# ESTUDO SOBRE INTERFERÊNCIAS DA MORFOLOGIA URBANA NA PERCEPÇÃO TÉRMICA HUMANA[1]

KRÜGER, E., Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e-mail: ekruger@utfpr.edu.br; COSTA, T., UTFPR, e-mail: atamiriscosta@gmail.com

**ABSTRACT**

*Thermal perception entails to a certain extent contextual aspects which are taken into account when subjects express their thermal votes to a given indoor or outdoor space. This study concentrates on human cognition and preconceptions of thermal behavior from 3D imagery. Urban scenes have been uploaded to the Roundme 3D-image repository and a questionnaire has been used with volunteer participants who filled out online responses to questions regarding thermal perception. A differentiation of the scenes was noticed despite the absence of information regarding location, season and time of day of the scenes. Depending on the climate region respondents came from, a different relationship was noticed regarding sky openness, which reinforces the hypothesis of human cognition in studies focusing on thermal perception.*

***Keywords**: Urban climate, outdoor thermal comfort, cognition, 3D Imagery.*

## 1. INTRODUÇÃO

O ambiente urbano é o resultado da interação de elementos que abrangem componentes físicos, climáticos, econômicos e culturais. Por sua vez, o clima urbano é um sistema resultante da interação entre fenômenos naturais e as atividades antrópicas ocorridas nas cidades (OKE, 1987).

Um planejamento urbano adequado deve trazer não apenas redução de impactos ambientais como também oferecer qualidade de espaços para uso de pedestres, com espaços abertos permeáveis, com riqueza visual, ventilados, com boa insolação, entre outros fatores. A percepção desses espaços pelo usuário é dada a partir de processos de cognição.

Reis e Lay (2006) definem cognição como sendo o processo de construção de sentido na mente, um acúmulo de experiências cotidianas prévias, sendo a cognição complementar à percepção. A percepção é de natureza sensorial, relacionada à experiência direta com o ambiente. A cognição, por sua vez, confere valor e significado às sensações, formando uma imagem na memória do indivíduo. Esse processo gera expectativas sobre o ambiente, respostas pré-programadas que se traduzem em comportamentos e atitudes em relação a determinadas situações. Segundo Santaella (2012), pesquisas empíricas revelam que 75% da percepção é visual, 20% é sonora, e os 5% restantes são referentes aos outros sentidos.

Para Knez (2003), é possível que as pessoas criem um entendimento do microclima a partir de características visuais do ambiente, por exemplo,

1 KRÜGER, E.; COSTA, T. Estudo sobre Interferências da Morfologia Urbana na Percepção Térmica Humana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

associando espaços com maior amplitude a um maior potencial de ventilação. Quanto a esse aspecto, Knez (2013) sugere que experiências prévias em determinado local (ou situações semelhantes vivenciadas no passado) são compartilhadas por pessoas de mesma origem. A partir desta ótica, podem-se esperar julgamentos diferenciados de certos ambientes, dependendo da paisagem da infância, hábitos ao ar livre, situação habitacional, entre outros, em conjunto com fatores demográficos, como idade e gênero.

Para Okamoto (2002), o indivíduo tem a sensação do ambiente pelos estímulos advindos deste, porém sem ter a consciência disso. Em função do número de estímulos, a mente seleciona os aspectos de interesse, ou aqueles que tenham chamado mais atenção, ocorrendo a percepção (imagem) e a consciência (pensamento), o que resulta em uma resposta que irá conduzir a um comportamento.

Knez (2003) ainda subdivide a relação comportamental entre pessoas e ambiente. O microclima percebido pelo espectador pode ser em grande parte influenciado pela existência de fatores climáticos como forte insolação e ventos, e por aspectos morfológicos do entorno, como edifícios muito altos ou áreas muito abertas. Desta forma, o ambiente térmico ao ar livre é afetado não apenas por parâmetros meteorológicos, como a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade do ar, o vento e a precipitação (THORSSON et al., 2004), mas também em grande parte pelo morfologia urbana vivenciada (RATTI e RICHENS, 2004) e aspectos como cobertura superficial do solo (JOHANSSON, 2006).

Em trabalho recente, Krüger et al. (2017) analisaram percepções térmicas da população local em ruas de pedestre na região do Centro do Rio de Janeiro e verificaram que a morfologia dos espaços pesquisados impacta em parte a percepção térmica reportada pelos transeuntes. Maior adensamento foi associado a condições de estresse térmico por calor mais acentuadas, havendo comportamento oposto quando o estresse por calor se tornou forte. Essa relação com a morfologia, porém, desaparece completamente, quando o nível de estresse térmico atinge condições extremas.

A relação entre percepção e morfologia urbana está atrelada a alguns fatores morfológicos da paisagem. A primeira variante que pode ser identificada é a relação de volumes existentes, altura de prédios versus largura da via (ou "relação H/W"), ou seja, a geometria do cânion urbano. Outra variante que se pode analisar é o Fator de Visão do Céu (FVC), um indicador da quantidade de céu visível num dado ponto (CHAPMAN; THORNES, 2004), cujo valor de 0 a 1 representa ambientes completamente obstruídos até áreas sem qualquer obstáculo entre o ponto escolhido e o céu, respectivamente.

O presente estudo debruça-se sobre os processos de percepção e cognição, investigando a influência da arquitetura – morfologia urbana - na cognição humana e de fatores moderadores atrelados à leitura da paisagem: densidade urbana, fator de visão do céu, experiência vivencial

dos indivíduos. Pretende-se analisar se os fatores moderadores estudados exercem interferência na leitura dos espaços; se, por exemplo, quanto mais denso um cânion urbano, maior a sensação de frio percebida, ou quanto maior a amplitude do espaço, maior a percepção de calor.

## 2. MÉTODO

A pesquisa teve como base a aplicação de questionário online envolvendo questões pessoais do respondente e, em seguida, questões sobre a percepção térmica de três cenas urbanas apresentadas de forma sequencial. Desta forma, a avaliação das cenas ocorre em ambiente virtual a partir de imagens coletadas em locais previamente analisados em pesquisa anterior acerca do conforto no espaço aberto (ROSSI, 2012).

### 2.1. Amostragem

A amostra é composta por professores, pesquisadores e demais membros da lista de e-mails conforto-ambiental@googlegroups.com, do GT CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA da ANTAC. A enqute ocorreu no início de ano de 2018.

No total, participaram da pesquisa 52 voluntários, os quais avaliaram três cenas urbanas, resultando em 156 respostas. A amostra é predominantemente do sexo feminino (65%) e com maior concentração de respondentes na faixa etária de 25-40 anos. Com exceção da Zona Bioclimática (ZB) 5, todas as ZBs brasileiras estão de alguma forma representadas na amostra, tanto como local de origem do respondente como quanto ao local de preenchimento do questionário, com alguns respondentes no exterior. Como a coleta das respostas foi feita de maneira online, sem controle das condições térmicas no local de preenchimento, uma das questões abordava a presença ou não de condicionamento de ar no ambiente onde o respondente se encontrava. Pouco mais da metade se encontrava em ambiente naturalmente ventilado durante o preenchimento do questionário online.

### 2.2 Cenas projetadas

Três pontos do centro de Curitiba, localizados em ruas de pedestre, foram registrados fotograficamente com a câmera Ricoh Theta (https://theta360.com/en/), a qual captura imagens em 360º. Os registros foram realizados no dia 30 de abril de 2017, um domingo, no período das 6h20 às 7h20 da manhã. As condições meteorológicas daquela data e horário das tomadas registradas pela estação automática Curitiba-A807/Código OMM: 86933A807 da rede do INMET indicavam uma temperatura ambiente de 13ºC, com umidade relativa de 82%, sem ocorrência de precipitação no dia e no dia anterior. A velocidade do vento mensurada foi de 1m/s. A temperatura máxima do dia foi de 19ºC, apresentando radiação máxima de 556 Wh/m².

As imagens foram exibidas aos participantes através do repositório Roundme (https://roundme.com/), uma plataforma que permite um tour virtual em 360º pelas cenas ali disponíveis. Não foram apresentados metadados quando a data e horário das tomadas, tampouco informações sobre as condições climáticas de cada cena.

As cenas fotografadas foram escolhidas dentre 18 pontos estudados por Krüger, Minella e Rasia (2010), em pesquisa envolvendo monitoramento de campo para determinar o impacto da geometria urbana no conforto térmico em ambientes externos e na qualidade do ar, a partir da qual foi possível obter informações sobre o Fator de Visão do Céu (FVC) de cada ponto.

Uma representação como imagem contínua de cada cena é mostrada abaixo (Figuras 1-3). Observe-se, porém, que tais imagens devem ser visualizadas no Roundme como imagens 360° (no endereço eletrônico informado).

Figura 1 – Cena 2 (Cânion urbano acentuado, com FVC = 0,20) -



Disponível em 3D através do link: https://roundme.com/tour/157388/view/398014/

Fonte: Os autores

Figura 2 – Cena 4 (Cânion urbano em cruzamento, com FVC = 0,34)



Disponível em 3D através do link: https://roundme.com/tour/166018/view/420831/

Fonte: Os autores

Figura 3 – Cena 14 (Praça com amplitude, com FVC = 0,55)



Disponível em 3D através do link: https://roundme.com/tour/166023/view/420846/

Fonte: Os autores

## 2.3. Aplicação de questionários

O questionário desenvolvido possui uma série de questões iniciais envolvendo dados pessoais, questões relacionadas às condições térmicas percebidas na imagem, assim como à sensação térmica experimentada pelo respondente no ambiente no qual se encontrava durante o preenchimento online.

Durante o preenchimento, foi solicitado ao respondente que visualizasse cada uma das três cenas e respondesse as questões referentes à mesma, quais sejam:

Em relação aos fatores abaixo relacionados, como você percebe as condições climáticas da cena?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Calmo | | | | Com vento |

Em relação à temperatura, como você percebe as condições climáticas da cena?

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Frio | | | | Quente |

Quantos graus você acredita que marcaria no termômetro na cena?

| < 0º | 0°C - 5°C | 5°C - 10°C | 10°C - 15°C | 15°C - 20°C | 20°C - 25°C | 25°C - 30°C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

A sensação térmica em relação à cena é de:

| Forte estresse para o frio | Moderado estresse para o frio | Pouco estresse para o frio | Sem estresse térmico | Pouco estresse para o calor | Moderado estresse para o calor | Forte estresse para o calor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

Com relação ao ambiente no qual se encontrava o respondente, a questão correspondente foi a seguinte:

A sensação térmica em relação ao ambiente em que está agora é de:

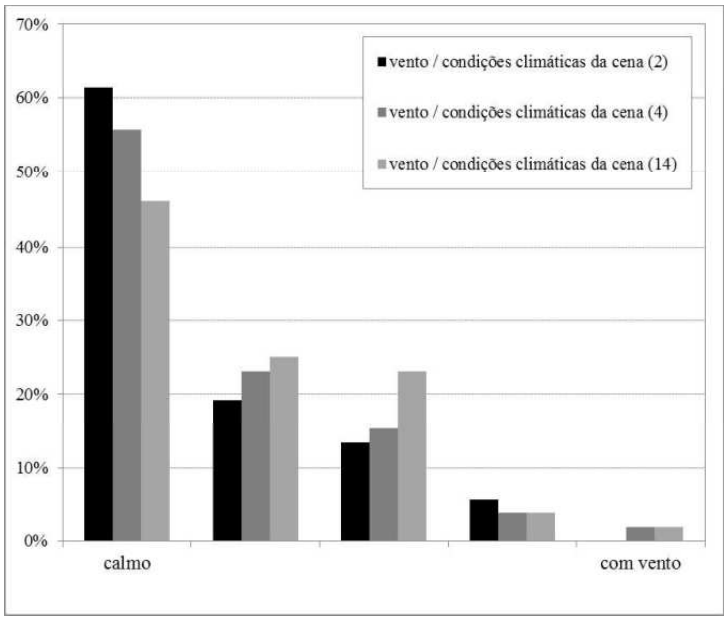
| Forte estresse para o frio | Moderado estresse para o frio | Pouco estresse para o frio | Sem estresse térmico | Pouco estresse para o calor | Moderado estresse para o calor | Forte estresse para o calor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

## 3. RESULTADOS

Os resultados podem ser interpretados graficamente, por meio de diferenças numéricas entre categorias de resposta e por significância estatística (valor p).

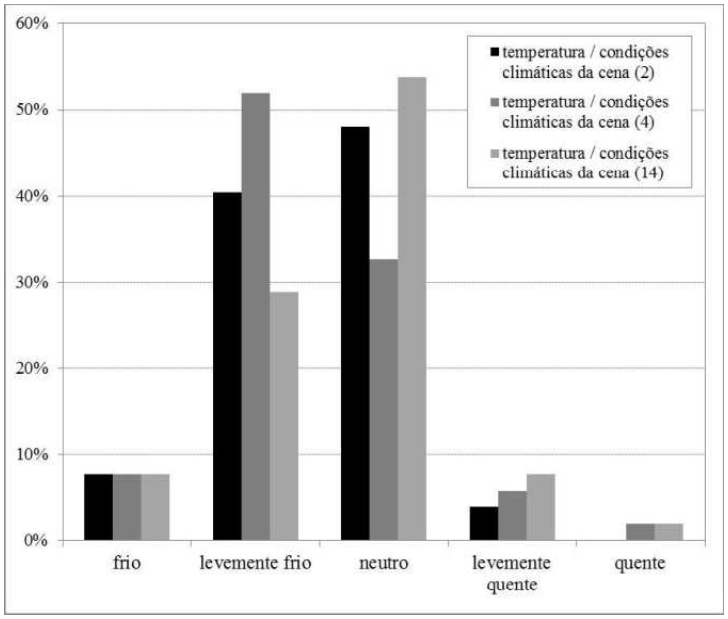
Uma comparação entre resultados para as quatro questões relativas às cenas é apresentada nas Figuras 4-7. O último gráfico incorpora também as respostas obtidas para a situação presente onde se encontrava o respondente.

Figura 4 – Respostas em porcentagem de votos para a questão 1



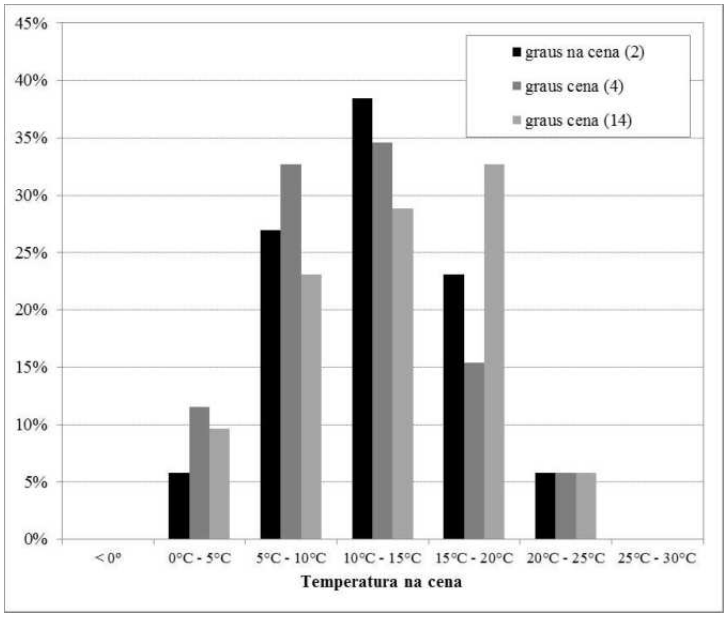
Fonte: Os autores

Figura 5 – Respostas em porcentagem de votos para a questão 2



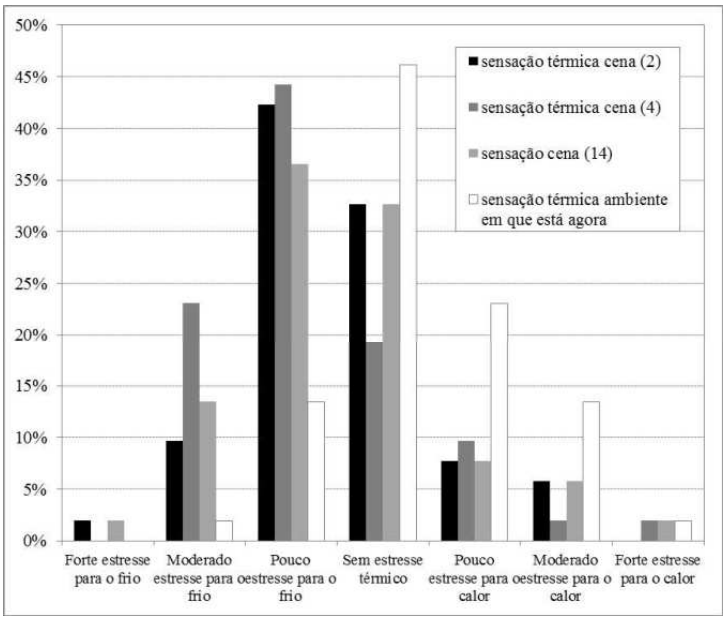

Fonte: Os autores

Figura 6 – Respostas em porcentagem de votos para a questão 3




Fonte: Os autores

Figura 7 – Respostas em porcentagem de votos para a questão 4




Fonte: Os autores

Nota-se em todos os casos que, mesmo sem terem recebido qualquer informação a respeito da data, época do ano ou horário do dia da captura da imagem, os participantes criaram uma diferenciação para as condições microclimáticas entre as cenas.

Interessante notar que a situação de vento calmo (1m/s) foi corretamente estimada pela maior parte dos respondentes e nas três cenas apresentadas (Figura 4). Da mesma forma, para as cenas 2 e 4, a estimativa de temperatura ambiente (entre 10ºC e 15ºC) predominante coincide com a temperatura ambiente das (Figura 6).

Para a questão 1, que tratava das condições de vento, a cena 2, situação de cânion urbano, foi percebida como predominantemente calma (>60% das respostas), enquanto a cena 14, praça aberta, teve maior variação de respostas, atingindo uma situação com vento. Para a questão 2, curvas de normalidade mostrariam uma tendência para a direita (mais quente) na transição para a situação de campo aberto (praça). Para a questão 3, as faixas de temperatura das cenas 2 e 4 estão uma categoria abaixo da faixa sugerida para a cena 14. Finalmente, para a questão 4, nota-se uma clara distinção dos participantes entre o ambiente que ocupavam e as cenas que observaram no Roundme.

Tais resultados são apresentados em termos de médias na Tabela 1, com informação sobre significância estatística (valor p).

Tabela 1 – Médias obtidas por questão (n=52)

| | Questão 1 (5 pontos) | Questão 2 (5 pontos) | Questão 3 (7 pontos) | Questão 4 (7 pontos) |
|---|---|---|---|---|
| Cena 2 | 1.63 | 2.48 | 3.96 | 3.52* |
| Cena 4 | 1.73 | 2.42 | 3.71 | 3.29* |
| Cena 14 | 1.90 | 2.67 | 4.02 | 3.56* |
| Ambiente de preenchimento | - | - | - | 4.38* |

* p<0,05

Fonte: Os autores

Embora a maior parte dos resultados não tenha atingido significância estatística, os valores médios indicam uma distinção feita pelos participantes da pesquisa quanto a diferenças climáticas percebidas pelos mesmos.

A partir das informações obtidas na primeira parte do questionário (caracterização dos respondentes), pôde-se separar a amostra em dois grupos distintos: respondentes originários de regiões quentes (ZBs 7 e 8, ao todo 16 pessoas) e aqueles vindos de regiões com nítida estação de inverno (ZBs 1, 2 e 3, ao todo 29 pessoas, incluindo dois participantes argentinos).

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos em termos de médias e significância estatística, para as questões 2 e 3, na comparação entre as cenas 2 e 14, com menor e maior SVF, respectivamente. Além dessa classificação, criaram-se dois outros grupos, definidos pelas condições climáticas (ZBs) nas quais os respondentes residiam no momento de preenchimento (Tabela 3).

Tabela 2 – Médias obtidas por questão por ZB de origem do respondente

| | Questão 2 | Questão 3 | Questão 2 | Questão 3 |
|---|---|---|---|---|
| | ZBs 1-3 (n=29) | | ZBs 7-8 (n=16) | |
| Cena 2 | 2.5* | 4.0 | 2.4 | 4.0 |
| Cena 14 | 2.9* | 4.1 | 2.3 | 3.8 |

* p<0,05

Fonte: Os autores

Tabela 3 – Médias obtidas por questão por ZB do local de preenchimento

| | Questão 2 | Questão 3 | Questão 2 | Questão 3 |
|---|---|---|---|---|
| | ZBs 1-3 (n=27) | | ZBs 7-8 (n=17) | |
| Cena 2 | 2.5 | 3.9 | 2.4 | 4.0 |
| Cena 14 | 2.7 | 4.1 | 2.4 | 3.9 |

Fonte: Os autores

Novamente, não se notou significância estatística na maior parte dos resultados, porém há uma tendência oposta nos dois grupos em relação à influência do aumento da exposição ao céu. No grupo originário de regiões quentes (ZBs 1-3), praças urbanas parecem sugerir maior exposição ao calor.

No grupo de respondentes originário de regiões com inverno característico, tais locais são associados a condições ligeiramente mais frias que cânions urbanos. A mudança de ZB para o local de preenchimento (cerca de 1/3 dos dois grupos analisados na Tabela 3), não trouxe mudanças notáveis nessas relações.

Ressalte-se que, embora as diferenças observadas sejam pequenas, essas podem indicar tendências a serem comprovadas com amostras mais robustas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo descrito é exploratório e baseia-se nas respostas de membros da lista de discussões do GT CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA da ANTAC. A amostra é pequena e permite apenas impressões sobre tendências observadas. A atual fase da pesquisa envolve uma amostra residente no local de estudo, podendo corroborar ou refutar resultados apresentados no artigo. Dos resultados obtidos, notam-se principalmente duas situações relacionadas à cognição e percepção dos respondentes: 1) diferenciação térmica entre cenas, a partir do contexto visual apresentado em cada uma; 2) distinção térmica das cenas em relação ao local onde se deu o preenchimento. Reforça-se a hipótese de mapas mentais e preconcepção dos espaços do ponto de vista térmico, mesmo na ausência de informação sensorial (sensação térmica).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos membros da lista de e-mails conforto-ambiental@googlegroups.com, do GT CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA da ANTAC, sem os quais a pesquisa não teria sido realizada.

## REFERÊNCIAS

CHAPMAN, L.; THORNES, J. E. Real-time sky-view factor calculation and approximation. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 21, n. 5, p. 730-741, 2004.

JOHANSSON, E. **Urban design and outdoor thermal comfort in warm climates: studies in Fez and Colombo**. Tese de Doutorado (PhD in Architecture), Housing Development & Management, Lund University, Lund, Suécia, 2006.

KNEZ, I. Memories for climate and places. **In: 5th International Conference on Urban Climate (ICUC-5)**. 2003. p. 69-72.

KRÜGER, E. L.; MINELLA, F. O.; RASIA, F. Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. **Building and Environment**, v. 46, n. 3, p. 621-634, 2010.

KRÜGER, E.; DRACH, P.; BROEDE, P. Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 463-475, 2017.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento: visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação.** São Paulo: Editora Mackenzie, 2002.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. Londres: Routledge, 1987.

RATTI, C.; RICHENS, P. Raster analysis of urban form. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 31, n. 2, p. 297-309, 2004.

REIS, A. T. L.; LAY, M. C. D. Avaliação da qualidade de projetos - uma abordagem perceptiva e cognitiva. **Ambiente Construído**, v.6, n.3, p. 21-34, 2006.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação de sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. Tese (Doutorado em Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTAELLA, L. **Percepção: fenomenologia, ecologia, semiótica.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

THORSSON, S.; LINDQVIST, M.; LINDQVIST, S. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. **International Journal of Biometeorology**, v. 48, n. 3, p. 149-156, 2004.