



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

TÚNEL DE VENTO E VEGETAÇÃO – POSSIBILIDADE DE ENSAIOS?

Lucila Chebel Labaki (1); Alessandra R. Prata-Shimomura (2); Loyde Abreu (3); Edson Matsumoto (4); Gabriela Celani (5); Adna Queila M. Oliveira (6) e Amanda Regina dos Santos (7)

(1) PhD, Professora, Departamento de Arquitetura e Construção, lucila@fec.unicamp.br

(2) PhD, Pesquisadora, Departamento de Arquitetura e Construção, arprata.shimo@gmail.com

(3) Doutoranda, Departamento de Arquitetura e Construção, loydeabreu@gmail.com

(4) PhD, Pós-Doutorando, Departamento de Arquitetura e Construção, edmatsu@widesoft.com.br

(5) PhD, Professora do de Arquitetura e Construção, celani@fec.unicamp.br

(6) Iniciação Científica Junior, Departamento de Arquitetura e Construção, adnaqueilla@hotmail.com

(7) Iniciação Científica Junior, amanda_regina_santos@yahoo.com.br

(1, 2, 3, 4, 6 e 7) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, LACAF, Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada.

(5) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, LAPAC, Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção.
Avenida Albert Einstein, 951, Cid. Univ. "Zeferino Vaz", cep: 13083-852, Campinas/SP, tel:(19)3521-2909.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se à pesquisa realizada por bolsista de Iniciação Científica Júnior, com apoio de professores e pesquisadores do LACAF, Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada, bem como do Grupo de Pesquisa em Conforto Térmico no Ambiente Construído: avaliação de desempenho e eficiência energética. Esta comunicação técnica pretende apresentar um estudo sobre a possibilidade de simulação em túnel de vento de espécies arbóreas. Serão realizados ensaios para duas espécies arbóreas (o ipê-amarelo - *Tabebuia chrysotricha* e a mangueira - *Mangifera indica*), modeladas de forma diferenciadas, com a finalidade de verificar alterações dos resultados dos perfis de vento obtidos nos ensaios.

O estudo da vegetação é importante, pois tem a capacidade de modificar a paisagem ao longo do ano a partir da densidade da copa. Conhecer a influência do efeito da vegetação no perfil da velocidade de vento é essencial para planejamento de espaços abertos e influência no clima local. Por exemplo, pode-se ter um ambiente sombreado e confortável no verão, e ensolarado e quente no inverno, Figura 1. Estudar como agrupamentos arbóreos, com espécies diferentes, contribuem para o entendimento do conforto térmico no ambiente construído e prestam à paisagem urbana uma nova oportunidade de construir diferentes cenários (Figura 2).

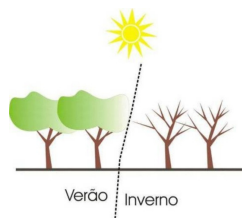


Figura 1 – Variação da densidade da copa ao longo do ano (ABREU, 2008).

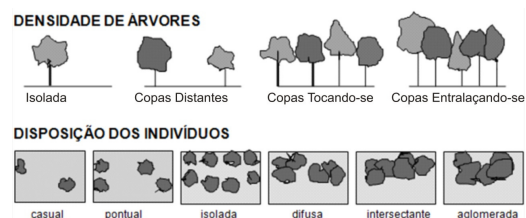


Figura 2 – Estratégias de plantio. (adaptado de PEIXOTO et al, 1995).

2. OBJETIVO

Esta comunicação técnica tem como objetivo a verificação de alterações de resultados de ensaios em túnel de vento, em decorrência da reestruturação da forma dos elementos de vegetação (espécies) a serem simulados.

Espera-se que alterações no perfil de velocidade do vento ocorram em função de agrupamentos, ou não, de espécies individuais e em meio urbano.

3. MÉTODO

Este trabalho está sub-dividido em 3 fases: 1) Ensaio piloto. Realização de ensaio em túnel de vento de espécie arbórea, utilizando-se modelo simplificado; 2) Modelos das espécies arbóreas: fabricação digital e modelagem paramétrica; 3) Ensaio em túnel de vento: os ensaios serão divididos em 2 etapas: a) etapa 1: ensaio com modelos físicos das duas espécies estudadas na escala 1:50. Serão reproduzidos os ensaios realizados no pré-teste; b) etapa 2: ensaio com trecho de área urbana. Este ensaio será realizado com modelo físico na escala 1:500 de trecho urbanizado. Serão elaboradas 2 medições com o modelo sem vegetação e com vegetação.

3.1. Ensaio piloto: modelo simplificado

O pré-teste foi realizado com a construção do modelo físico reduzido de três tipos de agrupamentos arbóreos: 1) copas distantes com duas linhas em ziguezague; 2) copas tocando-se com duas linhas paralelas, e 3) copas entrelaçando-se com duas linhas em ziguezague. A escala adotada foi 1:50. Os materiais para a confecção dos modelos foram placas de MDF com espessura igual a 40 mm; bolas de isopor com diâmetro igual a 50 mm; lápis (para simular o tronco das árvores); cola de isopor; e cola de madeira.



Figura 3 – Foto com o modelo reduzido: 1) copas distantes com duas linhas em ziguezague; 2) copas tocando-se com duas linhas paralelas, e 3) copas entrelaçando-se com duas linhas em ziguezague

3.2. Modelos das espécies arbóreas: fabricação digital e modelagem paramétrica

Objetivando a produção dos modelos de espécies arbóreas com maior grau de detalhe que as bolas de isopor tradicionalmente utilizadas em estudos deste tipo, estão sendo utilizados dois recursos inovadores: a fabricação digital e a modelagem paramétrica.

A fabricação digital consiste na produção de modelos físicos diretamente a partir de modelos geométricos digitais de modo totalmente automatizado, com equipamentos de controle numérico (Celani e Pupo, 2008). Esses equipamentos podem trabalhar por processo aditivos, subtrativos ou formativos. Neste estudo está sendo utilizada uma técnica aditiva conhecida como impressão 3D, que consiste em imprimir um líquido aglutinante formando seções do objeto em camadas sucessivas de material em pó, semelhante ao gesso. O equipamento utilizado neste estudo será a Impressora 3D ZCorp 310Plus, disponível no Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção da FEC-Unicamp.

Para a modelagem geométrica digital, optou-se por um sistema de modelagem paramétrica, que permite gerar facilmente todas as variações necessárias do modelo, sem que haja a necessidade de reiniciar o trabalho desde o princípio a cada alteração necessária (Monedero, 2000). O sistema paramétrico permite que sejam estabelecidas variáveis e seus intervalos de valores possíveis, que podem ser ajustados a posteriori por meio de alterações no código de programação ou de controles interativos, como "slider bars", atualizando o modelo conforme a necessidade. O sistema de modelagem paramétrica utilizado neste estudo foi o Grasshopper, um plugin para o software Rhinoceros. Tendo em vista o fato de que, além de diferentes alturas e diâmetros, as árvores também possuem diferentes perfis, textura e permeabilidade ao vento, imaginou-se um modelo físico das espécies arbóreas que representasse todas essas características, ainda que de forma simplificada. Contudo, a fabricação manual de representações com esse nível de detalhe é muito difícil, o que nos levou a optar pela modelagem geométrica digital e posterior fabricação automatizada.

A representação do volume da árvore com seu perfil característico pode ser facilmente obtida por meio da modelagem de um sólido de revolução. Contudo, o volume obtido é completamente fechado, não representando adequadamente a permeabilidade ao vento. A modelagem completa de uma árvore, com todos os seus galhos e folhas, não seria possível, por um questão de escala. A folha no mundo real possui uma espessura de décimos de milímetros, que, na escala do modelo (e.e. 1:50, 1:500) seria impossível de reproduzir. Tendo em vista a representação simplificada da permeabilidade das espécies arbóreas, optou-se

por representá-las como esferas ocas perfuradas, o que viabiliza a reprodução mesmo em escalas muito pequenas, mas com uma simulação do efeito desse elemento sobre a passagem do vento mais eficiente que com o uso de modelos totalmente opacos. Com o uso da modelagem paramétrica foi possível determinar diferentes níveis de perfuração dos modelos de espécies arbóreas, facilitando sua produção por fabricação digital em diferentes versões para teste. A Figura 4 mostra um exemplo de uma imagem do software Grasshopper com a definição paramétrica do modelo arbóreo perfurado (a), com a representação geométrica resultante exibida na tela do software Rhinoceros (b).

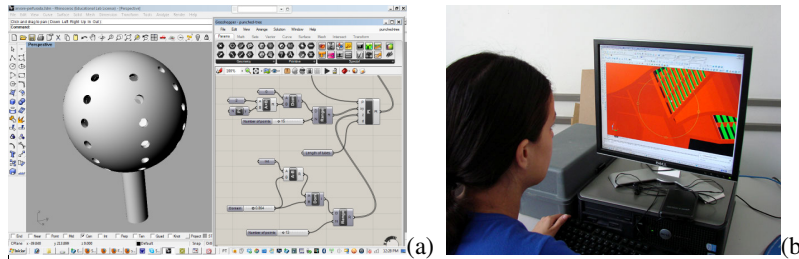


Figura 4 – Imagem do software Grasshopper com definição paramétrica (a) e representação geométrica (b).

Por se tratar de um trabalho em andamento, espera-se verificar a viabilidade do uso de outros materiais para a construção de modelos, tais como materiais fibrosos, telas metálicas; que imaginamos, para isso, que será necessário elaborar modelos isolados das espécies em escala maior do modelo (ex. 1:50).

3.3. Ensaio em túnel de vento: Ensaio Piloto

O ensaio em túnel de vento do piloto foi realizado no Túnel de Vento de Camada Limite Atmosférica do LACAF - Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada/UNICAMP. O túnel possui seção de ensaio de 90cm de largura por 80cm de altura e comprimento de 4,5m. A velocidade máxima de ensaio é da ordem de 20m/s e o equipamento utilizado para as medidas de perfil de velocidade do vento foi o anemômetro de fio quente, Figura 5.



Figura 5 – a) Túnel de vento e b) Instalação do anemômetro de fio quente (Autor: Edson Matsumoto).

A disposição dos modelos reduzidos dos agrupamentos arbóreos foram posicionados para o ensaio, levando-se em consideração a orientação do vento e o posicionamento dos sensores (paralelos e perpendiculares), Figura 6. Foram colocados três sensores de velocidade do vento de fio quente em três posições e foram registrados os dados para as velocidades de: 2m/s, 8m/s e 13m/s.

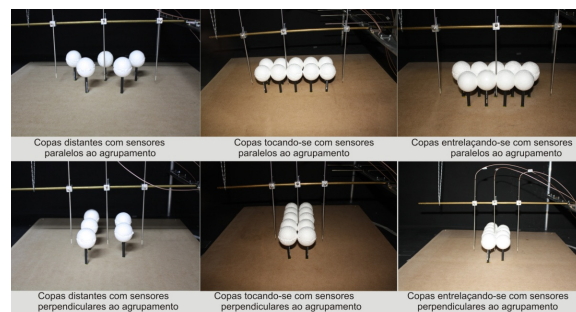


Figura 6 – Disposição dos modelos no túnel de vento.

3.4. Ensaio em túnel de vento: Desenvolvimentos futuros

Os próximos passos desta pesquisa serão: 1) simulação das duas espécies arbóreas como no ensaio piloto (a) ypê-amarelo e (b) mangueira (Figura 7); e 2) simulação de modelo físico de um trecho de área urbana (em escala 1:500) com e sem vegetação (Figura 8).

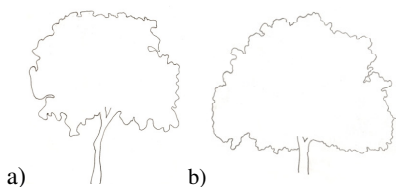


Figura 7 – Contorno das espécies que terão fabricação digital e modelagem paramétrica (Loyde Abreu).

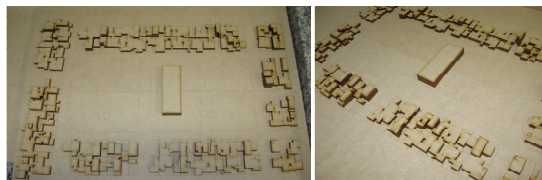


Figura 8 – Modelo físico de trecho urbano. (elaborado por Alessandra Prata-Shimomura, Adna Queila Oliveira e Amanda dos Santos).

4. RESULTADOS PARCIAIS

4.1. Ensaio Piloto

Para o pré-teste foram realizados três ensaios com posicionamento diferenciado das espécies e com velocidades diferentes. Para esta comunicação serão apresentados os resultados para as três velocidades com o modelo de copas entrelaçando-se em 2 linhas paralelas e zigzagueando. Os sensores foram posicionados paralelos e perpendiculares ao modelo (Figura 6).

Pelo posicionamento dos sensores no modelo, a 1,5m do piso, os resultados obtidos apresentam um aumento da velocidade do vento no interior do agrupamento, com redução na parte posterior (atrás) das espécies. Isso se deve ao fato de ocorrer uma aceleração devido ao posicionamento em paralelo das espécies em relação ao sensor. Com as espécies perpendiculares observa-se ainda mais esta aceleração na parte central (ao meio) (Figura 9).

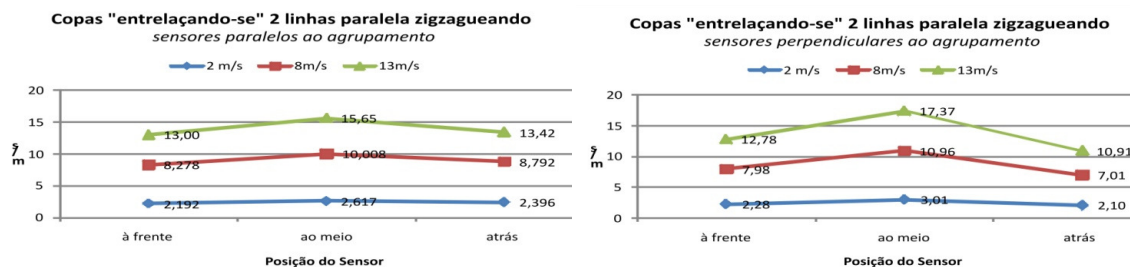


Figura 9 – Resultado de ensaio com anemômetro de fio quente no Túnel de vento para copas entrelaçando-se.

Por se tratar de um ensaio experimental, foi objetivo desta comunicação, apresentar os primeiros resultados obtidos com a técnica de modelagem 3D adotada e os ensaios em túnel de vento. Espera-se o desenvolvimento de modelos de espécies, em maior escala (ex. 1:50), para que se possa comparar os resultados de medidas *in loco*, de elementos isolados, que estão sendo levantados pela pesquisadora Loyde Abreu em seu doutoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L. V.; Labaki, L. C., Avaliação do termo-regulação em diferentes espécies arbóreas. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza Antac, 2008. Cd Rom.
- ABBUD, B. **Criando paisagens: Guia de trabalho em arquitetura paisagística**. São Paulo, SP: SENAC, 3ª ed. 2007.
- CELANI, G., e PUPO, R. T. . Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: Definições e Estado da Arte no Brasil. *Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*, 8:1, 2008, p.31-41. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau/article/viewFile/244/103>
- MONEDER, J.. Parametric design: a review and some experiences. *Automation in Construction*, 9, 2000, p.369–377. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIImg&_imagekey=B6V20-406WD6W-6-&_cdi=5688&_user=972058&_pii=S0926580599000205&_origin=gateway&_coverDate=07%2F31%2F2000&_sk=999909995&view=c&wchp=dGLzVlb-zSkzV&md5=619057f36289444442ba05474e392e8&ie=/sdarticle.pdf
- PEIXOTO, M. C.; LABAKI, L.C.; SANTOS, R. F.; **Conforto térmico nas cidades: Avaliação de Efeitos da Arborização no Controle da Radiação Solar**. In: ENTAC- Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído. 1995. Rio de Janeiro. RJ. *Anais...* Rio de Janeiro, RJ, ANTAC, 1995. p.629-634.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo e ,também, a colaboração dos técnicos Obadias P. da Silva e Daniel Celente, do LACAF/UNICAMP.