



APLICAÇÃO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA ESCOLHA DE SISTEMA DE FACHADAS VEGETAIS EM CURITIBA

José Edwalto de Lima Junior (UFPR, Brasil) arq. jrlima@gmail.com

Marcelo H. F. Medeiros (UFPR, Brasil) medeiros.ufpr@gmail.com

Sérgio Fernando Tavares (UFPR, Brasil) sergioftavares@gmail.com

Resumo: As fachadas de edificações localizadas na cidade de Curitiba necessitam de tratamentos adequados às frequentes variações climáticas, caracterizadas pela considerável amplitude térmica ao longo dos dias, e temperatura extrema de frio e calor nas estações bem definidas de inverno e verão. Os sistemas de fachadas vegetais estão se tornando técnicas populares para melhorar o desempenho térmico de edificações, bem como a sensação de conforto dos usuários. Este artigo tem como objetivo escolher, dentre 4 sistemas, o sistema de fachada vegetal mais apropriado à cidade de Curitiba, de acordo com oito critérios estabelecidos. O método utilizado é o Processo de Análise Hierárquica (PAH), criada por Thomas Saaty, que consiste fundamentalmente em tomadas de decisões de multi-critérios. Os resultados indicaram que o sistema de fachada vegetal com manta é a melhor solução com 30.17% de toda pontuação, embora sendo a opção de custo mais elevado e a que mais necessita manutenção.

Palavras-chave: Fachada Vegetal. Análise Hierárquica. Curitiba.

Abstract: *Facades of buildings located in the city of Curitiba require treatments suitable to frequent climatic variations, characterized by large thermal amplitudes over the days, and extreme cold and heat temperatures along well defined seasons of Winter and Summer. The greenery facade systems are becoming popular techniques to improve the thermal performance of buildings and the users comfort sensation. This article aims to choose out of 4 systems, the green façade system which is most appropriate to the city of Curitiba, in accordance with eight established criteria. The method adopted the Analytic Hierarchy Process (AHP), created by Thomas Saaty, which basically consists in making multi-criteria decisions. The results indicate that the greenery façade system with blanket is best solution with 30.17% of all score, although the option is more expensive and requires more maintenance.*

Keywords: *Greenery Facade. Analytic Hierarchy Process. Curitiba.*



1. Introdução

Em 2008, Curitiba foi sede do primeiro Encontro Regional de Tecnologias e Sistemas de Fachadas, promovido pela Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA/PR) em parcerias com empresas e instituições do mercado da construção civil, envolvendo mais de 200 participantes. O enfoque do encontro foi debater sobre novas ferramentas para o desenvolvimento de fachadas, sobre o contexto ambiental, a criação e o desempenho de cada material em relação a sua criatividade, tecnologia e viabilidade econômica.

As fachadas de uma edificação localizada na cidade de Curitiba necessitam de tratamentos adequados às frequentes variações climáticas, caracterizadas pelas consideráveis amplitudes térmicas ao longo dos dias, e temperaturas consideradas extremas (no contexto brasileiro) de frio e calor nas estações bem definidas de inverno e verão.

De acordo com Roaf et al. (2009), as edificações que possuem isolamento térmico inadequado possuem paredes de fina espessura e têm baixa inércia térmica produzindo consequentemente temperaturas internas desconfortáveis tanto no verão como no inverno.

Neste contexto, os sistemas de fachadas vegetais estão se tornando ferramentas para melhorar o desempenho térmico de edificações bem como a sensação de conforto dos usuários. Este trabalho tem o objetivo de responder de forma metodológica e sistêmica qual o mais

adequado sistema de Fachada Vegetal a ser instalado em uma habitação unifamiliar localizada na cidade de Curitiba, levando-se em consideração oito critérios pré-estabelecidos: preço global, isolamentos térmico no verão e no inverno, isolamento acústico, manutenção, flexibilidade, adaptabilidade e ocorrência de umidade.

2. Fachadas Vegetais

Fachadas Vegetais (FV) é o nome adotado neste trabalho ao tratamento externo de uma edificação com uso de diversificadas espécies de plantas que são aplicadas diretamente ou indiretamente à superfície de uma determinada parede.

Este método também é conhecido internacionalmente por nomes como *green facade*, *vertical gardens*, *vertical greenery system*, *living walls*, *Mur Vert*, *Fassadenbegrünung*. A nomenclatura tem variação devida aos vários tipos de sistemas de instalação existentes no mercado mundial. No Brasil também recebe nomes como jardim vertical e parede verde. Os sistemas de instalação podem ser classificados em duas categorias diferentes, de acordo com a forma de crescimento das plantas: Fachadas Verdes ou Fachadas Vivas.

Fachadas Verdes ou peles verdes: é um termo utilizado para se referir ao tipo de sistema onde a vegetação é plantada no chão, designada a crescer no sentido vertical e cobrir uma determinada superfície (Figura 1). A instalação pode ser feita para a vegetação crescer em contato direto com a superfície da parede,



assim como em estruturas de apoio fixadas ou próximas a ela. Essas estruturas na maioria das vezes são gradeadas, podendo ser feitas de madeira, metal, cabos inox e PVC (SHARP,

2008; KHÖLER, 2008).

FIGURA 1: EXEMPLOS DE PAREDES VERDES OU PELES VERDES. À ESQUERDA, FACHADA VERDE COM GRADE E A DIREITA FACHADA VERDE DIRETA



Fonte: Os autores

Fachada Viva ou Sistema de Parede Viva ou também Living Wall System (LWS): de acordo com Köhler (2008), se caracteriza por envolver estruturas de caixas, mantas ou similares que ancoram as plantas, para que se desenvolvam dentro de sistemas de módulos ligados a parede, sem precisarem enraizá-las no chão (Figura 2). Neste caso, é indispensável um sistema de irrigação de PVC ou metal na parte superior, na qual pode alimentar as plantas através de um bombeamento de água ou de um sistema automatizado.

A instalação de fachadas vegetais pode trazer

uma série de benefícios internos e externos, tanto para as pessoas que convivem com ela quanto para a edificação. Analisando nove tipos diferentes de sistemas de fachada verde, Wong et al. (2009) concluíram que vários fatores influenciam no seu desempenho térmico e acústicos, tais como: a estrutura física do sistema, a dimensão e os tipos de materiais compostos nos painéis que suportam o substrato, as espécies de plantas escolhidas, o tipo do substrato, a composição e mistura do conteúdo dos vários modelos existentes no mercado.

FIGURA 2: EXEMPLOS DE PAREDES VIVAS OU LIVING WALLS. À ESQUERDA, FACHADA VIVA COM MANTA E A DIREITA FACHADA VIVA COM MÓDULO



Fonte: Os autores

A superfície de uma edificação coberta por um sistema de Fachada Vegetal pode estar protegida contra as principais intempéries

como a radiação direta em grande intensidade, a chuva, o vento, a geada e em países de clima frio e temperado também oferece proteção



contra a neve. É importante lembrar que para o efeito de proteção desejado, a espécie da vegetação escolhida deve ser perene e de espessa camada de folhas.

No verão, as folhas aproveitam a radiação solar para permitir que o ar circule entre a planta e o edifício; o efeito chaminé e a transpiração produzem um resfriamento. No inverno, as folhas superpostas formam uma capa isolante de ar em repouso ao redor do edifício (YEANG, 2001).

Estudos feitos na região de clima mediterrâneo por Pérez et al. (2010) e sua equipe de pesquisadores espanhóis apontaram que a diferença térmica obtida nas paredes com superfícies protegidas por sistemas de Fachada Verde podem ser de até 15,2°C em relação às paredes expostas ao sol, entre os meses de Agosto e Setembro. Nos demais meses a média de variações foi de 5,2 °C.

No ambiente urbano exerce proteção também contra atitudes de vandalismo (pichações, pintura, cartazes, etc.). Caso a superfície de uma parede tenha sofrido já algum dano dessa natureza, o sistema pode ser instalado a fim de poupar futuros acontecimentos de mesma natureza, além de esconder o dano já existente. O trabalho realizado por Valesam (2009) ressalta que a presença de plantas trepadeiras nas fachadas residenciais proporciona um estado de bem estar aos moradores que nelas residem. Os resultados obtidos por meio de um questionário, para os moradores que possuem paredes verdes em suas fachadas, revelam que para 73% dos entrevistados, o principal motivo da adoção da técnica está relacionado ao efeito

estético e sensação de bem estar que esta pode proporcionar, fazendo jus ao conceito de biofilia.

Apesar de nunca recuperar por completo a biodiversidade local existente antes da intensificação urbana, o uso de coberturas verdes em fachada ajuda a incentivar o resgate e a permanência da biodiversidade local.

Sharp et al. (2008) ressaltam que para se evitar a presença de insetos indesejados é preciso evitar o crescimento excessivo das plantas, remover pedaços de madeira podre e evitar o acúmulo de água parada no sistema.

De acordo com Dunnett e Kingsbury (2008), as fachadas verdes podem ser usadas para ajudar no desempenho térmico de edificações localizadas tanto em regiões frias quanto em regiões quentes. Em regiões de clima frio atuam como retardadoras de perda de calor pela parede do edifício. Em regiões de clima quente amenizam as temperaturas de superfície das paredes através do efeito de sombra, além de gerar uma carga de resfriamento causado pelo microclima das plantas quando adultas.

3. Região Bioclimática de Curitiba

Curitiba é uma cidade de aproximadamente 1,8 milhões de habitantes localizada na região sul do Brasil, nas coordenadas 25°42' ao Sul e 49°27' a Oeste, totalizando uma área de 435 km² (IBGE, 2012). Construída a 934 m de altitude acima do nível do mar, a cidade está inserida em uma região climática do tipo Cfb, de acordo com a classificação de Koeppen-Geiger e caracteriza-se pelo clima temperado (ou subtropical), úmido, mesotérmico, com



inexistência de estação seca definida e estações de verão e inverno bem definidas (IPPUC, 2001).

Suas características climáticas são influenciadas principalmente pela sua localização em relação ao trópico de Capricórnio, pela altitude média do município, pela topográfica do planalto e pela barreira geográfica natural da Serra do Mar (IPPUC, 2001).

As médias das temperaturas máximas e mínimas são respectivamente de 26,0°C e 7,4°C. Na estação do verão a temperatura permanece entre 16°C e 27°C com a frequência de chuvas fortes. Já na estação de inverno, se caracteriza pelo clima frio e seco, com permanência de céu limpo e temperaturas diárias variando entre 8°C a 20°C (INMET, 2012).

Porém, há um fator agravante na produção do maior desconforto por frio e por amplitude térmica nestes locais: a conformação do relevo em escala mais ampla forma um corredor de vento no sentido Nordeste sudoeste, favorecendo a entrada das frentes frias e massas de ar frio que muitas vezes entram na região proveniente desta orientação, deixando desprotegidas as áreas ao Sul e ao Norte.

4. Método

O método estabelecido para este trabalho se baseia em três etapas. A primeira delas é uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e pesquisas sobre as técnicas selecionadas. A segunda etapa é a criação de um banco de dados por meio de resultados e

conclusões obtidos em outras publicações científicas, fornecedores da técnica no mercado e livros específicos do assunto. E a terceira etapa é a aplicação de uma Análise Hierárquica, usando o banco de dados criado e os critérios estabelecidos, a fim de descobrir quais as variáveis mais relevantes e qual a melhor técnica a ser usada de acordo com elas.

4.1 Sistemas selecionados

Não existe um modelo padrão de sistema a se construir, tampouco uma norma vigente sobre como se deve proceder em uma instalação. Por isso, neste trabalho foram selecionados, dentre os diversos tipos de instalação existente, os quatro sistemas mais comuns de serem utilizados em pequenas, médias e grandes proporções. São eles:

- Fachada Verde Direta (FVD): Técnica que consiste em plantar uma espécie trepadeira na base da parede para que ela cresça diretamente sobre sua superfície em sentido vertical até cobri-la por completo.
- Fachada Verde em Grade (FVG): Técnica que consiste em plantar uma espécie trepadeira próxima a base da parede para que cresça sobre estruturas metálicas ou de madeira em grades paralelas à parede e com a distância podendo ser determinada de acordo com a situação (em geral entre 20 cm e 80 cm de distância da parede). Para este trabalho, se considera a Fachada Verde em Grade a uma distância de 30 cm da parede.



- **Fachada Viva em Módulo (FVMO):**
Técnica que se baseia em instalar um suporte plástico (polipropileno) modulado com pequenos nichos, onde em cada um deles fica instalado um único vaso com uma planta específica. Neste caso, a planta cresce dentro do nicho, sem contato com o solo.
- **Fachada Viva em Manta (FVMA):**
Também conhecido internacionalmente como “*living wall system*”. Técnica que se assemelha a técnica de telhados verdes, pois consiste em criar um suporte fixado a parede para acomodar plantas no sentido vertical dentro de duas camadas de mantas (podendo ser manta geotêxtil, manta de feltro ou similares) com isolamento plástico de fundo, que evita que a umidade gerada seja transmitida à parede.

4.2 Critérios pré-estabelecidos

Alguns critérios foram pré-estabelecidos para se analisar todos os quatro sistemas perante as mesmas condições. São eles:

Local de instalação do sistema: Parede externa;

Tipologia: Habitação residencial unifamiliar;

Delimitação Geográfica: Curitiba (zona bioclimática 1- ABNT 15220);

Dimensão da parede: 9m² (3x3);

Composição da parede: parede de alvenaria de tijolo cerâmico com reboco de argamassa de cimento Portland e com pintura;

Aberturas na parede: nenhuma;

Espécies de plantas: não avaliadas neste estudo. Para todos os casos, estão sendo simuladas plantas perenes, adaptáveis ao clima de Curitiba e ao sistema adequado.

4.3 Critérios avaliados

Os critérios selecionados para a matriz hierárquica são baseados nas principais vantagens e desvantagens que as técnicas podem oferecer que serão decisivas para a garantia do seu desempenho e do bem estar de seu proprietário. São eles:

- **Preço Global:** se refere a um valor total da soma de preço do material juntamente com o preço da instalação;
- **Isolamento térmico no verão:** neste caso, está sendo avaliada apenas a diferença máxima de temperatura (em °C) entre os ambientes exterior e interior, já registrados em artigos científicos que utilizaram protótipos com sistemas de fachadas verdes/vivas instalados na superfície externa da parede.
- **Isolamento térmico no inverno:** medido no percentual de diminuição da perda de calor do ambiente interno em porcentagem.
- **Isolamento acústico:** se refere à perda por inserção, ou seja, a diferença em decibéis, do nível de pressão sonora a um nível específico do receptor, antes e depois da instalação dos sistemas de fachadas verdes como barreiras acústicas, diante das mesmas



condições de medição e ambientação física. Neste caso está sendo simulada uma parede com 100% de cobertura vegetal.

- **Manutenção:** necessidade de o sistema ser reparado, por meio da poda ou troca de plantas, bem como a troca ou reparo dos materiais de sustentação ou irrigação. Neste trabalho a manutenção está sendo medida nos períodos mensal, semestral e anual.
- **Flexibilidade:** a capacidade de o material ser ou não instalado e desinstalado com rapidez e facilidade, de modo a poder ser reinstalado em outro local sem perder as plantas e os materiais.

- **Adaptabilidade à forma da superfície:** Definido como a possibilidade do sistema se adequar ou não às condições físicas mais elaboradas, como paredes redondas, com chanfros ou recuos.
- **Umidade:** neste caso avaliado como potencial da técnica de gerar futuros problemas de umidade na superfície instalada.

Definidas as variáveis, foi elaborado, em seguida, um banco de dados com informações quantitativas e qualitativas, baseados nos resultados de publicações científicas e de referências bibliográficas dos principais autores especializados no assunto (Tabela 1).

TABELA 1: BANCO DE DADOS

BANCO DE DADOS								
TIPOS DE FACHADAS	Preço Global R\$/m ²	Isolamento Térmico no Verão (°C)	Isolamento Térmico no Inverno (%)	Isolamento Acústico 125-250	Manutenção	Flexibilidade	Adaptabilidade	Umidade
Fachada Verde Direta (FVD)	5,00	1,30 ⁸	25 ⁵	5,0 ⁵	An ¹	N	S	S8
Fachada Verde em Grade (FVG)	64,27	4,36 ⁷	0	9,9	An ¹	N	S	S8
Fachada Viva em Módulo (FVMO)	652,00 ⁴	8,00 ⁷	40,68 ³	2,2	Se ⁴	S	N	N4
Fachada Viva em Manta (FVMA)	870,00	10,30 ⁷	40,68 ³	5,6	Me ²	S	S	N3
LEGENDA	REFERÊNCIAS							
Se- Semestral;	1- Dunnet, N.; Kingbury, N. (2008).							
Me- Mensal;	2- Blanc. P. (2012).							
An- Anual;	3- Wong, N. H <i>et al.</i> (2009).							
N- Não;	4- Ecotelhado ® (2012)							
S- Sim.	5- Köhler, M. (2008)							
	6- Wong, N. H <i>et al.</i> (2009).							
	7- Wong, N. H <i>et al.</i> (2009).							



BANCO DE DADOS

8- Morelli, D. D. (2009)

Fonte: Os autores

4.4 Análise hierárquica

A matriz de decisão deste trabalho foi elaborada com o conhecimento técnico sobre o assunto, para se obter o posicionamento final de acordo com a importância de cada critério (Tabela 2). Para isso, utilizou-se uma escala de importância indicada pela norma ASTM E 1765 (2002) para estimativa de um peso relativo para cada critério. Essa norma americana trata da aplicação de AHP para análise de decisões relacionadas a investimentos na área de construções e de sistemas construtivos.

Com a escala de importância definida, foi realizada uma comparação por pares de um critério em relação ao outro, verificando o grau de importância entre eles. Deve-se notar que a escala da Tabela 2 faz referência a “A” sendo mais importante do que “B”. De acordo com Pereira et al. (2012) e Mattana et al. (2012), quando ocorre o contrário, ou seja, “A” é menos importante do que “B”, é só usar o valor invertido. Um exemplo disso, usando as considerações da Tabela 2, é que o Isolamento Acústico foi considerado menos importante do que o Preço Global e, deste modo, sua nota foi 1/5 na Tabela 2.

Na montagem da matriz hierárquica, o peso de

cada critério foi pontuado conforme o entendimento técnico dos autores e de um grupo técnico de participantes (arquitetos e empresas que trabalham com fachadas verdes no mercado de trabalho). Em sua montagem, pode-se observar que:

Os critérios preço global e manutenção são considerados igualmente importantes na comparação entre ambos com pontuações iguais nos cinco primeiros critérios.

Isolamento térmico de verão e de inverno possuem pontuações de comparação semelhantes em relação aos outros critérios, porém na comparação entre eles, a importância maior foi do isolamento térmico do inverno, devido à predominância do clima frio ao longo do ano em Curitiba.

O critério flexibilidade foi pontuado em quase todas as comparações como menos importante em relação aos outros, com exceção aos comparativos de isolamento acústico e umidade, onde foi considerado como igualmente importante.

O critério adaptabilidade foi considerado mais importante que os critérios de isolamento acústico, manutenção e flexibilidade, sendo considerado de igual importância nas demais comparações.

TABELA 2: MATRIZ HIERÁRQUICA

MATRIZ COM ANÁLISE PAREADA E PESO PARA CADA CRITÉRIO



<p>Escala de importância de acordo com ASTM E-1765 (2002)</p> <p>COMPARATIVO PESO</p> <p>A igual a B 1</p> <p>A levemente mais importante que B 3</p> <p>A mais importante que B 5</p> <p>A muito mais importante que B 7</p> <p>A extremamente mais importante que B 9</p>	Preço Global	Isolamento Térmico de verão	Isolamento Térmico de inverno	Isolamento acústico	Manutenção	Flexibilidade	Adaptabilidade	Umidade	TOTAL	PESO RELATIVO
Preço Global	1,00	0,33	0,33	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	14,66	0,148
Isolamento Térmico de verão	3,00	1,00	0,33	3,00	3,00	7,00	1,00	1,00	19,33	0,195
Isolamento Térmico de inverno	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	7,00	1,00	1,00	22,00	0,222
Isolamento Acústico	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33	0,33	3,98	0,040
Manutenção	1,00	0,33	0,33	3,00	1,00	3,00	0,33	1,00	9,99	0,101
Flexibilidade	0,2	0,14	0,14	1,00	0,33	1,00	0,20	1,00	4,01	0,040
Adaptabilidade	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	1,00	1,00	16,00	0,161
Umidade	0,33	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,33	0,094
TOTAL									99,30	1,00

Fonte: Os autores

O critério umidade foi igualado aos critérios de isolamento térmico, manutenção, adaptabilidade, flexibilidade e umidade, sendo neste caso o mais neutro de todos.

Com a atribuição de todos os pesos a todos os critérios, o total da soma de cada critério (soma das linhas) é dividido pelo total da soma de todos os critérios (soma da coluna “TOTAL”), criando-se assim um peso relativo a cada um deles (coluna “PESO RELATIVO” da Tabela 2). É por meio desse peso que se estabelece uma conclusão final sobre o grau de importância de cada um deles.

Posicionado cada critério de acordo com seu

peso relativo, a matriz hierárquica foi submetida ao teste de razão de consistência (RC). De acordo com Saaty (2000) a Razão de Consistência avalia a inconsistência em função da ordem da matriz em julgamento. Saaty (2000) ainda ressalta que para a matriz ser considerada consistente, sua Razão de Consistência (RC) deve ter um valor inferior a 0,1. Neste trabalho a Razão de Consistência encontrada foi de 0,087, sendo, portanto, consistente.

TABELA 3: DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS



Avaliação dos dados		Preço Global	Isolamento Térmico de Verão	Isolamento Térmico de Inverno	Acústico Isolamento	Manutenção	Flexibilidade	Adaptabilidade	Umidade
PESO (banco de dados)									
ÓTIMO	2								
REGULAR	1								
RUIM	0								
TIPOS DE FACHADA									
Fachada Verde Direta (FVD)		1/5	1,30	25	5,00	2	0	2	0
Fachada Verde em Grade (FVG)		1/64,27	4,36	0	9,00	2	0	2	1
Fachada Viva em Módulo (FVMO)		1/652	8,00	40,68	2,20	1	2	0	2
Fachada Viva em Manta (FVMA)		1/870	10,30	40,68	5,60	0	1	2	2

Fonte: Os autores

Concluída a consistência da matriz, foi construída uma nova tabela pontuando os critérios de todos os quatro sistemas de acordo com os resultados obtidos no banco de dados (Tabela 3).

Para pontuar os critérios de cada tipo de fachada vegetal, foram usados dados quantitativos nos quatro primeiros critérios, sendo eles os mesmos valores do banco de dados, e dados qualitativos para os quatro últimos critérios, em uma escala de 0 a 2.

No caso do preço global foi preciso pontuar positivamente os menores valores, pois quanto menor o preço global melhor para o usuário. Para que essa leitura fosse possível, os valores do preço global foram transformados em valores inversos de $1/\text{preço}$. Assim, preços altos obtiveram baixos valores e vice-versa.

5. Resultados

Os valores obtidos na classificação de cada um dos quatro sistemas, de acordo com suas características, foram inseridos na Tabela 4 onde cada peso foi dividido pelo maior valor do peso encontrado na linha do critério. Esta prática se chama normalização dos dados e tem a função de fazer com que todos os critérios sejam representados em uma escala padrão que varia de 0 a 1. Em seguida, cada valor obtido por essa divisão foi multiplicado pelo peso relativo de cada critério, como já representado na última coluna da Tabela 2. Por fim, foi feita uma última somatória dos valores de cada sistema, obtendo uma pontuação final na qual o maior valor pontuado entre os quatro sistemas é considerado a melhor indicação.

TABELA 4: RESULTADOS FINAIS

CRITÉRIOS	FVD	FVG	FVMO	FVMA	FVD	FVG	FVMO	FVMA	PESO RELATIVO	FVD	FVG	FVMO	FVMA



1	0,20	0,015	0,001	0,001	1	0,075	0,005	0,005	0,148	0,148	0,011	0	0,0007
2	1,30	4,36	8,00	10,30	0,126	0,423	0,776	1	0,195	0,025	0,082	0,151	0,195
3	25,00	0	40,68	40,68	0,614	0	1	1	0,222	0,136	0	0,222	0,222
4	5,00	9,90	2,20	5,60	0,505	1	0,222	0,565	0,040	0,020	0,040	0,009	0,023
5	2	2	1	0	1	1	0,5	0	0,101	0	0,101	0,050	0
6	0	0	2	1	0	0	1	0,5	0,040	0	0	0,040	0,020
7	2	2	0	2	1	1	0	1	0,161	0,161	0,161	0	0,161
8	0	1	2	2	0	0,5	1	1	0,094	0	0,047	0,094	0,94
TOTAL									100	0,59	0,44	0,57	0,70

Fonte: Os autores

O resultado final concluiu que o sistema mais adequado a ser utilizado na cidade de Curitiba é o sistema de Fachada Viva com Manta (FVMA). Em segundo lugar ficou o Sistema de Fachada Verde Direto (FVD). No terceiro e quarto lugares ficaram respectivamente os sistema de

Fachada Viva em Módulo (FVMO) e em

Grade (FVG), conforme mostra o Quadro 1.

1º Lugar (melhor indicação) Fachada Viva com Manta (FVMA)

2º Lugar Fachada Verde Direta (FVD)

3º Lugar Fachada Viva com Módulo (FVMO)

4º Lugar Fachada Verde em Grade (FVG)

QUADRO 1: ORDEM DE PREFERÊNCIA DOS SISTEMAS

1º Lugar (melhor indicação)	Fachada Viva com Manta (FVMA)
2º Lugar	Fachada Verde Direta (FVD)
3º Lugar	Fachada Viva com Módulo (FVMO)
4º Lugar	Fachada Verde em Grade (FVG)

Fonte: Os autores

6. Discussão dos resultados

Definido o Sistema de Fachada Viva com Manta (FVMA) como a melhor solução de sistema para a cidade de Curitiba, pode-se analisar os resultados obtidos e fazer algumas considerações:

A Fachada Viva com Manta tem os melhores indicadores de isolamento térmico no inverno e verão e apesar de ser uma técnica recente no

mercado assim como os sistemas de módulo, esta saiu na vantagem principalmente pela sua adaptabilidade, já que sua estrutura de sustentação é feita de peças que podem ter medidas de comprimento de diferentes tamanhos, o que facilita na montagem de uma parede curva ou com recuos. Outra observação relevante é que a ausência de pontuação como uma técnica econômica e de constante manutenção não impediu que ela se tornasse a



melhor opção. Vale lembrar que os materiais e os processos construtivos deste tipo de sistema podem ser otimizados em instalações de pequenas proporções, optando por materiais alternativos (trocando o suporte metálico por um de madeira, por exemplo) reduzindo no custo total.

A Fachada Verde Direta (FVD), estando em segundo lugar, revela-se como uma opção de melhor custo benefício, pois a economia se faz tanto na compra do material quanto na manutenção. Porém, sua escolha somente se justifica se as superfícies da parede onde o sistema for instalado estiverem em bom estado de conservação e de preferência que não seja de madeira ou outros materiais que absorvam muita umidade.

A Fachada Viva com Módulo (FVM), apesar de ser a mais flexível e com bons indicadores de isolamento térmico, apresenta como principais desvantagens o alto preço de instalação e falta de adaptabilidade, pois neste caso os módulos são vendidos em dimensões padronizadas e, portanto, não são os módulos que se adaptam a parede, mas sim a parede aos módulos.

A Fachada Verde com Grade (FVG), apesar de ser uma técnica eficiente em regiões de clima quente contribuindo para o aumento da carga de arrefecimento no edifício, apresentou-se neste trabalho como a técnica menos indicada. Tal conclusão pode ser ligada ao fato de que o sistema é instalado a alguns centímetros da superfície da parede e dependendo desta distância entre ambos, a influência como um retardador na perda de calor interno pela

parede no período de frio (fator importante a ser considerado na cidade de Curitiba) não terá influência significativa.

Por fim um índice de satisfação de cada sistema em relação aos critérios propostos foi elaborado, transformando os totais obtidos na tabela 4 em porcentagens. Assim, foi possível concluir que 30,17% de toda pontuação foi atribuída a Fachada Viva em Manta, 26,72% a Fachada Verde em Grade, 22,8% a Fachada Viva em Módulo e 20,25% a Fachada Verde em Grade.

7. Conclusão

Ponderar critérios na tomada de decisão pode esclarecer fatos, antes não considerados, para a pessoa que está tomando decisões. No caso da Análise Hierárquica é fundamental ter um banco de dados atualizado, completo e preciso. Quanto maior e mais completo for o banco de dados, mais fácil será o entendimento entre a relação dos critérios e entre a variável escolhida como melhor.

Entre os sistemas de Fachadas Vegetais, a opção de Fachada Viva com Manta é a que tem custo de compra, instalação e manutenção mais elevadas, porém maiores benefícios. Sem a aplicação da Análise Hierárquica, um julgamento superficial e sem avaliação de prioridade dos critérios, o sistema escolhido poderia facilmente ser descartado como a melhor opção.

Vale lembrar que os resultados obtidos nesse trabalho foram encontrados de acordo com apenas 8 critérios estabelecidos. No caso de inclusão de mais critérios ou substituição dos



mesmos usados neste trabalho, os resultados podem variar. A mesma regra se aplica em relação ao contexto Geográfico, pois o sistema escolhido foi considerado o melhor apenas para a cidade de Curitiba, devido às condições bioclimáticas locais, não sendo necessariamente o melhor em outras cidades e regiões.

Para futuros trabalhos, recomendam-se outras Análises Hierárquicas com a inclusão de outros sistemas de Fachadas Vegetais, outros critérios ou também outras regiões com climas diferentes a serem consideradas.

Referências

- DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. 1ª Edição. Portland: Inc.Timber Press, 2008.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < www.inmet.gov.br> Acesso em 20/11/2012.
- IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: < www.inmet.gov.br>. Acesso em 21/11/2012.
- KÖHLER, M. Green façades: a view back and some vision. **Urban Ecosyst**, v. 11. Neubrandenburg, p. 423-436, 2008.
- MATTANA, A. J.; MEDEIROS, M. H. F.; SILVA, N. G.; COSTA, M.R.M.M. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural ou areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 63-79, 2012.
- MORELLI, D.D.O. **Paredes verdes: vegetação como qualidade ambiental no espaço construído**. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- PEREIRA, E.; LEVY, S. M.; MEDEIROS, M. H. F. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: Uma aplicação de análise hierárquica. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 125-134, 2012.
- ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **Adaptação de edificações e idades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Ed Artmed, 2009.
- PÉREZ, G.; RINCÓN, L.; VILA, A.; GONZÁLEZ, J. M.; CABEZA, L.F. Behaviour of Green facades in Mediterranean Continental climate. **Energy Conservation and Management**, p. 1861-1867, Elsevier, 2011.
- SAATY, T.L. Decision Making for Leaders, Pittsburg,USA: R WS Publications, 2000.
- SHARP, R. **Introduction to Green Walls: Technology, Benefits and Design**. Green Roofs for Healthy Cities, 2008. Disponível em <www.greenroofs.org>. Acesso em 25/11/2012.
- VALESAN, M. **Percepção ambiental de moradores de edificações residenciais com peles-verdes em Porto Alegre**. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- WONG, N. H.; TAN A.Y. K.; CHEN Y.; SEKAR K.; CHAN P. Y. T. D.; CHIANG K.; WONG N. C. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Buildings and environment**, p. 663-672. Elsevier, 2009.
- WONG, N. H.; TAN, A. Y. K.; TAN P. Y.; CHIANG K.; WONG N, C. Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and environment**, p. 411-420. Elsevier, 2009.
- WONG, N. H.; TAN, A.Y. K.; TAN, P. Y.; WONG, N. C. Energy simulation of vertical greenery system. **Energy and Buildings**, p. 1401-1408. Elsevier, 2009.
- YEANG, K. **El rascacielo ecológico**. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 2001.