

APLICAÇÃO DE CORTINAS DE PAPEL *KRAFT* PARA AMENIZAÇÃO DOS EFEITOS DA TEMPERATURA E LUMINOSIDADE EM SALAS DE AULA

Christian Di Salvo¹, João Pedro Diniz Esposito, Maria Julia Alves de Figueiredo Souza, Pedro Machado, Thaís Simões Lima, Vanessa Bicalho Rezende

1 - Autor correspondente. E-mail: christian.salvo@ifmg.edu.br

RESUMO:

Dois dos problemas enfrentados pelos alunos do IFMG *campus* Ibitaré são os elevados índices de temperatura e iluminância das salas de aula, principalmente, no período da tarde. Em levantamento feito na literatura, observou-se que estes problemas trazem dificuldades para concentração, velocidade da leitura, aumento da fadiga ocular e da sonolência. Assim, a instalação das cortinas de papel *Kraft* busca aumentar a produtividade dos alunos, bem como melhorar a qualidade da aprendizagem. A hipótese lançada tenta verificar se a instalação de cortinas de papel *Kraft* nas salas de aula ajudariam nesta melhora. Em análise, os resultados indicaram que as cortinas ajudam na amenização da iluminância, no entanto, a diminuição da temperatura permanece como um problema. Como complemento ao estudo, o trabalho faz uma breve análise econômica para validação da escalabilidade desta solução.

INTRODUÇÃO:

O conforto térmico e a iluminação apropriada são duas das condições preponderantes para um bom processo de estudo.

Neste sentido, o item 17.5.2. da Norma Regulamentadora Nº 17 (NR-17) (BRASIL, 1990) que trata da ergonomia no trabalho, expõe as seguintes diretrizes em relação à temperatura, velocidade do ar e umidade:

“Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados);
- velocidade do ar não superior a 0,75m/s;
- umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.”

Em relação à iluminância, a Norma Brasileira 5413 (NBR 5413) (ABNT, 1992) que trata da iluminância de interiores, indica, em seu item 5.3.5, que em ambientes de sala de leitura em bibliotecas, a iluminância deve estar na faixa entre 300 a 750 lux. Uma vez que o ambiente de sala de aula se aproxima desta condição de biblioteca, o presente trabalho utiliza estes valores como referência.

O IFMG *campus* Ibitaré, o qual está na latitude 20° 2' 2" S, tendo suas salas de aula voltadas para o noroeste, sofre com o sol no período da tarde. As janelas sofrem incidência direta no período das 10h às 16h, período do qual tem-se as maiores temperaturas e maior incidência de raios solares. Neste sentido, os efeitos da temperatura e iluminância têm prejudicado o desempenho dos alunos.

Assim, o que se deseja é o desenvolvimento de soluções que permitam a atenuação destas variáveis no ambiente escolar, de forma a adequá-las para os níveis de referências normativas. Como indicado em diversos estudos, as variáveis climáticas, se adequadas, podem melhorar significativamente o desempenho dos estudantes (BATIZ, 2009; GUEVARA, 2021; JUNG, 2011; KATAFYGIOTOU, 2014;

ZIAEE, 2022).

Tendo isto em vista, o objetivo do trabalho é a avaliação do uso de cortinas fabricadas com papel *Kraft* para atenuar os problemas vividos pelos alunos do IFMG *campus* Ibirité em relação à temperatura da sala de aula e reflexo nos quadros brancos devido a iluminação excessiva vinda do ambiente externo.

METODOLOGIA:

Como sugerido, este trabalho busca avaliar a eficácia das cortinas de papel *Kraft* no ambiente educacional com relação à melhoria de desempenho dos discentes em suas atividades, bem como no contexto de bem estar de toda a comunidade escolar.

Para o início do estudo, foram efetuadas medições nos ambientes do *campus* de duas variáveis que influenciam diretamente o desempenho dentro do ambiente educacional: a temperatura e a iluminância. Essas medições foram realizadas no período vespertino, no qual as variáveis apresentam maior influência nestes ambientes. As estruturas da sala possuem *layout* semelhante ao apresentado na Figura 1a. Para simplificar as análises e levantamentos de dados, tais salas foram divididas em 6 (seis) subsetores segundo o modelo da Figura 1b, de forma a conseguir avaliar de forma mais coerente a distribuição destas variáveis no ambiente observado.

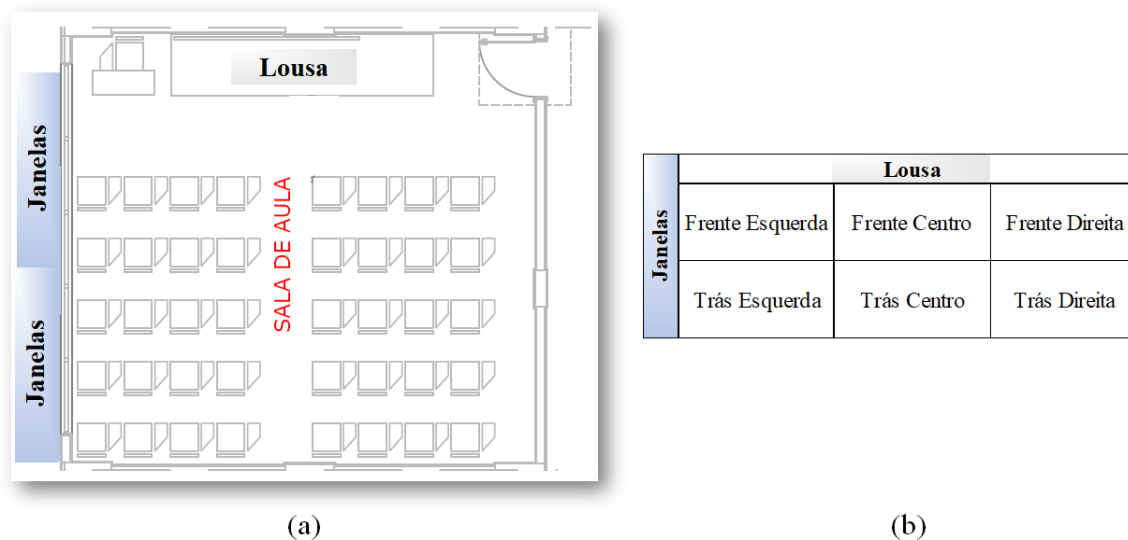


Figura 1 - (a) *Layout* dos ambientes analisados; (b) Modelo simplificado da sala em 6 (seis) subsetores.

O procedimento de medição de temperatura nos laboratórios foi efetuado utilizando um termômetro de bancada montado em uma plataforma microprocessada (modelos compatíveis com Arduino - DHT11 e Termopar Tipo T). A iluminância, por sua vez, foi mensurada por meio de um Luxímetro Digital Portátil (Marca: Instrutemp, Modelo: ITLD260). Ambos os dispositivos pertencem ao IFMG *campus* Ibirité. A Tabela 1 indica os valores coletados.

Tabela 1 - Iluminância de cada subsetor em cada ambiente sem cortinas de papel *Kraft*.*

Ambiente	FE	FC	FD	TE	TC	TD
Lab. 108 (1° Andar)	21205	980	607	19075	1310	910
Sala 203 (2° Andar)	26200	930	656	21400	1270	762
Sala 301 (3° Andar)	27700	970	720	27200	880	590
Sala 405 (4° Andar)	32200	460	1340	31825	575	1240
Sala 502 (5° Andar)	21400	10900	872	17500	8800	910

*FE - Frente Esquerda; FC - Frente Centro; FD - Frente Direita; TE - Trás Esquerda; TC -Trás Centro; TD - Trás Direita.

Tabela 2 - Iluminância média, temperatura e umidade de cada ambiente sem cortinas de papel *Kraft*.*

Ambiente	Iluminância Média (lux)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Lab. 108 (1° Andar)	7347,83	27,52	42
Sala 203 (2° Andar)	8536,33	28,87	45
Sala 301 (3° Andar)	9676,67	28,31	43
Sala 405 (4° Andar)	11273,33	28,93	43
Sala 502 (5° Andar)	10063,67	27,81	45

A partir dos valores apresentados nas Tabelas 1 e 2, fica evidente a necessidade de melhoria nos espaços analisados.

Assim, contabilizou-se o número de cortinas necessárias para as salas. Por se tratar de um experimento inicial, o estudo foi feito em apenas 5 salas, sendo 1 laboratório e 4 salas de aula, somando 29 janelas.

A Figura 2 traz uma ilustração do modelo simplificado dos ambientes analisados. Tal figura indica os níveis de iluminância média em cada subsetor encontradas nas 5 salas observadas.

Janelas	Lousa		
	25741 [lux]	2848 [lux]	839 [lux]
23400 [lux]	2567 [lux]	882,4 [lux]	

Figura 2 - Modelo simplificado com os resultados médios de iluminância observados em cada subsetor dos ambientes analisados.

Após este levantamento, concentrou-se no dimensionamento, modelagem e confecção de cortinas de papel *Kraft*, com o auxílio de *softwares* de desenho técnico e de uma máquina de corte à laser (modelo: Router Laser CNC VS 1390). É necessário citar que a elaboração dos desenhos foi feita por meio da plataforma AUTOCAD, a qual permite a exportação de arquivos no formato *.dxf*, utilizados pela máquina de corte à laser. No design das cortinas foi considerado temas relacionados a cada ambiente, como mostrado na Figura 3.



(a)



(b)

Figura 3 - (a) Janela do laboratório com a instalação das cortinas de papel *Kraft* - IFMG *campus* Ibirité; (b) Janela do laboratório sem a instalação de cortina de papel *Kraft* - IFMG *campus* Ibirité.

Em seguida, foram separados os materiais de consumo (papel *Kraft*, papel branco A4, fita adesiva e cola branca).

Após o período de confecção, tais cortinas foram instaladas em seus respectivos ambientes. De forma a buscar um levantamento de custo/benefício, foram contabilizados os custos de produção e instalação das cortinas, e comparou-se tais custos com a aquisição de cortinas comerciais do tipo *blackout* de pvc.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Após a implantação das cortinas de papel *Kraft* nos ambientes mencionados do *campus*, foram efetuadas novas medições de temperatura e iluminância para comparação com os dados obtidos inicialmente através da Tabela 2. Os dados apresentados na Tabela 3, mostram a temperatura e iluminância dos ambientes após a instalação das cortinas.

Tabela 3 - Temperatura e iluminância de cada ambiente com cortinas de papel *Kraft*.

Ambiente	Iluminância Média (lux)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Lab. 108 (1° Andar)	385,67	26,41	43
Sala 203 (2° Andar)	391,67	27,85	45
Sala 301 (3° Andar)	423,33	27,77	43
Sala 405 (4° Andar)	455,83	27,55	44
Sala 502 (5° Andar)	430,33	26,92	45

Verifica-se uma redução significativa em relação a iluminância média, o que melhora a visualização do quadro branco, e ajuda na concentração dos alunos. É importante citar que os valores de iluminância encontrados estão de acordo com o que é especificado nas normas de referência. Em relação à temperatura, percebe-se que não há ganho significativo, sendo a solução das cortinas *Kraft* insuficientes para este problema.

Em relação aos ganhos econômicos, analisando comparativamente o custo de uma cortina de papel *Kraft* em relação à uma cortina convencional adquirida no meio comercial, temos uma redução nos custos de 82,47%. A Tabela 4 nos mostra exatamente essa relação.

Tabela 4 - Comparativo de custo por cortina.

Valor/Cortina de papel <i>Kraft</i> (R\$) (02 unidades de 0,49 x 1,14 m)	Valor/Cortina convencional (R\$) (01 unidade de 2,60 x 1,40 m)	Redução custo (%)
7,48	42,67	82,47

Para a fabricação das cortinas em papel *Kraft*, foram levados em consideração os custos dos seguintes materiais: rolo de papel *Kraft*, papel branco A4, fita adesiva e cola branca. Verificando o rendimento de cada material, foi possível calcular o valor de cada cortina fabricada.

Já para o valor da cortina convencional, foram considerados os custos com a aquisição dos seguintes materiais: cortina *blackout* pvc, varão para cortina, suportes para varão, parafusos e buchas.

CONCLUSÕES:

A implementação de cortinas de papel *Kraft* mostrou-se uma solução eficaz em relação ao objetivo de melhoria do aprendizado nos ambientes didáticos. Com os dados apresentados pela Tabela 3, podemos perceber que houve uma significativa melhora em relação à iluminância destes ambientes. Em relação à temperatura, verificou-se que tal solução não foi suficiente. Além disso, as cortinas de papel *Kraft* possuem um custo muito mais baixo em comparação com as cortinas convencionais, conforme demonstrado pela Tabela 4. Portanto, entende-se que o projeto traz resultados relevantes, e que podem ser escalados, ou seja, ser implementados em outros ambientes do IFMG que sofram de problemas com iluminância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, p. 13. 1992.

BATIZ, Eduardo Concepción et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Production*, v. 19, p. 477-488, 2009.

BRASIL. Norma Regulamentadora 17 - Ergonomia. Brasília, 1990. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2021.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2022.

GUEVARA, Gabriel; SORIANO, Guillermo; MINO-RODRIGUEZ, Isabel. Thermal comfort in university classrooms: An experimental study in the tropics. *Building and Environment*, v. 187, p. 107430, 2021.

JUNG, Gun Joo et al. Experimental research on thermal comfort in the university classroom of regular semesters in Korea. *Journal of Mechanical Science and Technology*, v. 25, n. 2, p. 503-512, 2011.

KATAFYGIOTOU, Martha C.; SERGHIDES, Despina K. Thermal comfort of a typical secondary school building in Cyprus. *Sustainable Cities and Society*, v. 13, p. 303-312, 2014.

ZIAEE, Navid; VAKILINEZHAD, Roza. Multi-objective optimization of daylight performance and thermal comfort in classrooms with light-shelves: Case studies in Tehran and Sari, Iran. *Energy and Buildings*, v. 254, p. 111590, 2022.