



## **PERCEPÇÃO SONORA E TÉRMICA EM ESPAÇOS URBANOS ABERTOS DO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - MG**

**Simone Q. S. Hirashima (1); Márcia P. Alucci (2); Leonardo M. Monteiro (3)**

(1) M.Sc., Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, simoneqs@yahoo.com.br

(2) D.Sc., Professora do Dep. de Tecnologia da Arquitetura da FAUUSP, Márcia.alucci@gmail.com

(3) D.Sc., Professor do Departamento de Tecnologia da Arquitetura da FAUUSP, leo4mm@gmail.com

Universidade de São Paulo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Rua do Lago, 876, 05508.080 – São Paulo -SP, Tel.: (11) 3091-4538.

### **RESUMO**

O presente artigo tem como objetivos a apresentação e a análise das respostas dos usuários de espaços urbanos abertos com relação à percepção sonora e térmica, à avaliação de conforto acústico e térmico e à descrição da paisagem sonora local, com base em dados coletados durante o verão, em duas praças do município de Belo Horizonte, MG. Durante os levantamentos de campo, dados acústicos e climáticos foram medidos simultaneamente à aplicação de formulários. O LAeq,T e o PET foram os índices utilizados para caracterização dos ambientes sonoros e térmicos, respectivamente. Os resultados demonstram que, em ambas as praças, grande parte dos entrevistados sentiam calor e percebiam o volume sonoro como alto, sentindo-se desconfortáveis tanto com relação às condições acústicas quanto térmicas no momento da entrevista. Os resultados incluem ainda 1) a descrição do ambiente sonoro e térmico das praças no momento das entrevistas; 2) a descrição das relações entre a percepção térmica, a preferência térmica e a avaliação de conforto térmico; 3) a descrição das relações entre a percepção do volume sonoro, o incômodo causado pelo volume sonoro percebido e a avaliação de conforto acústico; e 4) a identificação de sons da paisagem sonora local e a classificação dos principais sons identificados como agradáveis ou desagradáveis. Espera-se que esses resultados possam vir a contribuir para o esclarecimento de questões relativas ao conforto acústico e térmico em espaços urbanos.

Palavras-chave: conforto acústico urbano, conforto térmico urbano, paisagem sonora.

### **ABSTRACT**

This article aims to present and to analyze city-users' responses with regard to thermal and sound perception, acoustic and thermal comfort evaluation, and local soundscape description, based on data collected in two squares located in the city of Belo Horizonte, MG. Acoustic and climatic data were measured simultaneously with administration of questionnaires during field surveys carried out in the Summer. The LAeq,T and the PET indices were used to characterize the thermal and acoustic environments, respectively. The results show that, in both places, the majority of respondents felt hot and perceived loudness as high, feeling uncomfortable with respect to both thermal and acoustic conditions existing at the time interviews were conducted. The results include 1) a description of the thermal and acoustic environment of each square at the time of conducting the interviews, 2) a description of the relationships between thermal perception, thermal preference and evaluation of thermal comfort, 3) a description of the relationship between perception of loudness, annoyance caused by the perceived loudness and evaluation of acoustic comfort, and 4) identification of sounds of the local soundscape and classification of the main sounds identified as either pleasant or unpleasant. These results may contribute to the elucidation of issues related to acoustic and thermal comfort in urban spaces.

Keywords: acoustic comfort, thermal comfort, soundscape.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as consequências da rápida urbanização das cidades associada a um inexistente ou inadequado planejamento urbano estão o aumento dos níveis sonoros e as alterações climáticas locais. Assim, em espaços urbanos abertos, particularmente nos das grandes cidades de climas tropicais, os usuários estão expostos não somente a níveis sonoros elevados como também a elevadas cargas térmicas, situação que pode gerar tanto o desconforto acústico quanto o térmico. Porém, na maioria das vezes, as relações entre a exposição a condições acústicas e térmicas adversas e a percepção humana dessas são estudadas separadamente. Na pesquisa intitulada *Avaliação de Espaços Urbanos Abertos com Relação ao Conforto Acústico e Térmico de seus Usuários*, que vem sendo realizada em Belo Horizonte – MG, propõe-se, então, uma abordagem integrada para a avaliação do conforto acústico e térmico urbano e para o estudo de seus prováveis efeitos combinados. O objeto de estudo dessa pesquisa é, portanto, a percepção acústica e térmica dos pedestres com relação aos ambientes urbanos, e suas possíveis inter-relações. O presente artigo apresenta os resultados da primeira etapa – coleta de dados de verão – dessa pesquisa.

Em espaços urbanos abertos, tanto os sons quanto os parâmetros microclimáticos possuem grande variação temporal e espacial e podem ser descritos em termos quantitativos (medições ambientais) e qualitativos (voto dos usuários). Tanto o conforto acústico quanto o conforto térmico não dependem unicamente dos níveis sonoros ou dos parâmetros microclimáticos observados, considerados objetivamente, mas também de variáveis subjetivas (aspectos psicológicos e fisiológicos) e do contexto social e cultural em que ocorrem. O estudo do conforto acústico e térmico lida com a subjetividade inerente à percepção, às preferências e à avaliação humana. A percepção humana, que não é uma função linear com relação aos estímulos do ambiente, apresenta dimensões intra e interpessoal, resultando em uma multiplicidade de respostas ao mesmo estímulo.

Dessa maneira, nos estudos sobre a percepção humana de condições ambientais, a análise de dados subjetivos conjuntamente à análise de dados objetivos é de extrema importância. Em seus estudos Yang e Kang (2005) concluíram que a redução nos níveis de pressão sonora não leva necessariamente a um melhor conforto acústico em áreas urbanas. Os mesmos autores afirmam que a avaliação do conforto acústico é muito afetada pelo tipo de fonte sonora, e que a introdução de um som agradável pode melhorar consideravelmente o conforto acústico, mesmo quando seu nível sonoro é bastante elevado (YANG, KANG, 2005). Semelhantemente, Zannin *et. al.* (2003) em seus estudos, identificaram que, apesar de estudos objetivos na cidade de Curitiba mostrarem uma redução nos níveis de poluição sonora urbana, análises subjetivas comprovaram um aumento na percepção dos níveis sonoros urbanos excessivos gerados, principalmente, pela vizinhança. Esta conclusão confirma a importância da análise de dados subjetivos conjuntamente à análise de dados objetivos.

Além disso, a percepção humana é multissensorial, não ocorrendo isoladamente. Sendo assim, a avaliação de um local urbano depende da maneira como este responde às necessidades múltiplas tais como funcionalidade, estética e conforto global (acústica, iluminação, térmica e ventilação) (RAIMBAULT, LAVANDIER, BÉRENGIER, 2003). A maneira como o indivíduo vai perceber e interpretar as sensações está ainda diretamente ligada às representações individuais e coletivas relacionadas a todos os fatores ambientais (PEREIRA, 2003). Múltiplas condições ocorrem simultaneamente, o que mostra a situação de interssensorialidade que caracteriza a relação usuário/ambiente (THIBAUD *et. al.*, 1998 *apud* PEREIRA, 2003). Por esta razão, Kang, Yang, Zhang (2004) ressaltam que a interação entre o conforto acústico e outros fatores como o conforto visual e o térmico também precisam ser considerados na avaliação dos ambientes.

No presente trabalho, para a quantificação das sensações acústicas e térmicas, optou-se, respectivamente, pela utilização do índice Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo, ponderado na curva A (LAeq,T), definido pela ISO 1996 (2007), e do índice Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), introduzido por Höppe e Mayer, em 1987 (MAYER; HÖPPE, 1987 *apud* HÖPPE, 1999). O índice PET é baseado em um modelo de balanço termofisiológico e vem sendo amplamente adotado nas avaliações referentes ao conforto térmico em ambientes externos. Este índice foi previamente calibrado para o município de Belo Horizonte resultando na definição dos seguintes intervalos do PET para os diferentes graus de percepção térmica: abaixo de 12°C – com frio; de 12 a 15,5°C – com pouco frio; de 15,5 a 30,5°C – confortável, de 30,5 a 31°C – com pouco calor; de 31 a 35,5°C – com calor; e acima de 35,5°C – com muito calor (HIRASHIMA *et al.*, 2011). Com relação aos níveis de conforto acústico, a NBR 10.151, da ABNT, é a norma que estabelece nacionalmente procedimentos e critérios para avaliação do ruído em ambientes externos, visando ao conforto da comunidade. Conforme esta norma, o critério de avaliação para áreas mistas, com vocação comercial e administrativa, é de 60dB(A), para o período diurno, e 55dB(A), para o

período noturno. Porém, ainda segundo esta norma, se o nível de ruído ambiente do local for superior aos limites estabelecidos, o nível de critério de avaliação assume o valor do ruído ambiente.

Torna-se clara, portanto, a complexidade da avaliação da percepção acústica e térmica dos ambientes urbanos abertos pelos habitantes das cidades e a necessidade de melhor estudá-la a fim de entender a eventual relação entre conforto acústico e térmico e cada um dos fatores que os influenciam. Como os usuários são o foco principal das tomadas de decisão nas abordagens atuais de planejamento urbano, são fundamentais o estudo das relações entre a percepção sonora e térmica dos ambientes e a avaliação de conforto referente a essas percepções, por meio de uma abordagem ambiental integrada, que considera a multissensorialidade com que os ambientes são sempre percebidos e analisados.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar, com base em dados coletados durante o verão, em duas praças do município de Belo Horizonte, a resposta dos usuários de espaços urbanos abertos com relação à percepção sonora e térmica, à avaliação de conforto acústico e térmico e aos aspectos da paisagem sonora local.

## 3. METODOLOGIA

Pode-se dividir a metodologia empregada na pesquisa em três etapas principais: *etapa de planejamento*, na qual os procedimentos para coleta de dados são desenvolvidos e os levantamentos de campo são organizados; *etapa de coleta de dados*, na qual se procede à coleta de dados, e *etapa de tratamento dos dados coletados*, na qual os dados são processados e analisados.

### 3.1. Etapa de planejamento

A etapa de planejamento iniciou-se com o processo de definição da amostra, que considerou a população adulta (de 20 a 59 anos) e residente ininterruptamente há mais de um ano no município.

A seleção das áreas de estudo considerou características contrastantes da morfologia urbana com relação à arborização, ao fator de visão do céu, à altura dos edifícios, ao tipo de cobertura do solo e à presença de fontes de água, com vistas à obtenção da maior amplitude possível nos valores de LAeq,T e PET. Outros aspectos considerados na definição das áreas de estudo foram a variabilidade de fontes sonoras, tendo, porém, o trânsito de veículos como a principal fonte de ruído, e o intenso fluxo de pessoas, para viabilizar a aplicação de grande número de formulários. Diante destas características, optou-se pela realização dos levantamentos de campo nas Praças da Liberdade e Sete de Setembro (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Praça da Liberdade: área menos verticalizada, com muita área verde, com maior fator de visão do céu, com solo permeável - em grande parte sem pavimentação e com muitas fontes de água. Fonte: Hirashima (2010).

Figura 2 – Praça Sete de Setembro: área muito verticalizada, com poucas árvores, com menor fator de visão do céu, com solo menos permeável – quase todo pavimentado e sem fontes de água. Fonte: Hirashima (2010).

Em cada uma das praças, objetivando a abrangência de grande parte das variações sonoras e climáticas locais, dois pontos foram selecionados para a medição e para a aplicação dos formulários: um ao sol, no local de maior nível de pressão sonora; e outro, à sombra, no local de menor nível de pressão sonora. Ao redor de cada ponto de medição, foi delimitada uma área com fita zebraada (raio de medição,  $r_m=1,5m$ ) na qual apenas a pessoa responsável pela medição tinha acesso aos equipamentos. A delimitação desta área visa a eliminar as eventuais interferências na medição dos níveis sonoros devido à proximidade de pessoas. Da mesma forma, no entorno de cada um dos pontos de medição, determinou-se uma área de aplicação dos formulários (raio de aplicação,  $r_a=30m$ ).

Nesta etapa também foram definidas as variáveis a serem coletadas, ou seja, aquelas que, direta ou indiretamente, influenciam na percepção sonora ou térmica: variáveis acústicas (níveis de pressão sonora – LAeq,1min); variáveis microclimáticas (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, temperatura de globo e temperatura radiante média); variáveis individuais (idade, sexo, altura, peso, taxa metabólica e isolamento térmico da vestimenta, localização do entrevistado no sol ou na sombra e sensibilidade às

condições climáticas e aos sons) e variáveis subjetivas (percepção do volume sonoro, incômodo relacionado ao volume sonoro, avaliação de conforto acústico além da percepção, avaliação e preferência de sensações térmicas). Foram também coletadas informações sobre a percepção da paisagem sonora local (identificação de sons e classificação destes como agradáveis ou desagradáveis). Além dessas informações foram coletados alguns dados-controle, os quais se relacionam aos aspectos físicos, psicológicos e culturais que podem influenciar nas respostas dos indivíduos (local de moradia e profissão).

A elaboração da parte do formulário referente à percepção acústica e à avaliação de conforto acústico considerou os estudos da *The International Commission on the Biological Effects of Noise* (FIELDS *et al.*, 2001), a ISO/TS 15.666 (2003), que especifica um método para medir o incômodo causado pelo ruído em residências por meio de pesquisas socioacústicas, e os estudos de Pereira (2003). Já a elaboração da parte do formulário referente à percepção térmica e à avaliação de conforto térmico considerou a norma internacional ISO 10551 (1995), a qual estabelece as escalas de julgamento subjetivo de ambientes do ponto de vista térmico. Com vistas a tornar a coleta de dados mais eficiente, utilizou-se um formulário único, contendo questões abertas e fechadas, com as duas primeiras questões eliminatórias e com as últimas questões com dados possíveis de serem coletados por meio de observação como, a atividade física, o sexo, a vestimenta, a localização ao sol ou à sombra dos entrevistados, dentre outros. Os formulários válidos, aqueles não eliminados nas duas primeiras questões e, portanto, considerados na pesquisa, abrangeram indivíduos aclimatados às condições climáticas dos ambientes externos no momento da entrevista e que não apresentavam visivelmente problemas de audição ou nenhuma das várias situações previamente estabelecidas que alterassem a percepção de sensações acústicas ou térmicas no momento das entrevistas.

A escolha dos instrumentos de medição e também os procedimentos utilizados para obtenção das variáveis medidas observaram as recomendações da norma NBR 10.151 (2000), para os dados de acústica, e ISO 7726 (1998), para os dados microclimáticos. Anteriormente à realização dos levantamentos de campo, todos os instrumentos de medição utilizados foram calibrados e/ou aferidos, assim como os formulários e os procedimentos gerais de coleta de dados foram testados por meio de pré-testes realizados em campo.

Os levantamentos de campo foram precedidos de treinamento da equipe.

### **3.2. Etapa de coleta de dados**

A etapa de coleta de dados ocorreu durante os dias 11/03/2013, na Praça da Liberdade, e 13/03/2013, na Praça Sete de Setembro. Buscando ainda registrar a maior amplitude sonora e térmica diurna possível, a coleta de dados foi realizada durante o período das 7 às 17h.

Os instrumentos de medição (termohigrômetro, termômetros de globo e anemômetro) foram montados em tripés, a 1,1m de altura, 30 minutos antes do início dos levantamentos, tempo necessário para a estabilização das medidas dos termômetros de globo. Os medidores de nível de pressão sonora foram fixados em outro tripé, a 1,2m de altura. Todos os dados foram registrados a cada 5 minutos.

### **3.3. Etapa de tratamento dos dados coletados**

A etapa de tratamento dos dados coletados iniciou-se com o cálculo da  $T_{mrt}$ , do PET, do  $L_{Aeq,10h}$  e dos níveis estatísticos de acústica ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ). Para o cálculo da  $T_{mrt}$ , com base nos valores de temperatura de globo cinza, de 40mm, utilizou-se a equação estabelecida pela ISO 7726(1998), para convecção forçada, uma vez que as medições foram realizadas em ambientes abertos. O PET foi calculado por meio da utilização de um programa computacional desenvolvido na Universidade de Freiburg, versão de J. HOLST (2007). O cálculo do  $L_{Aeq,10h}$ , com base nos valores registrados em campo, foi realizado por meio da utilização da equação estabelecida pela NBR 10.151, da ABNT. Utilizou-se uma planilha do Microsoft Excel® para o cálculo dos valores de  $L_{Aeq,10h}$  e dos níveis estatísticos de acústica ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ). A análise descritiva apresentada neste artigo foi realizada por meio da utilização do Microsoft Excel®.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

A seguir serão apresentados e analisados os resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa, durante a qual foi aplicado um total de 835 formulários válidos: 359 na Praça da Liberdade e 476 na Praça Sete de Setembro, que corresponde a um erro amostral de, aproximadamente 7%.

### **4.1. Variáveis individuais**

A Tabela 2 apresenta as variáveis individuais e os dados-controle, coletados durante os levantamentos de campo.

Tabela 2 – Variáveis individuais e dados-controle - levantamento de campo de verão.

	Praça da Liberdade (%)	Praça Sete de Setembro (%)		Praça da Liberdade (%)	Praça Sete de Setembro (%)
<b>Sexo</b>			<b>Localização durante a entrevista</b>		
Masculino	51,5	52,6	Sol	40,3	21,1
Feminino	48,5	47,4	Sombra	59,7	78,9
<b>Idade (anos)</b>			<b>Atividade física</b>		
20-29	40,6	34,6	Sentado	26,7	31,6
30-39	23,9	27,7	Parado em pé	39,6	46,9
40-49	20,2	26,5	Andando	33,3	21,5
50-59	15,3	11,2	Correndo	0,4	0
<b>Altura (m)</b>					
<1,50	0,8	1,1			
1,5-1,59	14,2	11,4			
1,6 – 1,69	42,9	35,8			
>1,7	42,1	51,7			
<b>Peso (Kg)</b>			<b>Sensibilidade às condições climáticas</b>		
<50	7	7,6	Friorento	21,7	17,7
50-59	18,9	10,4	Calorento	54,3	61,9
60-69	25,3	28,1	Nem um nem outro	20,6	19,6
70-79	32,6	30,7	Não sabe dizer	3,4	0,8
>80	16,2	23,3			
<b>Vestimenta (clo)</b>			<b>Sensibilidade aos sons</b>		
0,3	21,2	18,1	Muito sensível aos sons	26,5	27,5
0,5	57,7	59,2	Mais ou menos sensível aos sons	48,7	45,6
0,7	19,5	21,7	Nada sensível aos sons	18,7	23,9
1	1,4	0,8	Não sabe dizer	6,1	3,0
1,5	0,3	0,2			

#### 4.2. Variáveis acústicas e microclimáticas medidas em campo

As Figuras 3 e 4 apresentam, para ambas as praças analisadas, as séries de dados microclimáticos medidos (temperatura do ar e umidade relativa) e calculados (temperatura radiante média).

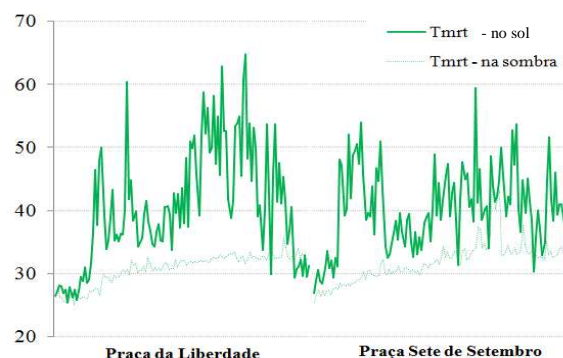
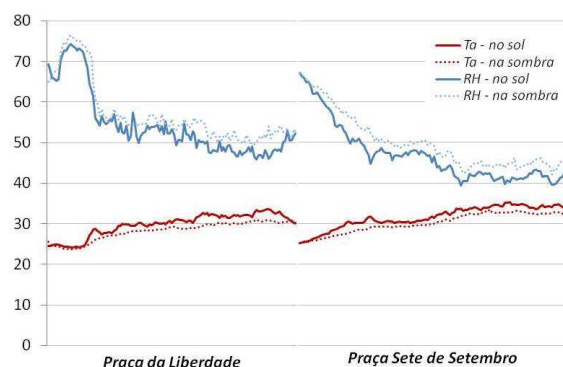


Figura 3 - Série temporal de dados medidos de Temperatura do Ar (Ta) e Umidade Relativa (RH) para os levantamentos de campo.

Figura 4 - Série temporal de Temperatura Média Radiante (Tmrt) para os levantamentos de campo realizados.

Os valores de mínimo, média, mediana, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficientes de variação para a temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo e temperatura radiante média, tanto para os pontos localizados no sol, quanto para os localizados na sombra, em ambas as praças, são apresentados nas Tabelas 3 e 4. Os valores de mínimo, máximo e média para velocidade do vento, de moda para direção do vento e de nebulosidade são apresentados na Tabela 5. Quanto à nebulosidade, os dados referem-se aos registros da estação meteorológica principal de Belo Horizonte, operada pelo 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET). Os registros foram realizados às 9h (12 UTC) e às 15h (18 UTC), considerando o horário local sem correção para o horário de verão.

Tabela 3 - Valores de temperatura do ar e de umidade relativa para o levantamento de campo de verão.

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)
<b>Mínimo</b>	23,7	24,2	49,5	45,8	25,2	25,2	42,1	39,3
<b>Média</b>	28,3	29,8	57,1	54,4	30,2	31,7	50,1	47,0
<b>Mediana</b>	28,8	30,2	54,5	52,1	30,1	31,8	48,8	45,1
<b>Máximo</b>	31,0	33,6	76,4	74,2	33,5	35,3	66,9	67,2
<b>Amplitude</b>	7,3	9,4	26,9	28,5	8,3	10,0	24,8	27,8
<b>DP</b>	2,2	2,8	7,6	8,0	2,4	2,7	6,7	7,0
<b>CV (%)</b>	7,8	9,3	13,3	14,7	8,0	8,4	13,4	14,9

Tabela 4 - Valores de temperatura de globo cinza, 40mm, e de temperatura radiante média para o levantamento de campo de verão.

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)
<b>Mínimo</b>	24,3	24,9	25,0	25,4	25,4	25,9	25,4	26,9
<b>Média</b>	28,9	31,9	30,8	40,5	30,8	33,3	31,8	40,1
<b>Mediana</b>	29,5	32,5	31,8	39,4	31,1	33,6	32,1	39,6
<b>Máximo</b>	31,6	36,6	35,6	64,8	37,2	38,0	45,2	59,4
<b>Amplitude</b>	7,3	11,8	10,6	39,4	11,8	12,1	19,9	32,5
<b>DP</b>	2,2	3,3	2,4	9,3	2,5	2,9	3,2	6,4
<b>CV (%)</b>	7,6	10,4	7,7	23,0	8,0	8,8	10,0	15,9

Tabela 5 - Valores de velocidade do vento, direção do vento e nebulosidade para o levantamento de campo de verão.

	Praça da Liberdade						Praça Sete de Setembro					
	Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)		Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)	
	Min	Med	Max	Moda	9h	15h	Min	Med	Max	Moda	9h	15h
<b>Sombra</b>	0	0,7	2,5	315	8	4	0	0,3	1,5	0	4	4
<b>Sol</b>	0,2	1,3	4,7	315			0,1	1,4	5,3	315		

Com relação aos dados microclimáticos, nota-se que, em ambas as praças, os registros de temperatura do ar foram bastante elevados. Em alguns momentos do dia, os valores de temperatura do ar medidos ultrapassaram os valores da média anual de temperatura máxima, 27,1°C e também os valores de temperatura máxima registrada para o mês de fevereiro nas Normais Climatológicas, que é o mês que apresenta o valor mais elevado do ano: 28,8°C. As condições térmicas registradas neste levantamento de campo representam, portanto, uma situação de calor extremo para o município de Belo Horizonte, cuja temperatura média anual é de 21,1°C.

Com relação aos valores de umidade relativa, os menores registros ocorreram no sol. Os valores registrados permaneceram, em grande parte do período de medição, abaixo da média anual para o município de Belo Horizonte, que é de 72,2%.

Os valores calculados de temperatura radiante média para os pontos localizados na sombra apresentam menor variabilidade e menor dispersão que os valores dessa variável estimados para o ponto do sol. Essa grande variabilidade e dispersão dos dados calculados para o ponto do sol são previsíveis, uma vez que os parâmetros temperatura do ar, temperatura de globo e velocidade do ar, utilizados no cálculo da Tmrt, foram também mais variáveis e mais dispersos quando medidos no sol.

Os maiores valores de velocidade do vento foram registrados nos pontos localizados no sol, visto que, estes pontos estavam situados em locais mais abertos, sem obstáculos ao fluxo do vento. A direção do vento predominante na Praça da Liberdade foi noroeste, em ambos os pontos, e na Praça Sete de Setembro, norte, para o ponto localizado na sombra e noroeste para o ponto localizado no sol.

Durante os levantamentos de campo, o céu estava parcialmente nublado (por volta de 12h) a aberto (à tarde), condição esta bem típica do verão. Como as medições foram realizadas em dias diferentes, não é possível comparar os valores medidos na Praça da Liberdade com os valores medidos na Praça Sete de Setembro. Porém, de um modo geral, os valores de temperatura registrados foram um pouco mais altos no dia do levantamento de campo realizado na Praça Sete de Setembro.

As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, a série de dados calculados para o índice PET e a série de dados medidos do índice LAeq, para ambas as praças.

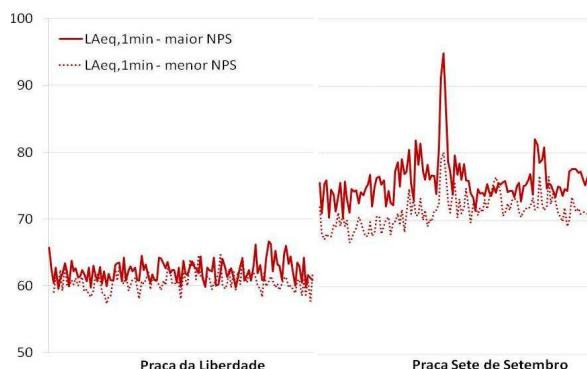


Figura 5 - Série temporal de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para os levantamentos de campo realizados. Figura 6 - Série temporal de dados medidos de níveis de pressão sonora equivalentes - L<sub>Aeq,1min</sub>.

Os valores de mínimo, média, mediana, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficientes de variação para a temperatura equivalente fisiológica, tanto para os pontos localizados ao sol, quanto para os localizados na sombra, em ambas as praças, são apresentados na Tabela 6. Esses mesmos valores são apresentados também na Tabela 6 para os níveis de pressão sonora equivalentes – 1 min – ponderados na curva A, tanto para os pontos localizados no local onde foram medidos os mais baixos níveis de pressão sonora durante os pré-testes realizados, quanto para os pontos localizados no local onde os maiores níveis de pressão sonora foram medidos nos pré-testes. Esta tabela apresenta ainda os valores dos níveis estatísticos para o L<sub>Aeq</sub>, considerando todo o tempo de medição (10h). Ressalta-se que, nesta tabela, para os valores de L<sub>Aeq,1min</sub>, foi considerado como média o valor do L<sub>Aeq,10h</sub>, e como mediana, o valor do L<sub>50,10h</sub>.

Tabela 6 - Valores de temperatura equivalente fisiológica (PET) e dos níveis de pressão sonora equivalentes -1min- ponderados na curva A (L<sub>Aeq, 1min</sub>) para o levantamento de campo de verão.

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)	L <sub>Aeq,1min</sub> dB(A) (menor NPS)	L <sub>Aeq,1min</sub> dB(A) (maior NPS)	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)	L <sub>Aeq,1min</sub> dB(A) (menor NPS)	L <sub>Aeq,1min</sub> dB(A) (maior NPS)
<b>Mínimo</b>	23,3	23,1	57,3	59,6	25,4	24,0	66,7	70,4
<b>Média/L<sub>Aeq,10h</sub></b>	28,7	33,4	60,9	62,5	31,2	34,5	72,1	79,3
<b>Mediana/L<sub>50,10h</sub></b>	29,2	33,8	60,5	62,2	31,5	35,2	71,1	75,4
<b>Máximo</b>	32,0	41,4	64,7	66,7	38,6	42,4	80,2	95
<b>Amplitude</b>	8,7	18,4	7,4	7,1	13,2	18,3	13,5	24,6
<b>DP</b>	2,5	4,7	1,4	1,5	2,6	4,0	2,4	3,4
<b>CV (%)</b>	8,6	14,0	2,3	2,4	8,2	11,5	3,3	4,3
<b>L<sub>10,10h</sub></b>	-	-	62,2	64,2	-	-	74,2	78,7
<b>L<sub>90,10h</sub></b>	-	-	58,9	60,3	-	-	68	72,8
<b>L<sub>10-L90</sub></b>	-	-	3,3	3,9	-	-	6,2	5,9

Com relação ao índice PET, os valores mais elevados de PET referem-se aos registros realizados no sol. Esse resultado é coerente com os apresentados para as variáveis climáticas, uma vez que, nas situações em que as medições foram realizadas no sol, os valores calculados eram superiores aos medidos na sombra, repercutindo também em valores mais elevados do índice PET. Porém, nem sempre os valores medidos no sol resultavam em valores mais altos de PET para este ponto, uma vez que, também no ponto localizado no sol foram medidos os mais elevados valores de velocidade do vento.

Com relação aos valores do L<sub>Aeq</sub>, os valores mais elevados foram registrados na Praça Sete de Setembro. Nota-se que, na Praça da Liberdade, além de os valores de L<sub>Aeq,10h</sub> serem mais baixos para ambos os pontos de medição, a menor amplitude dos valores medidos mostra que o nível sonoro não é tão variável quanto na Praça Sete de Setembro, na qual a amplitude dos valores medidos foi maior, indicando uma maior variabilidade dos níveis sonoros, e na qual também os valores de L<sub>Aeq,10h</sub>, foram bastante elevados. Tanto os valores de L<sub>90,10h</sub> quanto os valores da diferença L<sub>10-L90</sub>, ambos bastante relacionados à sensação de incômodo na literatura, o primeiro por representar a condição mais característica do ruído medido e o segundo por representar as variações bruscas dos níveis sonoros, foram mais elevados nos registros realizados para a Praça Sete de Setembro.

### 4.3. Variáveis subjetivas coletadas por meio da aplicação de formulário

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para ambas as praças analisadas, com relação à percepção de sensações térmicas (Figura 7), à preferência de sensações térmicas (Figura 8), à avaliação de conforto térmico (Figura 9), à percepção do volume sonoro (Figura 10), ao incômodo causado pelo volume sonoro (Figura 11) e à avaliação de conforto acústico (Figura 12).

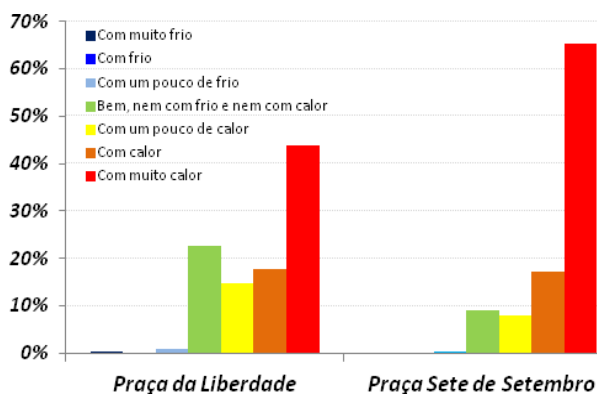


Figura 7 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção de sensação térmica.

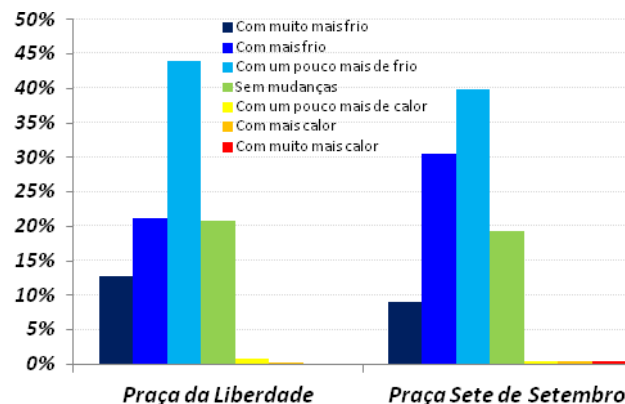


Figura 8 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a preferência de sensação térmica.

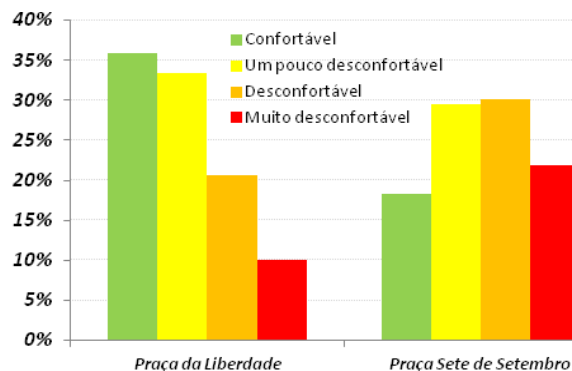


Figura 9 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto térmico.

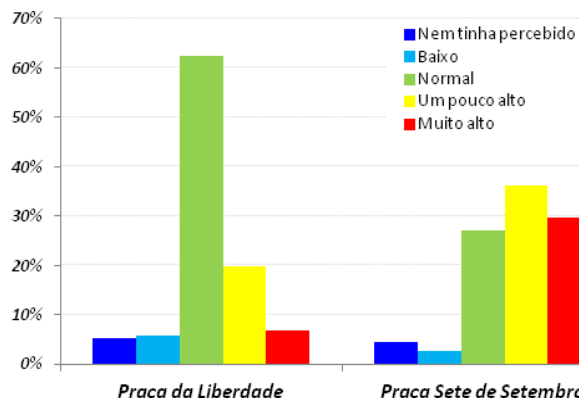


Figura 10 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção do volume sonoro.

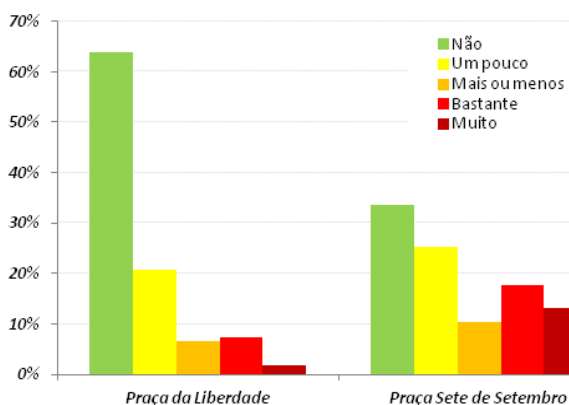


Figura 11 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre o incômodo causado pelo volume sonoro.

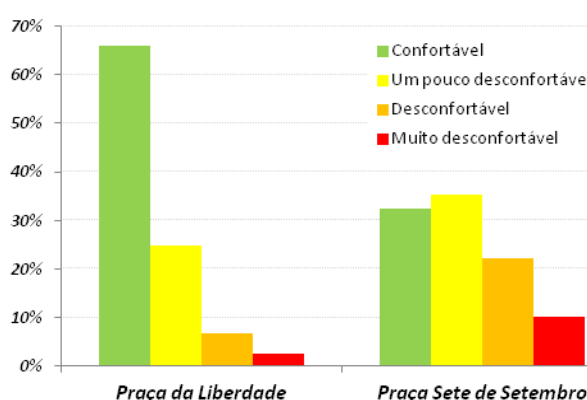


Figura 12 - Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto acústico.

A partir da análise dos dados, pode-se observar que, nas condições térmicas apresentadas no item 4.2, deste artigo, com relação à percepção de sensação térmica (Figura 7) e à avaliação do conforto térmico (Figura 9), em ambas as praças, a maioria dos entrevistados reportaram que estavam com algum grau de calor e, portanto, desconfortáveis. Uma pequena porcentagem reportou que estava bem, confortável. Este resultado está em conformidade com a calibração deste índice para ambientes externos, realizada por



Hirashima *et al* (2011). Analisando a série temporal do PET apresentada na Figura 5, pode-se observar que, para a maior parte do tempo estudado, os valores de PET ficaram acima do limite superior do intervalo de conforto definido por Hirashima *et al* (2011), que é de 30,5°C. Da mesma forma, durante um grande período do tempo estudado, os valores de PET ficaram acima de 35,5°C, limite acima do qual as pessoas estão com muito calor, segundo a calibração realizada por Hirashima *et al* (2011). Coerentemente com este resultado, com relação à preferência de sensações térmicas (Figura 8), também em ambas as praças, a maioria dos entrevistados afirmaram que prefeririam estar sentindo mais frio em algum grau no momento da entrevista, e apenas uma pequena parcela deles prefeririam as condições térmicas como estavam no momento.

Nas condições acústicas apresentadas no item 4.2, na Praça da Liberdade, a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro existente no momento das entrevistas como normal, afirmando que este volume sonoro não os incomoda, e que, portanto, estavam confortáveis. Já na Praça Sete de Setembro, 65% dos entrevistados consideraram o volume sonoro do momento da entrevista alto em algum grau, sendo que, 29,6% o consideraram muito alto. Nesta praça, 66,4% dos entrevistados reportaram que o volume sonoro existente no momento da entrevista causava algum grau de incômodo, e que estavam, portanto, desconfortáveis. Apenas 32,4% dos entrevistados afirmaram estar confortáveis. Ao analisar a série temporal do índice LAeq,1min apresentada na Figura 6, pode-se notar que, na Praça da Liberdade, os valores medidos em campo oscilaram em torno dos 60dB(A), estando, em grande parte do período considerado, um pouco acima deste valor, que é o limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT. Era de se esperar, portanto, que uma maior parte das pessoas reportassem desconforto também nesta situação. Isso demonstra certo grau de tolerância por parte dos usuários urbanos com relação aos elevados níveis sonoros existentes na Praça da Liberdade. Já a série temporal do LAeq,1min referente aos dados medidos para a Praça Sete de Setembro oscila na faixa de 65 a 80dB(A), representando níveis sonoros bem acima do limite estabelecido pela NBR 10.151, da ABNT, o que pode explicar o alto percentual de pessoas que consideraram o volume sonoro desta praça no dia da entrevista como muito alto e desconfortável.

#### **4.4. Descrição e avaliação da paisagem sonora**

Durante os registros das respostas dos usuários com relação à identificação dos sons e à classificação destes como agradáveis ou desagradáveis foi considerada apenas a primeira evocação espontânea dos sons pelos pedestres.

Com relação à identificação dos sons, em ambas as praças, os sons mais citados foram de carros, do trânsito e de ônibus, nesta ordem. Se considerarmos carros e ônibus na mesma categoria de trânsito, o trânsito responde por 84,4%, na Praça da Liberdade, e por 62%, na Praça Sete de Setembro, das evocações espontâneas referentes à identificação dos sons no momento da entrevista. Após o trânsito, os sons citados mais frequentemente foram de pássaros (4,2%) e de conversas (2,5%), na Praça da Liberdade, e de música de rua (16%) e de conversas (8%), na Praça Sete de Setembro. Além desses sons, na Praça da Liberdade, foram identificados sons de fonte de água e de obras, dentre outros, e, na Praça Sete de Setembro, foram identificados sons de fala ao microfone, carro de som, música de lojas, obra, dentre outros. Ressalta-se que pouquíssimos sons naturais, como o de pássaros, vento, folhas foram identificados na Praça Sete de Setembro.

Com relação aos sons considerados agradáveis, na Praça da Liberdade foram citados, nesta ordem: pássaros (38,4%), nenhum (30,9%), fonte de água (11,4%) e vento (5%). Na Praça Sete de Setembro foram citados, nesta ordem: nenhum (77,1%) e música de rua (12,1%), dentre outros. As respostas dos entrevistados com relação aos sons agradáveis chamam muita atenção, uma vez que a maioria deles não identificou nenhum som agradável na Praça Sete de Setembro e, da mesma forma, quase 1/3 deles não identificou nenhum som agradável na Praça da Liberdade. Em primeiro lugar na Praça da Liberdade o som dos pássaros foi apontado como agradável por 38,4% dos entrevistados, enquanto na Praça Sete de Setembro esse som foi apontado por apenas 0,8% dos entrevistados.

Ao serem questionados sobre os sons considerados desagradáveis, os entrevistados das duas praças concordaram com relação ao principal som desagradável: o som do trânsito que, de uma maneira geral, foi apontado por 74,7% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 53,8% dos entrevistados na Praça Sete de Setembro. A opção nenhum foi citada por 20,3% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 18,9%, na Praça Sete de Setembro. Na Praça Sete de Setembro, foram também apontados como sons desagradáveis aqueles provenientes de conversas, música de rua e de lojas, sons mecânicos, gritos, fala ao microfone, dentre outros.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo analisar a resposta dos usuários de espaços urbanos abertos com relação à percepção sonora e térmica, à avaliação de conforto acústico e térmico e aos aspectos da paisagem sonora local, com base em um levantamento de campo realizado durante o verão, em duas praças do município de Belo Horizonte, MG. Os resultados demonstram que, considerando as condições microclimáticas no momento da entrevista, em ambas as praças, a maioria dos entrevistados reportaram que sentiam calor, que estavam desconfortáveis e que prefeririam estar sentindo mais frio. Percebe-se que, com relação ao ambiente térmico, as respostas dos pedestres foram coerentes entre si e entre as praças, que possuíam condições microclimáticas semelhantes. Esses resultados estão também em conformidade com a calibração do índice PET para o município de Belo Horizonte, previamente realizada por Hirashima *et al.* (2011). Considerando o ambiente sonoro no momento da entrevista, na Praça da Liberdade, a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro normal e afirmaram que este volume não os incomoda, se sentindo confortáveis. Na Praça Sete de Setembro, porém, o inverso ocorreu: a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro alto e afirmaram que este volume os incomoda, se sentindo desconfortáveis. Dessa forma, com relação ao ambiente sonoro, apesar de os níveis sonoros médios (LAeq,10h) terem ultrapassado o limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT em ambas as praças, as respostas dos pedestres foram bem divergentes. Isso pode ser explicado tanto pela grande diferença nos valores de LAeq,10h calculados para cada uma das praças: aproximadamente 15dB(A) de diferença, sendo os maiores valores medidos na Praça Sete de Setembro, quanto também pela diferença nas paisagens sonoras locais. Na Praça da Liberdade a maioria das pessoas consideraram sons naturais (pássaros, vento, fonte de água, dentre outros) como agradáveis, enquanto que, na Praça Sete de Setembro, nenhum som agradável foi citado pela maioria dos entrevistados. Em ambas as praças o som mais frequentemente identificado, considerando a primeira evocação espontânea, foi o proveniente do trânsito, sendo este som o principal som classificado, pela maioria dos entrevistados, como desagradável.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- FIELDS, J.M. *et al.* Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. **Journal of Sound and Vibration**. v.242, n.4, p. 641-679, 2001.
- HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG**. 225f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S.; FERREIRA, D.G. Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – ELACAC, Búzios, 2011, **Anais...Búzios**, XI ENCAC/VII ELACAC, 2011.
- HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 71-75, 1999.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. Genève, 1998.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10551**: Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Genève:1995.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 15666**: Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Genève:2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996**: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels. Genève:2007.
- KANG, J.; YANG, W.; ZHANG, M. *Sound environment and acoustic comfort in urban spaces*. In: Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach. Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces – RUROS, 2004
- MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 38, p. 43-49, 1987 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 71-75, 1999.
- PEREIRA, M. Percepção Sonora no espaço público: indicadores de tolerância ao ruído na cidade do Rio de Janeiro. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC- COTEDI, Curitiba, 2003, **Anais...Curitiba**, ENCAC 2003.
- Physiological Equivalent Temperature (cálculo baseado no MEMI): software. Versão desenvolvida por HOLST, J. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2007.
- RAIMBAULT, M.; LAVANDIER, C.; BÉRENGIER, M. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities. **Applied Acoustics**. v.64, p.1241-1256, 2003.
- YANG, W.; KANG, J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. **Applied Acoustics**. v.66, p.211-229, 2005.
- ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J.A.C. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. **Environmental Impact Assessment Review**. v.23, p.245-255, 2003.