

# **ANÁLISE E ADEQUAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO, ACÚSTICO E LUMÍNICO DE DUAS SALAS DA UNEMAT – CAMPUS RENÊ BARBOUR**

**ABADIÉ, Víctor Daniel Murillo (1); BASTOS, Ivana de Avila (2); CARVALHO, Rita de Kassia Araujo (3)  
SANCHES, João Carlos Machado (4)**

- (1) Universidade do Estado de Mato Grosso. Rua Florianópolis, 122, Jardim elite, Barra do Bugres/ MT.  
Tel.: (65) 33613341. E-mail: vidany\_81@hotmail.com.
- (2) Universidade do Estado de Mato Grosso. Rua Getulio Vargas, 520, São Raimundo, Barra do Bugres/MT.  
Tel.: (66)81124874.
- (3) Universidade do Estado de Mato Grosso. Rua Getulio Vargas, 484, São Raimundo, Barra do Bugres/ MT.  
Tel.: (66) 9213-8387
- (4) Universidade do Estado de Mato Grosso. Av. dos Ingás, 3001, Centro, Sinop/MT. Tel.: (66) 9209-3297.

## **RESUMO**

O aumento do uso de equipamentos climatizadores implica em maiores gastos energéticos, distanciando dos ideais de sustentabilidade. Nesse contexto e levando em consideração o histórico da má qualidade dos espaços construídos para o ensino no país, o presente artigo tem por objetivo analisar as condições de conforto térmico, acústico e lumínico de duas salas da UNEMAT do campus universitário Renê Barbour de Barra do Bugres, e propor soluções para adequação destes espaços visando enquadrá-los dentro de parâmetros de conforto aceitáveis. Para verificar as condições dos ambientes utilizaram-se equipamentos de medição como: luxímetro, decibelímetro, termo-higrômetro e radiômetro a laser. Parte dessas informações serviu como dados de entrada para o programa Analisis CST, que determinou a porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente. Constatou-se que as salas não estavam adequados, assim foi proposto um conjunto de soluções arquitetônicas capazes de oferecer condições de conforto admissíveis para ambientes de ensino-aprendizagem.

## **ABSTRACT**

The increase of the equipment use climatizadores implies in bigger energy expenses, distancing of the support ideals. In this context and taking in consideration the description of me the quality of the spaces constructed for education in the country, the present article has for objective to analyze the conditions of thermal, acoustic and lumínico comfort of two rooms of the UNEMAT of the university campus Renê Barbour of Barra of the Bugres, and to consider solutions for adequacy of these spaces being aimed at to inside fit them of acceptable parameters of comfort. To verify the conditions of environments measurement equipment was used as: luxímetro, decibelímetro, term-higrômetro and radiometer the laser. Part of these information served as given of entrance for the program Analisis CST, that determined the percentage of unsatisfied people with the environment. It was evidenced that the room were not adjusted, thus was considered a set of solutions architectural capable to offer permissible conditions of comfort for teach-learning environments.

**Palavras chave: Conforto; Ensino-aprendizagem e Sustentabilidade.**

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme Krause et al (2005), durante a modernidade, a tecnologia e seu uso excessivo levaram ao aumento do uso de produtos mecânicos e do consumo de energia, ocasionando o desuso dos recursos naturais para iluminação, ventilação e umidificação das edificações. Em uma instituição de ensino a preocupação com o conforto é igualmente essencial, pois a qualidade do meio construído pode afetar de forma significativa os aspectos sensoriais e psicológicos de quem faz uso dele, diminuindo a capacidade de aprendizado e rendimento.

Este estudo tem por objetivo fornecer uma análise que dê subsídios para a readequação acústica, térmica e lumínica de duas salas do prédio do Campus Renê Barbours da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, através de medições efetuadas em abril de 2008. Nesse sentido é proposta a correção das possíveis falhas observadas, tendo como base de comparação os parâmetros de conforto existentes para cada fator analisado, visando oferecer soluções de projeto que possam contribuir para uma melhor qualidade de ensino-aprendizagem, somado a eficiência energética à longo prazo, além de integrar a arquitetura com seu entorno e o meio natural.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Conforto Térmico, Acústico e Lumínico

Lamberts & Xavier (2002) conceituam conforto térmico como estado da mente que expressa contentamento. Deve-se levar em consideração para análise do conforto térmico as variáveis ambientais, que incluem temperatura radiante média, temperatura do ar, velocidade do ar, umidade do ar, e as variáveis pessoais, que compreendem o isolamento térmico por roupas e a atividade desempenhada. Os autores destacam alguns métodos para avaliar o conforto térmico, dentre eles a ISO 7730 que oferece os índices de PMV (voto médio estimado) e PPD (porcentagem de pessoas satisfeitas) e a ISO 7726, que especifica as características e formas de medição dos instrumentos das variáveis físicas. Para tanto se considera os materiais construtivos, cuja característica determinará a sua capacidade de reflexão, absorção e transmissão de calor.

No caso do estudo do conforto acústico devem-se considerar três aspectos principais: o som reverberante, que mede a persistência do som no local, a absorção dos diferentes materiais e a sua distribuição no ambiente. De acordo com Paya (1994) *apud* Carneiro (2003) é fundamental estudar a correta propagação do som nos recintos, caso contrário, podem originar diversas doenças nervosas diminuindo qualitativamente o rendimento dos usuários.

No que tange as necessidades lumínicas Krause et al (2005) afirma que a luz natural é psicologicamente mais atraente, uma vez que suas mudanças ocorrem de forma sutil ao longo do dia, todavia seu uso pode ser insatisfatório em períodos e locais, onde os raios solares são pouco ou demasiadamente intensos. Assim a incidência solar direta nas aberturas pode causar ofuscamento e aumento da temperatura do ambiente, sendo necessário, portanto a utilização de proteções solares.

## 3. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizados vários métodos para determinação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico. Nesse sentido, fez-se uso de instrumentos de medição, softwares e tabelas. Nos dias 8 e 19 de abril de 2008 foram realizadas diversas medições efetuadas nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite), considerando as situações de uso das salas de aula, que corresponde a esquadrias e cortinas fechadas e equipamentos ligados (ar-condicionado, luminárias e ventiladores).

Os equipamentos usados foram: o decibelímetro digital, utilizado para medir a intensidade sonora; o luxímetro digital, aparelho que possui a função de aferir a intensidade da luz, cuja medição foi feita segundo a NBR 15215-4 (2004); o termômetro infra-vermelho digital com mira a laser que mede a temperatura emitida pelas superfícies através da inserção do coeficiente de emissividade de cada material, a partir de tais dados somado a cálculos que relacionam-o a área da superfície de cada material obteve-se a temperatura radiante média; e o termo-higrômetro digital fornece a umidade relativa do ar e a temperatura do ar.

Para a adequação térmica, utilizaram-se os programas CTCA, Chaminé 2.5 e Analysis CST. O primeiro determina os índices de PMV e PPD, o segundo identifica e quantifica as renovações de ar, e o terceiro avalia o conforto térmico no ambiente, dando a situação do edifício na carta bioclimática. A adequação lumínica foi possível através do uso do programa Daylight, este fornece o nível de iluminância da sala gerando um gráfico de isolux. Para a iluminação artificial fez-se uso do Lumini, que fornece a luminância e a distribuição das luminárias no ambiente. A adequação acústica foi calculada pelo uso do Programa Reverb\_1\_4, que fornece o tempo de reverberação.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Barra do Bugres situa-se no estado de Mato Grosso, cuja capital é Cuiabá. De acordo com Carvalho (2007) possui clima tropical quente e semi-úmido com razoável precipitação anual, tendo setembro como o mês mais quente, já suas temperaturas variam de 22° a 36°C. Durante todo ano, a região, possui dois a três meses de chuva intensa e quatro a cinco meses de seca. Nesse contexto encontram-se os espaços analisados neste estudo são as salas 6 e 8 do campus universitário René Barbours da Universidade do Estado de Mato Grosso.

#### **5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

##### **5.1 Análise Térmica**

As superfícies que se encontram na sala de aula e suas respectivas emissividades são: alvenaria ( $\xi$ : 0,93), madeira ( $\xi$ : 0,92), concreto ( $\xi$ : 0,90), vidro ( $\xi$ : 0,2), plástico ( $\xi$ : 0,95), granilite ( $\xi$ : 0,90) e metal ( $\xi$ : 0,70). Os materiais com menor emissividade vão sofrer grandes amplitudes térmicas, em função da sua alta condutibilidade, como o vidro que alcança 44°C durante o dia e 24°C à noite. Por outro lado, materiais com maior emissividade mantiveram temperaturas mais constantes.

Utilizou-se o programa Analysis CST, desenvolvido por Lamberts & Xavier (2007), para examinar os ambientes, determinando os índices de PMV e PPD. Para tanto se fez uso dos dados colhidos *in locu* das variáveis físicas que envolvem temperatura radiante média, temperatura do ar e umidade relativa, bem como das variáveis pessoais onde se considerou atividade sedentária e uso de roupas leves (0,45 clo). Vale lembrar que para análise devem-se considerar as condições aceitáveis de conforto que segundo a ISO 7730 que determina o PMV entre -0,5 e +0,5 e o PPD máximo de 10%. Todavia independente das situações e horários, os índices de PMV alcançaram +1,81 e PPD superiores a 75%, não estando de acordo com os limites aceitáveis, pelo ganho excessivo de calor.

##### **5.2 Análise Acústica**

Avaliaram-se as variáveis que atentariam à inteligibilidade do som no ambiente como o eco e a reverberação, verificados através da geometria sonora e o coeficiente de absorção dos materiais, respectivamente. Para o eco, os cálculos apontaram resultados desfavoráveis apenas para a sala 06 por esta possuir um comprimento considerável, em relação a sua largura. Considerou-se como parâmetro 40 db e tempo de reverberação de 0,7s a 0,9s para frequência de 512 Hz, em ambientes de ensino. Nesse contexto, obteve-se na sala 06, um tempo de reverberação de 1,45s, e na sala 08 de 0,96s, identificando assim problemas de reverberação do som. A coleta dos níveis de intensidade sonora mostrou pouca influencia do exterior, pois a maior fonte de ruído se concentra no interior do ambiente sendo emitida pelos equipamentos (ventiladores, ar-condicionado e luminárias), com valores que alcançaram uma faixa de 65db.

##### **5.3 Análise Lumínica**

Através da análise da isolux percebeu-se que a iluminação nas duas salas de aula não estão adequadas ao nível de iluminância necessário ao ambiente escolar (300 - 500lux) e que essa distribuição não é homogênea, pois as proteções solares (persianas e papéis crafts) utilizadas dificultam a passagem da luz externa.

Com a análise das medições, no período da manhã percebeu-se que na sala 6 há formação de uma faixa menos iluminada (100 a 119 lux), já a sala 8 apresenta situação mais grave (37 a 68 lux) fato inadmissível

para um ambiente de leitura. No período da tarde, a situação é semelhante, porém a iluminação é mais intensa se comparada com o período da manhã. Quanto a iluminação artificial medida no período noturno, constatou-se que, tanto na sala 6 quanto na 8, a iluminação através das lâmpadas utilizadas alcança máximas de 87lux na sala 8 e 151 lux na sala 6, fato decorrente da má distribuição e qualidade das luminárias.

## 6. PROPOSTA PARA ADEQUAÇÃO

### 6.1 Adequação Térmica

Adotou-se segundo as normas para a zona Bioclimática 7 (ABNT, 1998), o uso de paredes duplas de tijolos de oito furos assentados na menor direção, acoplando assim uma nova camada de tijolos a primeira existente, no intuito de diminuir a passagem do calor para o interior do ambiente. Quanto à cobertura, será aproveitado o telhado existente e o forro de madeira, entretanto será acrescentada uma camada de lã de vidro com 0,085 m. As aberturas devem ser trocadas, passando a corresponder a 10% da área de piso (figura 1a).

Propõe-se o uso de um lanternin com abertura unilateral orientada para o Sul que contribuirá para ventilação por efeito-chaminé. Tal abertura terá suas paredes internas pintadas de branco, favorecendo o aumento das reflexões e a melhor distribuição da iluminação. A cobertura do lanternin será pintada de preto para aumentar o calor absorvido pela telha cerâmica, elevando sua temperatura superficial, aquecendo o ar presente no pescoço do lanternin e criando correntes convectivas por diferença de temperatura.

Foram verificadas, com essa proposta, 19 renovações de ar por hora, com o uso do programa Chaminé 2.5, que apontou a eficiência da ventilação, já que para salas de aula são indicados de 10 a 30 ren/h (figura 1a). No software CTCA foram inseridas todas as propostas apresentadas anteriormente, constatando a possibilidade de se obter melhor desempenho das atividades no ambiente, atingindo uma temperatura máxima em seu interior de 25,75°C.

### 6.2 Adequação Acústica

Para uma melhor dissipação do som, optou-se pela utilização de espelhos acústicos de madeira no forro (figura 1a-1b), de forma a otimizar a direção do som e aumentar sua qualidade. Nesse contexto, adotou-se um painel de compensado (4mm de espessura à 10cm da parede, com 5 cm de lã e perfurada em 8,7%). Na sala 06, o painel trata-se de uma faixa de 0,90 m de largura que percorre todo seu perímetro exceto na parede onde se localiza o quadro-negro. Já na sala 08 a faixa seguiu a mesma configuração, mas com uma largura de 0.50 m (figura 02). Os resultados alcançados foram favoráveis, obtendo-se para a sala 06 um tempo de reverberação de 0.89s e para a sala 08 de 0.76s.

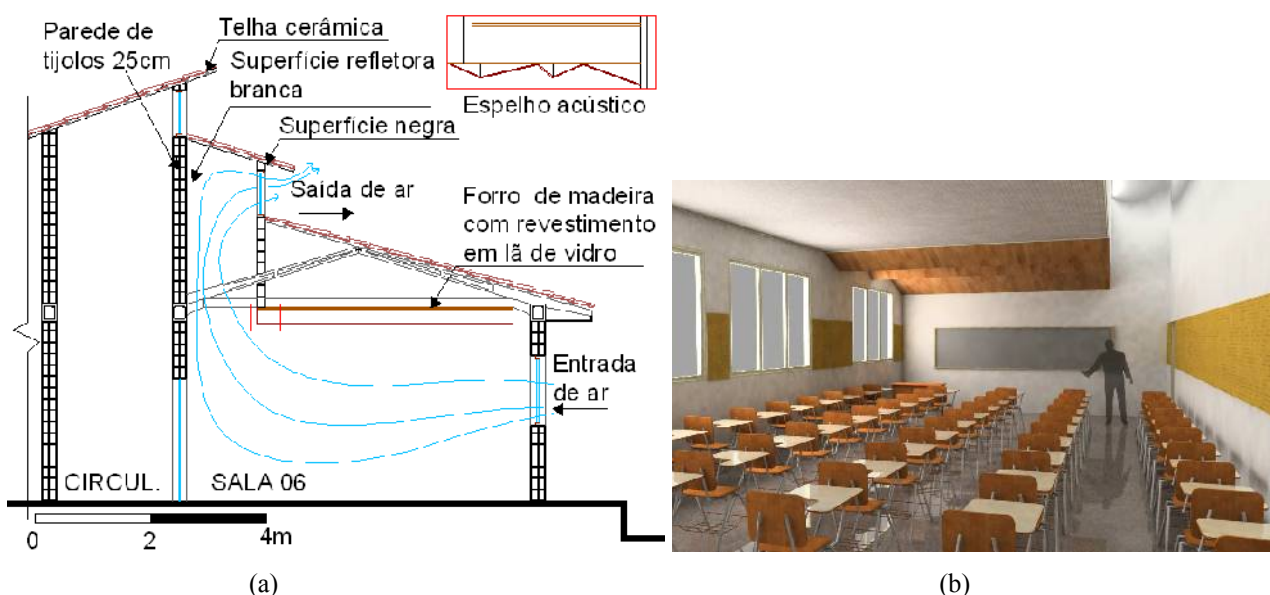


Figura 01 – Proposta de readequação. (a) corte esquemático da sala 06; (b) Perpectiva da sala 06.

### 6.3 Adequação Lumínica

Mediante os problemas encontrados na iluminação das salas, faz-se indispensável a intervenção estrutural no prédio através da mudança das aberturas, luminárias e uso de superfícies internas mais claras. Dessa forma, combinou-se a iluminação lateral com a iluminação zenital (lanternin), propiciando também a renovação do ar no ambiente.

Através do programa daylight verificou-se que a zenital contribui consideravelmente na iluminação da sala, que se tornou mais intensa e melhor distribuída no ambiente. Para comprovação da eficiência da iluminação zenital efetuou-se o cálculo de dimensionamento do lanternin, obteve-se assim uma luminância de 473 lux, adequada para ambientes de ensino que estabelece de 300 a 500 lux. Quanto à iluminação artificial, visivelmente deficiente, adotaram-se na sala 6 lâmpadas fluorescentes tubulares (8 unidades) de 36w obtendo 303 lux e na sala 08 lâmpadas fluorescente tubular (6 unidades) com 32w de potência, alcançando assim 353 lux.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a pesquisa de campo juntamente com os aprofundamentos teóricos, percebeu-se que as salas 06 e 08 da UNEMAT não estão dentro das condições de conforto térmico, lumínico e acústico. Logo, o aproveitamento dos alunos poderia ser superior se o espaço construído oferecesse condições para o rendimento das atividades acadêmicas. Visando suprir tais falhas, atualmente faz-se o uso de equipamentos para climatizar e iluminar os ambientes, resultando em elevados gastos energéticos e, por conseguinte econômicos.

Por isso buscou-se oferecer soluções que conferissem as salas de aula uma melhor qualidade ao ambiente, fazendo uso dos meios naturais disponíveis, e assim compor espaços confortáveis, que contribuam para o processo de aprendizagem dos acadêmicos, e com os ideais de sustentabilidade. No entanto esta pesquisa pode ser aprofundada, uma vez que não foi possível dispor de todos os equipamentos necessários para avaliação das salas. Este estudo oferece ainda base para a análise das salas da universidade, servindo como um documento que expõe as condições reais das salas em estudo, oferecendo então informações que podem auxiliar em possíveis intervenções arquitetônicas na Universidade.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Projeto 02: 135.07-003. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998.

CARVALHO, Alessandra Ribeiro. **A cidade**. Barra News. Disponível em: <<http://www.barradobugresnews.com.br/informativo.php?cat=A%20Cidade>>. Acesso em: 29 de Abr. de 2007.

CARNEIRO, Adriana R. **Tratamento Acústico em consultórios odontológicos**. Disponível em: <[www.Sea-acustica.es/guimaraes04/id75.pdf](http://www.Sea-acustica.es/guimaraes04/id75.pdf)>. Acesso em: 10 de maio de 2008.

KRAUSE, Cláudia Barroso et al. **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

LAMBERTS, Roberto, XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis – SC, 2002.

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Augusto de P. **Analysis – CST 2.1**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE. Núcleo de Pesquisa em Construções - NPC. Florianópolis – SC, 2007.

NBR 15215-4: Iluminação Natural - **Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.