicaram uma total inadequação e desconforto, tanto quanto as condições térmicas, como quanto às sensações descritas pelos alunos, o que aponta para um ambiente não apropriado à aprendizagem e ao bom desempenho.

Palavras-Chave: Educação, conforto térmico, ambiente de ensino, desempenho, aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, ao se falar do desenvolvimento cognitivo e dos processos de aprendizagem do indivíduo, necessariamente deve-se considerar aspectos importantes relacionados a tais fenômenos: a motivação, os estímulos do meio (ambiente em que a pessoa se desenvolve), as relações sociais e a educação recebida, são alguns deles (Coll et al, 1995). Separando o fenômeno da educação como algo de natureza essencialmente social e destacando as práticas educativas encontradas na educação formal – escola – pode-se perceber uma preocupação constante com elementos, novos e antigos, que interferem direta e indiretamente nesse fenômeno (Coll et al, 1995). Um desses fatores diz respeito ao ambiente de ensino, sua organização e as variáveis que podem influenciar positiva e negativamente na aprendizagem.

O surgimento de novos ambientes de ensino e a inclusão quase que obrigatória da informática na escola, traz à tona um novo fator que diretamente pode interferir no

desempenho, na motivação e no aprendizado do aluno: o conforto ambiental (Lula et al, 2002). O conforto ambiental está predominantemente ligado a nove variáveis que representam uma parte importante do bem-estar dos indivíduos e da satisfação de alunos que necessitam de ambientes escolares saudáveis. Essas variáveis são: ruído iluminação e temperatura, umidade, pureza e velocidade do ar, radiação, atividade física e tipo de vestimenta (Lula et al, 2002). Nesse trabalho será contemplado apenas o conforto térmico, caracterizados pelas sete últimas variáveis.

Sabe-se que o homem mantém sua temperatura interna em torno de 37°C, a despeito das condições do meio ambiente. Essa temperatura é controlada pelo sistema de termorregulação, que dificulta ou facilita a rejeição de calor, pela dilatação ou constrição dos vasos sanguíneos, pela sudorese ou pelo tiritar (Coutinho, 1998). Quando o homem está fora de uma determinada faixa de conforto, o balanço térmico é obtido exigindo um esforço do organismo, que pode usar, segundo Grandjean (1998), vários mecanismos de adaptação: fadiga aumentada (com correspondente queda na capacidade de produção para trabalhos físicos e mentais), elevação da frequência cardíaca, elevação da pressão sanguínea, diminuição das atividades dos órgãos de digestão, pequeno aumento da temperatura interna e forte elevação da temperatura periférica (a temperatura da pele se eleva de 32 a 36 ou 37°C), aumento massivo da irrigação sanguínea epidérmica (de alguns mililitros por centímetro cúbico de tecido epidérmico por minuto 20 a 30ml/cm³ min), intensificação da produção de suor que, acima da temperatura de 34°C na pele, aumenta consideravelmente.

Para avaliação da insalubridade e do conforto térmico de determinados ambientes são utilizados alguns índices. Os principais são:

• **IBUTG** – Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo. O conjunto necessário para medir as variáveis de interesse é composto por um tripé contendo um termômetro de globo (tg), com escala de -10°C a 150°C, e resolução de 0,2°C; um termômetro de bulbo seco (t) e um termômetro de bulbo úmido (tbu), ambos com escala de -10°C a 60° e resolução de 0,1°C.

Esse índice relaciona a carga térmica e o esforço físico a que está sujeito o indivíduo. É obtido por meio das seguintes equações:

a) Ambiente sem radiação solar direta:

$$\text{IBUTG} = 0,7t_{bu} + 0,3t_g$$

b) Ambiente com radiação direta:

$$\text{IBUTG} = 0,3t_{bu} + 0,2t_g + 0,1t$$

▪ **IST** – Índice de Situação Térmica. É a relação entre a evaporação requerida de suor para evitar superaquecimento e a evaporação máxima permitida pelo ambiente. Isto é,

$$\text{IST} = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100$$

O valor obtido leva a uma tabela contendo o correspondente diagnóstico.

▪ **TE*** - Temperatura efetiva. Baseia-se no balanço térmico da pessoa, sendo apresentada em gráfico, onde também se lê a fração de pele molhada de suor durante a realização da respectiva atividade física.

▪ **PMV / PPD** - Sensação Térmica Previsível / Percentagem de Pessoas Insatisfeitas. Esse índice, baseado na *equação de conforto* de Fanger (1970) e atualmente recomendado pela Norma ISO 7730/94 para avaliação de ambientes termicamente moderados, leva em conta o balanço térmico, a temperatura da pele e a produção de suor. A sensação térmica é obtida através do *voto médio estimado* (PMV) conforme a escala:

-3 = Muito frio

-2 = Frio

-1 = Levemente frio

0 = Confortável

1 = Levemente quente

2 = Quente

3 = Muito quente

O índice PPD (*percentagem de pessoas insatisfeitas*) fornece o nível esperado de insatisfação em função da sensação térmica (PMV). A norma recomenda um valor $PPD \leq 10\%$ para que um ambiente seja considerado confortável. O PMV é encontrado em tabelas e o PPD em gráfico na referida norma.

É fácil intuir que um ambiente de ensino deve se adequar quanto ao conforto térmico para que o aluno possa manter um certo equilíbrio (físico e psíquico), sem a necessidade do esforço da adaptação (Santos et al, 2002).

Pensando nisso, foi realizada a avaliação das condições termoambientais de um dos laboratórios de informática (A) do Departamento de Informática do centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, cujos aparelhos de ar condicionado estavam avariados. Além das medições e avaliações das variáveis de conforto, apurou-se também a sensação subjetiva de conforto térmico de um grupo de alunos que frequenta esse laboratório.

2.METODOLOGIA

Utilizou-se uma amostra formada por 13 alunos, sendo cinco do sexo feminino e oito do sexo masculino, idade média de 20 anos, altura média de 1,67m e peso médio 60,4Kg.

Para a avaliação das condições térmicas do laboratório, foram adotados os seguintes procedimentos:

- a) Foi instalado no meio da sala, entre os alunos, um tripé contendo um termômetro de globo, um de bulbo seco e outro de bulbo úmido, cujos bulbos ficaram localizados à altura do tórax. As medições foram realizadas às 14:30h, minutos após a instalação do instrumento; avaliou-se a resistência térmica das vestimentas e o metabolismo das pessoas presentes por meio das normas ISO 9920/95 e 8996/90, respectivamente; estimou-se, ainda, a velocidade do ar.
- b) Os índices utilizados foram: IBUTG, IST, TE^* e PMV/PPD

Para avaliação subjetiva da sensação térmica do grupo foi aplicado o questionário -- “Avaliação de Conforto e Aceitabilidade Térmica”, baseado na Norma ISO 10551/1995 (subjective judgement scales).

3.RESULTADOS

3.1-Análise térmica:

O metabolismo dos alunos foi estimado em 70 W/m^2 e a resistência térmica média das vestimentas em 0,40 clo. O balanço térmico das pessoas revelou os seguintes dados:

- a) evaporação máxima permitida pelo ambiente = 110 w/m^2 ;
- b) evaporação requerida = 52 W/m^2 ;
- c) sudorese = 59 W/m^2 (156g/h); e
- d) fração de pele molhada de suor = 0,47.

As temperaturas médias obtidas foram as seguintes:

- a) temperatura de bulbo úmido (TBU) = 27°C
- b) temperatura de bulbo seco (TBS) = $34,2^\circ\text{C}$
- c) temperatura do globo (TB) = $34,6^\circ\text{C}$.

De acordo com a Norma NR15 do Ministério do Trabalho, para que uma atividade leve contínua seja considerada insalubre em ambiente sem carga solar, é necessário que o IBUTG seja superior a 30°C . No ambiente observado, o resultado foi $29,4^\circ\text{C}$; portanto, não é insalubre, mas próxima da insalubridade para atividade contínua.

Calculando-se o balanço térmico médio dos alunos, obteve-se uma relação entre a evaporação requerida para manter esse balanço e a evaporação máxima igual a 0,47, implicando um índice IST igual a 47, que resultou no seguinte diagnóstico:

Sobrecarga fisiológica elevada, envolvendo ameaça à saúde de quem não tenha condições físicas ideais. É necessário um período de descanso para pessoas não previamente aclimatizadas. Deve ser esperado algum decréscimo no desempenho do trabalho físico. Uma seleção médica é conveniente, pois estas situações são impróprias para quem sofre de problemas cardiovasculares, respiratórios ou de dermatose. São também incompatíveis com esforço mental considerável.

Através do gráfico de temperatura efetiva (TE^*), encontrou-se um ponto representativo das condições termoambientais localizado numa região limitada pelas retas de *desconfortável* e *muito desconfortável*, correspondendo à temperatura efetiva de aproximadamente 35°C e fração de pele molhada de suor de 0,45. Convém comparar esses valores com o limite de zona de conforto, que é de $TE^* = 25^\circ\text{C}$ e $W = 0.10$.

Como a temperatura operativa encontrada revelou-se superior à máxima prevista pela Norma ISO 7730/94, que é 32°C para o tipo de atividade considerada, tomou-se este valor como referência. Para ele, o PMV é 2,25 (sensação superior *quente*), correspondendo a um PPD maior que 80%.

3.2 – Análise da Sensação Declarada

. Com relação à sensação térmica subjetiva dos sujeitos, observou-se o seguinte:

TABELA 1

Tabela de Percepção (Norma ISO 10551/95)

“Com relação a sua sensação térmica, como está se sentindo no momento?”

Hora	13:00h	13:15h	13:30h	13:45h	14:00h	14:15h	14:30h	14:45h	15:00h
Muito calor	46%	38%	38%	53%	53%	69%	53%	46%	30%
Calor	7%	23%	30%	15%	15%	15%	7%	15%	15%
Levemente Calor	15%	15%		7%	7%	7%	7%		
Neutro	15%	15%	15%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Levemente Frio									
Frio									
Muito frio									
Não responderam	17%	9%	17%	8%	8%	2%	26%	32%	48%

Observa-se através da Tabela 1 que durante todos os horários medidos, predominou a sensação de “muito calor”.

TABELA 2

Tabela de Avaliação (Norma ISO 10551/95)

“De que maneira você se encontra nesse momento?”

Hora	13	13:15	13:30	13:45	14	14:15	14:30	14:45	15
Confortável	7%	7%	7%						
Levemente confortável	23%	15%	15%	23%	23%	23%	7%	7%	7%
Inconfortável	38%	46%	46%	30%	30%	46%	38%	30%	15%
Muito inconfortável	15%	15%	15%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Não responderam	17%	17%	17%	17%	17%	1%	25%	33%	48%

A Tabela 2 mostra a predominância do item “inconfortável”.

TABELA 3

Tabela de Preferência Térmica (Norma ISO 10551/95)

“Como você preferia estar se sentindo agora?”

Hora	13	13:15	13:30	13:45	14	14:15	14:30	14:45	15
Bem mais aquecido	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%		
Mais aquecido									
Assim mesmo									
Um pouco + refrescado	30%	30%	23%	15%	7%	15%	7%	7%	7%
Mais refrescado	7%	7%	15%	7%	15%	7%	15%		
Bem mais refrescado	23%	23%	23%	38%	38%	53%	38%	53%	38%
Não responderam	33%	33%	32%	33%	33%	18%	33%	40%	55%

Através da Tabela 3, observa-se que durante todos os horários predominou a preferência em estar se sentindo “bem mais refrescado” no momento.

TABELA 4

Tabela de Aceitabilidade (Norma ISO 10551/95)

“Em sua opinião, você aceitaria mais do que rejeitaria esse ambiente térmico?”

SIM	77%
NÃO	15%
Não responderam	8%

A Tabela 4 mostra que a maioria rejeitaria mais do que aceitaria o ambiente avaliado.

TABELA 5

Tabela de Tolerância (Norma ISO 10551/95)

“Este ambiente possui, em sua opinião...”

Tolerância perfeita	Leve dificuldade em tolerar	Dificuldade em tolerar	Muita dificuldade em tolerar	Intolerância	Não responderam
	15%	46%	30%	7%	16%

O ambiente foi considerado predominantemente com “dificuldade em tolerar” e com “muita dificuldade em tolerar”.

4. CONCLUSÃO

O índice IBUTG revelou que as condições termo-ambientais não são insalubres para a atividade considerada, porém não as classifica quanto ao conforto térmico.

O índice IST considera o ambiente altamente incompatível com atividades intelectuais.

O índice de temperatura efetiva classifica o ambiente entre as sensações *desconfortável* e *muito desconfortável*, com uma fração de pele molhada igual 0,45, ligeiramente inferior à calculada (0,47).

O índice PMV mostrou-se superior ao valor máximo da Norma ISO 7730/94, ao qual correspondem a sensação *quente* e um nível de insatisfação maior que 80%.

Vê-se, assim, que todos os índices utilizados revelaram que o ambiente de ensino é totalmente inadequado para o tipo de atividade nele exercida. A total falta de conforto ambiental pode atingir o desempenho dos alunos provocando sintomas como tontura,

desfalecimento por déficit de sódio, desidratação, golpe de calor, surgimento de distúrbios psiconeuróticos em pessoas predispostas, entre outros. Além disso, tais condições térmicas prejudicam diretamente a concentração em qualquer atividade mental exigida. Diante de tal realidade, faz-se necessário refletir sobre as condições de conforto que são impostas aos alunos nas diferentes escolas e a possibilidade dessas condições estarem interferindo no aprendizado e desenvolvimento dos mesmos.

Vive-se num país onde são grandes as desigualdades sociais e climáticas; e, se tratando de educação, quando há o objetivo de melhorar, não importa se a sala de aula é numa Universidade ou numa pequena escola da periferia, as condições mínimas de aprendizado devem ser proporcionadas, e o conforto térmico faz parte dessas condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLL,C.; PALACIOS,J.; MARCHESI, A. “Desenvolvimento Psicológico e Educação Vol1, 2 e 3”. Artmed: Porto Alegre, 1995.

COUTINHO,A.S. “Conforto e Insalubridade Térmica em Ambiente de Trabalho”. Edições PPGEM: João Pessoa, 1998.

GRANDJEAN, E. “Manual de Ergonomia – Adaptando o Trabalho ao Homem. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

LULA, C. C. M.; SILVA, L. B. “O Conforto Ambiental e a Motivação: Implicações no Desempenho de Alunos em Ambientes Climatizados”. ABERGO 2002, Recife, ANAIS.

NF ISO 7730/94: International Standardization Organization, Norme Française, - Moderate thermal – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort – Genève, Décembre, 1986.

SANTOS, F. M.; COUTINHO, A. S.; ARAÚJO, B, T., “UM Estudo Sobre a Influência do Forro de PVC no Conforto Térmico em Habitações Populares”. ABERGO 2002, Recife, ANAIS.

ISO 8996/90: International Standardization Organization, Norme Française – Ergonomics – Determination of metabolic heat production – 1990.

ISO 9920/95: International Standardization Organization, Norme Française – Ergonomics of the thermal environmental – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble – Genève, 1995.