

ARTIGO REF: 6796

COMO PREVER O ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTUÁRIO COM BASE NA SENSAÇÃO DE CONFORTO NUM AMBIENTE TÉRMICO

Mário Talaia^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Física (CIDTFF) - Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* mart@ua.pt

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um ambiente térmico de uma sala de aula afeta a aprendizagem de estudantes e que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pela caracterização do ambiente térmico em frio, confortável e quente. O tipo de vestuário do estudante também tem um papel determinante na sua sensação térmica, tendo este aspeto sido abordado por previsão.

Foi também investigada a insatisfação que se regista num ambiente térmico e apresentam-se alguns resultados obtidos do isolamento térmico requerido para se estar confortável em ambiente térmico.

INTRODUÇÃO

Em diferentes indústrias com ambientes quentes, confortáveis e frios os trabalhadores devem usar um vestuário função da atividade desenvolvida. Cabe a Direção de Higiene e Segurança avaliar a sensação térmica dos trabalhadores, num ambiente térmico, de modo que estes não sintam fadiga ou stress ao frio ou ao quente. Detetar perigos para a segurança e saúde dos trabalhadores é uma tarefa primordial. Qualquer atividade humana é influenciada pelo ambiente térmico que condiciona o metabolismo ou vice-versa. O stress térmico nos locais de trabalho afeta a tensão arterial, o desempenho e a produtividade de trabalhadores (Hólmer, 2010). Niemelä *et al.* (2002) mostraram que a produtividade é um dos fatores mais importantes em qualquer ambiente térmico.

O estudo da relação entre o ambiente térmico e a produtividade é complexo, uma vez que ambos os conceitos dependem de muitos fatores, entre eles, parâmetros individuais e ambientais (Talaia & Rodrigues, 2008). Temperaturas muito altas ou muito baixas quando se valoriza a humidade relativa do ar têm um impacto bastante significativo no bem-estar do ser humano. Ao transpor-se a zona de conforto humano, existe uma falta de satisfação e mal-estar por parte do ser humano no ambiente térmico em que se encontra. Para um ambiente térmico as sensações térmicas são subjetivas, isto é, dependem de cada indivíduo. Pode-se afirmar que a sensação térmica de cada indivíduo depende do vestuário usado, da idade, do sexo, da massa corporal, do estado psíquico, do estado de saúde, da adaptação, da sazonalidade, do ritmo cardíaco e da atividade desenvolvida. É impossível estabelecer condições ambientais que satisfaçam todos os presentes plenamente, ou seja, haverá sempre insatisfeitos (ISO 7730, 2005). O tipo de vestuário usado é determinante para se avaliar a sensação térmica real de um indivíduo (Talaia & Rodrigues, 2008). Para cada tipo de atividade deveria ser estabelecido o tipo de vestuário. Se o vestuário não for o mais apropriado, a sensação de desconforto será evidenciada e a rentabilidade e o bem-estar do indivíduo será afetado. O isolamento térmico do vestuário é uma propriedade própria do tipo de vestuário e representa a resistência à transferência de energia sob a forma de calor entre a superfície da pele através do vestuário

para o ambiente circundante ou vice-versa. O valor da unidade de clo (isolamento térmico do vestuário) das peças de roupa é condicionado pelas propriedades e características dos materiais empregues na confecção dos tecidos (Fanger, 1972; ISO 7730, 2005; ASHRAE, 2001).

A problemática de um ambiente térmico em diferentes ambientes e na vertente do ensino e aprendizagem tem sido largamente estudada [ver por exemplo, Silva e Talaia (2010); Silva e Talaia (2012); Talaia (2013); Talaia e Silva (2010); Talaia e Silva (2011); Talaia e Silva (2014); Talaia e Simões (2009); Talaia e Rodrigues (2008), Talaia, Meles e Teixeira (2013), Morgado, Talaia e Teixeira (2015), ...].

Silva (2015) mostrou que a experiência no terreno a tratar da problemática “mudança global” da atmosfera é importante e que muitos professores têm muita dificuldade em abordá-la. É sabido que na formação inicial de professores os conteúdos abordados, nesta temática, não são devidamente trabalhados e, por isso, os professores têm de estudar individualmente e não têm possibilidade de tirar dúvidas que possam surgir, pois não sabem a quem recorrer, apenas têm a possibilidade de partilhar informações entre colegas. Por outro lado é uma temática com uma dificuldade de interpretação física muito acima da média.

Goldemberg e Lucon (2007) mostraram que os problemas energéticos fazem parte do quotidiano do ser humano.

Nesta perspectiva os estudantes numa sala de aula são influenciados pelo ambiente térmico que os envolve e devem ser motivados a conhecer que parâmetros entram na determinação de um ambiente térmico considerado de frio, confortável e quente que influencia os seus resultados de aprendizagem.

Tilbury (2011) recomenda que partir de questões problemas relacionadas com sustentabilidade da Terra se promova ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas) para os estudantes desenvolverem literacia em sustentabilidade, perspetivando soluções e ações alternativas, planeando-as, implementando-as, refletindo sobre elas e avaliando-as.

Krüger *et al.* (2001) mostraram que com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do “clima” no posto de trabalho e no operador humano de uma empresa. Este estudo é um alicerce de pensamento crítico pois há também necessidade de conhecer como o ambiente térmico de uma sala de aula influencia a aprendizagem e os resultados de um estudante.

Fanger (1972) confirmou a importância do estudo do conforto térmico e enfatizou o seu carácter multi e interdisciplinar. Segundo Fanger (1972), o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e, também, variáveis subjetivas ou pessoais. Não é possível que um grupo de indivíduos sujeitos ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais dos indivíduos. 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 pelo indivíduo (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e o vestuário usado pelo indivíduo (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 e Stramiler (1981) referem que além das variáveis acima indicadas 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 pelo indivíduo,

sentimento próprio de se sentir mais aquecida ou mais refrescada do que outros indivíduos, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação. Adicionalmente, os autores, indicam outras quatro variáveis psicológicas, nomeadamente, decréscimo de “performance”, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

Em locais de desconforto térmico pode existir stress térmico devido às condições ambientais desfavoráveis. Por exemplo temperaturas altas podem suscitar risco de acidentes e provocar danos à saúde, afetando o pensamento crítico (Grandjean, 1998).

Atualmente, quando se fala do desenvolvimento cognitivo e dos processos de ensino e aprendizagem devem-se considerar aspetos importantes relacionados com a motivação, os estímulos do ambiente envolvente, as relações sociais e a educação recebida, entre outros (Coll, Palacios e Marchesi, 1995). Considera-se que a motivação e concentração de estudantes deve estar alicerçada no ambiente térmico da sala de aula com cariz de confortável.

De acordo com Lula e Silva (2002) o conforto ambiental está, principalmente, ligado a nove variáveis que representam uma parte importante do bem-estar dos indivíduos e da satisfação dos estudantes que necessitam de ambientes escolares saudáveis. Essas variáveis são o ruído, iluminação, temperatura, humidade relativa, pureza do ar, velocidade do ar, radiação, atividade física e tipo de ventilação.

Santos, Coutinho & Araújo (2002) referem que um ambiente térmico de uma sala de ensino deva estar adequado a garantir conforto aos estudantes, para que estes possam manter um certo equilíbrio, quer físico quer psíquico, sem necessidade do esforço de adaptação.

É sabido que a preocupação com o desempenho térmico nas escolas públicas tem tido pouca importância ao longo dos tempos. A maioria das edificações escolares apresenta partidos arquitetónicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, moldados da mesma forma, sendo o mesmo projeto construído, muitas vezes, sem ter em conta a área e o clima da região.

Todos estes fatores se forem ligados sugerem que a maioria das edificações escolares públicas pode não satisfazer as necessidades básicas de conforto térmico. Certamente estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos estudantes. Para solucionar esta problemática é necessário que numa arquitetura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente térmico confortável de bem-estar e que favoreça o ensino e aprendizagem (Nogueira & Nogueira, 2003).

Num ambiente térmico o conforto térmico pode ser definido como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve um indivíduo. Assim, entende-se que a sensação térmica é relativa de indivíduo para indivíduo e depende, também, do metabolismo de cada um (ISO 7730, 2005).

Frota e Schiffer (1995) descrevem que os primeiros trabalhos desenvolvidos em 1916, pela Comissão Americana de Ventilação, confirmaram que para trabalhos físicos e quando a temperatura aumenta de 20°C para 24°C o rendimento de trabalho diminui cerca de 15% e para uma temperatura ambiente de 30°C e uma humidade relativa do ar de cerca de 80% o rendimento diminui cerca de 28%. Perante estas informações é de esperar que em salas de aula o ambiente térmico pode influenciar o processo de aprendizagem dos estudantes, afetando os índices de motivação, concentração e aproveitamento dos mesmos.

Wyon (2010) relacionou o conforto térmico com o ensino de professores e a aprendizagem de estudantes. Os dados registados em sala de aula de duas escolas na Dinamarca, envolvendo cerca de 300 estudantes mostraram uma diminuição dos resultados de avaliação de 3,5% por cada °C de aumento de temperatura interior da sala de aula.

Rebelo, Santos, Batista e Diogo (2008) mostraram que o ambiente térmico de salas de aula condiciona o processo de aprendizagem. Os autores mostraram como a radiação solar direta e diurna ao longo do dia afeta as condições de conforto térmico nas salas de aula.

Nunca é demais recordar as palavras escritas pelo professor Doutor Fernando Rebelo, do Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra, aquando do lançamento do livro de Homenagem no programa da cerimónia de Jubilação, ao citar o trabalho publicado por Talaia (2013) “... ao ler a parte relativa ao ambiente térmico em sala de aula, por exemplo, lembrei-me de um caso que soube ter acontecido numa grande sala de aula, com muitos vidros que a faziam bonita, mas que a transformavam numa estufa de calor - em certo dia, à tarde, vários estudantes desmaiaram numa sequência que levou à suspensão da aula ...”. As palavras de tão ilustre personagem, no Ensino e na Ciência em Portugal e no Estrangeiro, mostram bem a relevância e a pertinência da problemática apresentada neste trabalho.

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um ambiente térmico de uma sala de aula afeta a aprendizagem e que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pela caracterização do ambiente térmico em frio, confortável e quente. O tipo de vestuário do estudante também tem um papel determinante na sua sensação térmica, tendo este aspeto sido abordado por previsão.

MÉTODOS

Neste trabalho aplicou-se uma metodologia de cariz quantitativo, centrada na análise de variáveis, obtidas através do registo de dados termohigrométricos e de uma escala de sensação térmica de cores e, ainda, uma metodologia de cariz qualitativo dos registos efetuados através de questões problema aplicadas, sem aviso prévio, nos últimos 15min da aula.

A amostra é constituída por 24 estudantes e o estudo foi realizado durante o Inverno (ambiente térmico considerado de frio) e a Primavera (ambiente térmico considerado de quente). A amostra foi constituída por estudantes do oitavo ano de escolaridade (Portugal tem, atualmente, doze anos de escolaridade antes da entrada em ensino superior - licenciatura).

Antes da aplicação da estratégia fez-se um estudo preliminar acerca da evolução das avaliações dos estudantes de forma a ter uma opinião de “avaliação padrão” na aprendizagem face aos resultados obtidos, sem se valorizar a influência do ambiente térmico.

As condições de conforto térmico de uma sala de aula e como afetam o processo de aprendizagem foram investigadas. Valores termohigrométricos (registados num psicrómetro construído pelos estudantes e constituído por um termómetro de bolbo seco para avaliar a temperatura do ar e um termómetro de bolbo húmido para avaliar a temperatura do termómetro húmido) e valores da sensação térmica prevista e real foram registados no interior da sala de aula, nos dias em que os estudantes respondiam, nos últimos 15min da aula, a uma questão problema tratada pelo professor durante a aula e sem aviso prévio. Para a sensação térmica real foi usada uma escala térmica de cores, como se mostra na Figura 1, onde cada estudante marcava com uma (X) a sensação que sentia.

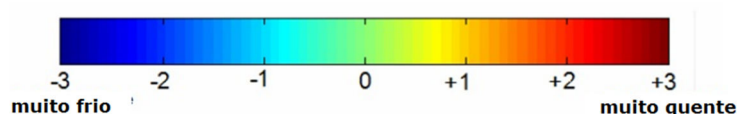


Fig. 1 - Escala térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008)

Os dados registados foram tratados no programa SPSS.

Para avaliar a sensação térmica prevista na sala de aula foi usado o índice térmico EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado, Talaia e Teixeira, 2015), cujo valor é calculado através da aplicação da expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (1)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_w a temperatura do termómetro húmido (°C).

O índice EsConTer determina um valor da escala sétima de sensação térmica, é de fácil cálculo matemático e de fácil interpretação. O valor de EsConTer situa-se na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente).

Os estudantes tiveram a oportunidade de compreenderem a estratégia para se avaliar a condição de conforto térmico de uma sala de aula e realizaram diversas análises função dos registos.

RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

Os dados registados no psicrómetro permitiram prever, por aplicação do índice EsConTer desenvolvido por Talaia e Simões (2009), o valor da sensação térmica para as condições termohigrométricas da sala de aula, numa escala de -3 a +3, com uma interpretação física fácil acerca do tipo do ambiente em termos de conforto térmico.

A percentagem de insatisfeitos que se prevê para um ambiente térmico por aplicação do índice PPD (ISO 7730, 2005) pode usar o valor de EsConTer no lugar de PMV, como se indica na expressão,

$$\text{PPD} = 100 - 95e^{-(0,0353\text{EsConTer}^4 + 0,2179\text{EsConTer}^2)} \quad (2)$$

A Figura 2 mostra, com alguma banda desenhada, como a sensação térmica influencia a insatisfação de presença de um estudante (ou qualquer indivíduo) num ambiente térmico.

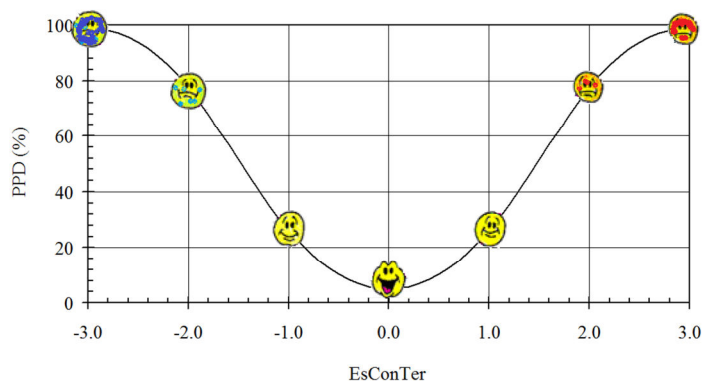


Fig. 2 - Modelo e situação de sensação térmica prevista (adaptado ISO 7730, 2005).

Neste trabalho a turma de 24 estudantes, chamada de turma B, por opção de operacionalidade, funcionou em dois turnos (1 e 2) de horário.

Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado “frio” (Inverno)

A Figura 3 apresenta um conjunto de gráficos dos resultados da avaliação dos estudantes para o turno 1 em função das sensações térmicas indicadas pelos estudantes no momento das

avaliações (foram consideradas 5 avaliações, no entanto, por opção e para otimizar o tamanho das figuras, são apresentadas apenas quatro).

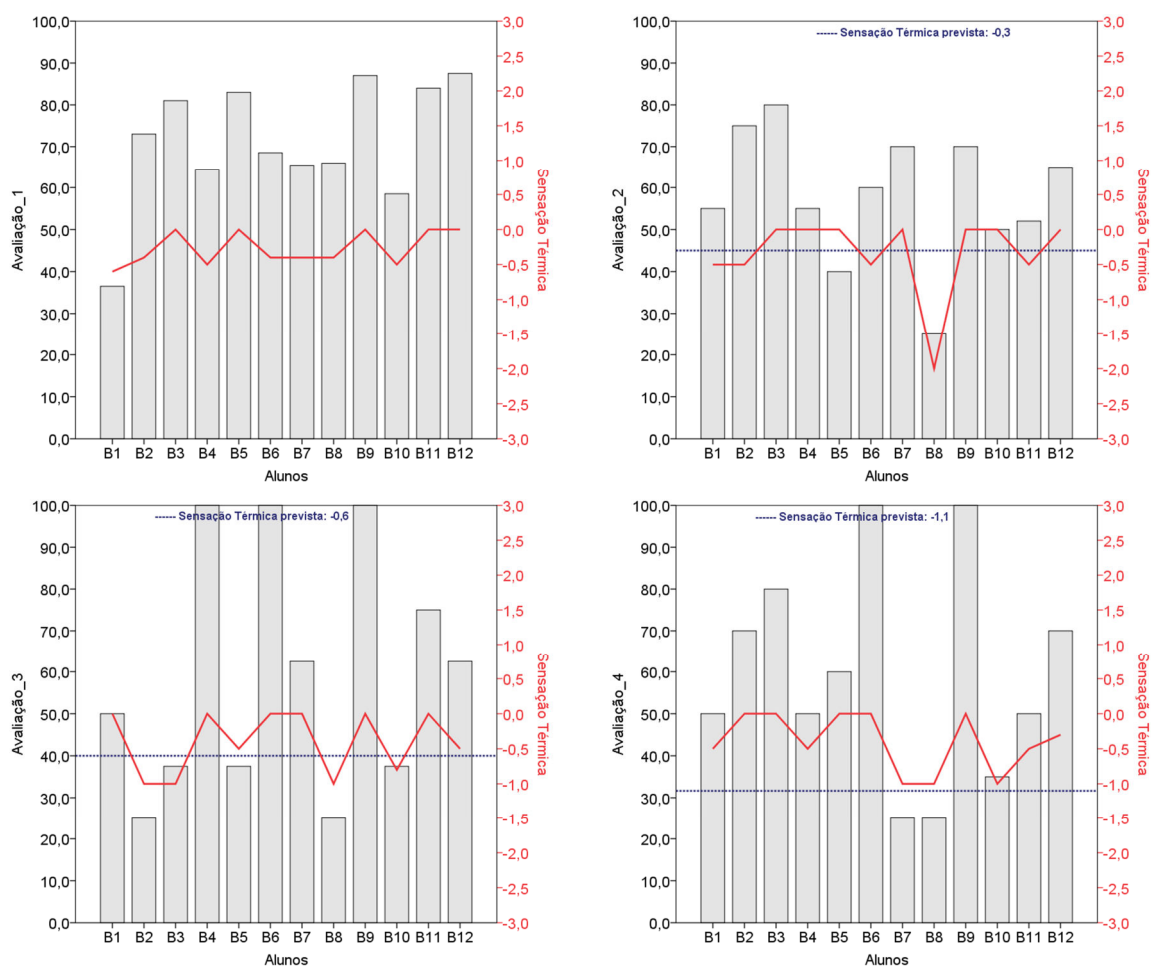


Fig. 3 - Sensação térmica versus avaliação na turma B, turno 1, *Inverno*.

A Figura 4 mostra um outro conjunto de gráficos referentes aos resultados da avaliação dos estudantes da mesma turma B, turno 2. No geral é bom salientar, que sendo estas as avaliações realizadas durante o *Inverno*, a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer é no geral inferior à sensação térmica registada pelos estudantes, devido a falta de aquecimento da sala de aula. Por outro lado, é sabido que durante o *Inverno* os estudantes usam vestuário considerado de quente para protegerem o corpo da sensação térmica de “frio”.

A linha quebrada indicada nas imagens das Figuras 3 e 4 representa a sensação térmica real registada na escala térmica pelos estudantes e, no geral, é superior à sensação térmica prevista pelo índice EsConTer e indicada, nas imagens, pela linha horizontal.

Da interpretação dos valores indicados nas imagens das Figuras 3 e 4 pode-se concluir que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pelas características do ambiente térmico. Na prática, como seria esperado, quando a sensação térmica real dos estudantes se situa na gama $[-0,5; +0,5]$ os resultados são positivos. Nestes termos, os resultados obtidos pelos estudantes, na avaliação, mostram, inequivocamente, que o ambiente térmico de uma sala de aula condiciona o ensino e a aprendizagem.

Quando a sensação térmica real dos estudantes suscita um ambiente térmico de ligeiramente “frio” (-1,0) a “frio” (-2,0) os resultados da avaliação, no geral, são negativos, ou seja, inferiores a 50% (out 100%).

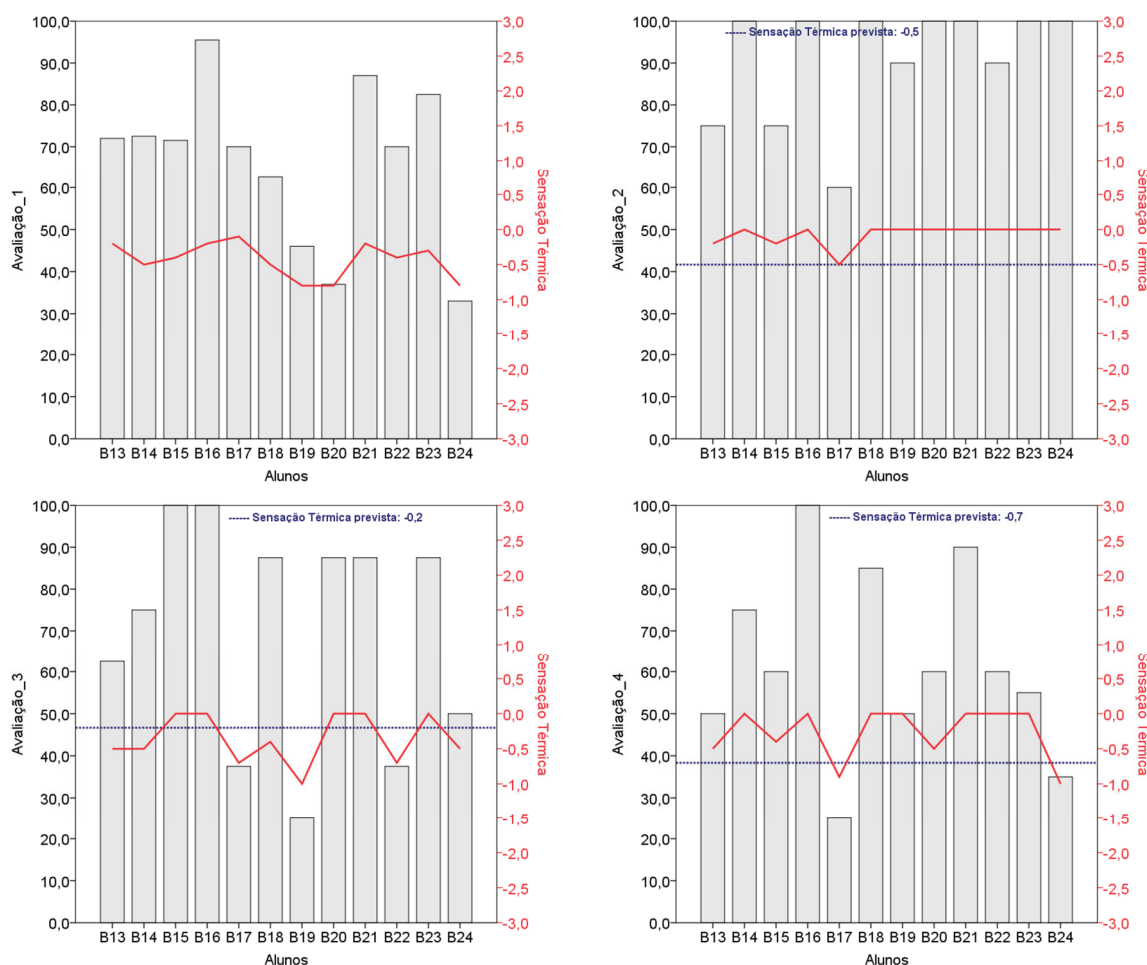


Fig. 4 - Sensação térmica versus avaliação na turma B, turno 2, Inverno.

A sensação térmica real registada pelos estudantes está em concordância com o valor da sensação térmica previsto pelo índice EsConTer.

A observação visual do vestuário dos estudantes foi registada, e os resultados mostraram haver coerência face à proteção de isolamento térmico do vestuário usado.

Quando se avalia para o valor previsto da sensação térmica o número de estudantes insatisfeitos através do índice PPD, os resultados mostram que para o turno 1, a situação com menos insatisfeitos é na Avaliação_2 com 6,9% e com mais insatisfeitos é na Avaliação_4 com 30,5%. Para o turno 2, a situação com menos insatisfeitos é na Avaliação_3 com 5,8% e com mais insatisfeitos é na Avaliação_4 com 15,3%.

As imagens da Figura 5 mostram para cada estudante os resultados das avaliações consideradas. Em termos de conclusão, a observação das imagens da Figura 5 mostra que os resultados das avaliações para cada estudante depende do ambiente térmico. A análise mostra, ainda, que quando a sensação térmica real se situa na gama [-0,5;+0,5] os resultados são, no geral, positivos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente “frio”, os resultados das avaliações tendem a ser negativos. Pode-se constatar, ainda, que quando a sensação térmica real regista valores próximos de “frio” os resultados obtidos pelos estudantes são, no

geral, bastante negativos. A insatisfação dos estudantes prevista está em concordância com os resultados obtidos.



Fig. 5 - Sensação térmica *versus* resultado da avaliação de cada estudante, *Inverno*.

A Figura 6 mostra como as avaliações dos resultados obtidos pelos estudantes variaram ao longo do estudo. É também feita uma comparação com a avaliação prévia antes de aplicar esta metodologia de intervenção, face a um ambiente térmico de uma sala de aula.

A observação da Figura 6 mostra para cada estudante os resultados obtidos durante a avaliação do estudo e da avaliação prévia com os respectivos erros absolutos. Como seria esperado, os resultados prévios apresentam um desvio absoluto muito inferior ao desvio absoluto registado durante o estudo.

É muito interessante a observação das imagens da Figura 6 que têm por base a sensação térmica. Na prática e durante o estudo, a sensação térmica real e registada pelos estudantes está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer, o que mostra que este é um excelente preditor da sensação térmica para um ambiente térmico.

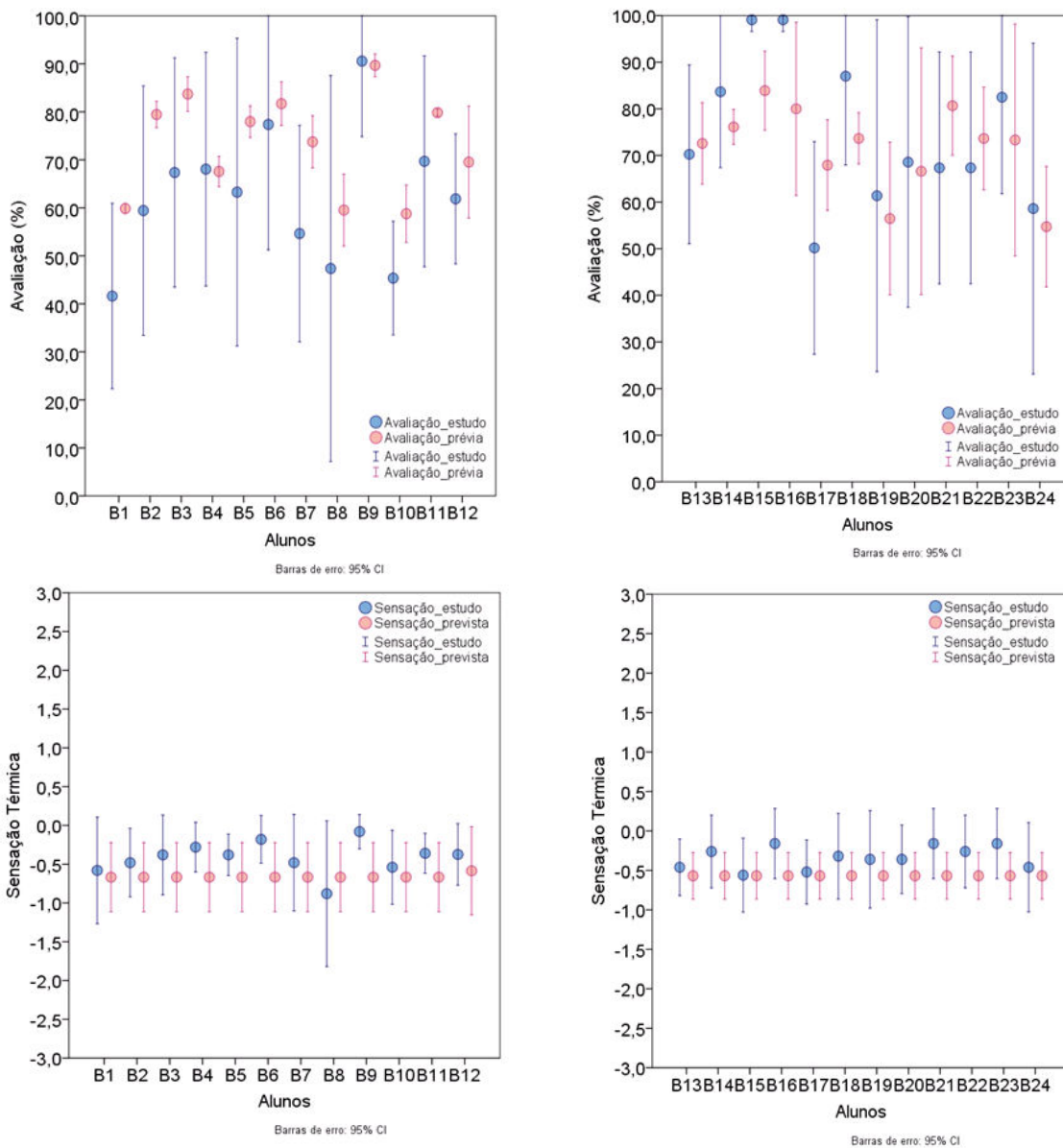


Fig. 6 - Avaliação e sensação térmica para cada estudante, durante e antes da aplicação da estratégia, *Inverno*.

Mais uma vez e em jeito de conclusão, pode-se afirmar que o resultado das avaliações dos estudantes é fortemente condicionada pela sensação térmica real e registada pelos estudantes para ambientes considerados frios (*Inverno*). Conclui-se, ainda, que o processo de ensino e aprendizagem é afetado pelas condições térmicas do ambiente da sala de aula. É importante salientar que nas avaliações realizadas os conteúdos avaliados foram lecionados na aula que se realizou a avaliação, o que reforça a necessidade dos estudantes sentirem conforto térmico para a construção, sem esforço, do conhecimento.

Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado quente (Primavera)

A Figura 7 apresenta um conjunto de gráficos dos resultados da avaliação dos estudantes para o turno 1 em função das sensações térmicas indicadas pelos estudantes no momento das avaliações (foram consideradas 5 avaliações, no entanto, por opção, são apresentadas apenas quatro) e para o ambiente considerado quente - Primavera.

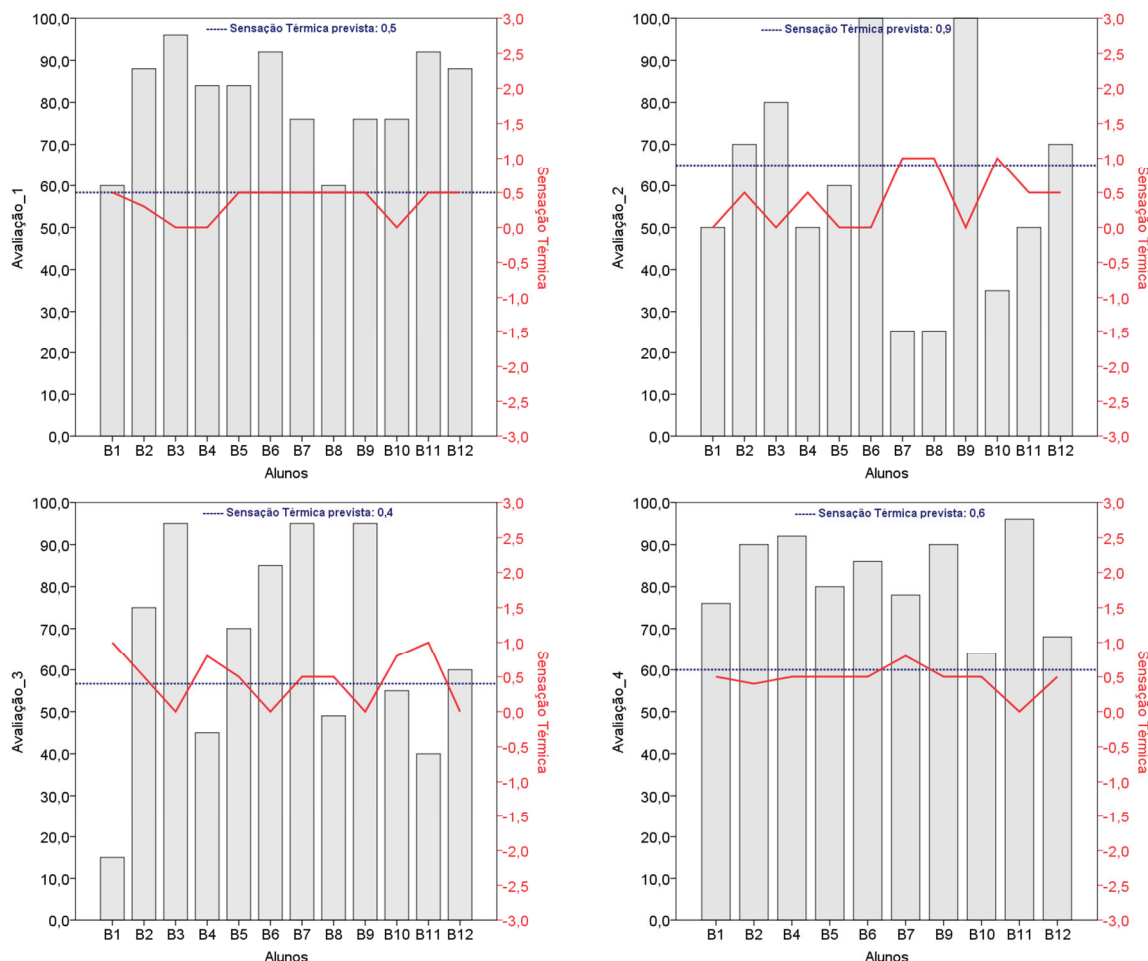


Fig. 7 - Sensação térmica versus avaliação da turma B, turno 1, Primavera.

A Figura 8 mostra um outro conjunto de gráficos referentes aos resultados da avaliação dos estudantes da mesma turma B, turno 2.

Conclusões idênticas podem ser retiradas face aos resultados para o ambiente considerado de frio - Inverno. No geral, os resultados obtidos confirmam inequivocamente que o ambiente térmico influencia na aprendizagem do estudante e na construção do seu conhecimento.

Para valores de sensação térmica reais e registadas superiores a +0,5 os resultados da avaliação são inferiores a 50% (out 100%).

Na observação das imagens das Figuras 7 e 8 e para cada Avaliação_j, os resultados obtidos pelos estudantes mostram, inequivocamente, que a sensação térmica influencia os resultados da avaliação. Quando a sensação térmica real e registada pelos estudantes se localiza na zona de conforto [-0,5;+0,5] os resultados tendem a ser positivos, no geral, iguais ou superiores a 50% (out 100%).

Mais uma vez é confirmada que a sensação térmica real dos estudantes está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer. Tal como na análise do período de *Inverno*, o vestuário parece influenciar a sensação térmica real dos estudantes.

A insatisfação dos estudantes foi medida através da aplicação do índice PPD. Os resultados obtidos mostram que para o turno 1, a situação com menos insatisfeitos foi registada na Avaliação_3 com 8,3% e com mais insatisfeitos na Avaliação_5 com 30,5%. Para o turno 2, a situação com menos insatisfeitos foi registada na Avaliação_1 com 8,3% e com mais insatisfeitos na Avaliação_5 com 40,3%, como seria de esperar.

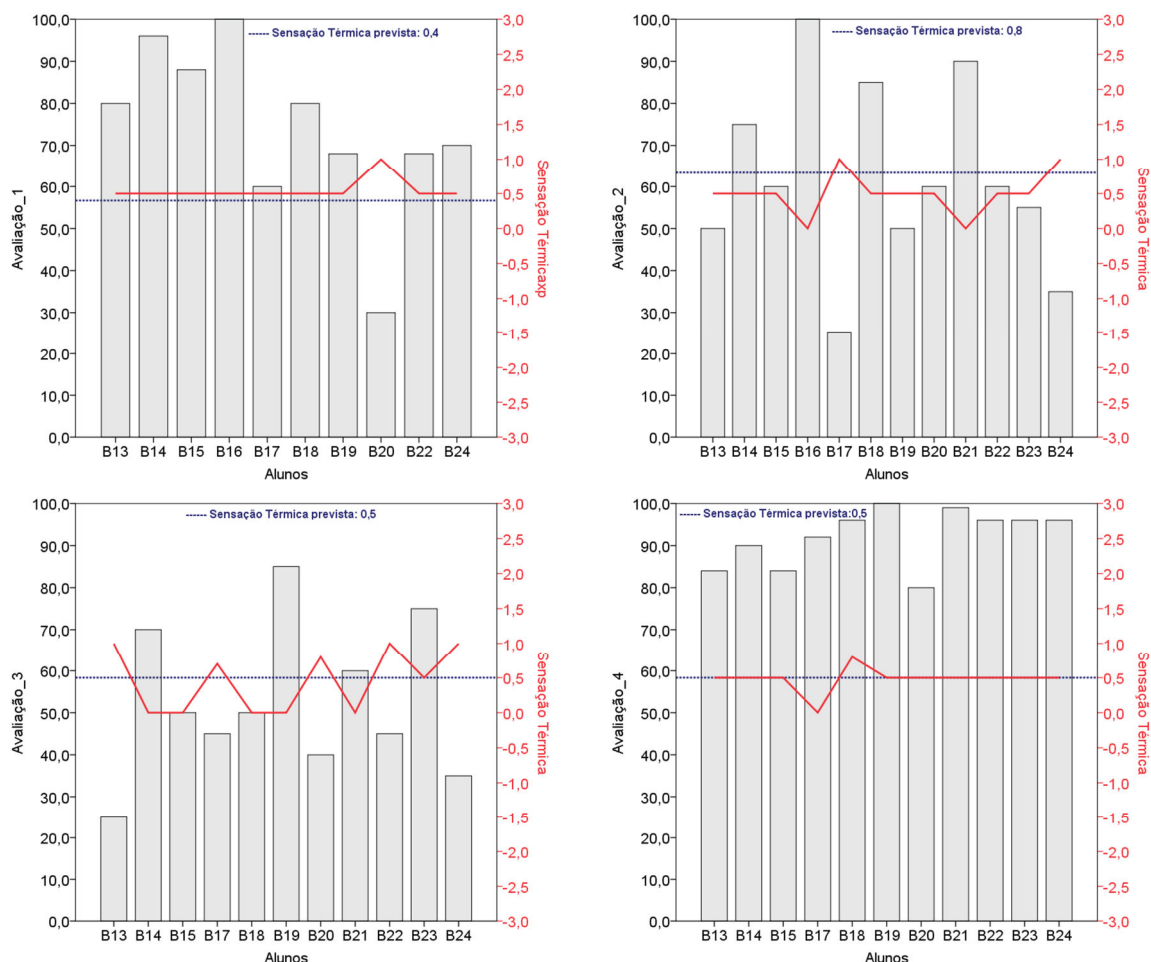


Fig. 8 - Sensação térmica versus avaliação da turma B, turno 2, Primavera.

A Figura 9 apresenta o conjunto de imagens que mostram a evolução das avaliações dos estudantes quando o ambiente térmico é alterado, para os dias considerados quentes, Primavera.

Como conclusão pode-se afirmar que a observação da Figura 9 mostra que quando a sensação térmica real de um estudante é superior a +0.5 os resultados obtidos tendem a ser negativos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente “quente”(+1,0) a “quente” (+2,0), os resultados são muito negativos.

Com base nos pressupostos apresentados e com base nos resultados obtidos é possível afirmar que a avaliação da aprendizagem é fortemente condicionada pela sensação térmica real registada pelos estudantes, quer para ambientes considerados “frios” (Inverno) quer para ambientes considerados “quentes” (Primavera).

Fez-se a interpretação das avaliações ao longo do estudo fazendo a respetiva comparação com a avaliação prévia padrão (antes de ser aplicada a estratégia). Na Figura 10 apresentam-se esses dados com os respetivos desvios absolutos.

A observação da Figura 10 mostra para cada estudante os resultados obtidos durante a avaliação do estudo e da avaliação prévia com os respectivos erros absolutos. Como seria esperado, os resultados prévios apresentam um desvio absoluto muito inferior ao desvio absoluto registrado durante o estudo.

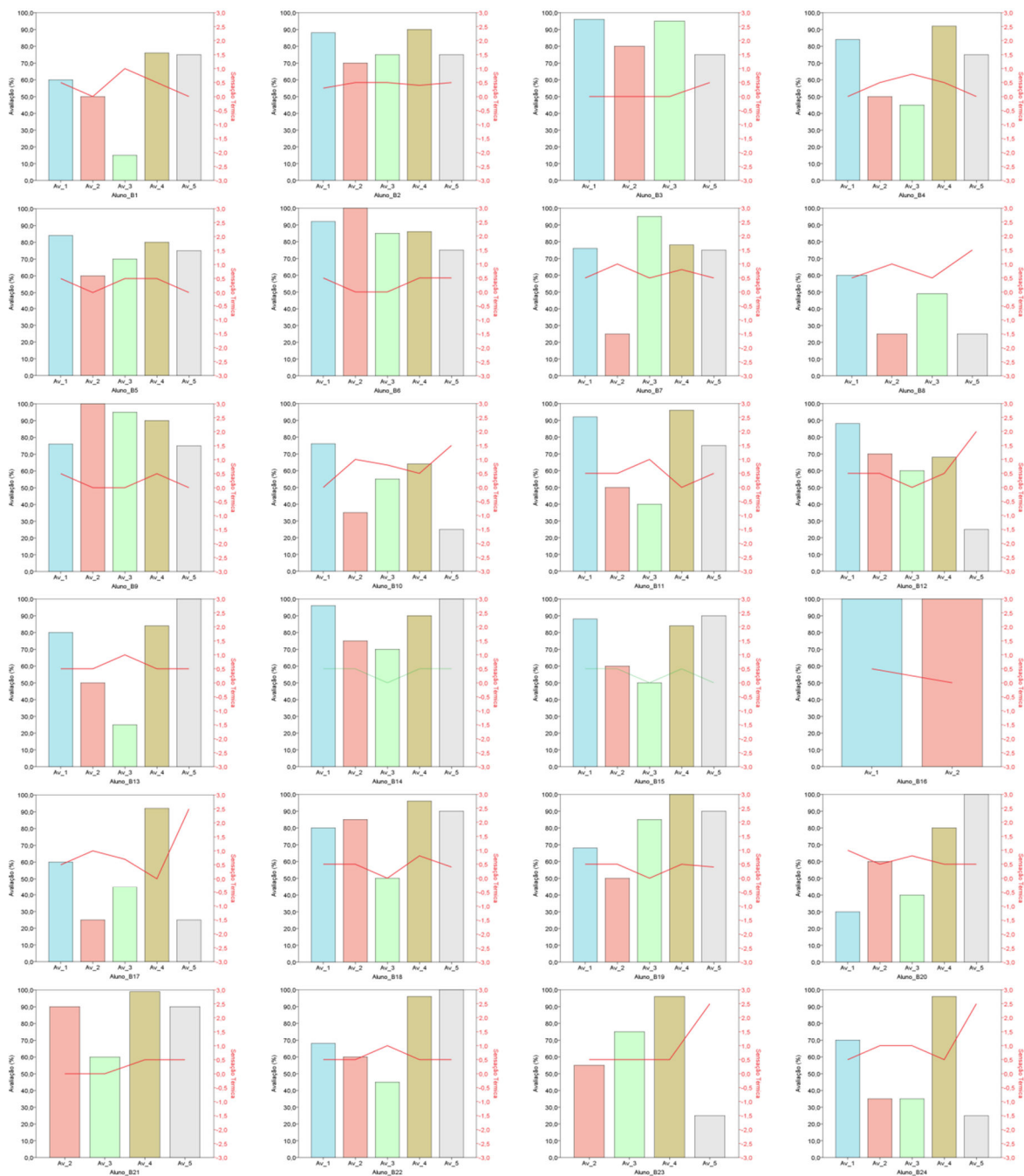


Fig. 9 - Sensação térmica versus avaliação de cada estudante, da turma B, Primavera.

Por último, pode-se afirmar que os resultados obtidos permitiram conhecer as sensações de conforto e desconforto dos estudantes e a forma como condicionam a aprendizagem.

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

A análise dos resultados mostra, inequivocamente, que este método é uma ferramenta importante para avaliar como situações de desconforto térmico podem condicionar o processo de aprendizagem de estudantes.

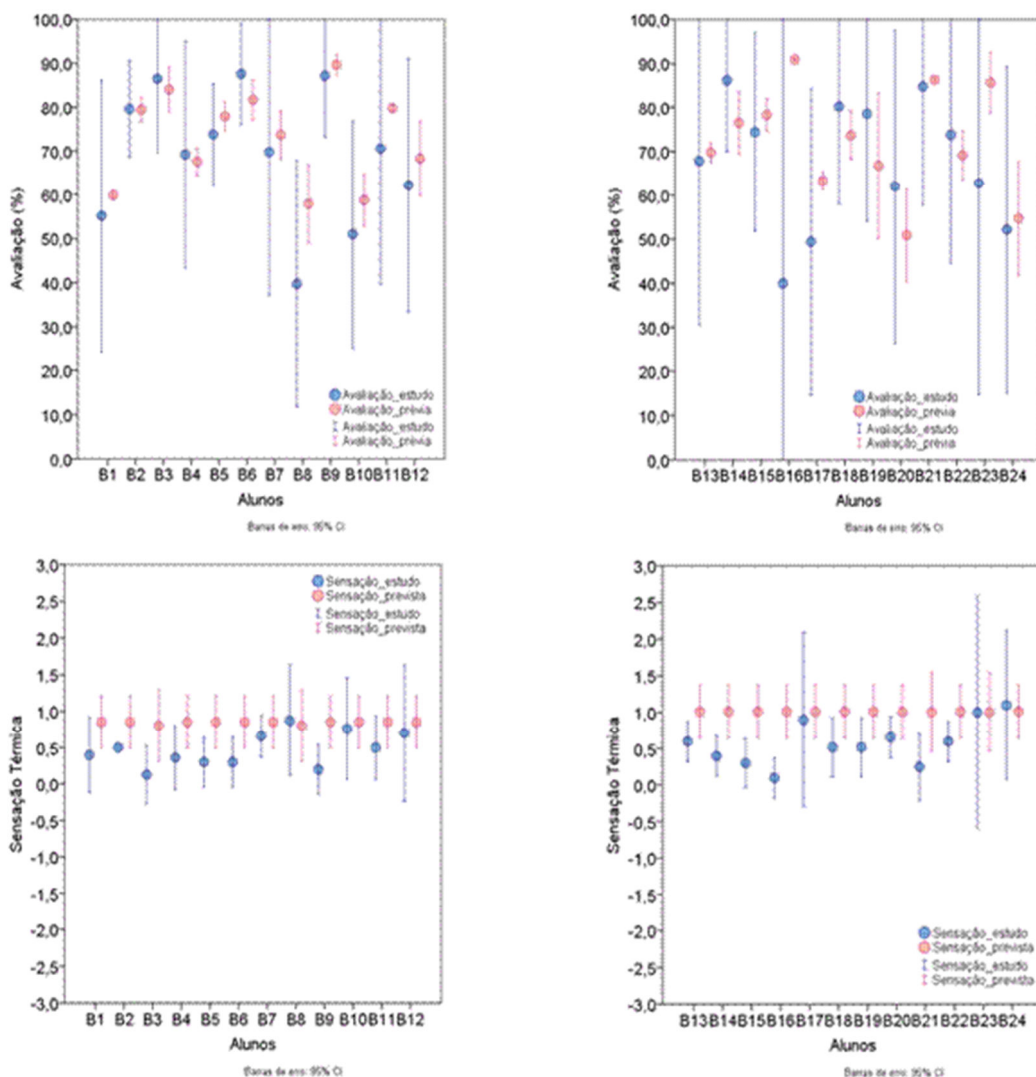


Fig. 10 - Avaliação e sensação térmica para cada estudante, *Primavera*.

Na Figura 11 é mostrada como a insatisfação de um estudante é influenciada pelo isolamento térmico do vestuário usado pelo estudante.

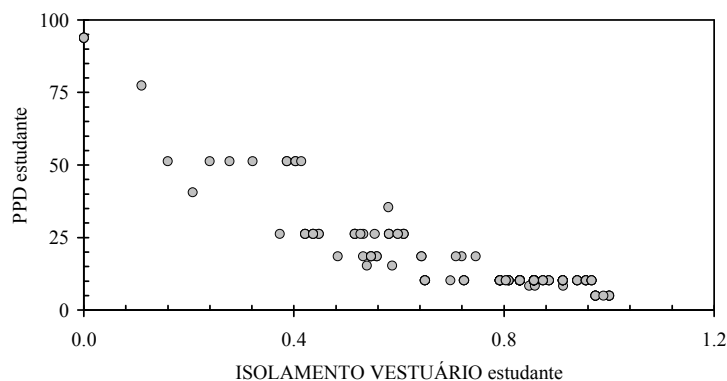


Fig. 11 - Insatisfação do estudante face ao vestuário usado.

A observação visual da Figura 11 mostra que o tipo de vestuário usado pelo estudante num determinado ambiente térmico influencia o grau de satisfação do estudante. Os resultados obtidos mostram que condiciona a aprendizagem de estudantes.

De modo a serem compreendidos os resultados indicados na Figura 11 foi construída a Figura 12 que mostra a gama de vestuário, em termos de conforto para os ambientes térmicos registados na sala de aula. A observação da figura mostra, inequivocamente, que os estudantes usam vestuário que não está de acordo com o ambiente térmico favorecendo a sua insatisfação.

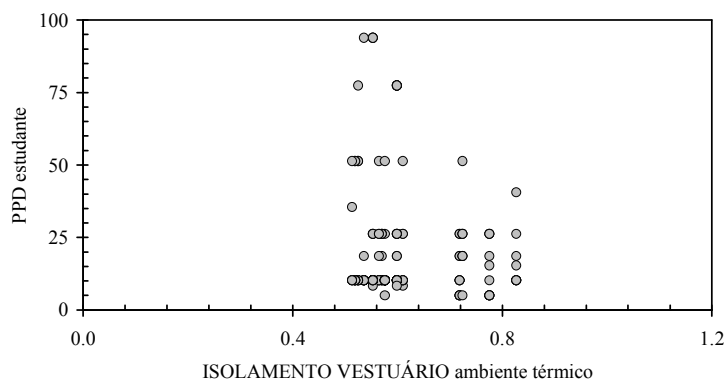


Fig. 12 - Insatisfação do estudante face ao vestuário previsto para ambiente térmico.

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.

CONCLUSÕES

Foi possível mostrar que a avaliação de conhecimentos adquiridos pelos estudantes é fortemente condicionada pela sensação térmica sentida para ambientes considerados de “frios” e ambientes considerados de “quentes”.

Concluiu-se, ainda, que o processo de aprendizagem é afetado pelas condições termohigrométricas do ambiente térmico da sala de aula.

A análise de resultados mostrou que quando os valores da sensação térmica real registada pelos estudantes é inferior a $-0,5$ ou superior a $+0,5$ da escala sétima térmica, os resultados obtidos da avaliação de conhecimentos tendem a ser negativos, ou seja, inferiores a 50% (out 100%). No entanto, quando a sensação térmica real registada pelos estudantes está inserida na gama $[-0,5; +0,5]$ os resultados são, no geral, positivos.

Os resultados obtidos mostraram que a sensação térmica real está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer.

Os resultados deste trabalho poderão adicionar algo inovador quanto se fala da responsabilidade de um professor e dos resultados de seus estudantes. *Começar a introduzir o ambiente térmico de uma sala de aula como fator influenciador nos resultados de um professor, parece uma via muito oportuna.*

AGRADECIMENTOS

O autor agradece parte do suporte financeiro concedido pela FCT, o que significa que o trabalho foi, também, financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2013.

À Doutora Marta pelo seu profissionalismo e na interpretação cuidada na aplicação da estratégia - como um ambiente térmico influencia os resultados da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1]-ASHRAE, Handbook of Fundamentals - Physiological Principles for Comfort and Health. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chapter 8, Atlanta, (2001) 1-32.
- [2]-Coll, C., Palacios, J. & Marchesi, A. Desenvolvimento Psicológico e Educação. Artmed: Porto Alegre, (1995).
- [3]-Fanger, P., Thermal Comfort. 2ª Edição, McGraw-Hill, New-York, (1972).
- [4]-Frota, A.B. & Schiffer, S.R., Manual de Conforto Térmico. São Paulo. Nobel, (1995).
- [5]-Goldemberg, J. & Lucon, O., Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, 21 (59), (2007) 7-20.
- [6]-Grandjean, E., Manual de Ergonomia - Adaptando o Trabalho ao Homem. 4ª Edição (traduzida por Stein J.), Edição Artes Médicas, Porto Alegre, Brasil, (1998).
- [7]-Holmér, I., Climate change and occupational heat stress: methods for assessment. Global health action, 3 (2010).
- [8]-Howell, W. & Stramiler, C.S., The Contribution of Psychological Variables to the Prediction of Thermal Comfort Judgments in Real World Settings. ASHRAE Transactions, 87(1), (1981) 609-621.
- [9]-ISO 7730, 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 Organ. for Standard., Genève, Switzerland, (2005).
- [10]-Krüger, E., Dumke, E. & Michalowski, A., Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais do VI ENCAC, São Pedro - São Paulo, Brasil, UNICAMP/UESCar/Assoc. Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, (2001) Vol. 1, 1-7.
- [11]-Lula, C.C.M. & Silva, L.B. O Conforto ambiental e a Motivação: Implicações no Desempenho de Alunos em Ambientes Climatizados. ABERGO, Recife, ANAIS, (2002).
- [12]-Morgado, M., Talaia, M. & Teixeira, L., A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, (2015) 1-11.
- [13]-Niemelä, R., Hannula, M., Rautio, S., Reijula, K., & Railio, J., The effect of air temperature on labour productivity in call centres - a case study. Energy and Buildings, 34(8) (2002) 759-764.
- [14]-Nogueira, M.C.J.A. & Nogueira, J.S., Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. Revista Electrónica em Educação Ambiental, 10, (2003) 104-108.

- [15]-Rebelo, A., Santos Baptista, J. & Diogo, M.T., Caracterização das Condições de Conforto Térmico na FEUP. Em J. F. S. Gomes et al., Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo. Porto: Edições INEGI, (2008).
- [16]-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, Recife, ANAIS, (2002).
- [17]-Silva, M., Contribuição para o Ensino nas Ciências, usando a temática conforto térmico, Tese para obtenção do grau de Doutor em Didática e Formação. Departamento de Educação, Universidade de Aveiro: Aveiro, (2015) pp. 264.
- [18]-Silva, M. & Talaia, M., Conforto de uma sala de aula: uma avaliação através de equipamento simples. Boletín das Ciencias, Ano 23, Nº. 71, (2010) 183-184.
- [19]-Silva, M. & Talaia, M., Riscos Inerentes ao Aproveitamento Escolar numa Sala de Aulas com Condições Ambientais Consideradas de Frio. VII Encontro Nacional de Riscos e I Fórum sobre Riscos e Segurança do ISCIA. Aveiro, Instituto Superior de Ciências da Infôr e da Adm, 19-20 de Abril, (2012).
- [20]-Talaia, M., Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente. Riscos naturais Antrópicos e Mistos. In Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra (Ed.). Homenagem ao professor Fernando Rebelo, (2013) 555-567.
- [21]-Talaia, M. & Silva, M., Relationships between the thermal comfort and education. In J. P. Meyer (Ed.), HEFAT2010 Proceedings - 7th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (pp. 295-300). Antalya, Turquia, (2010).
- [22]-Talaia, M. & Silva, M., Conforto Térmico - Implicações no Processo de Ensino e Aprendizagem de Alunos. Proceedings 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 3º Congresso de Engenharia de Moçambique (artigo CLME'2011_2803A, 13 páginas). Maputo, 29 de Agosto a 2 de Setembro. M., (2011).
- [23]-Talaia, M. & Silva, M., Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico da sala de aula. In AME AEMET Ed.). Tiempo, Clima y Sociedad - Proceedings of XXXIII Jornadas Científicas da AME & 15º Enc. Hispano-Luso de Meteorología (4 páginas). Oviedo, Espanha, (2014).
- [24]-Talaia, M. & Simões, H., EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. Em V Congresso Cubano de Meteorología (pp. 1612-1626). Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba, (2009).
- [25]-Talaia, M. & Rodrigues, F., Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. Em J. F. S. Gomes et al., Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo. Porto: Edições INEGI, (2008).
- [26]-Talaia, M., Meles, B. & Teixeira, L., 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, (2013) 473-477.
- [27]-Tilbury, D., Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning. Paris: UNESCO, (2011).
- [28]-Wyon, D., Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children. Acedido a 13 de Junho de 2013, de http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation_2010/Vilnius/David_Wyon.pdf, (2010).