



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS ARBÓREOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES TÉRREAS

Joseane Pivetta (1); Mirian Jerônimo Barbosa (2)

(1) Departamento de Construção Civil – Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail:
pivetta@forti.com.br

(2) Departamento de Construção Civil – Universidade Estadual de Londrina, Brasil – e-mail:
mjb@uel.br

RESUMO

Este artigo propõe desenvolver uma metodologia para integrar elementos paisagísticos arbóreos, visando o melhor desempenho térmico de edificações térreas, através da contribuição de sombra na atenuação do ganho de calor solar, no interior do ambiente construído. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho térmico de edificações térreas contando com a presença de três espécies arbóreas. As espécies arbóreas (*Schinus molle*, *Bauhinia variegata* e *Murraya paniculata*) foram analisadas quanto à melhoria do microclima proporcionado à sombra das mesmas. Em primeira etapa, foram realizadas medições dos parâmetros ambientais: temperatura de globo e temperatura de bulbo seco, no interior e exterior das sombras das espécies arbóreas. As medições foram realizadas em uma rua no centro da cidade de Londrina – PR, onde as três espécies se encontram em seqüência próximas uma das outras a uma distância aproximada de 10 metros entre elas. Os resultados foram usados como suporte nas decisões sobre os dados de entrada representativos das três espécies arbóreas analisados na ferramenta de simulação adotada para comparar os resultados obtidos no clima interno. As simulações foram realizadas variando as condições de orientação e sombreamento com as três espécies arbóreas. Os resultados obtidos nas medições demonstram que as espécies proporcionam sombras conforme o seu grau de opacidade, e o ambiente interno sofre alteração de temperatura interna na ordem de 2°C.

Palavras-chave: sombreamento, espécies arbóreas, desempenho térmico.

1 INTRODUÇÃO

O desempenho térmico em edificações apresenta uma forte relação com a qualidade de vida e bem estar do indivíduo. Para garantir esta qualidade, as pessoas estão direcionando cada vez mais a tomada de novos valores com propostas de artifícios menos impactante no meio ambiente, para atender suas necessidades dentro da própria moradia. Esta preocupação está associada tanto com o desenvolvimento da consciência ambiental devido ao crescente fato do aquecimento global, como a redução de custos nas despesas mensais. Partindo da premissa de fornecer ao indivíduo condições ideais de temperatura, a arborização próxima a edificação se destaca como uma alternativa, não apenas ecologicamente correta, mas também, economicamente viável se implantada corretamente.

O descaso com a vegetação, muitas vezes lesionada ou até mesmo banida, causa desequilíbrio térmico nas aglomerações urbanas e conseqüentemente no interior das edificações. De acordo com Bueno (1998), a falta de vegetação aliada aos materiais utilizados tem alterado significativamente o clima dos agrupamentos urbanos devido à incidência direta da radiação solar nas construções. Devido a isto o consumo de energia para o resfriamento de interiores aumentou consideravelmente nos últimos tempos. A busca de alternativas adequadas para viabilizar o uso de recursos naturais de climatização sem causar grandes impactos no meio ambiente, torna-se cada vez mais freqüente entre os pesquisadores.

Na escolha da espécie arbórea não deve ser feita de forma aleatória. Existem fatores a serem observados que colaboram para que a vegetação cumpra com o seu desempenho como amenizador térmico, um deles é referente ao porte da vegetação, que deve ser proporcional à área da edificação e outro ao fluxo de ar no ambiente arborizado. O planejamento da implantação de espécies arbóreas próximas a edificações leva em conta diferentes critérios, como forma e disposição das raízes, (a fim de que fundações não sejam prejudicadas com seu desenvolvimento), altura da árvore adulta (para que a rede elétrica seja preservada), estética e outras características individuais, para que essas não interfiram na necessidade de bem-estar térmico e visual do usuário no interior da edificação.

Repor a massa vegetal nos loteamentos residenciais seria uma das contribuições para reverter efeitos climáticos a nível local e também em escala microclimática. De acordo com MASCARÓ (2002), a utilização da vegetação é hoje uma das estratégias recomendadas pelo projeto ambiental que procura reduzir os efeitos da ilha de calor, da poluição urbana e reduzir o consumo de energia nas cidades.

1.1 Repercussão da presença da vegetação no desempenho térmico de edificações

A seleção da vegetação adequada para sombreamento de uma edificação dependerá da orientação da fachada que se deseja sombrear, dos ventos dominantes, da qualidade do solo, do espaço disponível no terreno e principalmente da altura e do azimute do sol nos períodos de maior radiação solar, que correspondem aos dias mais quentes do ano.

Como existem diversas espécies diferentes é natural que cada espécie possui suas próprias características físicas e biológicas. Uma delas são as várias formas de copas de árvores que proporcionam diferentes geometrias de sombras (Figura 1). Vários autores concluíram que a forma da copa pode interferir na interceptação da radiação solar direta.

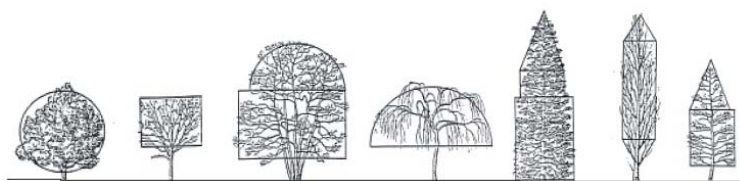


Figura 1 - Formas de árvores.
Fonte: SATTTLER et al, 1987.

AXARLI e EUMORFOPOULOU (2001), mostraram através de um estudo realizado na Grécia que a vegetação pode ser um importante modificador do microclima dentro e fora dos edifícios. As plantas

externas ao edifício podem afetar a exposição do sol e vento e conseqüentemente as condições de conforto no interior, diminuindo o uso da energia. KAUFFMAN *et al* (2001), estudaram a árvore “cuji” (*Prosoja floriflora*). Foram feitas simulações de computador comparando o efeito de sombra da árvore e telhados comumente utilizados na cidade de Maracaíbo na Venezuela, além do conforto humano, chegou-se à conclusão que o uso da árvore é muito eficiente em áreas de atividades humanas intensas, melhorando o efeito do microclima durante o dia em até 25%, enquanto que a noite mantém mais ou menos as condições externas.

Uma proteção solar corretamente projetada deve evitar os ganhos solares nos períodos mais quentes, do dia e do ano, sem obstruí-los no inverno e sem prejudicar a iluminação natural através das aberturas. Para tanto, é necessário que o projetista conheça a geometria solar de inverno e verão em relação ao lugar de implantação dos edifícios. De acordo com GIVONI (1981), o uso da vegetação nas áreas externas adjacentes ou integradas as edificações (pátios) proporciona o sombreamento da edificação e de suas aberturas, possibilitando a diminuição da temperatura no exterior próximo a edificação, enquanto o solo vegetado reduz a quantidade de poeira carregada pelo vento.

WEILLER (2008), analisou o desempenho térmico de quatro unidades habitacionais em Londrina através de parâmetros representativos da qualidade térmica global das edificações. A partir da mesma tipologia construtiva, selecionou condições de entorno distintos como topografia (locais altos e baixos do terreno), orientação geográfica (voltados para a incidência solar maior e menor), sombreamento (com e sem sombra) e um caso base como referência. Os resultados obtidos mostraram o caso “orientação” como sendo o mais desconfortável no período de verão e inverno, em contrapartida ao caso “sombreamento”.

Os efeitos da vegetação no consumo energético para acondicionamento ambiental dos edifícios, pode ser analisado sob dois aspectos, um a nível global onde se analisa a influência da presença da vegetação em um determinado local, levando em consideração a distribuição e a proporção da massa arbórea em relação à densidade da construção, e o outro, considerando os efeitos microclimáticos do local onde será analisado. Também é necessário mencionar que assim como a correta disposição das árvores traz benefícios, a localização e seleção de espécies arbóreas inadequada podem resultar em efeitos negativos e comprometer os custos com energia seja para resfriamento ou aquecimento das edificações em determinadas estações do ano.

1.2 Ferramenta de simulação Energyplus

O uso de ferramenta de simulação está voltada ao desenvolvimento de projetos de edificações e de seus sistemas de climatização, iluminação, entre outros, visando à eficiência energética, a possibilidade de avaliar o consumo energético auxiliando na identificação de estratégias e sistemas mais sustentáveis. Esta possibilidade ocorre devido à estrutura do programa composta pelo operador da simulação, módulo de simulação do balanço de calor, e módulo de simulação do sistema da edificação. De acordo com RAMOS (2008), a ferramenta Energyplus é bastante utilizada em pesquisas voltadas para a avaliação da variação no consumo energético e desempenho térmico da edificação, no estudo da alteração de características da edificação, tais como: materiais, geometria, uso de equipamentos eficientes e orientação.

A ferramenta de simulação necessita de um arquivo climático da região da edificação a ser analisada, com dados horários de temperatura, umidade relativa, ventos e radiação solar, permitindo que os cálculos do balanço de calor sejam realizados em intervalos menores que 1 hora. A escolha pela ferramenta de simulação Energyplus para este estudo deu-se pelo fato do programa apresentar flexibilidade de variáveis de simulação e crescente utilização em pesquisas científicas.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi avaliar o desempenho térmico de edificações térreas contando com a presença de espécies arbóreas.

3 METODOLOGIA

3.1 Etapa 1: determinar parâmetros térmicos das espécies

Em primeira etapa foram coletados dados de Tbs e Tg de três espécies localizadas no centro da cidade de Londrina, que se encontram próximas a uma distância de aproximadamente 10 m entre si, e se aproximam da realidade climática local a que se pretende analisar nas edificações inseridas no contexto urbano. As espécies foram selecionadas de acordo com a disponibilidade de sua existência isolada, levando-se em conta, ainda: a velocidade de crescimento, o tamanho, altura, densidade foliar, forma das copas, ornamentação, tipo de folhas, isolamento de outras árvores e construções, grau de toxidez e idade. Levando-se em consideração os aspectos citados, foram selecionadas as seguintes espécies: Aroeira salsa, Pata-de-vaca e Falsa Murta. As características gerais das três espécies selecionadas, estão descritas a seguir.

A) Aroeira salsa (*Schinus molle* L.)

As principais características desta espécie, segundo LORENZI (2000), são: árvore perenifólia, altura de 4 – 8 m, tronco de 25 – 35 cm de diâmetro, diâmetro da copa de até 16 m. As folhas são compostas, perene e pendente. Árvore considerada ornamental de estatura mediana, com densidade foliar média, é bastante usada em parques, jardins e na arborização urbana, podendo ser usada sob fiação. Esta espécie possui crescimento rápido e raiz tipo pivotante.



Figura 2 - Aroeira salsa (*Schinus molle*).

B) Pata-de-vaca (*Bauhinia variegata* L.)



Segundo LORENZI (2000), esta espécie pertencente à Família das Leguminosae, é considerada de estatura mediana e possui as seguintes características: árvore semidecídua, de 7-10 m de altura e 6 m de largura de copa, ramagem densa formando copa mais ou menos globosa. Folhas simples, com um recorte em V formando dois lobos, de cor verde acinzentada. Árvore ornamental com atributos para uso paisagístico, principalmente para o cultivo na arborização urbana. É recomendada para parques, jardins e plantios isolados ou como grupos ou renques, também considerada apta para ser usada sob fiação pois possui crescimento rápido e raiz tipo pivotante.

Figura 3 - Pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*).

C) Falsa murta (*Murraya paniculata*)

Segundo LORENZI (2000) esta espécie da Família da Rutaceae possui como características: árvore perenifolia, de 5-7 m de altura e 4-6 m de largura de copa, ramagem numerosas, densa, formando copa arredondada compacta. A raiz é tipo pivotante. Considerada árvore ornamental, é freqüente na arborização de ruas e utilizada para a formação de cercas-vivas. Possui crescimento lento, contudo muito resistente a condições adversas de solo e clima.

Figura 4- Falsa murta (*Murraya paniculata*).



As três espécies arbóreas selecionadas para a coleta de dados estão localizadas na Rua Antônio Amado Noivo, Vila Ipiranga no centro da cidade de Londrina, entre as Avenidas Bandeirantes e Rio de Janeiro conforme a Figura 5.

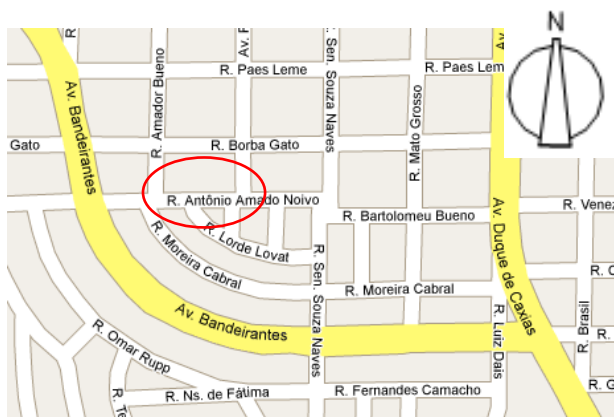


Figura 5 - Localização das espécies selecionadas.



Figura 6 - Localização das espécies selecionadas.

As espécies encontram-se localizadas no passeio público, totalmente cimentado próximas da rua asfaltada. A distância entre as residências existentes no local e as espécies é de aproximadamente 7 m. As residências possuem como características: material de alvenaria, térreas, pintadas com cores claras e são de uso unifamiliar. Do outro lado da Rua Antônio Amado noivo localiza-se uma praça conforme pode mostra a Figura 6. A escolha do local justifica-se pela presença das três espécies estarem em seqüência e distantes 10 metros uma da outra, e também pelo fato de estarem inseridas no ambiente urbano sujeitas a todo tipo de interferência conveniente a este espaço.

Os dados foram coletados durante o período de inverno de 2009 nos dias 29/08, 30/08 e 06/09, totalizando 3 dias coletados. Para leitura dos dados, os horários de coleta adotados foram às 9:00, 12:00, 15:00 horas. Neste período, o tempo na cidade de Londrina encontrava-se estável, céu claro, possibilitando a coleta dos dados nos três horários estabelecidos e em dias sem a interferência de céu nublado. Em cada espécie foram fixados dois termômetros de globo, sendo um disposto ao sol a uma distância do tronco de 1,50 m no interior da sombra proporcionada pela espécie, a uma altura de 1,20 m do solo; e outro no interior da sombra proporcionada pela espécie em medição a uma distância do tronco de 1,50 m no interior da sombra a uma altura de 1,20 m do solo.

O tempo de coleta de cada uma das espécies foi de 20 minutos, totalizando a medição completa em 1 hora. Os parâmetros ambientais analisados foram: temperatura de bulbo seco (Tbs) e temperatura de globo (Tg) utilizando-se os termômetros de globo: digital TGD-200 (Figura 7) e digital TGD-50 tipo Pt 100 (Figura 8), ambos da marca Instrutherm.



Figura 7 - Termômetro de globo digital da Instrutherm mod. TGD 200.



Figura 8 - Termômetro de globo da Instrutherm mod. TGD-50 tipo Pt 100.

3.2 Etapa 2: determinar características da edificação térrea

O modelo de edificação adotado como dado de entrada para a ferramenta de simulação foi a partir de edificação existente no conjunto habitacional São Vicente Palotti, localizado na região leste da cidade de Londrina a uma distância de 5 Km do centro da cidade.

Na caracterização construtiva da edificação foi utilizado máquina fotográfica digital, plantas dos projetos residenciais fornecidos pela COHAB (2009), e memorial descritivo, obtido junto a construtora responsável pela obra. A edificação utilizada como parâmetro possui 46,55 m², implantada em um terreno de 10 x 25 m (Figura 10). As paredes são constituídas de tijolo cerâmico furado (14x19x9 cm), as áreas úmidas, caracterizadas pela cozinha e banheiro, são revestidas internamente por revestimento cerâmico, o piso interno é revestido por piso cerâmico, a cobertura em duas águas é composta por telhas cerâmicas com inclinação de 30% (Figura 9), estrutura de madeira e laje maciça de concreto (9 cm), rebocada na parte inferior com emboço de 2cm e revestida por tinta látex na cor bege. Os muros de divisa possuem nas duas laterais e na divisa do fundo, altura de 2 m. As aberturas encontram-se voltadas para frente e para as laterais do terreno, conforme ilustrado na Figura 10. As



janelas dos dormitórios são de ferro do tipo de correr, vedado com vidro transparente de 3mm e veneziana metálica pintada na cor chumbo. A janela da sala é de ferro do tipo de correr, vedada por vidro transparente de 3 mm. As janelas da cozinha e banheiro são de ferro do tipo basculante, e vedado com vidro martelado 3mm. A edificação possui sala, cozinha e 2 dormitórios, pé direito de 3 m. A planta baixa da edificação pode ser analisada na Figura 10.

Figura 9 - Fachada da edificação.

Fonte: COHAB, 2009.

3.3 Etapa 3: determinar parâmetros para simulação

A primeira observação desta etapa foi levantar os limites para trabalhar com a disposição das espécies dentro da locação da edificação no terreno de 10,00 x 25,00 m. Os recuos laterais são estreitos sendo de um lado de 1,98 m e do outro 1,41 m. Desses recuos, pode-se subtrair uma calçada de 0,70 m existente ao redor da residência limitando os espaços laterais. O lado maior serve de passagem para veículos para o fundo do terreno, ficando assim impossível de trabalhar com vegetação neste lado. Já os recuos frontal e fundo são considerados de bom espaçamento sendo de 5,00 m e 12,76 m respectivamente. O recuo do fundo serve para futura ampliação da edificação e o recuo frontal é o único possível de implantar vegetação. Estes limites podem ser observados na Figura 10. Por este motivo a simulação foi feita somente em um único ambiente, a sala, que se encontra voltado para o recuo frontal. Devido à limitação do espaço para trabalhar com a vegetação dentro do recuo frontal, e devido às espécies escolhidas possuírem uma estatura mediana, decidiu-se determinar uma localização de implantação fixa, sendo esta exatamente o meio deste recuo, e o meio do ambiente sala, conforme Figura 10.

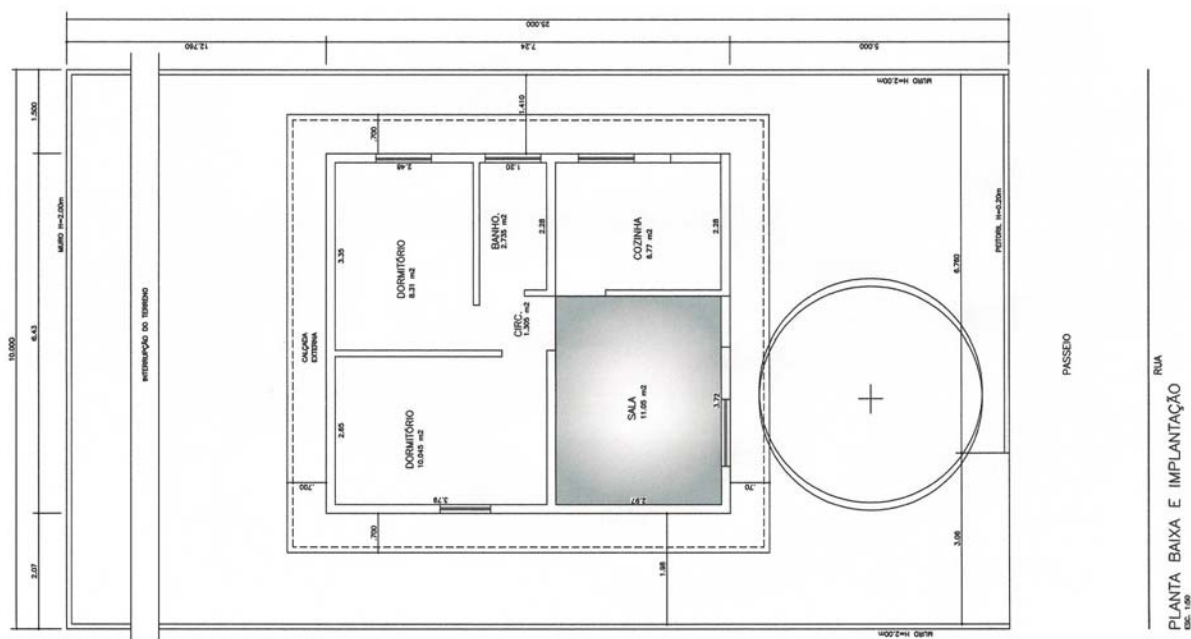
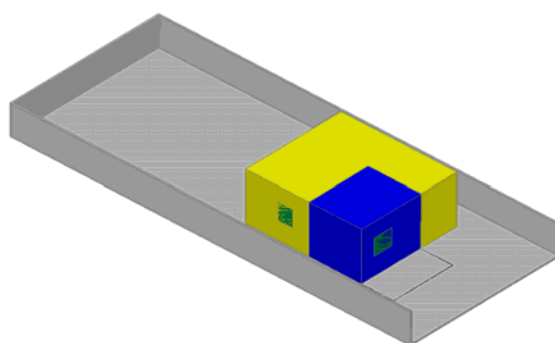


Figura 10- Planta Baixa e Implantação da edificação.

Fonte: COHAB, 2009.

A modelagem iniciou-se pela situação sem espécie arbórea, utilizado neste estudo como fonte de comparação às outras situações com presença de espécie arbórea. Os dados de entrada para a simulação com o programa Energyplus tanto para as variáveis ambientais externas quanto as internas às edificações foram obtidos por WEILLER (2008). A edificação foi modelada considerando-a como uma zona térmica única, chamada de ZONA 1. O ambiente onde se realizaram as medições, a sala, foi modelado separadamente, denominado de ZONA 2 (em azul).



Dessa forma, considerou-se, padrões de uso e ocupação diferenciados para as zonas 1 e 2. Os muros laterais e de fundo, bem como a projeção do lote no solo também foram considerados como superfícies de transferência de calor, modelados como ZONA 3, no objetivo de simular a influência do sombreamento causado pelos muros de divisa e a incidência dos ventos predominantes na unidade de estudo, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11- Divisões das zonas térmicas.

Para a simulação considerou-se quatro situações que buscaram analisar a influência da variação da densidade foliar no desempenho térmico da edificação térrea. Sendo três relacionados com a vegetação, mais uma situação sem vegetação. Para a variabilidade de orientação da edificação determinada pela posição do terreno no loteamento, foram consideradas as duas mais críticas, a nordeste (NE) por se tratar de um período da manhã onde a insolação é mais intensa e a noroeste (NO) por se tratar de um período de maior insolação à tarde. As demais orientações não foram objetos de simulação por não apresentarem grandes problemas de ganho térmico no interior das edificações, uma vez que a latitude ($23^{\circ} 50'S$) permite esse descarte. Modelou-se primeiramente a situação sem vegetação, considerada como balizador dos resultados obtidos. A partir deste modelo, foram feitas alterações na modelagem das outras três situações, com variações de densidade foliar.

Devido à dificuldade de se obter dados de permeabilidade das espécies arbóreas para a ferramenta de simulação considerada no estudo, resolveu-se representar o elemento vegetal por sombreamento semelhante ao obtido por elementos construtivos tipo pérgolas, com maior e menor espaçamento, representando a maior ou menor densidade foliar das espécies arbóreas. Esse elemento de

sombreamento foi inserido ao volume da ZONA 2, conforme pode ser visto nas Figuras 12, 13 e 14. Para a situação sem vegetação, não foi inserido o elemento de sombreamento (Figura 11).

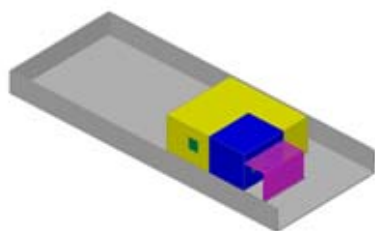


Figura 12- Situação Falsa murta.

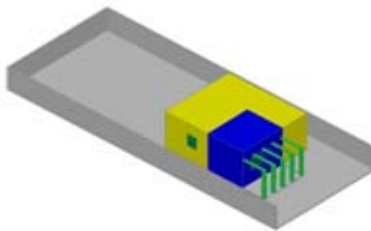


Figura 13- Situação Pata de vaca.

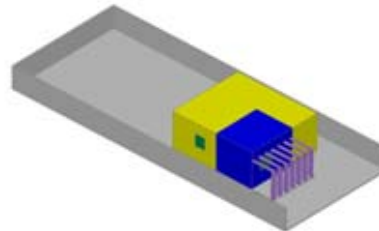


Figura 14 - Situação Aroeira salsa.

Na situação com a espécie arbórea Falsa murta, que possui uma copa mais densa, modelou-se pérgolas com um espaçamento mais fechado, comparando à copa mais fechada e um sombreamento maior (Figura 12). Para a situação da espécie arbórea Pata de vaca (Figura 13), utilizou-se espaçamento mediano entre as pérgolas, pois nos resultados obtidos pela medição da Tbs das espécies, esta apresentou-se com a característica de densidade foliar média. Na situação da espécie arbórea Aroeira salsa, utilizou-se maior espaçamento entre as pérgolas, baseando-se nos resultados obtidos pela medição da Tbs das espécies, onde esta espécie apresentou-se com uma densidade foliar um pouco mais rala que a espécie arbórea Pata de vaca. Este esquema está representado na Figura 14.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Medição de Tg e Tbs das três espécies arbóreas

De acordo com os resultados obtidos da Tg e Tbs para os três dias de medição, nota-se nas Figuras 15 e 16, que a espécie arbórea Falsa murta apresentou nos três horários, uma média mais baixa que as demais espécies com a medição na sombra tanto na Tg quanto na Tbs.

Verifica-se também que, nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 15:00 horas, a espécie Aroeira salsa, apresentou as maiores médias das duas temperaturas analisadas. A espécie arbórea Pata de vaca comparada com a espécie citada anteriormente, apresenta poucas variações de Tg e Tbs, porém com médias mais baixas que esta.

Comparando todos os resultados da atenuação da radiação das árvores estudadas, as espécies Falsa murta, apresentou os melhores resultados. A espécie com os menores valores foi a Aroeira salsa. Ficando a espécie Pata de vaca como intermediária nestes resultados, porém muito próximos da última espécie citada.

Nota-se que nos horários medidos mais quentes do dia, ou seja, 12:00 e 15:00 horas, as temperaturas apresentaram poucas variações se comparadas com as medições realizadas no horário das 9:00 horas. Suponha-se que este fato se deva, porque neste período os meios materiais que se encontram no entorno das vegetações analisadas, ainda não terem recebido grandes cargas térmicas da radiação solar.

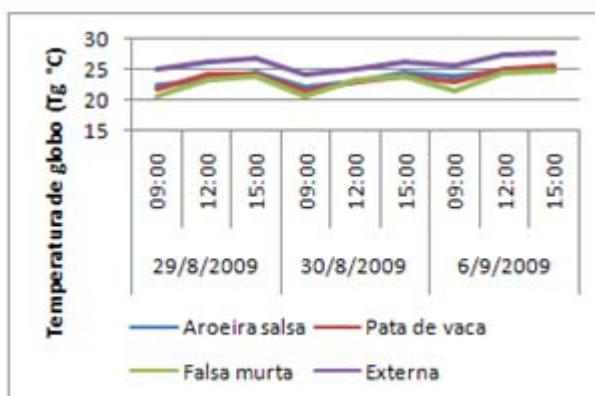


Figura 15 – Tg (°C) das três espécies arbóreas.

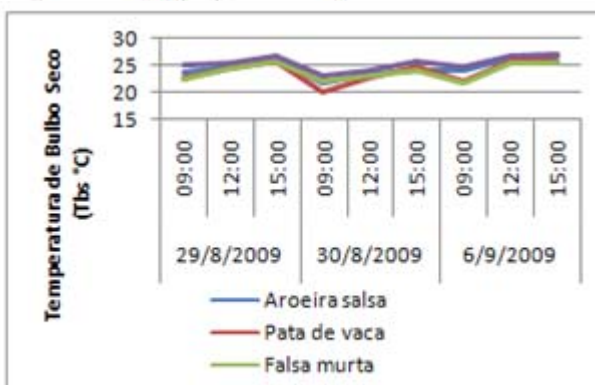


Figura 16 – Tbs (°C) das três espécies arbóreas.

4.2 Ferramentas de simulação Energyplus e Analysis Bio

O arquivo climático usado nas simulações, do tipo TRY, foi montado utilizando os dados climatológicos da estação de medição da UEL (Universidade Estadual de Londrina), com dados de temperatura e umidade do período de 01/09/2006 a 31/08/2007 e radiação do ano climático de referência do ano de 1996, conforme BARBOSA, 1999. Este arquivo climático foi utilizado pelo programa de simulação Energyplus versão 4.0 como um dos dados de entrada, possibilitando a simulação das variáveis ambientais internas. Esta ferramenta gerou dados de temperatura interna (T_{bs} °C) e Umidade relativa (UR %) que foram inseridos no programa Analysis Bio.

O software Analysis Bio é utilizado para auxiliar no processo de adequação de edificações ao clima local, através de resultados por relatórios e cartas bioclimáticas. A carta bioclimática está dividida em 12 zonas de estratégias bioclimáticas, sendo uma delas a zona de conforto, na qual o ambiente é considerado aceitável termicamente. A zona bioclimática utiliza um diagrama psicrométrico que relacionam T_{bs} (°C) e UR (%), estes dados foram gerados para este estudo, pelo Energyplus. As figuras 17, 18 e 19 apresentam os resultados plotados em cartas bioclimáticas para as Faces NE e NO das quatro situações de estudo, referentes ao ano inteiro.

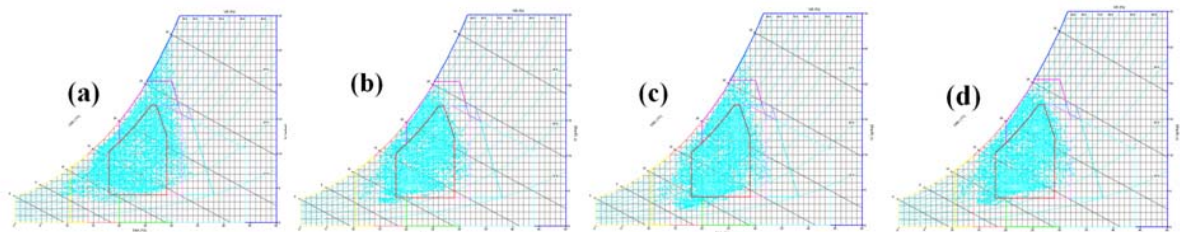


Figura 17 - Cartas bioclimáticas do ambiente interno para a orientação NE das situações: (a) sem vegetação; (b) Falsa murta; (c) Aroeira salsa e (d) Pata de vaca

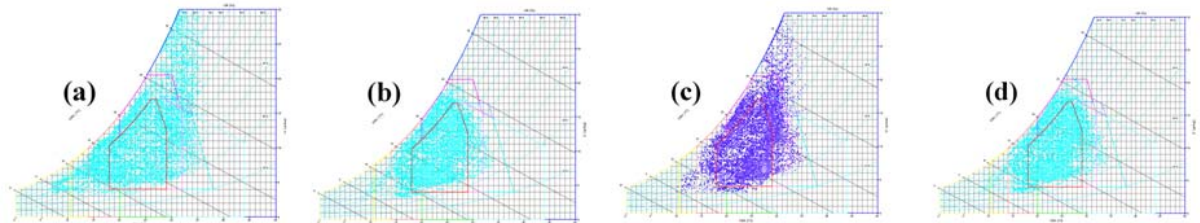


Figura 18 - Cartas bioclimáticas do ambiente interno para a orientação NO das situações: (a) sem vegetação; (b) Falsa murta; (c) Aroeira salsa e (d) Pata de vaca

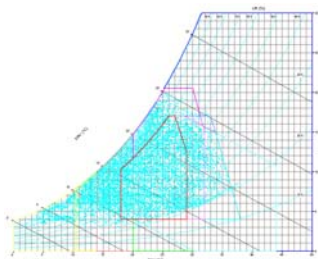


Figura 19 - Carta bioclimática do ambiente externo válida como referência para as duas orientações.

A tabela 1 apresenta os resultados de desempenho térmico de cada uma das quatro situações (E – externo, SV – sem vegetação, PV – Pata de vaca, AS – Aroeira salsa, FM – Falsa murta) de estudo referentes ao ano inteiro para as faces NE e NO através do relatório de saída do Anlysis Bio.

Tabela 1 - Relatório de saída do *Analysis Bio*: simulação dados horários (%) para NE e NO.

ANO INTEIRO	E	NE				NO			
		SV	PV	AS	FM	SV	PV	AS	FM
Conforto	35.8	50.7	68.4	68.4	69.7	37.6	62.4	55.6	67.0
Desconforto geral	64.2	49.1	31.6	31.5	30.3	63.1	37.3	42.9	33.4
Desconforto por frio	31.6	17.5	12.2	12.3	10.6	19.1	12.02	12.93	20.3
Desconforto por calor	32.6	31.6	19.4	20.9	18	43.9	24.7	25.3	20.2

5 CONCLUSÕES

Em relação aos resultados obtidos, com a ferramenta de simulação Energyplus, das espécies arbóreas como elemento de sombreamento de edificação, conclui-se que a presença da vegetação próxima à edificação térrea faz diferença no desempenho térmico, mais significativa no período de verão. A presença da espécie Falsa murta no ambiente externo próxima à edificação, promoveu uma melhor qualidade térmica no interior, se comparada às outras duas espécies, chegando a apresentar uma média de 1,9 °C de temperatura interna menor que a temperatura externa, e no inverno interferiu nas condições climáticas internas deixando-a com temperaturas mais baixas.

Conclui-se também que para a cidade de Londrina, a melhor localização para dispor a massa vegetal (para as faces NO e NE) para se obter o efeito de sombreamento no entorno da edificação térrea de caráter popular é o recuo frontal, devido às limitações encontradas nos recuos laterais e fundo.

A cidade de Londrina corresponde segundo NBR 15.520 (2005), à zona bioclimática 3. Nesta zona, uma das sugestões indicadas pela norma como estratégia bioclimática é o sombreamento nas aberturas, e de acordo com os resultados obtidos por este estudo, o sombreamento proporcionado pelas espécies arbóreas analisadas atendem a este requisito e são economicamente viáveis, além de contribuir com a ornamentação da edificação através das características físicas que cada espécie possui.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005). NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.

AXARLI, Kleo; EMORFOPOULOU, Ekaterini. **Energy efficient vegetation design for temperate climate**. In: 18^o International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Florianópolis. 2001.

BARBOSA, Miriam Jerônimo et. al. (Orgs.). **Arquivos climáticos de interesse para a edificação nas regiões de Londrina e Cascavel (PR)**. Londrina: Editora da UEL, 1999. v. 1. 62 p.

BUENO, Carolina Lotufo. **Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp, 1998. (Dissertação de Mestrado).

COHAB-LD, COMPANHIA DE HABITAÇÃO DE LONDRINA. 2009.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. 2ed. London: Applied Science, 1981.

KAUFFMAN, Marina Gonzalez de; MACHADO, Maria V.; BARROSO, Helen. **Quantifying incidence of the vegetation on the microclimatic variables in hot – humid climates: “the cují tree”**. In: 18^o International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Florianópolis. 2001.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p. Il.

LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Vol. 1. 3.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000.

MASCARÓ, Lúcia e MASCARÓ, Juan. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre: FINEP-UFRGS. 2002. 242 p.

RAMOS, Greici. **Análise da iluminação natural calculada por meio do programa Energyplus**. Florianópolis 2008. Dissertação UFSC.

SATTTLER, M. A., SHARPLES, S., PAGE, J.K. **The geometry of the shading of buildings by various tree shapes**. Solar Energy, v. 38, n. 3, p. 187-201, 1987.

WEILLER, Giovana Cristina Buso. **A influência de variáveis de entorno no desempenho térmico de habitações de interesse social**. Londrina: Departamento de Engenharia civil da Universidade Estadual de Londrina, 2008. (Dissertação de Mestrado).