



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES COM CAPTADORES DE VENTO MULTIDIRECIONAIS E COBERTURA VERDE

Nixon Cesar de Andrade (1); Kelen Almeida Dornelles (2)

(1) Doutor, Pós-doutorando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
deandraden@bol.com.br

(2) Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, kelend@usp.br,
Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Avenida Trabalhador São-Carlense, 400 –
Centro, São Carlos – SP, 13566-590, Tel.: (16) 3373 9285

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa é avaliar o comportamento térmico de uma edificação com quatro tipos de torre de vento, atuando como captador, associada à cobertura verde, utilizando simulações computacionais com o software EnergyPlus®. A metodologia do trabalho possui as seguintes etapas: construção da geometria dos modelos, definições da envoltória, incluindo a ventilação natural e simulações no software EnergyPlus® para oito cidades brasileiras, representando cada uma das zonas bioclimáticas do país, nos períodos de inverno e verão. A partir da análise dos resultados, observou-se que a cobertura verde na laje da torre e/ou da edificação reduziu a temperatura do ar interno desses ambientes, principalmente na Zona Bioclimática 7, representada pela cidade de Cuiabá, onde houve uma redução de 2,4°C da temperatura interna da edificação em relação à externa, orientando arquitetos e engenheiros a incorporarem as torres de vento corretamente em seus projetos.

Palavras-chave: captador de vento, cobertura verde, simulação computacional.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the thermal behavior of a building with four types of wind tower, acting as catcher, associated with green roof, using computer simulations with EnergyPlus® software. The methodology of this research includes: construction of the models geometry, definitions of the envelope, including natural ventilation, and computer simulations with EnergyPlus® for eight Brazilian cities, representing the bioclimatic zones during winter and summer seasons. The results incated that the green roof on the tower and / or building slab reduced the indoor air temperature, mainly in the bioclimatic zone 7, represented by the city of Cuiabá, where there was a reduction of 2,4°C in the internal temperature of the building in relation to the external temperature which helps architects and engineers to incorporate the wind towers correctly into their projects.

Keywords: wind catcher, green roof, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

Uma das estratégias mais adequadas para o resfriamento passivo dos edifícios é a ventilação natural, principalmente em clima quente e úmido, para a manutenção da qualidade do ar interno. A massa de ar no interior dos ambientes deve ser utilizada no resfriamento da edificação e/ou direcionada diretamente sobre os usuários com o objetivo de tornar os ambientes termicamente confortáveis.

Para Negreiros e Pedrini (2013), a ventilação natural mostra-se eficaz para melhoria no desempenho térmico em grande quantidade de horas do ano, sendo a estratégia mais simples para promover conforto térmico quando a temperatura interna se torna elevada. Para obtenção de conforto, ela é indicada em climas onde a temperatura de ar externa esteja em condições aceitáveis de conforto, pois através desta estratégia se alcança o resfriamento com a temperatura interna se igualando a temperatura externa.

Uma alternativa para potencializar o uso da ventilação natural na edificação é a utilização de torres de vento situadas acima do nível da cobertura, as quais podem funcionar como captadores ou extratores de ar, sendo eficientes como solução arquitetônica na promoção da renovação do ar e do conforto higrotérmico.

Martins et al. (2009) afirmam que em grande parte da região do Brasil, onde predomina o clima quente e úmido, as taxas de velocidade do ar são bastante altas e passíveis de serem amplamente utilizadas para proporcionar conforto por meio do uso de elementos de captação do vento em edificações. Apesar de ainda pouco empregadas, as torres de vento oferecem um eficiente aproveitamento desse recurso.

Kang e Strand (2009) simularam no software EnergyPlus[®] uma edificação composta por uma torre de vento com sistema de resfriamento evaporativo localizado próximo à abertura superior, considerando dados climáticos de três cidades norte-americanas: Phoenix (árido), Dallas (subtropical úmido) e Orlando (subtropical quente e úmido), obtendo-se então três resultados distintos para a mesma construção. Após a análise dos resultados concluíram que esse tipo de torre teve melhor comportamento em regiões de clima quente e seco com diferença de temperatura chegando a 17,7°C entre o ar externo e interno à edificação.

El-Shorbagy (2010) relatou sobre a importância da torre de vento tradicional para melhorar o desempenho térmico e ampliar a sua aplicabilidade. Isto irá trazer novas oportunidades para a utilização deste antigo mecanismo de refrigeração passiva no mundo atual, desde que seja aceita por arquitetos contemporâneos, pois o crescimento pela procura de fontes de energia renováveis desperta a combinação entre o conhecimento tradicional e tecnologia avançada, e, a falta de desenvolvimento de modelos do mundo real é um dos fatores que atualmente inibem a ampla aplicação de captadores de vento.

Andrade, Caram e Labaki (2012) avaliaram quatro tipos de torres de vento, com diferentes geometrias, através de ensaios em túnel de vento, os quais permitiram estudar as características técnicas das torres analisadas e seus efeitos sobre a ventilação interna do ambiente. A comparação entre as quatro torres de vento, em relação à velocidade do ar interna à edificação, permitiu concluir que as torres de oito e doze aberturas são as mais eficientes por possuírem maiores picos de velocidade na maioria das posições consideradas. Quanto aos valores de coeficiente de pressão, observou-se que as aberturas mostraram-se eficientes para a entrada do fluxo de ar, mas considerando as três faixas de velocidade (baixa, média e alta) foram as mesmas torres que apresentaram menor variação, permitindo a passagem do ar em todas as direções.

Apesar dos benefícios, em determinadas épocas do ano, quando não há vento ou a velocidade do vento é baixa, a edificação pode ficar exposta a altas temperaturas, sendo necessária a combinação da torre de vento com outro sistema de resfriamento passivo como as coberturas verdes, as quais oferecem benefícios ambientais decorrentes do processo de evapotranspiração das plantas, promovendo o isolamento térmico e a conservação de energia elétrica da edificação.

VanWoert *et al.* (2005) verificaram que além das coberturas verdes protegerem as construções da insolação, diminuindo assim o consumo de energia, elas aumentam a vida útil de uma cobertura protegendo seus componentes dos danos causados por raios ultravioleta, temperaturas extremas e rápidas oscilações de temperatura, filtram os poluentes atmosféricos prejudiciais, promovem maior estética favorecendo o ambiente à vida e trabalho, têm potencial para reduzir o efeito urbano “ilha de calor” e ainda auxiliam na retenção de águas pluviais.

Andrade e Roriz (2009) estudaram o comportamento térmico de uma cobertura ajardinada com a grama Braquiária (*Brachiaria humidicola*), que atinge 1m de altura, comparando-o com o de uma cobertura tradicional (laje exposta), na cidade de São Carlos, SP. Os resultados indicaram que, no período de frio, a temperatura superficial interna da laje tradicional apresentou maiores oscilações diárias, com máxima de 22,2°C, enquanto que a da cobertura verde foi de 19,2°C, e, no período de calor, a tradicional com máxima de 41,6°C, enquanto que a da cobertura verde foi de 26,2°C. Ao analisar-se as temperaturas na situação de calor, percebeu-se uma contribuição significativa da cobertura verde, porque com a incidência do Sol, a evapotranspiração do vegetal retira calor da cobertura, resfriando a superfície do teto.

Bau *et al.* (2013) realizaram medições de temperaturas interna e externa às coberturas verdes extensivas construídas em edificações das Universidades de Taipé (cidade ao Norte de Taiwan com clima subtropical) e Chiayi (cidade ao Sudoeste de Taiwan com clima tropical), onde foram analisados o desempenho térmico dessas coberturas e seu potencial para amenizar as altas temperaturas das cidades. Após as medições, em período de calor, verificaram que a diminuição das temperaturas do ar interno às edificações foram de até 22,5°C em Taipé e 25,1°C em Chiayi, e, no meio urbano, a redução foi de 42% durante o dia e 17% a noite.

Coutts *et al.* (2013) estudaram o comportamento térmico de quatro tipos de coberturas em Melbourne: com telha de aço, telha de aço branca, vegetação (cobertura verde extensiva) e sem vegetação (apenas terra), utilizando termopares instalados interna e externamente às coberturas para medir as temperaturas. As medições indicaram que enquanto a temperatura máxima do ar externo foi de 25°C, as temperaturas máximas do ar interno à edificação foram de 35°C, 31°C, 27°C e 28°C para o telhado em aço, aço branco, com e sem vegetação, respectivamente. Apesar da cobertura verde apresentar melhores resultados em relação às outras, aconselha-se utilizar uma vegetação mais densa para potencializar o seu desempenho.

Por esses trabalhos anteriormente descritos percebe-se que há muitos benefícios oferecidos pelas torres de vento e coberturas verdes em relação ao desempenho térmico do ambiente construído, porém a combinação desses dois dispositivos é pouco difundida e é abordada nesse artigo para estimular o interesse dos projetistas em adotar tais sistemas conjugados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o comportamento térmico de uma edificação com torre de vento, atuando como captador, associada à cobertura verde, utilizando simulações computacionais, em oito diferentes zonas bioclimáticas.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em duas etapas principais:

1. Geometria dos modelos.
2. Definição dos modelos computacionais representativos, utilizando o software EnergyPlus® versão 8.0.0.

3.1. Geometria dos modelos

Para essa pesquisa foram adotados quatro tipos de torres com as seguintes geometrias: unidirecional (uma abertura), tetradirecional (quatro aberturas), octodirecional (oito aberturas) e dodecadirecional (doze aberturas).

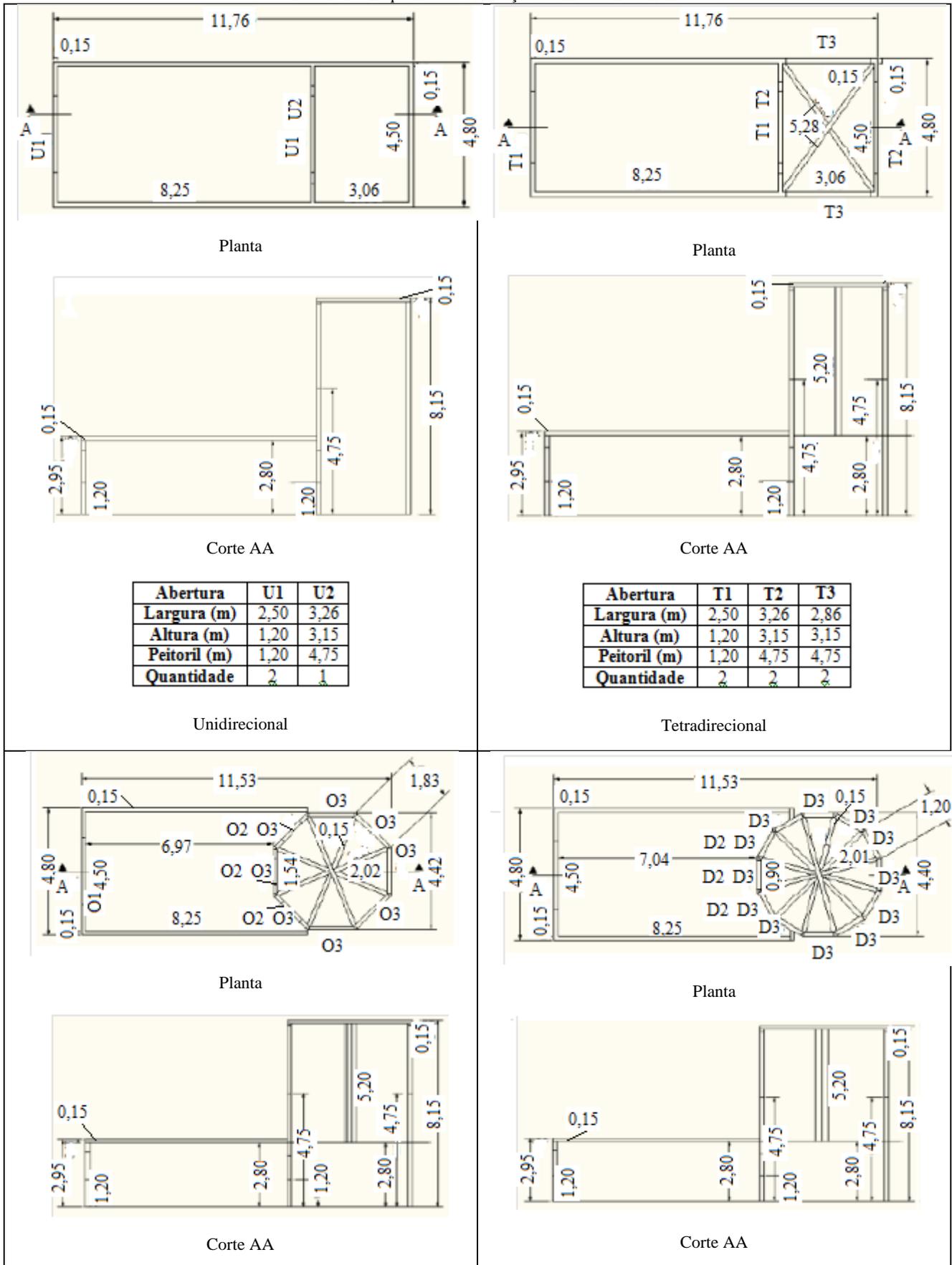
Os modelos unidirecional e tetradirecional foram definidos baseando-se no modelo utilizado por Karakatsanis, Bahadori e Vickery (1986) com algumas modificações na edificação acoplada à torre, como a altura e dimensões das aberturas, as quais foram projetadas de acordo com o Código Sanitário (1978).

As torres octodirecional e dodecadirecional foram projetadas com a mesma área da seção transversal da maquete de quatro aberturas, e, a soma das áreas das aberturas superiores e inferiores é igual à da maquete tetradirecional.

A primeira etapa da simulação foi construir a geometria no aplicativo SketchUp®, o qual possui um plugin que transfere as dimensões dos modelos, em forma de coordenadas cartesianas, para o software EnergyPlus®.

Os modelos possuem todos os elementos de interesse e suas características reais foram construídas com o máximo de precisão, pois a simplificação do modelo pode gerar dúvida sobre a confiabilidade dos resultados (tabela 1).

Tabela 1 – Esquema das edificações com as torres analisadas.



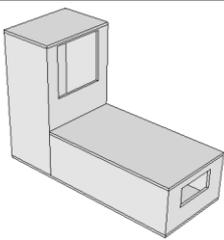
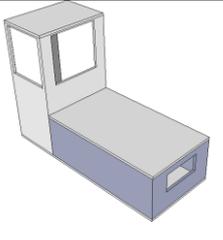
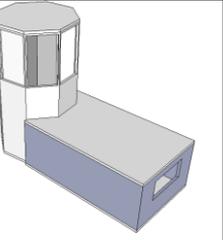
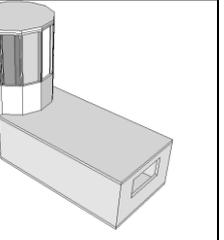
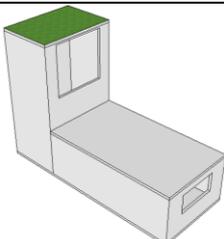
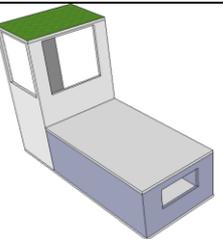
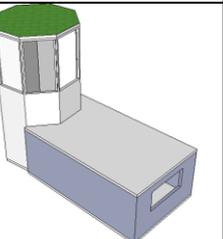
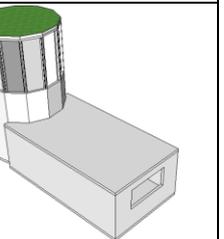
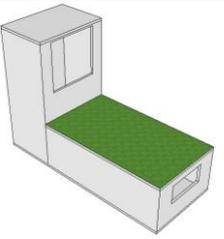
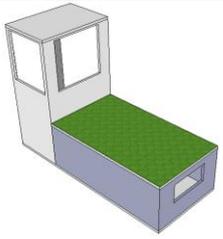
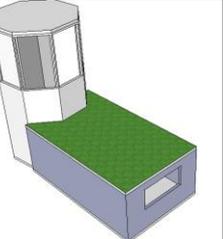
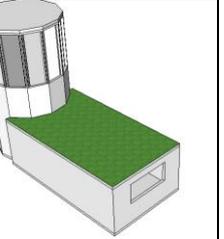
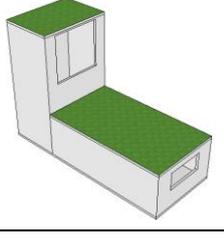
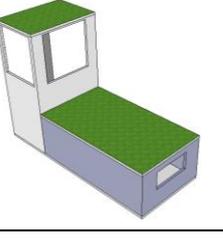
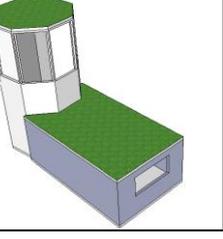
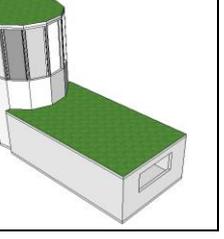
<table border="1"> <tr><th>Abertura</th><th>O1</th><th>O2</th><th>O3</th></tr> <tr><td>Largura (m)</td><td>2,50</td><td>1,00</td><td>1,70</td></tr> <tr><td>Altura (m)</td><td>1,20</td><td>1,00</td><td>2,95</td></tr> <tr><td>Peitoril (m)</td><td>1,20</td><td>1,20</td><td>4,95</td></tr> <tr><td>Quantidade</td><td>1</td><td>3</td><td>8</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Octodirecional</p>	Abertura	O1	O2	O3	Largura (m)	2,50	1,00	1,70	Altura (m)	1,20	1,00	2,95	Peitoril (m)	1,20	1,20	4,95	Quantidade	1	3	8	<table border="1"> <tr><th>Abertura</th><th>D1</th><th>D2</th><th>D3</th></tr> <tr><td>Largura (m)</td><td>2,50</td><td>1,00</td><td>1,10</td></tr> <tr><td>Altura (m)</td><td>1,20</td><td>1,00</td><td>3,06</td></tr> <tr><td>Peitoril (m)</td><td>1,20</td><td>1,20</td><td>4,84</td></tr> <tr><td>Quantidade</td><td>1</td><td>3</td><td>12</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Dodecadirecional</p>	Abertura	D1	D2	D3	Largura (m)	2,50	1,00	1,10	Altura (m)	1,20	1,00	3,06	Peitoril (m)	1,20	1,20	4,84	Quantidade	1	3	12
Abertura	O1	O2	O3																																						
Largura (m)	2,50	1,00	1,70																																						
Altura (m)	1,20	1,00	2,95																																						
Peitoril (m)	1,20	1,20	4,95																																						
Quantidade	1	3	8																																						
Abertura	D1	D2	D3																																						
Largura (m)	2,50	1,00	1,10																																						
Altura (m)	1,20	1,00	3,06																																						
Peitoril (m)	1,20	1,20	4,84																																						
Quantidade	1	3	12																																						

3.2. Definição dos modelos computacionais

3.2.1. Definições da envoltória

As paredes da edificação e da torre são de alvenaria constituída por tijolo cerâmico maciço (9,0cm x 5,0cm x 19,0cm), revestidas em ambas as faces com 3cm de argamassa de areia, cimento e cal, pintadas com tinta branca, totalizando 15cm de espessura, e para a cobertura foram definidas quatro tipologias distintas, aplicadas a cada torre, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Tipos das edificações com as torres analisadas.

Torre X Tipologia	Unidirecional	Tetradirecional	Octodirecional	Dodecadirecional
Cobertura da torre e edificação em laje de concreto pintada de branco com 15cm de espessura (C1)				
Cobertura verde na torre e laje de concreto pintada de branco com 15cm de espessura na edificação (C2)				
Laje de concreto pintada de branco com 15cm de espessura na torre e cobertura verde na edificação (C3)				
Cobertura verde na torre e na edificação (C4)				

A cobertura verde foi construída sobre a laje de concreto, a qual está representada na figura 1.

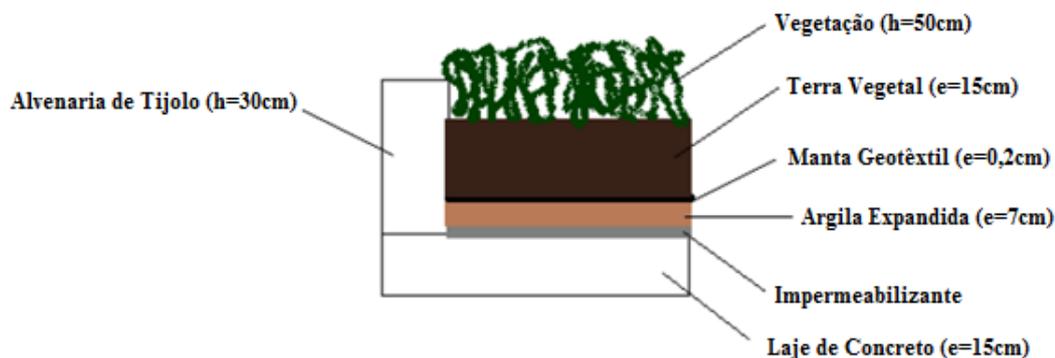


Figura 1- Esquema da cobertura verde analisada.

O piso dos dois ambientes foi constituído por uma camada de concreto aplicada diretamente sobre o solo, com 15cm de espessura, permitindo trocas térmicas entre os ambientes e o solo.

A abertura da edificação foi sempre orientada na direção Norte, pois todas as cidades simuladas encontram-se no hemisfério Sul, considerando a direção do vento variando a cada 90°, e todas as áreas para entrada e saída do ar sempre abertas, permitindo a circulação permanente do ar.

3.2.2. *Uso e ocupação, Iluminação e Equipamentos*

A edificação foi considerada sem ocupação de pessoas e energia elétrica, pois os objetos de estudo são células-teste, isto é, modelos utilizados para avaliar algo que poderá ser aperfeiçoado.

3.2.3. *Ventilação*

A ventilação natural foi simulada utilizando-se o algoritmo AirflowNetwork[®] incorporado ao software EnergyPlus[®]. A ocorrência de ventilação foi também dependente de uma rotina de disponibilidade de ventilação, estipulada para ocorrer durante todo o dia. Os coeficientes de pressão das fachadas da edificação foram definidos pelo próprio software EnergyPlus/AirflowNetwork[®] para a torre unidirecional, e, para as outras, foram inseridos manualmente.

3.2.4. *Locais simulados*

Os modelos foram simulados para 8 cidades brasileiras, uma para cada Zona Bioclimática Brasileira, de acordo com a classificação da NBR-15220 (ABNT, 2005).

O critério de escolha das cidades foi a disponibilidade de dados para simular dias típicos de projeto para inverno e verão no software EnergyPlus[®], além da localização destas cidades, devendo contemplar todas as regiões brasileiras, com seus climas diferenciados (tabela 3).

Os arquivos EPW, que contêm as características climáticas de cada cidade brasileira e utilizados nas simulações, foram retirados do site da empresa Roriz Bioclimática (http://www.roriz.eng.br/epw_9.html).

Tabela 3– Cidades selecionadas para as simulações.

Cidade	Estado	Zona
São Joaquim	SC	1
Teresópolis	RJ	2
Belo Horizonte	MG	3
São Carlos	SP	4
Vitória da Conquista	BA	5
Goiânia	GO	6
Cuiabá	MT	7
Belém	PA	8

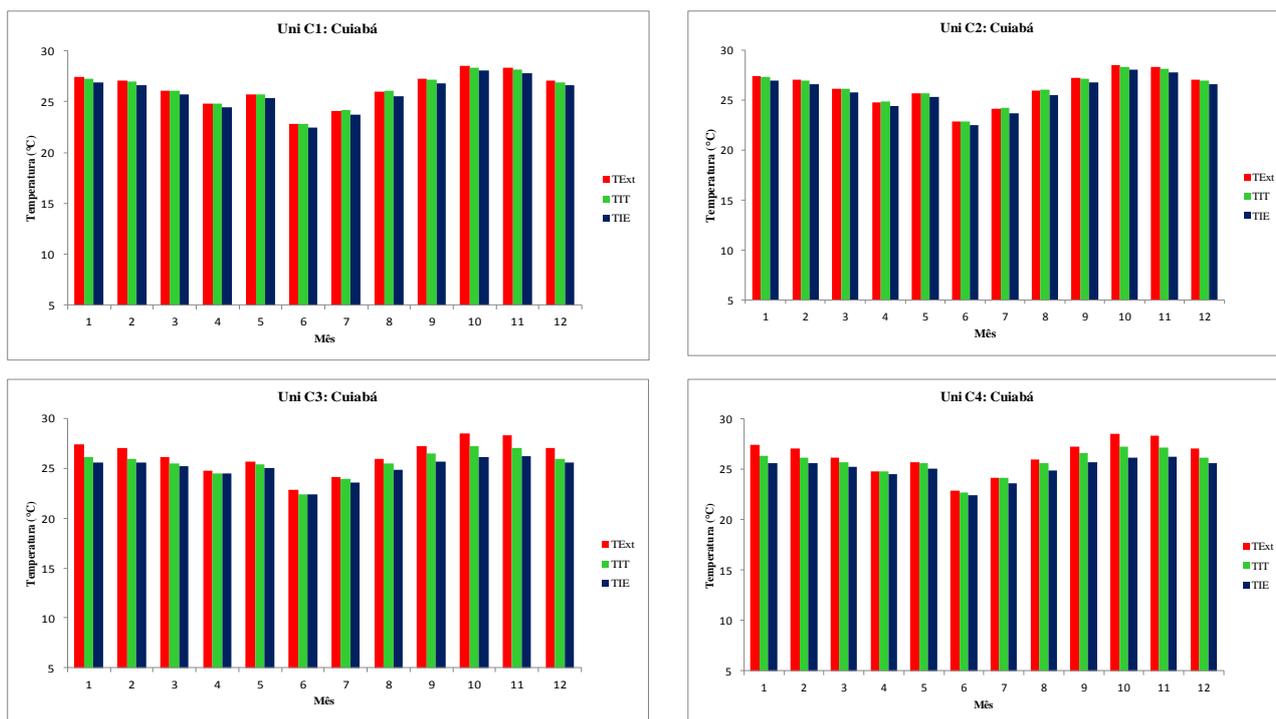
4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados são representados a seguir pelos gráficos das médias das temperaturas por mês para verificar a época em que a temperatura interna à edificação tem o menor valor em relação a temperatura externa e à interna da torre, cuja verificação permite evidenciar a Zona 7, representada pela cidade de Cuiabá.

4.1. Torre Unidirecional

Para as quatro situações simuladas percebe-se pela figura 2 que nos casos 3 e 4 (C3 e C4) houve um melhor desempenho dessa torre para a edificação, notadamente na cidade de Cuiabá, atingindo no mês 10 (outubro) a sua maior diferença entre as temperaturas externa e interna de 2,4°C, sendo que nos outros casos (C1 e C2) essa diferença foi de 0,5°C para o mesmo mês.

Isso ocorre porque a área ocupada pela cobertura verde é maior nos dois últimos casos (C3 e C4), diminuindo assim a absorção de calor pelas lajes expostas.



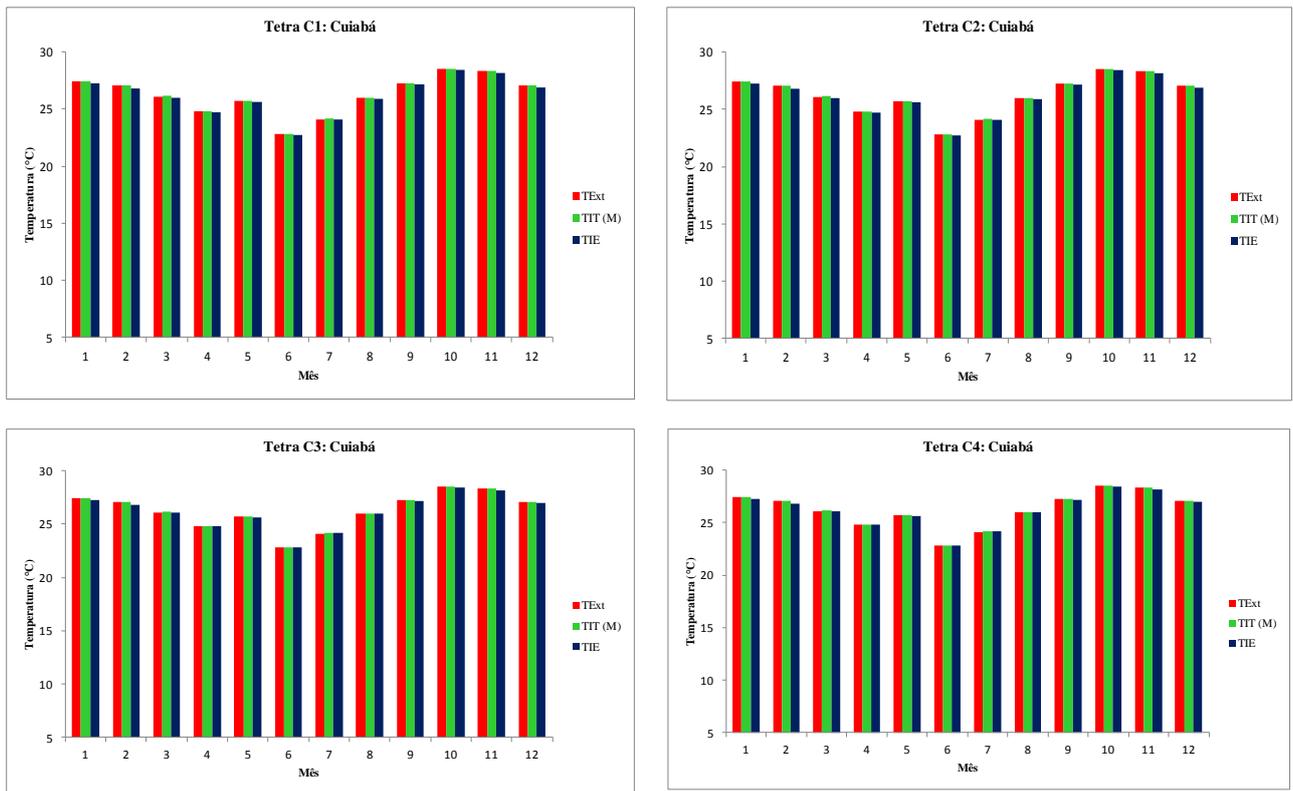
TExt: Temperatura do ar externo; TIT: Temperatura do ar interno da torre; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 2 – Temperaturas médias mensais para a torre unidirecional.

4.2. Torre Tetradirecional

Observando a figura 3 nota-se que em todos os casos (C1 a C4) ocorreu um desempenho igual dessa torre na edificação para a cidade de Cuiabá no mês 10 (outubro), no qual houve uma diferença entre as temperaturas interna e externa no valor de 0,1°C, ao contrário dos resultados da torre unidirecional.

Esse fato pode ser explicado pelo aumento do número de aberturas na torre, os quais, embora intensifiquem a ventilação natural captando o vento em outras direções, aumentam a temperatura interna por meio da absorção de calor das paredes internas da torre (divisórias), e, conseqüentemente a cobertura verde, tanto da torre como da edificação, liberará esse calor lentamente, ao contrário da laje exposta.



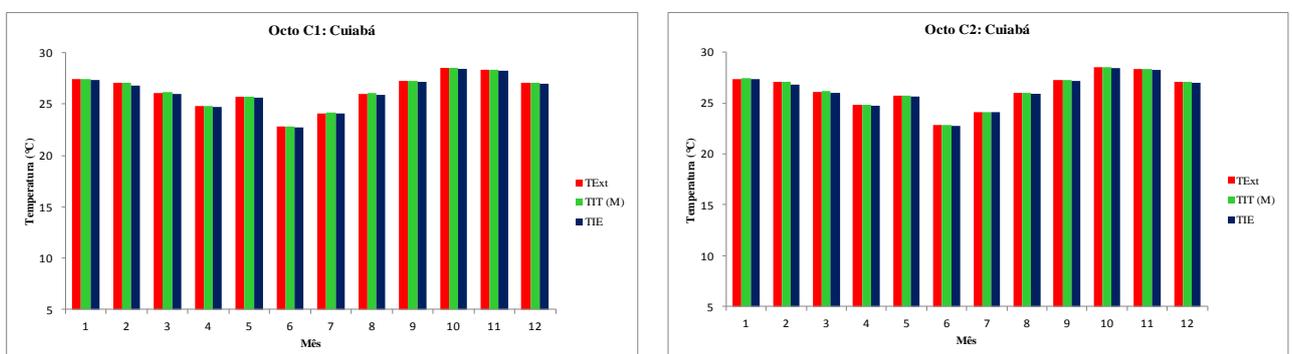
TExt: Temperatura do ar externo; TIT (M): Média das temperaturas do ar interno de cada seção da torre; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

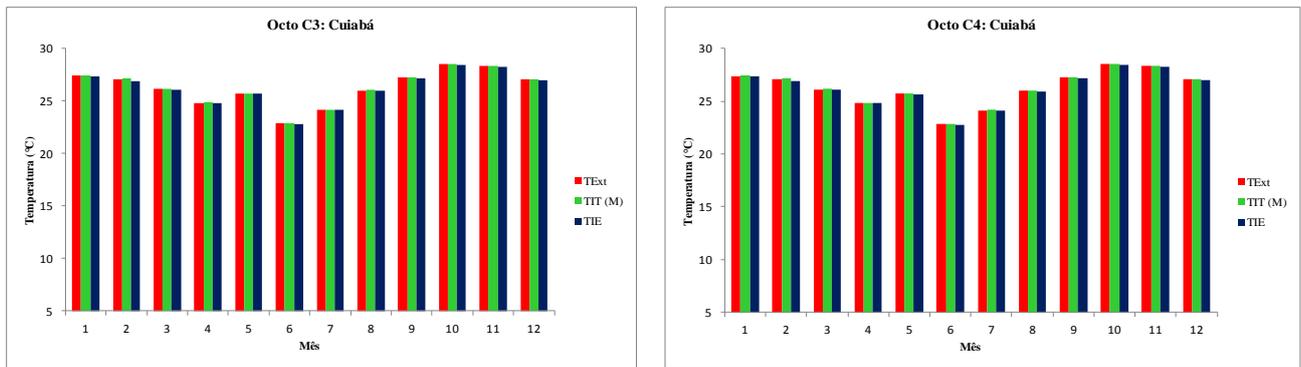
Figura 3 – Temperaturas médias mensais para a torre tetradirecional.

4.3. Torre Octodirecional

Considerando os casos simulados (C1 a C4) observa-se pela figura 4 que não houve alterações nas diferenças entre as temperaturas externa e interna da edificação em relação a essa torre para a cidade de Cuiabá no mês 10 (outubro), cujo valor foi de 0,1°C para todos os casos, contrariando novamente os resultados da torre com uma abertura.

Essa situação ocorre pelo mesmo motivo que a torre tetradirecional, sendo que nesse caso o número de paredes internas da torre (divisórias) é maior, aumentando a absorção de calor e transferindo-o para a edificação, sendo liberado em um tempo maior pela cobertura verde quando comparado à laje exposta.





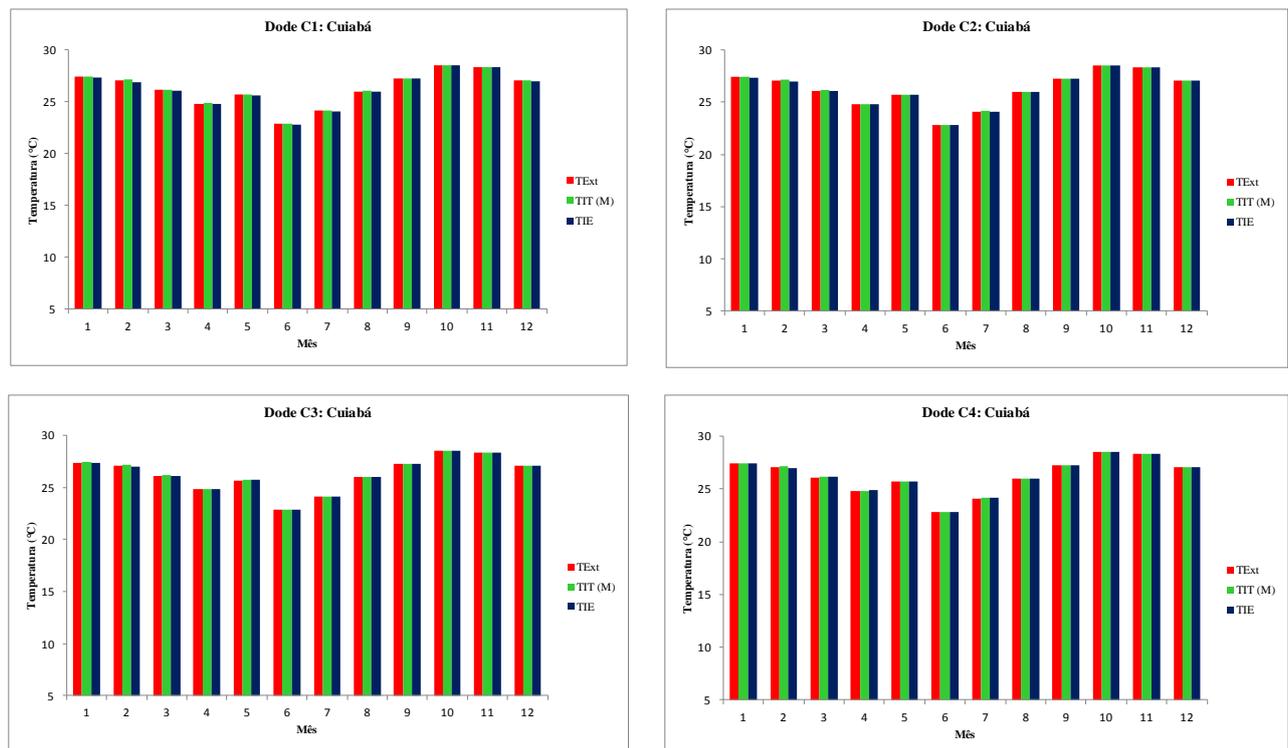
TExt: Temperatura do ar externo; TIT (M): Média das temperaturas do ar interno de cada seção da torre; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 4 – Temperaturas médias mensais para a torre octodirecional.

4.4. Torre Dodecadirecional

Pela figura 5 verifica-se que não houve alterações nos casos simulados (C1 a C4) para a cidade de Cuiabá no mês 10 (outubro), pois a diferença entre as temperaturas externa e interna foi de 0°C nos quatro casos, discordando mais uma vez dos resultados da torre unidirecional.

Esse fato ocorre pelo mesmo motivo das torres com quatro e oito aberturas, uma vez que o número de paredes internas (divisórias) é maior quando comparado às outras, e, conseqüentemente a absorção de calor também se eleva, necessitando a cobertura verde de um tempo maior que a laje exposta para liberá-lo.



TExt: Temperatura do ar externo; TIT (M): Média das temperaturas do ar interno de cada seção da torre; TIE: Temperatura do ar interno da edificação

Figura 5 – Temperaturas médias mensais para a torre dodecadirecional.

Nas outras cidades simuladas foram encontrados valores de diferenças entre as temperaturas interna e externa variando de 0°C a 1°C para as edificações com cobertura verde, isto é, abaixo dos valores de Cuiabá,

que ultrapassaram 2°C. Além disso, a cobertura verde (cobertura pesada) não é uma estratégia recomendada para os outros locais, sendo a cobertura leve isolada indicada para as cidades das zonas de 1 a 6 e a cobertura leve refletora da zona 8.

5. CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas verifica-se que a adição de uma cobertura verde em torres de vento e/ou edificação é uma alternativa viável para otimizar o resfriamento do ar e a sua potencialização quanto à ventilação natural, amenizando a temperatura do ar no interior desses ambientes, tornando-os termicamente confortáveis, especificamente para cidades da Zona Bioclimática 7, que apresentam clima quente e seco.

A torre unidirecional foi a que apresentou o melhor resultado, chegando a uma diferença de até 2,4°C entre as temperaturas externa e interna à edificação, ao contrário das outras torres com maior número de aberturas para a entrada do ar, nas quais a cobertura verde não mostrou resultados satisfatórios, com diferenças em torno de 0°C, devido ao aumento da temperatura do ar interno da torre provocado pela absorção de calor das divisórias, transferindo-o para o interior da edificação, onde a cobertura verde necessita de um tempo maior para liberá-lo do que a laje exposta.

A utilização de simulações computacionais mostrou-se como uma ferramenta satisfatória, possibilitando a avaliação dos ambientes analisados em curto período de tempo. Além disso, poderá ser proposto um conjunto de diretrizes, para cada zona bioclimática, orientando arquitetos e engenheiros a incorporarem as torres de vento corretamente em seus projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, N.C.; CARAM, R.M.; LABAKI, L.C. Estudo da ventilação natural em edificações com torres de vento multidirecionais através de simulações em túnel de vento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2012.
- ANDRADE, N.C.; RORIZ, M. Comportamento térmico de cobertura verde utilizando a grama *Brachiaria humidicola* na cidade de São Carlos, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2009.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS - ABNT NBR 15220. **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- BAU, S.L.; CHIN, C.Y.; SI, T.S.; YANN, J.L. Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive green roof. **Building and Environment**. V. 67, p. 26-33, Sep. 2013.
- CÓDIGO SANITÁRIO. **DECRETO No. 12343**. Regulamento da promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde. São Paulo, 1978.
- COUTTS, A.M.; DALY, E.; BERINGER, J.; TAPPER, N.J. Assessing practical measures to reduce urban heat: Green and cool Roofs. **Building and Environment**. V. 70, p. 266-276, Dec. 2013.
- EL-SHORBAGY, A.M. Design with nature: windcatcher as a paradigm of natural ventilation device in buildings. **International Journal of Civil & Environmental Engineering**. V. 10, n. 3, p. 26-31, Jun. 2010.
- KANG, D.; STRAND, R.K. Simulation of passive down-draught evaporative cooling (PDEC) systems in Energyplus®. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION CONFERENCE, 11., 2009, Glasgow. **Anais...** Glasgow: IBPSA, 2009. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0369_376.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2010.
- KARAKATSANIS, C.; BAHADORI, M.N.; VICKERY, B.J. Evaluation of pressure coefficients and estimation of air flow rates in buildings employing wind towers. **Solar Energy**. V. 37, n. 5, p. 363-374, Sep.-Oct. 1986.
- MARTINS, T.A.L.; BASTOS, L.E.G.; BARROSO-KRAUSE, C.; BITTENCOURT, L.S.; PASSOS, I. O uso de torres de vento em edificações residenciais geminadas de meia morada. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2009.
- NEGREIROS, B.; PEDRINI, A. Métodos de predição de desempenho térmico de habitação em clima quente-úmido, com condicionamento passivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2013, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.
- VAN WOERT, N.D.; ROWE, D.B.; ANDRESEN, J.A.; RUGH, C.L.; FERNANDEZ, R.T.; XIAO, L. Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. **Journal of Environmental Quality**. V. 34, n. 3, p. 1036-1044, May-Jun. 2005.