

APRENDIZAGEM CONDICIONADA PELO AMBIENTE TÉRMICO DA SALA DE AULA

Mário Talaia⁽¹⁾, Marta Silva⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física, CIDTFF, Universidade de Aveiro, mart@ua.pt

⁽²⁾ Departamento de Educação, Universidade de Aveiro, martaacsilva@hotmail.com

Resumo

A problemática do aquecimento global tem relevância no ensino e aprendizagem.

Neste trabalho são apresentados e interpretados os resultados obtidos numa turma em que o ambiente térmico foi avaliado como condicionante dos resultados obtidos pelos alunos em dois períodos diferentes, um considerado Inverno e outro considerado Verão.

Os resultados obtidos mostram que o ambiente térmico de uma sala de aula condiciona o ensino e aprendizagem e os resultados de avaliação dos alunos.

Foram desenvolvidas competências em termos de meteorologia, no que respeita à mudança global, dos alunos.

Palavras-chave: Conforto térmico, temperatura, humidade relativa, índices de calor e temperatura humidade e ensino e aprendizagem

1. INTRODUÇÃO

A preocupação do homem em relação a seu bem-estar e conforto está diretamente relacionado com a evolução da humanidade, uma vez que, quanto mais evoluídas se torna o ser humano, mais exigente fica em relação a seu conforto e bem-estar.

As atividades socioeconómica são influenciadas pelas condições atmosféricas, onde as mudanças repentinas das condições do estado do tempo podem prejudicar diversos setores produtivos, através da influência direta das variáveis meteorológicas. No entanto, um dos impactos mais importantes são os que estão diretamente relacionados com a saúde das pessoas, estejam elas em atividade laboral ou não.

É importante salientar que o ser humano é um ser vivente racional de sangue quente que, para sobreviver, necessita de manter a temperatura interna do corpo (cérebro, coração e órgãos do abdómen) dentro de limites muito estreitos, a uma temperatura constante de cerca de 37°C, obrigando a uma procura constante de equilíbrio térmico entre o ser humano e o meio envolvente que tem influência nessa temperatura interna, podendo um pequeno desvio em relação a este valor indiciar a morte. Quando existe a percepção psicológica desse equilíbrio, pode-se falar de conforto térmico, que é definido pela ISO 7730 (2005) como “um estado de

espírito que expressa satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa (nem quente nem frio)”.

Assim sendo, o organismo humano pode ser comparado a uma "máquina térmica", a qual gera calor quando executa algum trabalho. O calor gerado pelo organismo deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente, para que não se eleve nem diminua a temperatura interna do corpo. Como o homem é homotérmico, isto é, deve manter sua temperatura corporal praticamente constante, esses desequilíbrios ocasionados entre a geração e a dissipação do calor pelo organismo podem ocasionar sensações desconfortáveis, ou mesmo patologias em casos mais extremos (stress térmico).

Segundo Fanger (1970), o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e também variáveis subjetivas ou pessoais, não é possível que um grupo de pessoas sujeitas ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais das pessoas. As variáveis físicas de influência para a obtenção do conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa do ar e velocidade relativa do ar. As variáveis pessoais envolvidas nas análises, são: atividade desempenhada pela pessoa (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e o vestuário usado pela pessoa (indicativa da resistência térmica oferecida às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

Howell & Stramler (1981), referem que além das variáveis acima indicada, normalizadas, existem variáveis psicológicas a serem levadas em consideração nos estudos de conforto térmico, tão ou mais significativas do que as padronizadas, que são: temperatura percebida pela pessoa, sentimento próprio de se sentirem mais aquecidas ou mais refrescadas do que outras pessoas, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação. Além dessas quatro, apontam os autores ainda outras quatro variáveis psicológicas consequentes, as quais são indícios da tolerância percebida, quais sejam: decréscimo de “performance”, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

Devido às próprias ambiguidades inseridas na definição clássica de conforto térmico, utiliza-se, com frequência o aspeto mais físico (relacionado a

temperatura do corpo) nos estudos de conforto, onde surge a noção de neutralidade térmica, a qual é definida pelo próprio Fanger “a situação onde uma pessoa não sinta nem frio, nem calor no seu ambiente”. A análise dessas duas definições realmente confere uma certa diferenciação, ficando um pouco mais clara a distinção entre os aspetos físicos e psicológicos do próprio conceito. Isso significa dizer que uma pessoa possa não estar a sentir nem frio nem calor com o seu ambiente, porém não se encontrar em conforto térmico, de acordo com sua condição mental. A neutralidade térmica representa um balanço térmico entre o homem e o ambiente, e segundo o próprio autor, embora ela seja necessária, não é suficiente para se verificar o conforto térmico. Segundo Tanabe (1988), o conceito de neutralidade térmica poderia ser ampliado para “o estado da mente que expressa satisfação com o nível de temperatura do corpo como um todo”.

Assim, quando se relaciona o conforto térmico com o ensino e aprendizagem dos alunos, Wyon (2010) apresenta dados registados em salas de aula de duas escolas na Dinamarca, envolvendo cerca de 300 alunos, que mostram uma diminuição dos resultados de avaliação de 3,5% dos alunos por cada °C de aumento de temperatura interior da sala de aula. O autor mostra, ainda, que os resultados confirmam a dimensão dos efeitos do ambiente térmico no desempenho, ou seja para +10°C verifica-se uma diminuição de cerca de 35% no trabalho escolar.

2- METODOLOGIA

Neste trabalho analisaram-se as avaliações de um grupo de alunos em função da sensação térmica apresentada pelos alunos durante a realização de pequenas questões problema, como se mostra na Figura 1.

e.b. Comendador Ângelo Azevedo

Questão Aula 2

Nome: _____ nº _____

Classificação _____

A professora _____ Encarregado de Educação _____

1. O funcionamento de um sonar baseia-se na emissão de ondas sonoras de elevada frequência, e posterior receção do respetivo eco.

a) Como se designam as ondas sonoras emitidas pelos sonares?

b) Qual é o fenómeno responsável pela existência de eco?

2. Explica em que condições se verifica a refração do som e em que consiste este fenómeno. Apresenta dois exemplos.

Assinala, com um X, no diagrama de cores seguinte a tua sensação de conforto térmico.

muito frio
 frio
 neutro
 quente
 muito quente

Fig. 1.- Exemplo de uma questão aula aplicada ao grupo de alunos em estudo.

Importa salientar que o período analisado foi dividido em duas partes, a primeira parte foi de 21 de Novembro de 2012 a 31 de Janeiro de 2013 e a segunda parte foi de 14 de Maio a 5 de Junho de 2013.

Os parâmetros meteorológicos, temperatura do ar e humidade relativa, foram registados usando instrumentos simples e construídos por um grupo de alunos. Na Figura 2 é apresentado um instrumento de medida, um psicrómetro, construído pelos alunos.



Fig. 2.- Psicrómetro construído por um grupo de alunos.

Para se determinar a sensação térmica dos alunos foi usada uma escala de cores, onde os alunos aquando da realização das questões problema no final de aulas seleccionavam a zona de conforto/desconforto que se encontravam no momento. Após a correção das questões elaboradas por cada aluno foram anotadas as sensações térmicas apresentadas pelos alunos (cor seleccionada) que posteriormente foi convertida para a escala segundo a ISO 7730 (2005), como se mostra na Figura 3.

Bem mais quente	-3
Mais quente	-2
Um pouquinho mais quente	-1
Assim mesmo, nem mais quente ou frio	0
Um pouquinho mais frio	+1
Mais frio	+2
Bem mais frio	+3

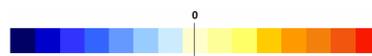


Fig. 3.- Escala de sensação térmica.

Após a recolha dos dados, a professora (também autora deste trabalho), usando o programa SPSS, analisou-os e foram, ainda, determinados dois índices de conforto térmico, o índice de calor (*IC*) e índice de temperatura e humidade (*ITH*).

O *IC*, derivado do índice humidex, desenvolvido por Winterling em 1978 e posteriormente adaptado com base nos trabalhos de Steadman (1979). Este índice foi elaborado a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para determinados valores de temperatura e humidade relativa do ar, em situações que as temperaturas estão elevadas, com o indivíduo à sombra e em condições de vento fraco. Este índice foi testado por Silva Júnior *et al.* (2011), tendo mesmo apresentado uma boa correlação com a percepção térmica dos indivíduos entrevistados. Os níveis de alerta e suas consequências à saúde humana estão ilustrados na Tabela 1.

Índice de Calor (IC)	Nível de Alerta	Síndrome de Calor (Sintomas)
54°C ou mais	Perigo Extremo	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente.
41,1°C a 54°C	Perigo	Cãibras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas e atividade física.
32,1°C a 32°C	Cautela Extrema	Possibilidade de cãibras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física.
27,1°C a 32°C	Cautela	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
Menor que 27°C	Não há alerta	Não há problemas.

Tabela 1.- Níveis de alerta e consequências à saúde humana. Adaptado de National Weather Service Esther Forecast Office, NOAA.

Para a determinação do índice de temperatura e humidade (*ITH*), modificado por Nieuwolt (1977) e que usa a temperatura do ar e a humidade relativa do ar, calculou-se a partir da expressão (1) em que T (°C) representa a temperatura do ar e U (%) a humidade relativa do ar.

$$ITH = 0.7T + T(U / 500) \quad (1)$$

Os valores de *ITH* foram interpretados, em termos de sensação térmica, através da adaptação efectuada por Talaia *et al.* (2013).

<i>ITH</i>	Sensação térmica
$ITH < 8$	zona demasiado fria
$8 \leq ITH < 21$	zona necessidade aquecimento
$21 \leq ITH < 24$	CONFORTO
$24 \leq ITH < 26$	zona necessidade ventilação
$26 \leq ITH$	zona demasiado quente

Tabela 2.- Sensação térmica com base no *ITH* (adaptado por Talaia *et al.* (2013).

3. RESULTADOS

As Figuras 4 e 5 mostram a relação entre a temperatura e a humidade relativa do ar no interior da sala de aula para o primeiro período de observação (Inverno) e para o segundo período de observação (Verão).

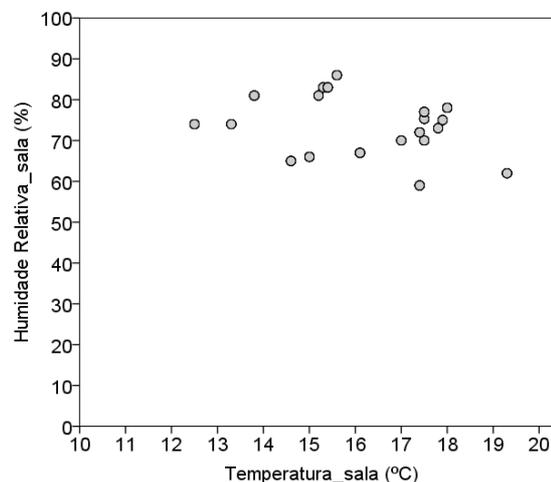


Fig. 4.- Humidade relativa em função da temperatura do ar no interior da sala de aula, Inverno.

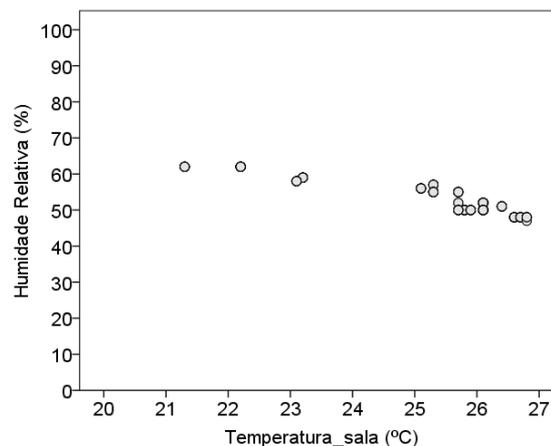


Fig. 5.- Humidade relativa em função da temperatura do ar no interior da sala de aula, Verão.

Da análise dos gráficos das Figuras 4 e 5 pode-se mostrar que, tal como é esperado pela teoria, quando a temperatura do ar aumenta regista-se uma diminuição da humidade relativa do ar.

As Figuras 6 e 7 mostram como o índice *ITH* (índice de temperatura e humidade) é influenciado pela temperatura da sala, bem como a sensação térmica apresentada pelos alunos. Na prática é sabido que a temperatura influencia a humidade relativa do ar, se a temperatura aumenta é esperada uma diminuição da humidade relativa do ar, e vice-versa. A observação dos gráficos mostra, de forma inequívoca, que a sensação térmica dos alunos acompanha o valor esperado para o índice *ITH*. Pode-se afirmar que o índice *ITH* é um bom

indicador da sensação térmica de um aluno. Regista-se uma excelente correlação entre os valores do índice térmico, a temperatura e a sensação registada.

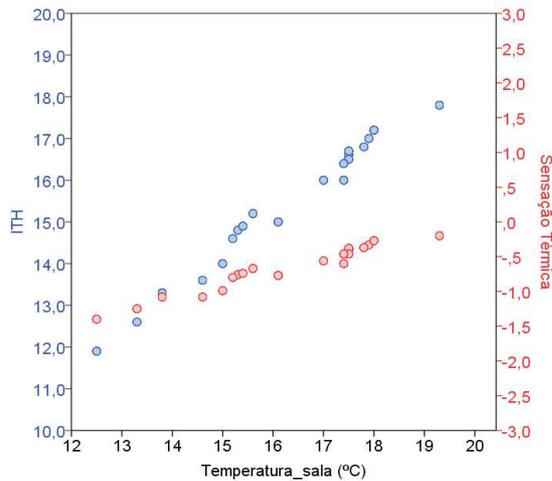


Fig. 6.- *ITH* e Sensação Térmica em função da temperatura do ar no interior da sala de aula, Inverno

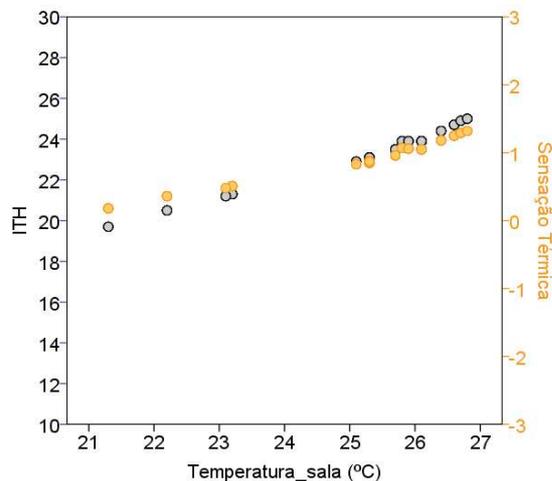


Fig. 7.- *ITH* e Sensação Térmica em função da temperatura do ar no interior da sala de aula, Verão.

A Figura 8 mostra como a temperatura do ar condiciona o índice de calor, *IC*. Ou seja, a medida que a temperatura aumenta regista-se o aumento de desconforto.

Segundo Nobrega & Lemos (2011), a humidade relativa não é considerada como parâmetro importante para produzir *IC* superior a *T*, por isso, o *IC* é calculado apenas se o valor da temperatura for superior a 20°C. Atendendo a esta conclusão, neste estudo analisou-se o *IC* para os dados considerados Verão.

Após a análise dos diferentes parâmetros meteorológicos, bem como dos índices de calor, estudou-se em particular um conjunto de alunos (Turma A_T1), de forma a concluir-se como é que a avaliação dos alunos é condicionada pelas condições ambientais.

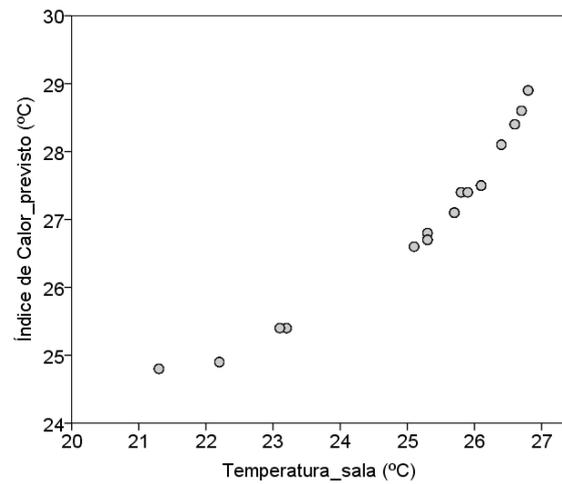


Figura 7.

Fig. 8.- Índice de Calor (*IC*) em função da Temperatura do ar, Verão.

As Figuras 9 à 12 mostram um conjunto de resultados da avaliação dos diferentes alunos em estudo em função da sensação térmica sentida, para o Inverno.

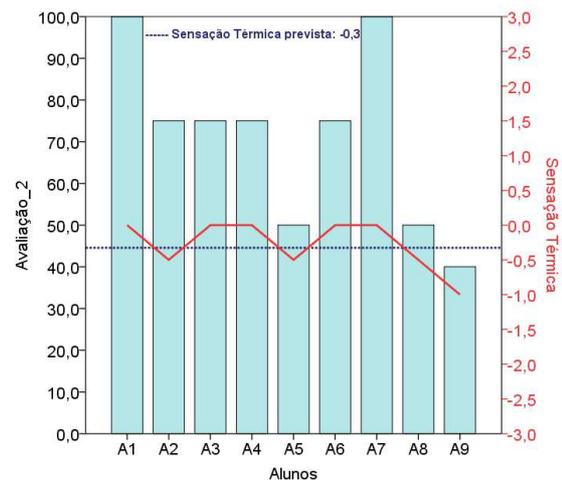


Fig. 9.- Sensação térmica versus avaliação_2, Inverno.

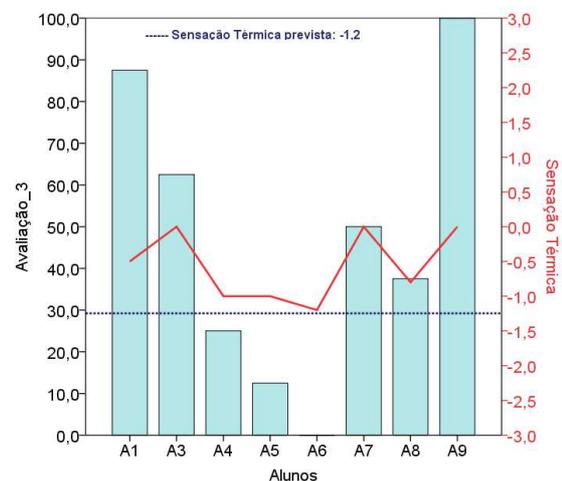


Fig. 10.- Sensação térmica versus avaliação_3, Inverno.

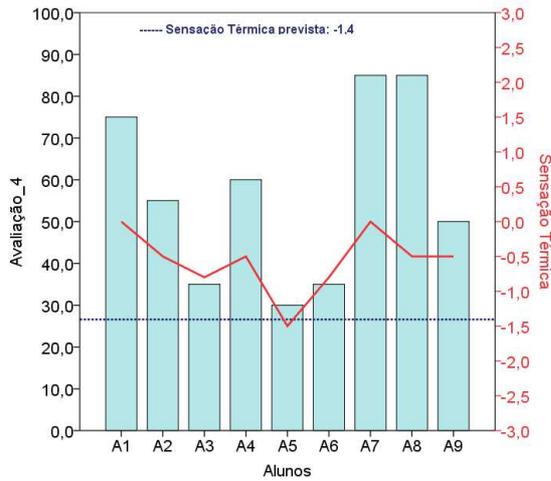


Fig. 11.- Sensação térmica *versus* avaliação_4, Inverno.

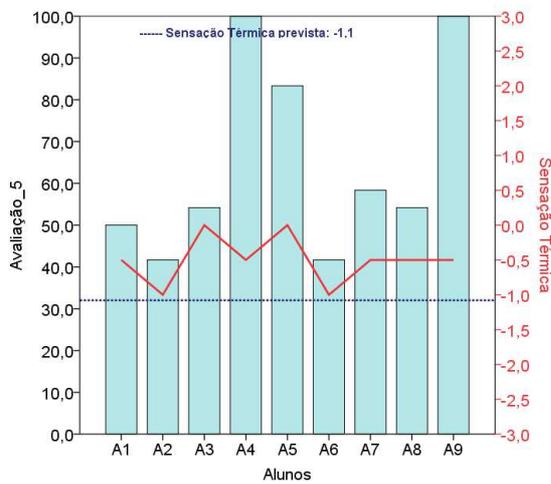


Fig. 12.- Sensação térmica *versus* avaliação_5, Inverno.

As Figuras 13 à 17 mostram, para a mesma amostra de alunos os resultados das avaliações em função da sensação térmica sentida, para o Verão.

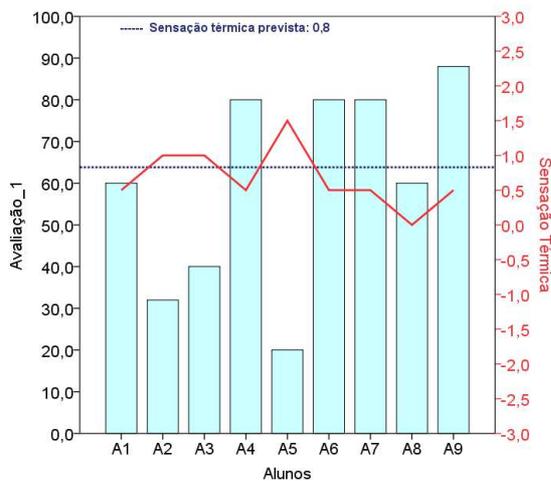


Fig. 13.- Sensação térmica *versus* avaliação_1, Verão.

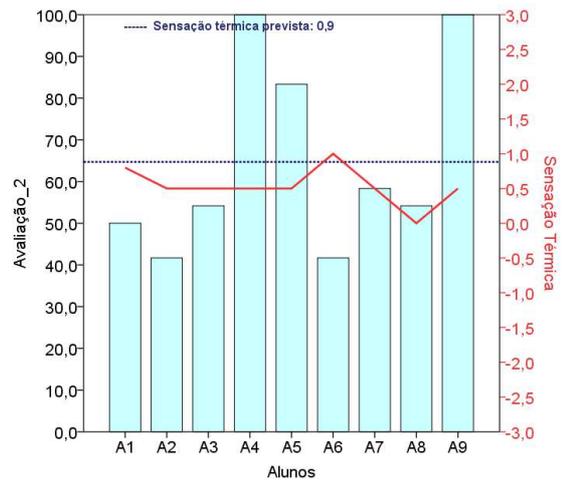


Fig. 14.- Sensação térmica *versus* avaliação_2, Verão.

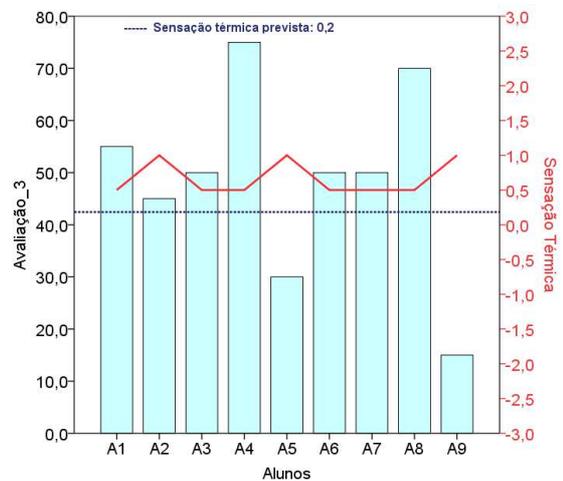


Fig. 15.- Sensação térmica *versus* avaliação_3, Verão.

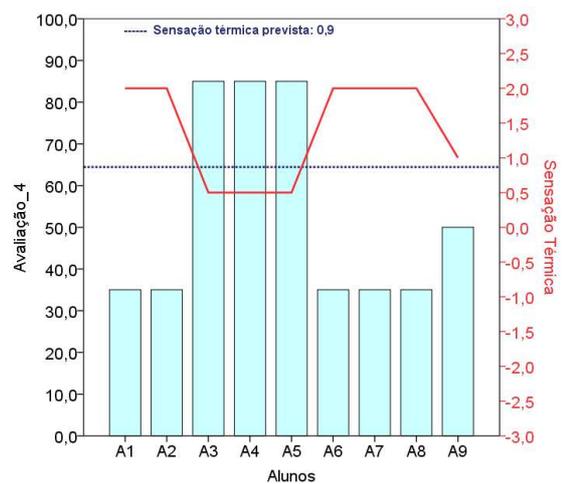


Fig. 16.- Sensação térmica *versus* avaliação_4, Verão.

A observação das Figura 9 à 12 mostra que a avaliação registada pelos alunos é condicionada pelo ambiente térmico, ou seja, neste caso é influenciada pela sensação térmica sentida pelos alunos. Na prática, como seria esperado, quando a sensação térmica se situa entre o valor de -0.5 e +0.5 os resultados são muito positivos.

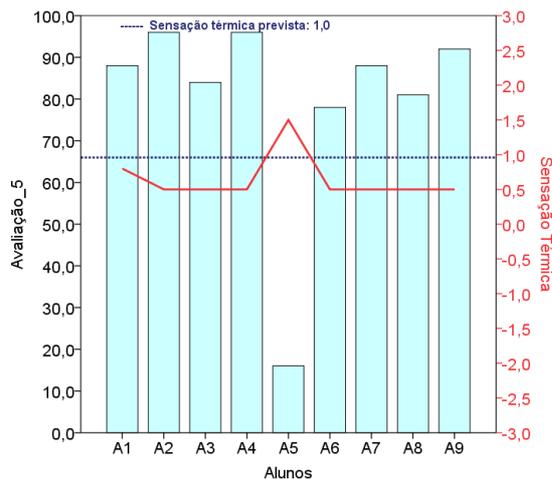


Fig. 17.- Sensação térmica versus avaliação_5, Verão.

A observação das Figura 13 à 17 confirma, para o Verão, as conclusões retiradas para o Inverno. Continua-se a verificar que, os resultados obtidos pelos alunos são influenciados pela sensação térmica sentida. Na prática, como seria esperado, quando a sensação térmica se situa entre o valor de -0.5 e +0.5 os resultados parecem ser muito positivos.

Nestes termos pode-se concluir que os resultados obtidos pelos alunos mostram que o ambiente térmico de uma sala de aula condiciona o ensino e aprendizagem.

As Figuras 18 e 19 mostram para um aluno, é um exemplo, a evolução de seus resultados quando o ambiente térmico é alterado.

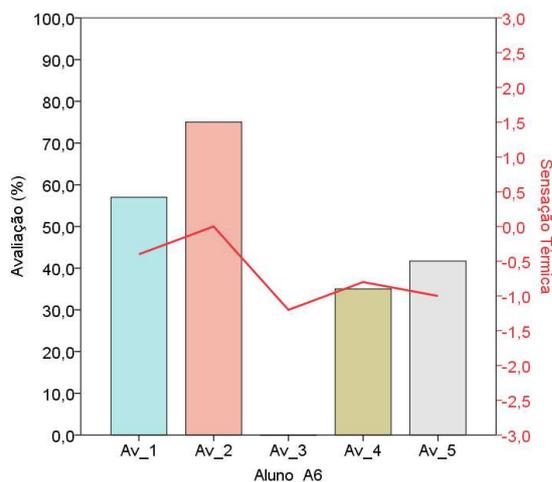


Fig. 18.- Sensação térmica versus avaliação do aluno A6, Inverno

A observação da Figura 18 mostra os resultados das avaliações para o aluno A6. Quando a sensação térmica se situa entre o valor -0.5 e +0.5 os resultados são positivos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente frio a frio, os resultados são negativos e na avaliação_3 chega a um valor super reduzido. Este valor esta associado com o mínimo considerado da sensação térmica.

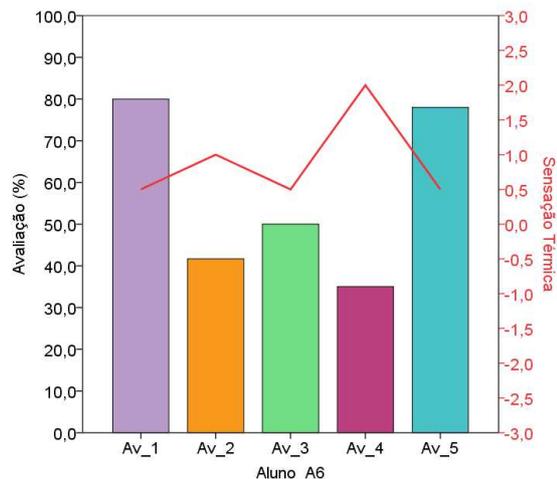


Fig. 19.- Sensação térmica versus avaliação do aluno A6, Verão

A observação da Figura 19 mostra que quando a sensação térmica se situa cerca de +0.5 os resultados são positivos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente quente a quente, os resultados são negativos.

Em resumo, as figuras permitem constatar que a avaliação é fortemente condicionada pela sensação térmica apresentada pelos alunos, quer para ambientes considerados frios (Inverno) quer para ambientes considerados quentes (Verão).

Assim, pode-se concluir que o processo de ensino aprendizagem é afetado pelas condições ambientais que rodeiam os alunos. É importante salientar que nas avaliações realizadas os conteúdos avaliados foram lecionados na aula que se realizou a avaliação, o que reforça que caso os alunos não se encontrem em conforto térmico para a aquisição de conhecimentos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram conhecer as sensações de conforto e desconforto dos alunos e a forma como condicionam a aprendizagem.

Conclui-se que as condições térmicas de uma sala de aula pode condicionar o ensino e aprendizagem.

A análise dos resultados obtidos através de cálculos e observações de gráficos apresentados mostra que este método é uma ferramenta importante para avaliar como as situações de desconforto térmico que condiciona o processo de ensino e aprendizagem de alunos.

Os resultados obtidos são muito interessantes e devem ser valorizados em termos de ensino e aprendizagem.

É importante salientar que foram desenvolvidas competências em termos de meteorologia, no que respeita à mudança global, dos alunos.

Na problemática atual de alterações climáticas, em que o aquecimento global é aceite, estudos desta natureza são importantes de modo a ser avaliado o

conforto térmico como uma implicação no processo de ensino e de aprendizagem de alunos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela FCT/MEC através de fundos nacionais (PIDDAC) e cofinanciado pelo FEDER através do COMPETE – Programa Operacional Fatores de Competitividade no âmbito do projeto PEst-C/CED/UI0194/2013."

BIBLIOGRAFIA

- FANGER, P.O. (1970). Thermal Comfort. New York: McGraw-Hill Book Company.
- HOWELL, W., STRAMLER, C.S. (1981). The Contribution of Psychological Variables to the Prediction of Thermal Comfort Judgments in Real World Settings. ASHRAE Transactions. Atlanta: 87(1), 609-621.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO 10551 (1995). Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, Geneva.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO 7730 (2005). Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- NOBREGA, R.S. & LEMOS, T.V.S. (2011). O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. Revista de Geografia (UFPE), 28(1), 93-109.
- SETADMAN, R. G. (1979). The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based human physiology and clothing science. Journal of Applied Meteorology, 18(7), 861-873.
- SILVA JÚNIOR, J.A. *et al.* (2011). Estudo do Conforto Térmico e o Fenómeno da Ilha de Calor na Cidade de Belém. PA durante o ano 2010. In: Simpósio Internacional de climatologia, João Pessoa. ANAIS-IV SIC.
- TALAIA, M., MELES, B. & TEIXEIRA, L. (2013). Evaluation of the Thermal Comfort in Workplaces – a Study in the Metalworking Industry. Occupational Safety and Hygiene. Editors Arezes *et al.* Taylor & Francis Group, London, 473-477.
- TANABE, S. (1988). Thermal Comfort Requirements in Japan. Waseda. Tese de Doutorado - Waseda University.
- WYON, D. (2010). Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children. http://web1.swegon.com/upload/airacademy/seminars/documentation_2010.