

QUANTO CUSTA O CONFORTO AMBIENTAL?

Stelamaris Rolla Bertoli

Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP – rolla@fec.unicamp.br

RESUMO

Existem metodologias em economia que permitem quantificar o custo de processos que não têm custo definido. O conforto ambiental é uma das situações que possivelmente podem ser analisadas sobre esse ponto de vista. Nesse trabalho foi feito um estudo de conforto ambiental de algumas edificações do campus da Universidade Estadual de Campinas. O conforto ambiental foi avaliado sobre os aspectos térmicos, acústicos e luminosos. Medidas de nível de pressão sonora e níveis de iluminação foram realizadas nos diversos ambientes os resultados comparados com as recomendações e normas de conforto. Os parâmetros térmicos: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo e velocidade do ar foram medidos no período de inverno e verão e os resultados analisados segundo Fanger, determinando-se o voto médio estimado e a porcentagem de insatisfeitos. Paralelamente em parceria com pesquisadores da Faculdade de Economia aplicou-se a metodologia de avaliação contingente para quantificar o custo do desconforto. Os resultados da avaliação de conforto ambientais foram confrontados com os da avaliação contingente. Da comparação surgiram algumas diretrizes que irão nortear o projeto de planejamento do campus da UNICAMP.

Palavras chave: conforto ambiental, conforto acústico, conforto térmico, conforto luminoso, avaliação contingente

1. INTRODUÇÃO

O conforto pode ser entendido como uma sensação de bem estar. Essa definição mostra o caráter subjetivo do que venha a ser conforto e da grande quantidade de variáveis que nele interfere. O conforto de um ambiente construído pode ser estudado sobre vários ângulos. Os mais usados são a funcionalidade, o conforto térmico, acústico e luminoso. Neste projeto o conforto foi analisado sob os aspectos térmicos, acústicos e luminosos.

O conforto térmico de um ambiente é essencial para a sensação de bem estar e o bom desenvolvimento das atividades dos usuários. Situação de desconforto, causada seja por temperaturas extremas, falta de ventilação adequada, umidade excessiva combinada com temperaturas elevadas, radiação térmica devida a superfícies aquecidas, pode ser bastante prejudicial. Alguns efeitos físicos desse desconforto podem ser sonolência, alteração de batimentos cardíacos, aumento de sudação. Psicologicamente também se observa alguns efeitos como a apatia e desinteresse pelo trabalho. Dependendo da atividade essa situação pode gerar graves acidentes de trabalho. Os fatores que influenciam o conforto térmico podem ser ambientais ou individuais. Os ambientais dependem das condições climáticas como temperatura, ventilação, radiação solar e umidade relativa. Os individuais estão associados à vestimenta e a atividade (Frota e Schiffer, 1988).

As necessidades de iluminação num ambiente estão relacionadas a uma percepção visual adequada, a qual será conseguida se houver luz em quantidade e qualidade suficientes, (Mascaró, 1989). Além da necessidade de boa iluminação para a execução de tarefas, existem necessidades biológicas inerentes ao ser humano, que afetam o processo de percepção visual e psicológica. A iluminação afeta também a orientação espacial, a manutenção da segurança física e a orientação no tempo. Níveis inadequados de iluminação para determinadas tarefas podem provocar problemas físicos como dor de cabeça e

problemas de visão. Para uma análise e avaliação da qualidade luminosa de um ambiente devem ser considerados: os níveis de iluminação recomendados para a tarefa, os níveis de iluminação observados, uniformidade e níveis de contraste, ofuscamento, cores, insolação direta, iluminação natural e artificial.

O rendimento em atividades que requerem concentração diminui quando no ambiente acontecem níveis sonoros muitos altos. Os ruídos gerados internos ou externos ao ambiente em estudo geram os mesmos efeitos. Os efeitos mais conhecidos são a falta de concentração, irritação e aumento da pressão arterial chegando em alguns casos a perdas auditivas, (Kryter, 1985). Em ambientes onde os níveis sonoros não são altos o suficiente para provocar perdas auditivas, os problemas acústicos estão associados à falta de privacidade e a dificuldade na comunicação verbal. Para análise e avaliação da qualidade acústica de um ambiente devem ser considerados: os níveis sonoros máximos recomendados para a atividade, níveis de ruído internos e externos observados, levantamento das fontes de ruído (níveis, espectro, tempo de duração), isolamento e absorção, (Beranek, 1988).

Aparentemente, todas estas consequências do desconforto ambiental são imensuráveis economicamente. Estes danos causados aos usuários são frutos de uma série de externalidades que não possuem mercado e, portanto, não têm valor monetário. Entretanto, numa economia em que tudo se baseia no preço das mercadorias, é imprescindível a mensuração monetária dos danos para, entre outras coisas, a aplicação de políticas de controle e punição judicial dos infratores.

Embora polêmico, e criticado por muitos, o método de avaliação contingente é atualmente a ferramenta mais confiável para mensuração econômica de bens e serviços sem valor no mercado, (Arrow, 1993). Baseia-se na disposição da população a pagar para evitar um dano ao ambiente, ou a ser compensada pelo dano causado. Apesar da grande controvérsia, é reconhecido e largamente utilizado por diversos organismos internacionais, como base para políticas de proteção ambiental e processos judiciais.

Nesse trabalho apresentamos a avaliação de vários ambientes em seis edificações no campus da UNICAMP sob o ponto de vista térmico, acústico e luminoso. Nos ambientes estudados foi aplicada a metodologia de avaliação contingente para avaliar o custo do conforto ambiental

2. AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL

Como objeto deste estudo, foram selecionadas as seguintes edificações do campus da UNICAMP: Faculdade de Engenharia Civil: Prédio Principal e Prédio Anexo (Comunicação), Instituto de Economia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação (IMECC) e Instituto de Computação (IC).

A escolha das edificações baseou-se na diversidade de tipologias encontradas no Campus. Desta forma foram escolhidos dois prédios de três pavimentos construídos em blocos de concreto, o Prédio Principal e Prédio Anexo (Comunicação) da Faculdade de Engenharia Civil; um prédio tipo galpão, representado pelo Instituto de Computação; o IMECC por ser todo em concreto e possuir uma arquitetura diferente; o Instituto de Economia por ter uma arquitetura também diferente e a sua cobertura em treliças metálicas com um pé direito alto que facilita a ventilação; e o IFCH por ser de alvenaria estrutural.

Nos vários aspectos de conforto foram feitas observações de parâmetros que nele interferem e medições de grandezas que pudessem quantificar esse conforto.

Na parte térmica foram observadas a orientação da construção, arborização e densidade de edificações ao redor do local e feitas as medidas de temperatura de globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, e velocidade do ar. A temperatura de globo foi obtida por termômetro de globo, enquanto as de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido foram realizadas por termômetros de mercúrio. As medidas de velocidade do ar foram realizadas através de anemômetros

O conforto térmico, segundo a ASHRAE (Norma 55/81), é “o estado de espírito que expressa a satisfação com o ambiente térmico”. Para que esse estado de satisfação seja atingido é necessário que “a energia produzida pelo metabolismo seja dissipada na mesma proporção”. Os fatores que determinam o equilíbrio térmico entre o corpo e o ambiente dependem de fatores ambientais como temperatura do ar radiante, temperatura radiante térmica, umidade relativa, ventilação e fatores individuais como atividade desenvolvida e resistência térmica da roupa.

O método de avaliação de conforto térmico usado nesse trabalho foi o método de Fanger (1970) onde foram determinados o Voto Médio Estimado (VME) e a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

Na parte acústica foi observada a localização da edificação quanto a vias de acesso, os tipos de atividades, os tipos de máquinas e equipamentos usados interna e externamente ao edifício, e foram realizadas medidas de níveis de pressão sonora com medidores integradores de níveis de pressão sonora.

Os ruídos que interferem num ambiente podem ter origem em fontes internas ou externas. O incômodo ou desconforto gerado por eles depende basicamente dos níveis de pressão sonora e da freqüência. Outras características como tempo de reverberação, isolamento e absorção podem interferir na qualidade acústica do ambiente.

A avaliação do conforto acústico foi feita com base nas normas brasileiras NBR 10151 e NBR 10152 que estabelecem recomendações de como medir e quais os níveis adequados de conforto para os diferentes tipos de ambientes.

A iluminação de um ambiente pode ser proveniente de fontes naturais ou artificiais. O conforto luminoso depende da quantidade de luz e da maneira como ela é distribuída no ambiente. Nesse trabalho foram avaliados os níveis de iluminação, levando-se em conta tanto à iluminação natural como artificial. Os níveis de iluminação foram medidos por luxímetros. O conforto luminoso foi avaliado segundo as recomendações da NB – 57, que estabelece a quantidade de lux suficiente para diferentes ambientes e atividades.

Para a avaliação térmica foram realizados dois blocos de medição em campo, um relativo ao período de verão, de setembro de 1999 a maio de 2000 e outro relativo ao período de inverno de junho a julho de 2000. Como o clima na cidade de Campinas não tem estações bem definidas, tentou-se realizar as medidas de verão em dias quentes e as de inverno em dias frios. Desta forma, algumas medidas de verão foram realizadas no outono.

Para cada prédio escolhido foram selecionados pelo menos três ambientes, localizados de forma distribuída e em locais mais críticos no que se refere a possíveis problemas de conforto. Por exemplo, a proximidade e o tipo de cobertura (telhado), afetam o conforto térmico; ruas de tráfego intenso e passagem de ônibus exercem forte influência no conforto acústico; proximidade de aberturas, que interferem na luminosidade do local; e diferentes orientações dos ambientes de forma a serem representativos para a edificação. A escolha baseou-se nas observações feitas no local e na vizinhança, e o número de ambientes parece ser bastante significativo para descrever a edificação.

Nas edificações com mais de um pavimento, os ambientes selecionados localizam-se no último pavimento devido à proximidade da cobertura. Assim, no Prédio Principal e Anexo (Comunicação) da Faculdade de Engenharia Civil os ambientes se localizam no segundo pavimento, e no IMECC, no terceiro pavimento.

Nos ambientes escolhidos de cada edificação, foram realizadas medidas em três horários: 8:00, 13:00 e 16:00 horas, para poder perceber as alterações dos fatores térmicos, acústicos e luminosos a serem estudados, e os horários mais críticos, nos quais soluções para se obter o conforto possam ser necessárias. O ponto de medição dos vários parâmetros nas salas foi sempre na posição de trabalho do usuário.

Nos locais onde o recurso de condicionador de ar estava disponível, foram realizadas medidas às 17:00 horas também com os equipamentos ligados e após uma espera de uma hora, para que os equipamentos de medida estivessem estabilizados e o ambiente termicamente controlado. Os parâmetros: ruído e temperatura ambiente foram novamente avaliados para inferir o grau de interferência no ambiente.

3. AVALIAÇÃO ECONOMICA

O método de avaliação contingente é atualmente a ferramenta mais confiável para mensuração econômica de bens e serviços sem valor no mercado, (Arrow, 1993). Baseia-se na disposição da população a pagar para evitar um dano ao ambiente, ou a ser compensada pelo dano causado. Apesar da grande controvérsia, é reconhecido e largamente utilizado por diversos organismos internacionais, como base para políticas de proteção ambiental e processos judiciais.

Ao que tudo indica a avaliação contingente parece também ser o método mais adequado para avaliar economicamente os impactos do ambiente interno inadequado (desconforto). A aplicação de métodos de avaliação indireta, como o custo de produção sacrificada e o custo de reposição, exigiria a obtenção de informações em geral não facilmente disponíveis como, por exemplo, medidas de dose-resposta, dado que se trata principalmente de produção intelectual, (Diamond, 1992).

O estudo pioneiro da Avaliação Contingente foi realizado no início dos anos 60, por Robert K. Davis (apud, Borger 1995), para a obtenção do título de doutorado em economia na Harvard University. Durante o curso sobre métodos de pesquisa no departamento de relações sociais, com o professor Samuel Stouffer, Davis julgou ser possível simular um mercado, mediante uma pesquisa, pela descrição de locais e equipamentos de recreação alternativos para o público.

O método de Avaliação Contingente foi definitivamente aceito após o estudo realizado por Raidall, Ives e Eastman (apud, Borger 1995). Estes avaliaram os aspectos estéticos de unidades recreacionais, usando material de apoio com fotografias para a descrição do bem e a formulação de um leilão com diversas alternativas de instrumento de pagamento para a disposição a pagar(DAP).

No Brasil este método foi amplamente estudado e aplicado na dissertação de mestrado de Gabriela F. Borger, para a obtenção da valoração econômica do meio ambiente. A crescente degradação do ambiente, e seus conseqüentes problemas ambientais, fizeram surgir a preocupação mundial contra a poluição e o uso indevido dos recursos ambientais. Principalmente após os anos 60, iniciaram-se longos debates sobre a capacidade do ambiente para suportar o crescimento econômico. A incorporação da problemática ambiental no pensamento econômico tornou-se mais que necessária.

Dada a natureza pública dos recursos naturais, o indivíduo degradador se exime de arcar com as obrigações dos custos sociais ambientais, gerando externalidades negativas à sociedade.

Para internalização dos problemas ambientais, fazendo com que os devidos responsáveis arquem com os prejuízos ambientais, são propostos mecanismos econômicos de controle, como a taxação dos bens ambientais. E na tentativa de dar um valor para estes bens sem mercado definido, aplicam-se métodos de avaliação econômica.

Das mais evidentes as mais despercebidas, podemos citar uma série de agressões ao ambiente que ocorrem a todo o momento e que são possíveis de valoração pelo método de avaliação contingente. O desconforto do ambiente de trabalho é uma delas pois torna o ambiente inadequado para a atividade proposta, afeta a produtividade e pode até causar danos à saúde do trabalhador. Muitas vezes de responsabilidade do empreendedor, o desconforto pode ser causado pelo mau planejamento e construção inadequada do local de trabalho, causando externalidades negativas aos funcionários que passarão boa parte do dia neste ambiente construído.

As medidas de conforto ambiental coletadas nos prédios selecionados foram comparadas com as recomendações das normas nacionais e internacionais, que estabelecem os padrões adequados de conforto ambiental. Analisada as discrepâncias entre o ambiente observado e o ideal, foi formulado o questionário de avaliação contingente. Na sua aplicação os entrevistados foram informados sobre os riscos decorrentes das inadequações do ambiente de trabalho, e o nível de conforto ambiental pretendido após aplicação das políticas de controle.

Para uma correta avaliação do desconforto, o entrevistado deverá estar plenamente informado sobre as características do ambiente, possíveis conseqüências das inadequações e a política de controle do desconforto sugerida. Esta tarefa coube ao entrevistador, que passou todas as informações necessárias ao entrevistado, sem induzi-lo ou direciona-lo a qualquer resposta (Schumam, 1981). Foram então construídos cenários contendo os níveis atuais e futuros de desconforto ambiental na universidade, para melhor informar os entrevistados sobre as possíveis conseqüências do ambiente inadequado, e as alterações após uma política de controle. Tomou-se o cuidado durante a elaboração do questionário para que as condições de conforto no dia da entrevista, como por exemplo, temperatura ou ruído, não interferissem em suas respostas (Gifford, 1997).

O entrevistado determinou, através de sua máxima disposição a pagar (DAP), qual a mudança aceita de sua renda para a alteração do ambiente de trabalho na Unicamp.

Seguindo as recomendações do NOAA Panel (National Oceanic and Atmospheric Administration), a disposição a pagar (DAP) foi utilizada no lugar da disposição a receber (DAR). A DAR nos forneceria

a disposição mínima da pessoa a receber para compensar o desconforto ambiental. Entretanto, pesquisas comprovaram que a DAR é, na maioria dos casos, significativamente superior a DAP causando uma possível superestimação do bem.

Foi utilizado o modelo referendum, que minimiza o número de respostas nulas. Este modelo apresenta alternativas de respostas SIM/NÃO/NÃO SEI para uma certa DAP. Com a agregação das DAPs individuais, construiu-se a função de distribuição cumulativa, com a aceitação de cada valor proposto para eliminação do desconforto ambiental, como mostra a figura 1.

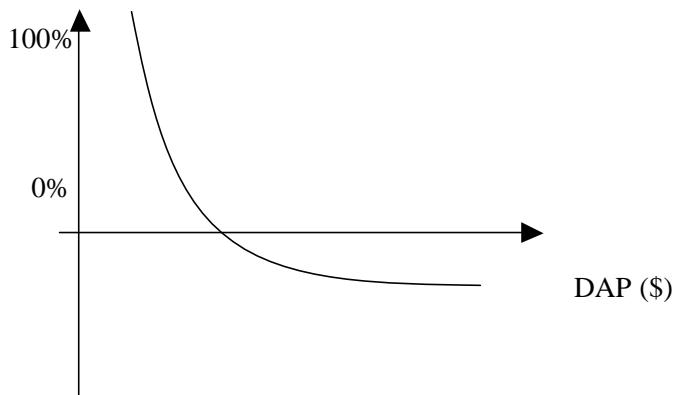


Figura 1 – Função da Distribuição Cumulativa da DAP

O valor agregado total de nossa pesquisa, ou seja, quanto os funcionários estarão dispostos a pagar para eliminar o desconforto ambiental, foi calculado pela média multiplicada pela população total.

Como não se pode agregar DAPs que correspondem a escalas diferentes, as três condições de conforto ambiental estudadas (acústico, térmico e luminoso) foram usadas para se chegar a um único valor. Esse número classificou assim o conforto ambiental em quatro níveis, como combinação das condições térmica, acústica e luminosa, como se pode visualizar na tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de conforto ambiental propostos para Avaliação Contingente

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
* Conforto Térmico * Conforto Luminoso * Conforto Acústico	* Desconforto Térmico * Conforto Luminoso * Conforto Acústico Ou * Conforto Térmico * Desconforto Luminoso * Conforto Acústico Ou * Conforto Térmico * Conforto Luminoso * Desconforto Acústico	* Desconforto Térmico * Desconforto Luminoso * Conforto Acústico Ou * Conforto Térmico * Desconforto Luminoso * Desconforto Acústico Ou * Desconforto Térmico * Conforto Luminoso * Desconforto Acústico	* Desconforto Térmico * Desconforto Luminoso * Desconforto Acústico

Foi aplicado o questionário de avaliação contingente que continha basicamente as informações: identificação do local; características do indivíduo, avaliação do trabalho, avaliação do ambiente de trabalho, avaliação do ambiente ideal de trabalho e Disposição a Pagar

O primeiro modelo de regressão foi ajustado com as variáveis sócio-econômicas e a localização da sala de trabalho. Testou-se a importância de cada uma destas variáveis na determinação da DAP da população.

Analisou-se também a influência de uma DAP hipotética numa pesquisa de valoração. Nesse caso foram expostas duas situações para o entrevistado. Primeiramente, ele foi questionado sob uma situação hipotética, de sua disposição a pagar para eliminar o desconforto ambiental. Na segunda, simulou-se uma situação real, onde sua disposição a pagar foi vinculada a um comprometimento formal de pagamento. Os valores das duas situações foram confrontados para saber-se quanto à formulação de uma situação hipotética pode alterar a disposição a pagar do entrevistado.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

A seguir serão apresentados os resultados e a análise das avaliações de conforto térmico, acústico e luminoso e da avaliação contingente.

4.1 Resultados e análise da avaliação do conforto ambiental

Na tabela 2 apresentamos de forma resumida os resultados das avaliações de conforto térmico, acústico e luminoso das edificações estudadas nos três horários avaliados referentes ao período de verão. As faixas de valores apresentados na tabela representam a união dos resultados de todas as salas avaliadas para cada edificação. As colunas indicam o voto médio estimado (VME), a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI), o nível de pressão sonora (L_{eq}) medido em dB(A), o iluminamento natural (I_{na}) medido em lux, (isto é, sem iluminação artificial) e o iluminamento artificial (I_{art}) medido em lux (isto é, com lâmpadas elétricas acesas).

Usando a mesma estrutura de apresentação, a tabela 3 mostra os resultados das avaliações de conforto térmico, acústico e luminoso das edificações estudadas nos três horários avaliados referentes ao período de inverno.

No aspecto térmico pode-se observar que tanto o prédio principal como o prédio anexo da Faculdade de Engenharia Civil, teve uma alteração nas sensações de conforto térmico do verão para o inverno muito pequena, embora as temperaturas externas nos dois períodos foram muito distintas.

No Prédio do Instituto de Economia, a sensação térmica de conforto era de leve calor e passou para leve frio durante o inverno, podendo ser considerada confortável sob o aspecto térmico. Convém lembrar que isso não ignora a existência de alguns ambientes com desconforto.

O Prédio do IMECC que apresentou conforto em duas das salas estudadas e leve calor às 13:00 e 16:00 horas em uma sala no período de verão, no inverno teve seu valor modificado para leve frio e às 16:00 horas para conforto. Desta forma pode-se considerar que não há desconforto quanto ao aspecto térmico.

No Prédio do Instituto de Computação, que apresentou no verão sensações térmicas de leve calor e calor, com alta porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI), apresentou de maneira geral no inverno a sensação de conforto, e em apenas um ambiente, a sensação de leve calor. Neste caso pode-se considerar que há desconforto no aspecto térmico.

No Prédio do IFCH, obteve-se sensação de leve calor durante o verão, e de maneira geral, conforto no inverno. Portanto não há problema térmico.

Em relação ao conforto acústico, os resultados que excederem os valores recomendados por norma, não estão muito longe dos limites superiores aceitáveis, e não são suficientes para causarem dano à saúde, seja por danos auditivos ou dificuldade de concentração nas atividades exercidas nesses locais. Todos os ambientes selecionados que estão voltados para o corredor sofrem influência do ruído causado pela movimentação de pessoas e os voltados para ruas sofrem influência da circulação de veículos.

No Prédio Anexo (Comunicação) da Faculdade de Engenharia Civil, os valores dos níveis de pressão sonora na maioria dos ambientes estudados excederam o limite superior correspondente ao valor considerado aceitável segundo a NBR 10152, tanto no verão como no inverno. Portanto, há desconforto quanto ao aspecto acústico e que independe de sazonalidade.

No Prédio Principal da Faculdade de Engenharia Civil, o parâmetro acústico somente foi crítico no

inverno, caracterizando a edificação como desconfortável sob este aspecto. Apesar da mesma orientação em relação ao prédio anterior o ruído depende da movimentação interna no edifício e das aberturas externas, podendo ter valores diferentes. Estas duas edificações possuem suas salas separadas por divisórias sendo mais fácil a influência do ruído interno nesses ambientes.

Tabela 2- Resumo dos resultados da avaliação acústica, térmica e luminosa de cada edificação estudada referente ao verão.

Faculdade de Engenharia Civil – Prédio Principal (FEC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.6 a -0.1	12.3 a 5.2	35.9 a 47.3	74 a 397	274 a 654
13	0.0 a 0.8	5.0 a 18.5	37.4 a 43.7	156 a 453	488 a 680
16	0.3 a 1.1	6.5 a 2.2	39.0 a 47.2	29 a 149	338 a 475
Faculdade de Engenharia Civil – Prédio Anexo (FEC-A)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	0.7 a 0.8	14.8 a 17.4	47.4 a 53.3	123 a 350	792 a 1318
13	1.1 a 1.2	29.2 a 36.4	44.3 a 49.5	191 a 257	915 a 1258
16	1.4 a 1.8	45.5 a 66.6	44.9 a 49.0	114 a 127	787 a 1040
Instituto de Economia (IE)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	0.2 a 0.4	6.1 a 7.8	45.6 a 52.2	5 a 68	344 a 460
13	0.5 a 1.0	9.8 a 26.7	44.5 a 51.1	26 a 205	362 a 624
16	1.2 a 1.7	33.5 a 63.6	59.9 a 55.2	18 a 129	380 a 531
Instituto de Matemática e Estatística e Ciências da Computação (IMECC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.3 a 0.5	6.7 a 9.4	43.6 a 48.3	128 a 1755	183 a 499
13	0.2 a 0.6	5.9 a 9.4	49.5 a 57.8	358 a 1054	184 a 1175
16	0.1 a 1.1	5.3 a 28.7	45.6 a 51.7	126 a 184	181 a 499
Instituto de Computação (IC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	0.6 a 0.9	12.3 a 23.3	43.7 a 51.9	116 a 613	354 a 815
13	1.0 a 1.5	26.8 a 50.8	49.7 a 54.3	176 a 612	430 a 893
16	0.8 a 1.8	20.1 a 66.2	46.0 a 57.2	70 a 357	316 576
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	0.9 a 1.0	25.6 a 28.4	59.1 a 65.1	428 a 1132	564 a 1330
13	1.0 a 1.1	28.4 a 32.1	55.1 a 64.1	414 a 643	518 a 768
16	1.1 a 1.2	32.1 a 33.8	56.8 a 63.7	150 a 595	252 a 744

O Instituto de Economia, o IMECC e o de Computação tanto no verão como no inverno, mostraram-se desconfortáveis em relação ao parâmetro acústico. Estes locais estão sobre influência direta do trânsito de automóveis e ônibus. Outro aspecto importante a ser considerado é a existência do pátio interno no IMECC, na qual a movimentação das pessoas interfere no ruído.

O prédio do IFCH apresentou valores de nível de pressão sonora acima do limite aceitável, no verão, sendo classificado como uma edificação desconfortável quanto ao aspecto acústico.

A iluminação natural em cinco das seis edificações estudadas apresentou resultados insatisfatórios, mostrando um problema típico de projeto por não utilizar o recurso iluminação natural através de aberturas bem dimensionadas (há casos até de ausência de aberturas). Somente o IFCH apresentou conforto sob este aspecto. Pode-se perceber que há uma alteração na iluminação natural nos ambientes estudados, nos dois períodos de medição. Isso se deve ao fato do movimento de translação da terra que altera a trajetória do planeta em relação ao sol, modificando assim a iluminação, de acordo com a estação climática. Alguns prédios possuem mecanismos de proteção contra insolação, como brises e

insufilmes. É importante observar que a iluminação artificial mostrou-se na maioria das situações, excessiva e medidas corretivas poderia ser tomadas para evitar o desperdício de energia.

Tabela 3- Resumo dos resultados da avaliação acústica, térmica e luminosa de cada edificação estudada referente ao inverno.

Faculdade de Engenharia Civil – Prédio Principal (FEC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.1 a 0.1	5.1 a 5.4	52.3 a 59.8	39 a 176	167 a 421
13	0.5 a 1.8	9.3 a 65.6	44.8 a 50.8	211 a 380	467 a 614
16	0.7 a 1.7	14.2 a 63.2	46.0 a 52.1	99 a 964	412 a 1230
Faculdade de Engenharia Civil – Prédio Anexo (FEC-A)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.4 a 0.1	7.7 a 5.1	48.1 a 50.3	173 a 347	883 a 1684
13	0.1 a 0.9	5.4 a 21.8	43.3 a 54.0	198 a 398	869 a 1323
16	0.6 a 1.2	13.2 a 32.8	44.4 a 57.7	114 a 288	777 a 1124
Instituto de Economia (IE)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.9 a -0.7	21.4 a 14.1	42.8 a 58.3	7 a 73	304 a 460
13	-0.7 a 0.8	14.1 a 12.2	43.2 a 53.3	7 a 103	300 a 533
16	-0.6 a -0.3	12.2 a 7.3	51.6 a 53.5	3 a 72	300 a 448
Instituto de Matemática e Estatística e Ciências da Computação (IMECC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-1.1 a -0.6	32.6 a 11.5	49.0 a 50.4	108 a 757	425 a 1025
13	-0.6 a 0.1	11.4 a 5.2	46.6 50.1	241 a 653	498 a 953
16	-0.4 a 0.1	8.9 a 13.8	45.1 47.0	173 a 446	418 a 717
Instituto de Computação (IC)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.4 a 0.1	8.0 a 5.1	43.9 a 49.3	55 a 268	335 a 500
13	-0.1 a 0.6	5.2 a 11.8	4307 a 53.7	118 a 593	458 a 848
16	-0.2 a 0.8	5.7 a 17.3	44.6 a 52.5	58 a 277	333 a 532
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
8	-0.6 a -0.2	13.5 a 6.0	39.8 a 46.3	527 a 1301	609 a 1457
13	0 a 0.4	5.0 a 9.2	39.5 a 49.4	224 a 588	367 a 759
16	0.1 a 0.5	5.1 a 9.5	47.0 a 59.7	310 a 600	407 a 780

Das edificações estudadas somente o prédio anexo da Faculdade de Engenharia Civil possui condicionamento de ar. Segundo os usuários das salas avaliadas, o ar condicionado é ligando somente nos idas mais quentes do verão. Com base nessa informação nos dias de verão usados na avaliação o sistema de ar condicionado foi ligado e depois de uma hora quando a homogeneidade e a estabilidade da temperatura foram atingidas essa salas foram reavaliadas. Na tabela 4 os resultados dessa avaliação são apresentados. Observa-se que nas condições térmicas houve uma melhoria, as condições luminosas não sofreram alteração mas os níveis de ruído passaram para a situação de desconforto.

Tabela 4 - Resumo dos resultados da avaliação acústica, térmica e luminosa da edificação com ar condicionado

Faculdade de Engenharia Civil – Prédio Anexo (FEC-A)					
Horário	VME	PEI	L_p (dB(A))	I_{nat} (lux)	I_{art} (lux)
17	0.6 a -1.1	12.9 a 29.8	49.1 a 52.2	34 a 82	793 a 002

4.2 Resultados e análise da avaliação contingente

Com base nos critérios estabelecidos e apresentados na Tabela 1, que fornece os níveis de conforto ambiental propostos para a Avaliação Contingente, classificou-se as edificações da seguinte forma: no nível 4 estão o prédio principal da FEC, o prédio anexo da FEC e o Instituto de Computação, no nível 3 estão o Instituto de Economia e o IMECC e no nível 2 o IFCH.

Os resultados da aplicação dos questionários, cujo objetivo foi caracterizar de forma subjetiva o conforto do ambiente de trabalho na situação real, indicaram que 70% das pessoas consideram o ambiente de trabalho no nível 4 de conforto, 20% no nível 3, 10% no nível 2. A avaliação na situação ideal indicou que 80% espera um ambiente de nível 1 e 20% de nível 2. Esse resultado traduz a idéia de que as pessoas tem até uma certa tolerância ao desconforto.

O valor usado como unidade de disposição a pagar (DAP) foi o salário do usuário do ambiente. Os resultados indicaram que 20% das pessoas pagariam até 15% do seu salário para obter um ambiente adequado, 10% pagariam até 5% do seu salário e 70% das pessoas não pagariam nada. Uma segunda simulação foi feita com a hipótese de que o benefício arrecadado da contribuição retornaria ao usuário no caso do empregador atingir as metas de conforto. O resultado encontrado indicou que 60% das pessoas pagariam até 15% do seu salário, 30% até 5% e 10% continuaria a não pagar. Uma terceira hipótese foi simulada imaginando o usuário como o empregador que deveria pagar ao empregado pelo desconforto avaliado, neste caso os resultados indicaram que 90% pagariam até 15% de acréscimo no salário e 10% não pagaria nada.

5. CONCLUSÕES

As edificações avaliadas apresentam problemas de conforto em pelo menos um dos aspectos (térmico, acústicos ou luminoso). Talvez pela pequena diferença entre os valores de nível de pressão sonora medidos e os recomendados, o desconforto acústico foi mais aceito do que o térmico ou luminoso.

Comparadas edificações de mesma tipologia fica claro a influência da sua implantação no terreno em todos os aspectos de conforto. Das tipologias construtivas estudas a da FEC e do IC são as menos recomendáveis.

As edificações que tem projetos específicos (não padrão) apresentaram menos problemas no aspecto de conforto que os projetos repetidos sem estudo adequado de implantação.

A metodologia de avaliação contingente foi aplicada pela primeira vez em situações de conforto ambiental. Em termos de impactos ambientais com acidentes esta avaliação funciona muito bem. No caso de conforto a avaliação precisa ser aplicada em outras situações para que se tenha uma idéia real de quão bem ela consegue mensurar o quanto custa o conforto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROW, K. et all. **Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation in Resources for the Future**, Washington, 1993.
- ASHRAE - **Handbook of fundamentals** . American Society of Heating , Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 10151 - Avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico**, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NB – 57 “Iluminamentos de Interiores**, 1977.
- BERANEK, L. L. **Acoustical Measurements**, ASA, AIP, Cambridge, 1988.
- BORGER, F.G, **Valoração Econômica do Meio Ambiente**, Dissertação de Mestrado, USP, FEA, 1995.
- DIAMOND, P. A. et all. **Does Contingent Valuation Mesures Preferences ? Experimental Evidence** , Paper presented at the Cambridges Economics. Inc. Symposium . Contingent Valuation : A Critical Assessment, Washington DC, 1992.

- FANGER, O. **Thermal Confort - Analysis and Application in Environmental Engineering**, Copenhagen, 1970.
- FROTA, A. B. E SCHIFFER S. R. **Manual de Conforto Térmico**, Studio Nobel, 1995.
- GIFFORD, R. **Environmental Psychology - Principles and Practice**, Boston : Allyn & Bacon, 1997.
- KRYTER, K. **The effect of noise in man**, Academic Press, New York, 1985.
- MASCARÓ, L. R. **Luz, Clima e arquitetura**, Nobel, São Paulo, 1989.
- SCHUMAN, H. E STANLEV P. **Questions and Answers in Attitude Surveys: Experiments on Question Form, Wording and Context**, New York, Academic Press, 1981.