

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOSÉ EDWALTO DE LIMA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE UM SISTEMA DE FACHADA VIVA: O
ESTUDO DE CASO DA PLANTA SPHAGNETICOLA TRILOBATA EM
CONDIÇÕES DE INVERNO DE CURITIBA**

CURITIBA
2014

JOSÉ EDWALTO DE LIMA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE UM SISTEMA DE FACHADA VIVA: O
ESTUDO DE CASO DA PLANTA SPHAGNETICOLA TRILOBATA EM
CONDIÇÕES DE INVERNO DE CURITIBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como condição parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Fernando Tavares.

CURITIBA
2014

L732a

Lima Junior, José Edwalto de

Avaliação da influência de um sistema de fachada viva : o estudo de caso da planta Sphagneticola trilobata em condições de inverno de Curitiba / José Edwalto de Lima Junior. – Curitiba, 2014.

128f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, 2014.

Orientador: Sérgio Fernando Tavares .

Bibliografia: p. 114-118.

1. Fachadas (Arquitetura). 2. Cerca viva. 3. Compostas (Botânica) - Curitiba (PR). I. Universidade Federal do Paraná. II. Tavares, Sérgio Fernando. III. Título.

CDD: 583.99198162

TERMO DE APROVAÇÃO

JOSÉ EDWALTO DE LIMA JUNIOR

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE UM SISTEMA DE FACHADA VIVA: O ESTUDO DE CASO DA PLANTA SPHAGNETICOLA TRILOBATA EM CONDIÇÕES DE INVERNO DE CURITIBA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Área de Concentração: Ambiente Construído, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

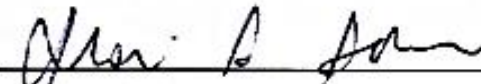
Orientador:



Professor Dr. Sérgio Fernando Tavares

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil - UFPR

Examinador:



Professor Dr. Ing. Aloísio Leoni Schmid

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil - UFPR

Examinador:



Professora Dr^a. Lucila Chebel Labaki

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNICAMP

Examinador:



Professor Dr. Marcelo Risso Errera

Departamento de Engenharia Ambiental- UFPR

Curitiba, 15 de Abril de 2014.

À minha esposa Suelen,
Aos meus pais Ana e Edwalto,
Aos familiares e amigos,
E principalmente ao meu filho Arthur.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela conquista de mais uma etapa.

Ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC).

Ao meu orientador Professor Dr. Sérgio Fernando Tavares

Ao coordenador do programa Professor Dr. Marcelo Medeiros e a secretaria Ziza R. Nichele.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de estudo.

Às Professoras de graduação Dra. Ruth C. Montanheiro Paulino e June Tabah Tellini, pelo incentivo ao meu ingresso no mestrado.

Aos professores do PPGECC.

Aos colegas de mestrado, pela amizade, companheirismo e ajuda fornecida durante este período.

Ao meu amigo Alexandre Bessa Martins Alves.

Ao Professor Dr. Ing. Aloísio Leoni Schmid.

Ao Horto Municipal do Guabirota e ao amigo Engenheiro Agrônomo Daniel Salvador Schlichta, pela concessão do espaço físico e pela doação de materiais utilizados para a execução da pesquisa.

"Aqueles que olham para as leis da natureza como um apoio
para os seus novos trabalhos colaboram com o Criador."

(Antônio Gaudí)

RESUMO

As fachadas vegetais estão ganhando espaço na arquitetura contemporânea como tecnologias limpas, integradoras dos aspectos bióticos aos recursos tecnológicos nas edificações que buscam atributos de sustentabilidade. Uma nova tipologia, denominada de fachada viva, foi desenvolvida no início dos anos 1990 pelo botânico Patrick Blanc, ao estudar o comportamento de plantas em superfícies verticais. São estruturas compostas por caixas, mantas ou similares que ancoram as plantas paralelas às superfícies da parede. Sem o contato com o solo, as plantas são nutridas principalmente pela técnica da hidroponia. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência dos sistemas de fachadas vivas no desempenho térmico de paredes opacas no período de inverno em Curitiba, estação caracterizada pelas frequentes variações climáticas ao longo do dia. Para este estudo, foram utilizados o método da observação participante e do experimento em campo. O primeiro método analisou o desenvolvimento e a adaptação da planta *Sphagneticola trilobata*, conhecida popularmente como Vedélia. O segundo método mediu a umidade na cavidade e as temperaturas internas e externas em protótipos com e sem as fachadas vivas durante o período de inverno. Os resultados mostraram que as fachadas vivas reduziram as amplitudes térmicas no interior do protótipo em todas as faces, porém aumentou a umidade nas cavidades existentes nas faces Sul, Leste e Norte. Houve uma redução de até 23,3% na diferença das temperaturas de superfície externa e interna na fachada Norte, confirmando a hipótese de que são sistemas que podem contribuir significativamente para refrigeração do edifício em períodos quentes. Já na fachada Sul, onde prevaleceu sombra durante todo o período de medição, foi verificado que o efeito de retardar a perda do calor interno se perdeu em função do aumento da umidade na cavidade. Conclui-se por fim, que a planta escolhida teve dificuldades de adaptação, mesmo sendo uma espécie nativa da região e que o sistema de fachada viva se mostrou viável em relação ao uso de materiais alternativos para implantação, porém inviável sem a fertirrigação automatizada, levantando um questionamento sobre a sustentabilidade do mesmo.

Palavras-chave: Fachadas vegetais; Jardim vertical; Sistemas de fachadas vivas; Desempenho térmico; Paredes opacas.

ABSTRACT

Façades Greenery are emerging in the contemporary architecture that integrate biotic aspects with technologies resources in buildings who wants sustainable attributes. The botanical Patrick Blanc, studying the plants behavior in vertical surfaces, developed a new typology, called living wall system, in the beginning the 90s. The living wall systems are consisted by boxes, felt or similar to support the plants parallel the wall surface. Without soil contact, the plants taken nourishment mainly by hydroponic technology. This work aims to evaluate the thermal performance of opaque walls with living wall system submitted in Curitiba climatic conditions during the wintertime, season characterized by frequent weather changes throughout the day. For this work, were chosen the observation participant method and the true experiment. The first method analyzed the development and the adaptation of plant *Sphagneticola trilobata*, popularly known by Vedélia. The second method measured the variables from thermal performance in prototypes with and without the living wall system, during the winter. The results showed that the living wall system decreased the thermal amplitudes inside the prototype in all faces, however increased the humidity into the cavity from South, East and North façades. There was a 23,3% reduction between the exterior and interior temperature difference at North façade, which confirming the hypothesis these systems can contribute significantly for the cooling effect on the building in hot period. Since in South façade, where there was shadow all measurement period, it noted that there was the heat loss effect according to the rising humidity in cavity. It concluded that the chosen plant had adaptation difficulty, even being a local native species and the living wall system proved feasible in relation to the use of alternative materials for deployment, however, the system showed impossible without automated fertirrigation, opening questions about your sustainability.

Key-words: Façades greenery; Vertical garden; Living wall system; Thermal performance; Opaque walls.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escassez de áreas verdes nos grandes centros urbanos.....	20
Figura 2 - Via coberta pela vegetação no Oásis de Turpan, China.	27
Figura 3 - Edifício Pasona O2, localizado no Japão.....	29
Figura 4 - Estratégias de incorporação da vegetação em edifícios: justaposição, mesclagem e integração.	30
Figura 5 - Residência com espaldeira de madeira.	31
Figura 6 - Jardins verticais de Burrell Marx no Banco Safra, em São Paulo.....	32
Figura 7 - Classificação das fachadas vegetais.....	34
Figura 8 - Tipos de fachadas verdes: à esquerda direta e ao centro em grade e à direita em caixa.	35
Figura 9 - Tipos de fachadas vivas: à esquerda em módulo; ao centro em painel modular; e à direita em manta.	36
Figura 10 - composição da fachada viva de Patrick Blanc.....	37
Figura 11 - Tubo responsável pela alimentação das plantas: hidroponia por gotejamento.	38
Figura 12 - Detalhamento do efeito de resfriamento nas fachadas vivas.	40
Figura 13 - Circulação do ar pelo biofiltro.	41
Figura 14 - Manutenção de fachadas vivas: à esquerda, reposição de solução de nutrientes no sistema automatizado de fertirrigação, e à direita, substituição de mudas com ajuda de cesto aéreo.	44
Figura 15 - Problemas ocasionados pela falta de manutenção: À esquerda, perda do controle da fachada verde sobre o edifício e à direita, má formação das plantas na fachada viva.	45
Figura 16 - Edifício Consorcio em Santiago, Chile.....	47
Figura 17 - Projetos de Bruno Stagno. À esquerda, edifício Pérgola e à direita edifício J & R.	48
Figura 18 - Vista em perspectiva e frontal do Edifício Z58.	48
Figura 19 - À esquerda, Fundação Cartier, e à direita, Musée Du Quai Branly	49
Figura 20 - Caixa Fórum Museum. À esquerda, em construção, e à direita, finalizado.	49
Figura 21 - Fachada viva de Blanc na Universidade FAAP, em São Paulo.....	50
Figura 22 - Fachada viva na parede cega do edifício em São Paulo.	50
Figura 23 - Exemplos de plantas para fachadas verdes: Hera Inglesa e Japonesa.	52
Figura 24 - Exemplos de plantas para fachadas vivas: Peperomia e Iresini.....	54
Figura 25 - Fluxo de calor pelas paredes com e sem a vegetação.....	57
Figura 26 - Painéis com a parede nua e os oito sistemas de fachadas vegetais.....	58
Figura 27 - Protótipo de fachada vegetal instalado a Oeste.	59
Figura 28 - Mapa da região bioclimática de Curitiba.....	64
Figura 29 - <i>Sphagnetocola trilobata</i> (Vedélia).	67
Figura 30 - máquina digital.	75
Figura 31 - termovisor.	75

Figura 32 - termômetros digitais e termopares tipo k.....	76
Figura 33 - Recipiente para medição de bulbo úmido.....	76
Figura 34 - Horto Municipal do Guabirota.....	79
Figura 35 - Detalhamento do projeto (Vista superior).	80
Figura 36 - Componentes do projeto.	81
Figura 37 - Proposta final do projeto.....	81
Figura 38 - Protótipos em construção.....	82
Figura 39 - Protótipos finalizados.	83
Figura 40 - Montagem da estrutura das fachadas vivas.....	83
Figura 41 - Fixação da manta de feltro e implantação das mudas.....	84
Figura 42 - Espaçamento da cavidade (9cm).	84
Figura 43 - Protótipo com as fachadas vivas.....	85
Figura 44 - Protótipos finalizados.	85
Figura 45 - Início das medições em campo: à esquerda, vista superior do protótipo aberto....	87
Figura 46 - Temperaturas da fachada sul sem FV.	88
Figura 47 - Temperaturas da fachada Sul com FV.	89
Figura 48 - Temperaturas da fachada Leste sem FV.....	90
Figura 49 - Temperaturas da fachada Leste com FV.....	91
Figura 50 - Temperaturas da fachada Oeste sem FV.....	92
Figura 51 - Temperaturas da fachada Oeste com FV.....	93
Figura 52 - Temperaturas da fachada Norte sem FV.....	94
Figura 53 - Temperaturas da fachada Norte com FV.....	95
Figura 54 - Imagem termográfica, mostrando a variação da temperatura no sistema de fachada verde.....	96
Figura 55 - Escalas termográficas no interior dos protótipos.....	97
Figura 56 - Escalas termográficas nas fachadas Norte e Sul.....	98
Figura 57 - Vista do protótipo com FV no início, à esquerda, e 3 meses depois, à direita.	99
Figura 58 - Vista frontal da fachada viva voltada ao Sul.	100
Figura 59 - Vista frontal da fachada viva voltada a Leste.	101
Figura 60 - Vista frontal da fachada viva voltada a Oeste.....	101
Figura 61 - Vista frontal da fachada viva voltada ao Norte.....	102
Figura 62 - Rebrotagem da planta dentro do feltro.	103
Figura 63 - Planta hospedeira na fachada Leste. À direita, detalhe da planta.	104
Figura 64 - Danos causados a lona plástica na parte superior do painel na fachada Norte.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Potencial das plantas em remover componentes orgânicos voláteis de ambientes internos.....	28
Tabela 2– Lista de espécies exóticas e nativas do Brasil para fachadas vivas.....	55
Tabela 3 - Coleta de dados.....	71
Tabela 4 – Apuração dos dados.....	71
Tabela 5- Síntese do monitoramento da fachada Sul.....	90
Tabela 6 – Síntese do Monitoramento da fachada Leste.....	91
Tabela 7 – Síntese do monitoramento da fachada Oeste.....	93
Tabela 8 – Síntese do mointoramento da fachada Norte.....	95
Tabela 9 – Síntese do monitoramento da umidade relativa.....	96
Tabela 10– Avaliação da planta escolhida.....	105
Tabela 11 – Avaliação da viabilidade da técnica.....	107
Tabela 12 - Conversão de temperatura de bulbo seco e úmido em umidade relativa.....	119
Tabela 13 - Temperaturas na fachada Sul sem FV (28/07/2014 à 31/07/2014).....	120
Tabela 14 - Temperaturas na fachada Sul com FV (28/07/2014 à 31/07/2014).....	121
Tabela 15 - Temperaturas na fachada Leste sem FV (02/08/2014 à 05/08/2014).....	122
Tabela 16 - Temperaturas na fachada Leste com FV (02/08/2014 à 05/08/2014).....	123
Tabela 17 - Temperaturas na fachada Oeste sem FV (07/08/2014 à 10/08/2014).....	124
Tabela 18 - Temperaturas na fachada Oeste com FV (07/08/2014 à 10/08/2014).....	125
Tabela 19 - Temperaturas na fachada Norte sem FV (19/08/2014 à 22/08/2014).....	126
Tabela 20 - Temperaturas na fachada Norte com FV (19/08/2014 à 22/08/2014).....	127
Tabela 21- Relação de materiais para construção dos protótipos.....	128

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema da pesquisa	18
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
1.3	Hipótese	18
1.4	Estratégias da pesquisa	19
1.5	Justificativas	19
1.5.1	Justificativa ambiental.....	19
1.5.2	Justificativa sócio-econômica.....	21
1.5.3	Justificativa tecnológica	22
1.6	Contextualização da pesquisa	24
1.7	Estrutura da dissertação	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1	Vegetação incorporada às edificações	26
2.2	Fachadas vegetais	31
2.2.1	Histórico	31
2.2.2	Conceito e classificação	33
2.3	Fachadas verdes	35
2.4	Fachadas vivas	36
2.5	Vantagens	39
2.5.1	Isolamento térmico	39
2.5.2	Isolamento acústico	40
2.5.3	Melhoria na qualidade do ar interno.....	41
2.5.4	Proteção à biodiversidade local.....	42
2.5.5	Proteção às paredes	42

2.5.6	Efeitos ornamentais	43
2.6	Desvantagens	43
2.6.1	Manutenção	44
2.6.2	Custo de aquisição.....	46
2.6.3	Proliferação de fauna indesejada.....	46
2.7	Fachadas vegetais na arquitetura contemporânea.....	47
2.8	Plantas adaptáveis as fachadas vegetais.....	51
2.9	Estudos da influência das fachadas vegetais no desempenho térmico de edifícios.....	56
2.10	Efeitos físicos das fachadas vegetais que podem influenciar no desempenho térmico da edificação.....	60
2.10.1	Aumento da resistência térmica	60
2.10.2	Aumento da capacidade térmica.....	61
2.10.3	Efeito de sombra.....	61
2.10.4	Evapotranspiração	62
2.10.5	Umidade	63
2.11	Características climáticas da cidade de Curitiba.	63
3	MÉTODO DE PESQUISA	66
3.1	Unidade de análise.....	66
3.1.1	Caracterização tipo de sistema escolhido.....	66
3.1.2	Caracterização do tipo de planta escolhida	66
3.2	Caracterização do problema	67
3.3	Delimitação da pesquisa.....	67
3.4	Etapas do método	68
3.4.1	Revisão bibliográfica.....	68
3.4.2	Observação participante	68
3.4.3	Análise experimental.....	69
3.5	Protocolo de coleta de dados	69
3.6	Amostra.....	72
3.7	Parâmetros do processo	72
3.7.1	Fatores constantes	72
3.7.2	Fatores controláveis.....	73
3.7.3	Fatores não controláveis (ou fatores de ruído)	73

3.7.4	Variáveis de resposta.....	74
3.8	Equipamentos	75
3.8.1	Câmera digital	75
3.8.2	Termovisor	75
3.8.3	Termômetro Digital.....	76
3.9	Testes de validade.....	77
3.9.1	Validade do constructo.....	77
3.9.2	Validade externa.....	77
3.9.3	Validade interna	77
3.9.4	Confiabilidade	78
4	PROJETO EXPERIMENTAL	79
4.1	Localização.....	79
4.2	Projeto	80
4.3	Execução.....	82
4.4	Manutenção	86
5	RESULTADOS.....	87
5.1	Considerações iniciais	87
5.2	Temperaturas das fachadas de acordo com a orientação.....	88
5.2.1	Fachada Sul	88
5.2.2	Fachada Leste	90
5.2.3	Fachada Oeste	92
5.2.4	Fachada Norte	94
5.3	Umidade relativa do ar nas cavidades.....	96
5.4	Distribuição das temperaturas	97
5.5	Análise do desenvolvimento e adaptação da espécie de planta escolhida.....	99
5.5.1	De acordo com a Orientação	99
5.5.2	De acordo com a resistência da planta ao clima local	103
5.5.3	De acordo com a necessidade de irrigação.....	104
5.6	Avaliação da planta escolhida	105

5.7	Análise da viabilidade da técnica	106
5.8	Avaliação da viabilidade da técnica.....	107
5.9	Discussão dos resultados.....	108
6	CONCLUÇÕES	110
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
8	APÊNDICE.....	119
9	ANEXO	128

1 INTRODUÇÃO

As primeiras habitações existentes no planeta surgiram, supostamente, da necessidade do ser humano de se proteger de intempéries, ataques externos e de garantir o conforto térmico de seu corpo. Passaram também a representar o espaço uni familiar que abriga seus usuários em todas as fases de sua vida, garantindo sua formação. Porém, a partir do momento em que o homem passou a construir sua própria habitação, houve a necessidade de se descobrir materiais para vedações capazes de assegurar sua proteção e o isolamento térmico contra ações externas.

Roaf *et.al.* (2009) comparam as vedações de uma edificação a uma terceira pele do seu usuário, visto que a primeira se refere à própria pele humana e a segunda se refere às suas vestes. Quando esta terceira pele não está exercendo suas corretas funções de proteção e isolamento, ou são estruturalmente leves e de baixa inércia térmica, o usuário está sujeito a sensações de desconforto térmico, tanto para situações de frio quanto para de calor. Para as edificações existentes na sociedade atual isto significa, conseqüentemente, consumir um acréscimo de energia com equipamentos de climatização que visam restabelecer o condicionamento térmico no interior dos ambientes.

Tecnologias ecologicamente corretas, que visam o equilíbrio térmico e a eficiência energética de edificações obsoletas e futuras, estão sendo requisitos para o surgimento de uma sociedade mais sustentável. Para esses novos edifícios intitulados ecológicos ou mais sustentáveis Yeang (2001) afirma que um fator crucial nesse conceito é a presença de componentes orgânicos ou bióticos¹, semelhantes aos que são encontrados em ecossistemas naturais.

Nas áreas da engenharia civil e da arquitetura, as coberturas e fachadas vegetais são referências de sistemas construtivos formados por componentes bióticos. Ambos são sistemas que utilizam a vegetação como elemento-chave principal e indispensável. Os processos físicos e biológicos, entre as plantas, a água, o substrato e o clima local do sistema escolhido podem ser planejados e trabalhados pelo profissional para garantir benefícios à edificação na qual se deseja instalar, como proteção, reabilitação do espaço, isolamento térmico e acústico, resgate da biodiversidade, retenção do escoamento de água pluvial e purificação da atmosfera do

¹ Para exemplos de componentes orgânicos têm-se a madeira, o bambu, a argila, a água, entre outros. Já os componentes bióticos são sistemas formados por organismos vivos como, por exemplo, as plantas e os animais.

entorno, além do efeito estético e do bem-estar causado pela convivência com a natureza. Porém, apesar de terem os fatores bióticos em comum, coberturas e fachadas vegetais são sistemas construtivos que atendem necessidades diferentes de uma mesma edificação, visto que o primeiro trabalha superfícies horizontais ou inclinadas e o segundo, superfícies verticais. Ambos poderiam ser valorizados na área do conhecimento científico, porém, ao contrário do vasto conhecimento já adquirido sobre as coberturas nos últimos anos, os estudos sobre fachadas vegetais ainda possuem caráter exploratório, principalmente em território nacional.

Para se ter um comparativo, no Japão as fachadas vegetais já são amplamente aplicadas e consideradas pelos cientistas japoneses mais importantes que os telhados verdes no resfriamento térmico das ruas de uma cidade (SHARP, 2007). Yeang (2001) e Dunnet e Kingsbury (2010) também acrescentam que os efeitos térmicos causados pelo uso de fachadas vegetais podem ser melhores que os de telhados verdes quando instaladas em edifícios onde a área de parede supera a área de cobertura.

No Brasil a aceitação dos sistemas de fachadas vegetais no mercado ainda é pequena devido à falta de informação técnica e científica à população, a falta de fornecedores especializados e ao receio de altos investimentos na aquisição e/ou manutenção dos sistemas. Porém em São Paulo, movimentos voluntários de arquitetos, paisagistas e engenheiros já procuram incentivar e propagar o uso das fachadas vegetais, instalando-as em paredes nuas de edifícios no centro da cidade (NOGUEIRA, 2013).

Em Curitiba, as fachadas de uma edificação podem necessitar de tratamentos contra as frequentes variações climáticas, caracterizadas pelas consideráveis amplitudes térmicas ao longo dos dias, e temperaturas consideradas extremas (no contexto brasileiro) de frio durante o inverno. Para que o isolamento ocorra de forma eficiente nessas situações é preciso que os fechamentos do edifício possuam um eficiente desempenho térmico. Isto significa uma maior resistência térmica da parede e menor transmitância de calor por ela. Este trabalho apresenta como tema principal os sistemas de fachadas vegetais, com foco nas fachadas vivas, um sistema específico dentre as tipologias existentes, e sua influência nas temperaturas dos fechamentos opacos de alvenaria. A presente pesquisa busca preencher a falta de conhecimento do tema no cenário nacional e incentivar novos trabalhos nessa área. Para isto, buscou-se responder o problema:

1.1 Problema da pesquisa

Qual a influência das fachadas vegetais, especificamente o sistema de fachada viva em manta, no comportamento térmico de fechamentos opacos de alvenaria voltados às principais orientações e como pode ser avaliado seu comportamento no período de inverno em Curitiba?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência dos sistemas de fachadas vivas em manta com uso da planta *Sphagneticola trilobata* no comportamento térmico de paredes opacas, voltadas às quatro principais orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste) nas condições de inverno de Curitiba.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Verificar o desenvolvimento, a resistência e a adaptação ao sistema pela espécie de planta escolhida para este estudo.
- b) Propor formas de viabilizar a técnica e adaptá-la a realidade local.

1.3 Hipótese

Este trabalho busca confirmar ou refutar a hipótese a seguir:

- Baseando-se nos estudos de Hough (1984) que afirmou que fachadas de edifícios com plantas trepadeiras podem reduzir em até 30% a perda de calor no inverno, há a hipótese de que a estagnação do ar próximo às plantas e no interior da cavidade entre o sistema de fachada viva e a edificação também pode contribuir para o isolamento térmico da edificação, evitando a perda de calor interno no período frio.

1.4 Estratégias da pesquisa

Para certificar resultados satisfatórios e confiáveis, três técnicas foram empregadas nesta pesquisa: a revisão bibliográfica, a observação participante e o experimento em campo.

A revisão bibliográfica teve como objetivo fazer uma apresentação ampliada, de caráter exploratório sobre o tema e abordar conhecimentos científicos específicos, que podem contribuir para o entendimento do método proposto. São mencionadas as características principais, as vantagens e desvantagens da aplicação e os fenômenos físicos envolventes. Também é de grande importância esclarecer ao leitor as categorias de fachadas vegetais, para que seja possível o entendimento da tipologia escolhida para este trabalho.

A observação participante busca uma compreensão e conclusão dos itens propostos nos objetivos específicos. Os resultados tendem a gerar informações qualitativas que ressaltam as características positivas e negativas referentes ao sistema vegetal e à espécie de planta escolhida. A etapa da observação foi proposta para reconhecer as condições antecedentes necessárias ao entendimento dos resultados, que serão obtidos na estratégia seguinte.

O experimento em campo busca obter resultados que complementam ou discordam da hipótese mencionada. Para isso, serão coletados dados *in loco* através de equipamentos de medição e registros visuais. Nesta estratégia, os resultados serão quantitativos e relacionados aos estudos semelhantes de outros autores, complementando também conclusões obtidas na estratégia anterior.

1.5 Justificativas

A presente pesquisa pode ser justificada por aspectos ambientais, socioeconômicos e tecnológicos, descritos a seguir.

1.5.1 Justificativa ambiental

Metade da população humana mundial habita em cidades, a maioria em conurbações com mais de um milhão de habitantes (EDWARDS, 2005). Fenômenos como a verticalização e a intensificação de edifícios transformam os centros urbanos em áreas de alta densidade populacional, minimizando a disponibilidade de áreas verdes e solos permeáveis, como pode ser visto na Figura 1. Costa (2011) lembra que paredes nuas são abundantes nas grandes cidades, o que pode causar a degradação visual e a contribuição de temperaturas elevadas em áreas urbanas, processo conhecido como ilha de calor², além do rápido escoamento de águas pluviais e redução da biodiversidade urbana.



Figura 1- Escassez de áreas verdes nos grandes centros urbanos
Fonte: www.imagens.usp.br

A busca pelo aumento de áreas verdes em centros urbanos é uma preocupação crescente nas conferências mundiais que avaliam o impacto ambiental do homem no planeta. No encontro para o reposicionamento das questões ambientais, a conferência organizada pela ONU em 1992, conhecida como Cúpula da Terra, definiu como medidas para promover a ecologia, a utilização de áreas urbanas, para criar ou ampliar os habitats naturais e o uso da vegetação para proporcionar proteção e eficiência energética nas edificações (EDWARDS, 2008).

O estudo sobre as fachadas vegetais em edificações se justifica ambientalmente por ser um sistema de baixo impacto ambiental que, quando instalado em superfícies externas de

² Fenômeno caracterizado pelo aumento da temperatura nas cidades em relação às áreas rurais. Características como o elevado grau de urbanização, o uso excessivo de materiais que absorvem calor como asfalto e concreto, a poluição do ar, o adensamento de edifícios, a impermeabilização do solo e ausência da vegetação são as principais causas do seu surgimento.

uma edificação, podem reinserir áreas verdes nos centros urbanos densos, além de otimizar os espaços verticais e transformar a paisagem como um todo.

1.5.2 Justificativa socioeconômica

De acordo com o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), as edificações correspondem 45 % do total de consumo de energia elétrica do país. Dados obtidos pelo Balanço Energético Nacional (BEN) revelam que o setor residencial foi o 3º maior consumidor de energia em 2011, abaixo apenas do setor industrial (35,8%) e do setor de transportes (30%). Do total de energia gerado nas residências, a eletricidade é a fonte mais consumida com 41,4%, tendo um aumento anual de 4,4%, fato que está principalmente ligado as facilidades de crédito e ao aumento de renda da população (BRASIL, 2012).

Trabalhos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) revelam que o uso de equipamentos e eletrodomésticos para climatização do ambiente interno, como ar condicionado, ventiladores, umidificadores de ar, podem aumentar o consumo de energia elétrica em até 70 % do consumo mensal (BRASIL-a, 2012).

Roaf *et. al.* (2009) lembram que as pessoas estão cada vez mais dependentes de equipamentos artificiais, de tal forma que, em ambientes internos com vedação mais finas e abundantes em aberturas com vidros só conseguem ser ocupados pelos usuários se o sistema de ar condicionado estiver operando.

Chen *et. al.* (2013) apontaram o potencial das fachadas vivas na redução no consumo de energia interna para climatização. Considerando as condições de conforto térmico ideais para uma pessoa no interior de seus dois protótipos³, verificaram uma redução de 12% no consumo energia de ar condicionado dentro do protótipo que recebia as fachadas vivas em seu exterior, em um período de 24 horas.

³ Pesquisa descrita no capítulo 2, texto 2.9.

É possível pressupor que as fachadas vivas podem ser técnicas acessíveis à população que não dispõe de recursos financeiros para investir em equipamentos artificiais de climatização, uma vez que são variáveis suas formas de criação, adaptação e viabilidade.

Dumke (2007) ao analisar as condições de conforto térmico dos habitantes da Região Metropolitana de Curitiba verificou que as classes menos favorecidas efetivamente habitam em lugares de maior rigor climático, sendo que estas mesmas pessoas dispõem de menos recursos para se proteger do clima.

Portanto, a presente pesquisa se justifica economicamente por se tratar do estudo de uma estratégia passiva capaz de melhorar o desempenho térmico de paredes e minimizar o consumo de energia para climatização de interiores de edificações residenciais localizadas na cidade de Curitiba. Também se justifica socialmente por sua possibilidade de viabilização de investimento, visto que são variados os materiais possíveis para sua construção bem como sua forma de criação, podendo obter modelos desde os mais simples aos mais sofisticados. Neste sentido, pode ser inserida, planejada e executada por pessoas de diferentes classes sociais em diferentes padrões de edificação, bastando para isso, ter o conhecimento técnico necessário sobre o sistema.

1.5.3 Justificativa tecnológica

A busca pela sustentabilidade na concepção e construção de edifícios deu seguimento ao movimento da “arquitetura verde”, cujos objetivos se concentram em conciliar tradições históricas e possibilidades tecnológicas avançadas através de fontes limpas e recursos renováveis (WINE, 2000). Neste contexto, os selos de certificação ambiental estão colaborando no incentivo a adoção de técnicas verdes que proporcionam a eficiência energética e a sustentabilidade dos novos edifícios.

As fachadas vegetais se justificam nos aspectos tecnológicos por fazerem parte da lista de atributos de sustentabilidade das certificações ambientais existentes nos âmbitos internacional e nacional.

O selo Leadership in Energy and Environment Design (LEED) define como potencial tecnológico e estratégico o uso de vegetação em grades ou outras estruturas capazes de suportá-las, para a redução de ilhas de calor nos centros urbanos. O sistema de fachada vegetal garante a pontuação de créditos LEED, destacando-se principalmente nas categorias: paisagismo que

reduz ilhas de calor urbano (1 ponto), água e paisagismo eficiente (1 a 2 pontos), tecnologias inovadoras de águas residuais (1 ponto), otimização e desempenho energético (1 a 10 pontos) e inovação e design (1 a 4 pontos).

No Brasil, os selos de certificação ambiental nacionais também enfatizam o uso da cobertura vegetal em edificações. No referencial técnico do processo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA), a preocupação em preservar áreas verdes junto à edificação pode ser encontrada nas categorias de relação do edifício com entorno, conforto visual e conforto olfativo. Já o Selo Azul, criado pela Caixa Econômica Federal, ressalta a importância do uso da cobertura vegetal em edificações como ferramenta para sombreamento, proteção contra o vento e isolamento térmico de paredes. Dentre os critérios estabelecidos para a aquisição do selo, o desempenho térmico das vedações e o uso do paisagismo para proteção da edificação são características obrigatórias.

Outro aspecto tecnológico é o fato das fachadas vegetais possibilitarem pressupostos relacionados à reabilitação⁴ de edificações. Dados do Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) preveem um acréscimo de 1,1°C a 6,4 °C na temperatura global até o ano de 2100. Estimando o a vida útil das edificações entre 50 e 150 anos, Edwards (2008) afirma que é inevitável que as edificações projetadas hoje terão de se adaptar a diferentes condições de temperatura no futuro. Portanto, as fachadas vegetais podem mitigar os efeitos colaterais dessas alterações climáticas ao redor da edificação e em seu interior, visto que implantadas corretamente, podem proteger os materiais que compõem a parede do edifício contra a exposição direta às intempéries.

⁴ Ação que envolve atividades do restauro, manutenção, alteração, *retrofit*, reparo ou reforma visando dotar o edifício de atributos econômicos ou funcionais equivalentes aos exigidos a um edifício novo para o mesmo fim (MARQUES DE JESUS, 2008).

1.6 Contextualização da pesquisa

Os estudos de aplicações de sistemas de fachadas vegetais têm sido abordados com maior frequência nos últimos 30 anos, em alguns países europeus como Alemanha, Espanha e França, e países asiáticos como Japão, Indonésia e China. Porém, ainda não se tem o entendimento de todos os fenômenos obtidos, devido à variação do comportamento dos tipos de sistemas existentes com as condições climáticas da região onde se encontram. Na América do Norte os estudos já estão sendo intensificados graças ao apelo de Organizações Não Governamentais (ONG's) e de projetos desenvolvidos com a parceria entre organizações públicas e privadas como, por exemplo, o Green Roof for Health Cities (GRHC). Porém, na América Latina os trabalhos científicos, até o presente momento, são pioneiros.

No Brasil, pesquisas com o enfoque de fachadas vegetais são ainda de caráter exploratório. O banco de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) apresenta, até o momento, apenas dois trabalhos científicos abordando especificamente o tema em questão. O primeiro deles desenvolvido por Valesam (2009) analisou edifícios residenciais em Porto Alegre através da percepção dos moradores sobre as fachadas verdes, gerando um registro dos principais problemas e potencialidades. O seguinte desenvolvido por Morelli (2009) apresenta um estudo de caso seguido de um estudo experimental em células teste, avaliando em todos eles a relação das fachadas verdes com as variáveis de clima. Ambos os trabalhos analisaram apenas a tipologia de fachadas verde, não tendo, portanto, nenhuma publicação nacional referente à tipologia de fachadas vivas.

No Programa de Pós Graduação de Engenharia da Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), a preocupação de abordar novos tratamentos de superfícies de fachadas e coberturas passou a ser abordada por recentes autores. Destacam-se entre eles o trabalho de Nascimento (2008), que identificou os aspectos técnicos, econômicos e sociais que dificultam a disseminação de coberturas verdes com alternativas de recobrimento em edificações na Região Metropolitana de Curitiba; o trabalho de Mazzarotto (2011), que avaliou o comportamento de fachadas duplas ventiladas como recurso para climatização de edifícios de escritórios; e o trabalho de Baldessar (2012), que estudou a contribuição dos telhados verdes na redução da vazão de águas pluviais.

1.7 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em nove capítulos. São eles:

O capítulo 1 é introduz o assunto, o problema da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, as hipóteses, as justificativas e a contextualização da pesquisa nos cenários internacional e nacional.

O capítulo 2 enfatiza a contribuição da vegetação incorporada ao ambiente construído, seguido dos tópicos necessários ao entendimento desta pesquisa sobre fachadas vegetais, sendo eles, conceito, classificação, vantagens e desvantagens, os principais efeitos desses sistemas que influenciam no desempenho térmico e as principais pesquisas publicadas a respeito.

O capítulo 3 introduz o método de pesquisa escolhido para este estudo. Serão abordados neste capítulo a unidade de análise, as delimitações da pesquisa, o protocolo de coleta de dados, os parâmetros do processo, os equipamentos utilizados e os testes de validação.

O capítulo 4 registra o experimento em campo da pesquisa, descrevendo o planejamento, a execução e a manutenção dos protótipos. Também apresenta o local escolhido para a pesquisa e suas características.

O capítulo 5 apresenta os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nos métodos escolhidos para a pesquisa, seguido das análises e das discussões a respeito feitas pelo autor.

O capítulo 6 traz as principais conclusões sobre a pesquisa, com considerações sobre o tema, críticas ao método, resultados relevantes e aplicação de trabalhos futuros.

Os capítulos 7, 8 e 9 são compostos pelas principais fontes de dados utilizadas para este estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica explora o conhecimento básico necessário ao entendimento do problema e do método da pesquisa. Foram levantadas informações com aspectos positivos e negativos sobre o tema. Será abordada, primeiramente, a influência da vegetação incorporada às edificações, as políticas de incentivo. Em seguida será apresentado o tema das fachadas vegetais com informações sobre histórico, conceito, tipologias, vantagens, desvantagens, plantas adaptáveis ao seu uso, o comportamento físico e exemplos de projetos que aplicaram essa técnica. O levantamento foi baseado em livros, artigos científicos, dissertações, Órgãos Não Governamentais (ONGs) e empresas comerciais especializadas no assunto. Para aprofundar o tema e relacioná-lo ao objetivo da pesquisa, um levantamento das principais publicações científicas sobre o comportamento das fachadas vegetais no desempenho térmico de paredes foi registrado.

2.1 Vegetação incorporada às edificações

A presença de áreas verdes incorporadas as edificações é um fator importante no resgate dos aspectos positivos da relação do ambiente construído e da sociedade com a natureza. A vegetação atua sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos, contribuindo para o controle de radiação solar, da temperatura, da umidade, da poluição do ar, da ação dos ventos e da chuva (MASCARÓ, 1996). Nos aspectos ambientais, reforçam o solo através de suas raízes, retardam o escoamento de água pluvial, purificam o ar, dão identidade à paisagem local. Quando instaladas próximas às edificações reduzem a radiação solar refletida pelo edifício e a radiação de onda curta emitida em suas proximidades, diminuindo o ganho de calor solar no verão (YEANG, 2006). Isto representa, nos aspectos econômicos, diminuição do consumo de energia com equipamentos de refrigeração no interior do edifício e geração de novos empregos (jardineiros, paisagistas, agrônomos e similares).

Sua aplicação, porém, não é uma prática recente e tampouco considerada desnecessária. Sabe-se que desde a antiga Mesopotâmia (600 anos a.C.) os templos babilônicos, assírios e

sumérios já incorporavam a vegetação nos jardins dos templos e palácios, estimulando o aperfeiçoamento das técnicas de irrigação através do rio Eufrates.

Há também situações onde sua presença foi indispensável para a sobrevivência de comunidades isoladas. Nas civilizações nórdicas, as *turffhouses*, tipologia surgida para abrigar as pessoas em condições climáticas extremas de frio, foram erguidas com materiais orgânicos como terra e madeira para suportar o crescimento da vegetação por toda estrutura. No Oriente, vilarejos sobrevivem há séculos nos desertos, graças à presença abundante da vegetação sobre as superfícies externas das edificações, através de uma cuidadosa seleção de sistemas e estratégias de irrigação. É o caso do Oásis do deserto chinês de Turpan (Figura 2), onde a cultura principal, as videiras, também é usada como sistema de refrigeração para os edifícios e para o oásis como um todo (ROAF *et. al.*, 2009).



Figura 2 - Via coberta pela vegetação no Oásis de Turpan, China.
Fonte: Tabisite.com

Em 1973, uma descoberta divulgada por cientistas da National Aeronautics and Space Administration (NASA) incentivou o cultivo de vegetação também nos ambientes internos das edificações. Após terem descobertos 107 Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's), dentre eles o formaldeído, o benzeno e o tricloroetileno no ar interno da estação espacial Skylab, concluíram que materiais sintéticos podem se tornar prejudiciais à saúde humana. Para estudar esses efeitos colaterais, propuseram a criação da biohome, um edifício experimental hermeticamente fechado, construído apenas com materiais sintéticos e ocupado por plantas em seu interior. Os resultados de Wolverton (1989) mostraram o potencial das plantas em purificar o ar interno da biohome, removendo significativamente os compostos orgânicos voláteis, em até 70%, conforme mostra a

Tabela 1- Potencial das plantas em remover componentes orgânicos voláteis do ar dos ambientes internos.

NOME CIENTÍFICO	PORCENTAGEM (%)		
	Formaldeído	Benzeno	Tricloroetileno
<i>Dracoena massangeana</i>	70	21,4	12,5
<i>Chrysanthemum morifolium</i>	61	53	41,2
<i>Gerbera jamesonii</i>	50	67,7	35
<i>Dracoena deremensis</i>	50	52	10
<i>Ficus benjamina</i>	47,4	30	10,5

Fonte: Wolverton, 1989.

Porém, foi somente no final século XX, com os alertas anunciados nas conferências mundiais de Estocolmo (1972), Rio de Janeiro (1992) e Quito (1998), sobre a possibilidade de perdas de importantes ecossistemas e alterações climáticas catastróficas consequentes, que a implantação, o uso consciente e a preservação de áreas verdes foram consideradas atributos importantes para a sustentabilidade das edificações e da área urbana.

Na Alemanha, por exemplo, a Lei Federal de Conservação à Natureza (*Bundesnaturschutzgesetz*), vigente desde 1977, propõe a proteção, manutenção, desenvolvimento e restauração da vegetação nativa em áreas urbanas e rurais. Em casos inevitáveis de destruição ou ocupação dessas áreas, a restauração ou compensação de áreas verdes é obrigatória e deve ser feita no próprio local.

Já na cidade de Seattle, foi criado em 2007 o projeto Fator Verde (*Green Factor*), que decreta que todas as construções da área central da cidade devem possuir 30 % de sua superfície coberta por vegetação ou proporções equivalentes nas superfícies permeáveis. A proposta tem como objetivos reduzir o efeito de ilha de calor, preservar a drenagem do solo, melhorar a qualidade da água e aumentar a quantidade de habitat para plantas e animais. Um método intitulado Escores do Fator Verde avalia a disseminação de áreas verdes na cidade através de uma pontuação (escores), que são multiplicados de acordo com o tipo de técnica verde adotada. O uso de telhados e fachadas vegetais permite as melhores pontuações.

Os edifícios com vegetação incorporada também abriram oportunidade a novos movimentos sociais, dentre eles a prática de cultivo das fazendas urbanas (*Urban Farms*), possibilitando o aproveitamento de espaços inutilizados de fachadas e coberturas de edifícios nos centros urbanos de alta densidade. Em Nova Iorque, restaurantes aproveitam suas coberturas para a produção de frutas, hortaliças e ervas, aumentando a produção de alimentos

em até 60% (FABRICANT, 2010). Na cidade de Tokyo, no Japão, a produção de alimentos no edifício comercial Pasona O2 é realizada no seu interior, na cobertura e nas fachadas (Figura 3). Ainda no mesmo país, a empresa Kyocera usa nas suas cortinas verdes a planta *Momordica charantia*, que produz uma vagem comestível. As vagens colhidas são usadas pelas cantinas nas refeições dos funcionários da companhia, evitando assim sua compra (COSTA, 2011). Outras cidades ao redor do planeta, como Havana, Pequim e Bangkok também praticam este movimento em grande escala. Mascaró e Mascaró (2005) ressaltam a prática de produção de hortaliças, frutas e plantas medicinais em edificações populares, pois contribuem ao combate à desnutrição e à redução nos custos de alimentação da população.



Figura 3- Edifício Pasona O2, localizado no Japão.
Fonte: konodesigns.com

A escolha da forma de incorporação, da distribuição no edifício e da proporção de implantação são fatores predeterminantes para sucesso da simbiose da vegetação com o edifício e com o ambiente urbano, estudados pelos autores a seguir.

Afrin (2009) ao analisar a forma de incorporação da vegetação em arranha-céus ecológicos, resalta a possibilidade de sua implantação ao nível da rua, em coberturas, terraços e fachadas para áreas externas; e em vasos isolados e biofiltros para áreas internas. Porém, o conceito de arquitetura verde, para a autora, requer um planejamento integrado e multidisciplinar, necessitando do conhecimento de engenheiros especializados para a simbiose entre natureza e tecnologia.

Yeang (2001) classifica três estratégias de incorporação da vegetação no invólucro de edificações de acordo com sua distribuição, sendo elas a justaposição, a mesclagem e integração (Figura 4). A justaposição concentra a vegetação em um único ponto da superfície. A mesclagem é a distribuição da vegetação de forma fragmentada, descontínua e em diferentes proporções, dando um caráter naturalista ao projeto. A integração, porém, distribui a vegetação ao longo do invólucro de forma lógica, contínua e homogênea, podendo ser interpretada como parte original do conceito arquitetônico. Esta última, segundo o autor, deve ser preferencial quando possível, pois pode conectar a vegetação existente no plano térreo e a contribuir para a migração dos seres vivos.

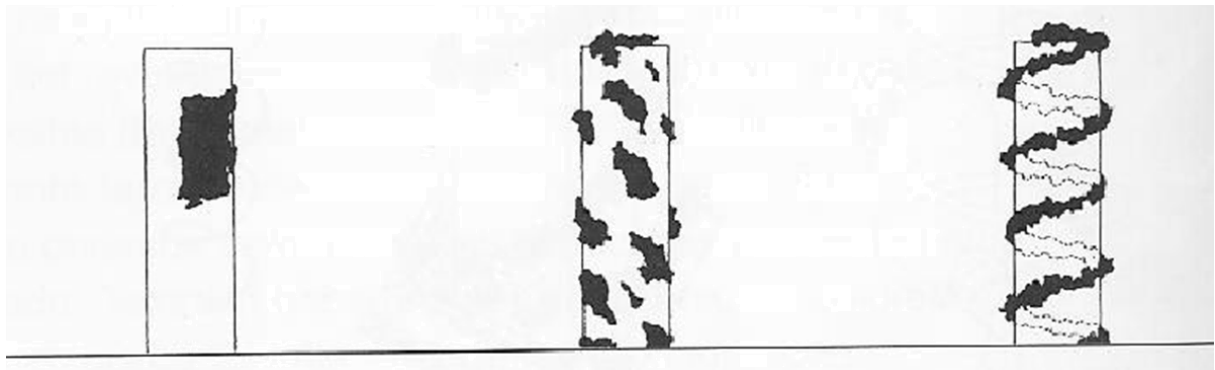


Figura 4 - Estratégias de incorporação da vegetação em edifícios: justaposição, mesclagem e integração.
Fonte: YEANG, 2001.

Alexandre e Jones (2006) mostraram que a vegetação implantada em telhados e fachadas tem um efeito significativo na diminuição das ilhas de calor em cânions urbanos, principalmente os que situam em regiões de clima quente e seco. Em todas as cidades analisadas (Atenas, Pequim, Brasília, Hong Kong, Londres, Montreal, Moscou, Mumbai e Riyadh), os cânions urbanos estavam orientados a direções Norte-Sul e Leste-Oeste. Em casos extremos como Riyadh, a capital de clima mais quente e árido dentre as selecionadas, a diminuição das temperaturas máximas e mínimas de superfície atingida no dia foi, respectivamente, de 26°C para 12°C nos telhados e 11.3°C para 9.1°C dentro dos cânions urbanos com vegetação. Já nas capitais situadas em regiões frias, como Londres, Montreal e Moscou, a média da diminuição de temperatura variou entre 1.7°C e 4.5°C. Alexandri e Jones (2006) concluíram que a área de superfícies verdes foi o fator mais importante para o controle térmico do que a própria orientação dos cânions urbanos, sendo as fachadas vegetais benéficas na escala local da rua e as coberturas vegetais na escala urbana.

2.2 Fachadas vegetais

2.2.1 Histórico

Há uma relação no surgimento das fachadas vegetais com a prática de cultivo do vinho nas primeiras civilizações existentes, dentre os quais se destacam os mesopotâmicos, os sumérios e os egípcios. O vinho era uma bebida essencial da cultura e da vida cotidiana, sobretudo o vinho consagrado durante a adoração, bem como para fins medicinais em uma forma destilada como estupefaciente e anti-séptico (FASSENDENGRUEN, 2008). A videira, portanto, foi uma das primeiras espécies de planta trepadeira cultivada pelo homem próximas as edificações com capacidade de cobrir grandes proporções nas paredes mais próximas.

Por volta de 300 a.C. os romanos também já desenvolviam pérgulas e treliças verticais nos jardins e nas paredes das vilas para o cultivo de vinho, com videiras da espécie *Vitis* (SHARP, 2008). A prática de cultivos de fachadas verdes também é relatada no período medieval (século XVI) onde castelos, mansões e vilas eram floridas com espécies de roseiras trepadeiras. O uso da técnica espaldeira (Figura 5) era popular e as roseiras trepadeiras se tornaram uma das plantas ornamentais favoritas deste período (KÖHLER, 2008).



Figura 5 - Residência com espaldeira de madeira.
Fonte: fassendengruen.com

Em 1920 os britânicos e os norte-americanos promoveram o movimento da cidade-jardim, visando a integração da casa e do jardim por meio de pérgulas, estruturas de treliças e trepadeiras (SHARP, 2008). No entanto, a tendência não durou, pois as pessoas logo perceberam que as fachadas vegetais necessitavam de cuidados e podas regulares, caso contrário o desenvolvimento das plantas poderia causar danos aos edifícios.

Pesquisas científicas sobre trepadeiras intensificaram em Berlim, na Alemanha, no final da década de 1970 com espécies de Hera Inglesa (*Hedera helix*), que retêm suas folhas no inverno e Hera Boston (*Parthenocissus tricuspidata*), que se mantém verde somente no verão. (KÖHLER, 2008).

Na década seguinte, Patrick Blanc, Doutor em Botânica e PhD desde 1979, desenvolveu uma nova forma de cultivar plantas em superfícies verticais, criando uma alternativa que dispensava o uso e a dependência de espécies trepadeiras. Blanc patenteou os sistemas conhecido por fachadas vivas, ou também denominado por ele de jardins verticais em 1988 e 1996, após décadas de estudos de plantas nativas e exóticas adequadas para o seu sistema.

No Brasil, o paisagista Burle Marx propôs as primeiras formas de jardim vertical com espécies de bromélias, orquídeas e plantas epífitas, todas nativas do país. Porém, suas aplicações tinham apenas finalidade estética, de proporções limitadas, não tendo uma intenção de compor toda uma fachada, mas sim de um jardim de destaque no ambiente. Suas principais referências estão no jardim vertical do edifício do Ministério de Saúde e Educação (1930) no Rio de Janeiro e no Banco Safra (1983), em São Paulo.



Figura 6 – Jardins verticais de Burle Marx no Banco Safra, em São Paulo.
Fonte: LENHARDT e LAMBERTINI, 2007.

2.2.2 Conceito e classificação

Fachadas vegetais são definidas neste trabalho como toda técnica ou sistema que se utiliza de plantas para a cobertura da superfície de uma determinada parede interna ou externa de uma edificação ou ambiente construído. Também são popularmente denominados de jardim vertical. Costa (2011) lembra que o termo “jardim” se refere a um artifício humano, e, portanto, também pode abranger a todos os tipos de paredes cobertas por vegetação.

A nomenclatura adotada ao sistema é diversificada e varia de acordo com sua tipologia, embora haja termos sinônimos e denominações de culturas locais. Na literatura internacional é conhecido principalmente por nomes como *Greenary system*, *Green Façade*, *Vertical Gardens*, *Mur Vert*, *Fassadenbegrünung*, *Living Wall System* e *Green wall*.

A emergente aplicação das fachadas vegetais está associada ao conceito de sustentabilidade nas edificações. Na escala urbana, seu uso é justificado para a redução do efeito de ilha de calor, captação do carbono e purificação do ar, eficácia nos desempenhos térmico e energético de edificações, melhorias na paisagem, reconciliação ecológica com o meio urbano, bem-estar social e saúde das pessoas. (PECK, 1999; LOH 2008; SHARP, 2009; FRANCIS & LORIMER, 2011).

Loh (2008) admite que o uso das fachadas vegetais possa ser a solução de reinserção da vegetação nos núcleos urbanos adensados onde não há mais espaços destinados a ela. Porém, as mesmas não devem ser defendidas como substitutas de áreas verdes, visto que não podem suprir as atividades sociais que estas áreas oferecem.

Tanto no contexto internacional quanto no brasileiro não existe, até o presente trabalho, publicações de normas técnicas vigentes sobre a correta instalação e manutenção das fachadas vegetais, sendo possível (com um planejamento inicial) executá-las de diferentes formas em diferentes tipologias de edificações. Costa (2011) adverte que o peso da estrutura e das plantas, a intensidade de irrigação e a ação dos ventos podem ser fatores determinantes na estática do sistema.

As fachadas vegetais são cientificamente classificadas em dois grupos principais: as fachadas verdes, denominadas *Green Façades*, e as fachadas vivas, também conhecidas como *Living Wall System* (Figura 7). Esta separação se justifica pela necessidade ou não de solo em suas raízes. No caso das fachadas verdes, há uma necessidade indispensável da presença do

solo para nutrir e abrigar as raízes de uma ou várias plantas trepadeiras. Já as fachadas vivas dispõem de materiais estruturais complementares (módulos ou bolsos) para abrigar as raízes sozinhas ou com a uma pequena porção de substrato.

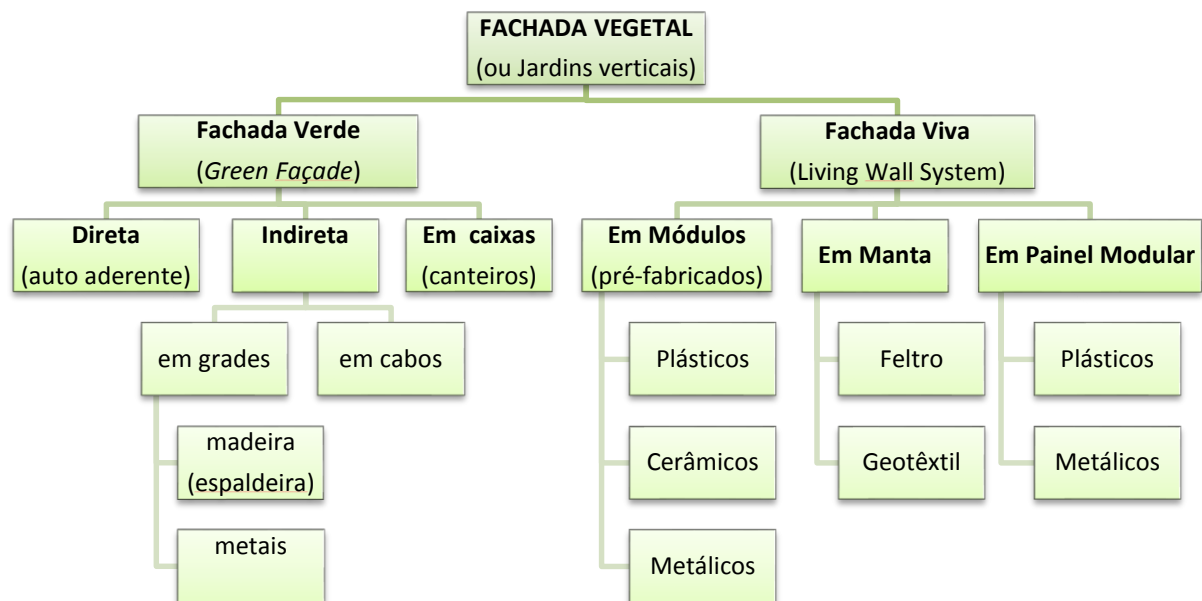


Figura 7 - Classificação das fachadas vegetais
Fonte: O autor, 2013.

Uma segunda divisão ocorre dentro dos dois grupos para classificá-las de acordo com a estrutura de instalação. No caso das fachadas verdes, tem-se o crescimento direto, o indireto e o crescimento em caixas. Nas fachadas vivas, tem-se o crescimento em módulos pré-fabricados, que podem ser produzidos em plásticos, metais e cerâmico, em mantas de feltro ou geotêxtil⁵ e em painéis modulares plásticos ou metálicos.

Devido a diversidade de módulos existentes e as variações que surgem de cada fabricante, este trabalho não vai entrar em detalhes técnicos peculiares de cada um deles, visto que são estruturas com funções básicas semelhantes. Para o entendimento completo do tema escolhido neste trabalho, uma abordagem sobre as duas tipologias principais foi descrita a seguir.

⁵ Material do tipo tecido ou não tecido apropriado para ser utilizado em contato com o solo.

2.3 Fachadas verdes

Fachadas verdes, também traduzidas como paredes verdes e peles verdes, é um termo utilizado para se referir ao tipo de sistema onde a vegetação é plantada no chão ou canteiros com solo, próximo a edificação, e designada a crescer no sentido vertical para cobrir uma determinada superfície. Em outras palavras, pode-se classificar como uma fachada verde quando a principal ou única planta utilizada é uma espécie trepadeira.

Há três formas de implantação, sendo elas denominadas fachadas verdes direta, indireta (em grade) e indireta sobre canteiro (Figura 8). No primeiro caso, a implantação é feita para a vegetação crescer em contato direto com a superfície da parede, quando a espécie de trepadeira é auto aderente. No segundo caso, as espécies de trepadeiras são escandentes, volúveis ou arbustos que necessitam se desenvolver em estruturas de apoio fixadas ou próximas as superfícies do edifício. As estruturas são gradeadas, podendo ser feitas de madeira, metal, cabos inox e PVC (SHARP, 2008; KÖHLER, 2008). No terceiro caso, a forma de crescimento se assemelha ao segundo, porém, crescendo em canteiros que reproduzem as condições do solo. Perini *et.al.* (2011) ressaltam neste último caso que, se a trepadeira necessitar de irrigação e nutrientes constantemente, elas podem ser reclassificadas como fachadas vivas.

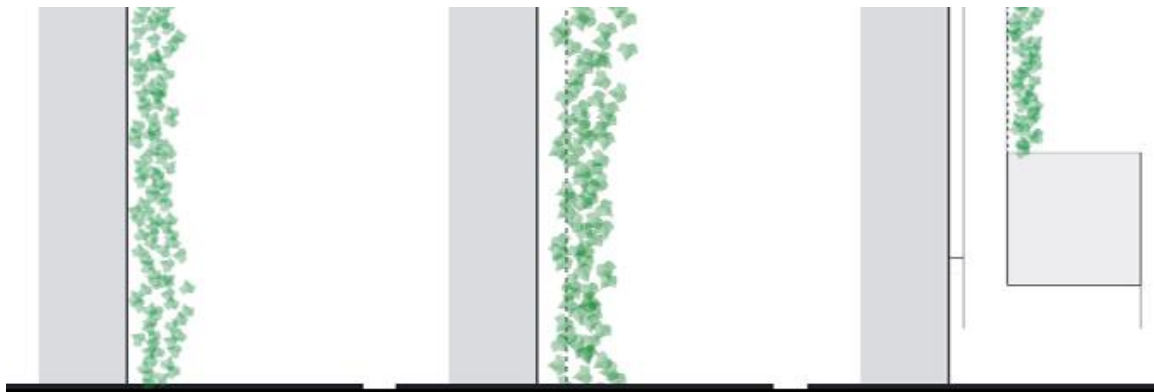


Figura 8 – Tipos de fachadas verdes: à esquerda direta, ao centro em grade e à direita em caixa.
Fonte: PERINI *et.al.* (2011).

Uma característica exclusiva das fachadas verdes se refere ao fato destas poderem ter ou não coberturas temporárias de superfície, podendo permitir a infiltração da radiação solar na parede do edifício. Para isto, basta saber optar por uma espécie trepadeira caducifólia.

2.4 Fachadas vivas

Fachadas vivas, também conhecidas como jardins verticais, paredes vivas e *Living Wall System*, se caracterizam 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 (KÖHLER, 2008). Apesar da variedade de formas de instalação encontradas no mercado atual, pode-se classificá-las em três tipos, de acordo com os componentes da estrutura: em módulos, em painéis modulares e em manta (Figura 9).

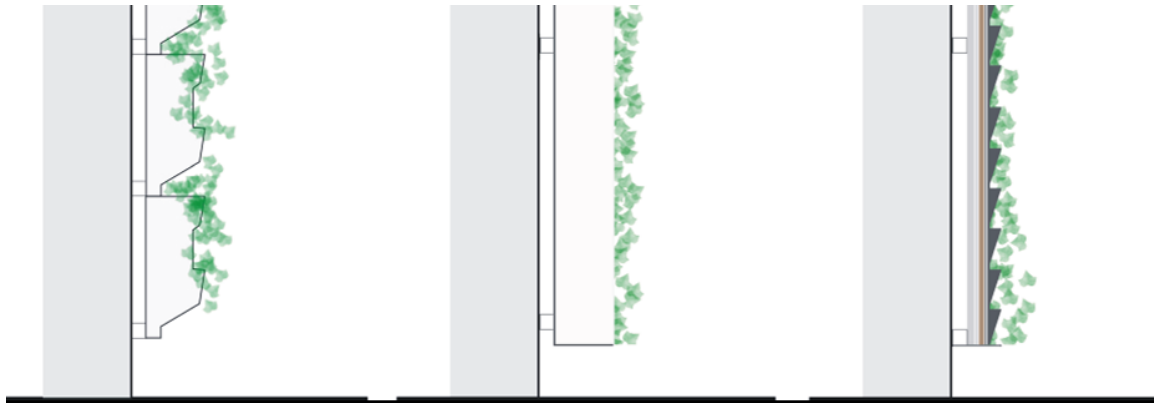


Figura 9 - Tipos de fachadas vivas: à esquerda em módulo, ao centro em painel modular e à direita em manta.
Fonte: PERINI *et.al.* (2011).

As fachadas vivas em módulo e painéis modulares são compostas por uma armação metálica fixada à parede da edificação e por painéis feitos de plástico (polipropileno ou polietileno de alta densidade). Os painéis são suportados pelas estruturas metálicas que, quando instalados, criam nichos modulares que comportarão as plantas. É possível encontrar no mercado variações de módulos que dispõem em sua parte inferior um espaço para armazenamento de água.

Já as fachadas vivas em manta são compostas por camadas de materiais diferentes e comportam as plantas e suas raízes em bolsos que precisam manter-se úmidos constantemente. As fachadas vivas em manta de Blanc (2011) são compostas por três etapas: armação metálica, painel de PVC e camadas de manta, como mostra a Figura 10. Na primeira etapa, perfis metálicos, que podem ser de aço galvanizado, aço inoxidável ou alumínio, formam uma estrutura em grade que pode ou não ser fixada na parede da edificação. Porém Blanc (2011) afirma que é preciso existir uma cavidade mínima entre o sistema e a parede,

independentemente do seu espaçamento. Em seus projetos, o autor costuma adotar um valor de 8 a 9 cm. Logo depois, a estrutura metálica recebe a fixação de chapas de PVC com dimensões de 1920 x 2440 x 10 mm, formando um grande painel de apoio e uma barreira de isolamento térmico para superfície da parede do edifício. Em seguida, uma dupla camada de feltro é grampeada na chapa de PVC com grampos de 10 mm. O grampeamento, além de fixar as mantas de feltro na chapa, ajuda também a delimitar os espaços que se tornarão os bolsos onde as plantas irão se desenvolver. Por fim, na camada de feltro externa são feitos cortes com estiletes apropriados que formarão os bolsos que abrigarão as plantas. Os cortes podem ser personalizados para conseguir adquirir o efeito estético desejado, porém é preciso saber quais espécies serão implantadas, pois quanto maior a área de ocupação, maior deverá ser o distanciamento entre os bolsos.

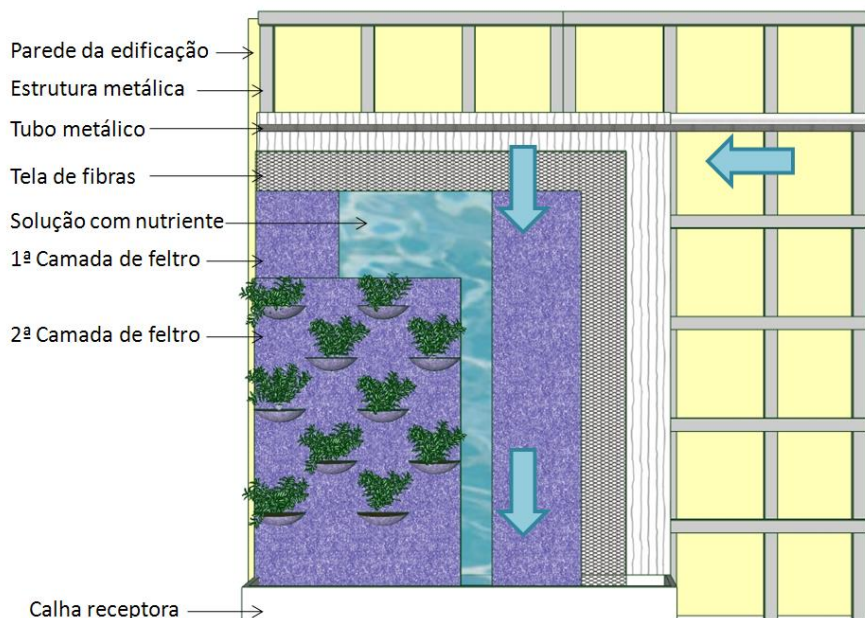


Figura 10 - composição da fachada viva de Patrick Blanc.
Fonte: O autor, 2013.

Blanc (2011) afirma que os sistemas de fachadas vivas são estruturas leves com um peso máximo de 35 kg/m², considerando 30 unidades de plantas por metro quadrado.

Nas fachadas vivas a alimentação das plantas é feita por hidroponia, técnica de desenvolvimento de plantas sem uso do solo. Nesses casos, as plantas precisam receber constantemente uma solução contendo todos os nutrientes (sais minerais) necessários a sua sobrevivência.

A alimentação por hidroponia pode ocorrer de três formas: gotejamento, aspersão e geração de neblina. O gotejamento consiste em deixar um recipiente com um pequeno orifício gotejando água constantemente sobre o solo próximo a planta, sendo este o de maior facilidade de instalação e manuseio. Já o sistema de aspersão é o tratamento feito através de jatos que lançam a água ao ar, alimentando as plantas como forma de chuva. E a alimentação por neblina ocorre quando as espécies de plantas conseguem coletar em suas folhas a água saturada pela neblina.



Figura 11 – Tubo responsável pela alimentação das plantas: hidroponia por gotejamento.
Fonte: BLANC, 2011.

Em ambos os sistemas de módulo e manta, alguns dos principais fabricantes (Ecotelhado®, G-sky®, Green Roof®, Patrick Blanc, Elmich®) incluem um sistema de irrigação automatizado como acessório indispensável. São tubos metálicos ou de PVC responsáveis por distribuir periodicamente a solução de nutrientes por pequenos orifícios da tubulação, garantindo a fertirrigação das plantas e a durabilidade das mesmas.

Para garantir a durabilidade das fachadas da edificação, as fachadas vivas precisam suportar condições extremas como a alta exposição ao sol ou a ausência permanente do mesmo, além da resistência ao vento. (DUNNET E KINGSBURY, 2008, SHARP *et. al.* 2008).

2.5 Vantagens

A instalação de fachadas vegetais pode trazer uma série de benefícios internos e externos, tanto para as pessoas que convivem com elas, quanto para edificação. Porém a eficiência dos sistemas e a qualidade nos benefícios que eles podem proporcionar são dependentes de alguns fatores. Wong *et. al.* (2009) cita entre os principais fatores 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 e sua composição. Considerando esses fatores corretamente aplicados, destacam-se entre seus possíveis benefícios:

2.5.1 Isolamento térmico

Dentre as principais características das fachadas vegetais, destaca-se seu potencial em climatizar o envoltório da edificação, podendo gerar um ambiente interno mais agradável aos usuários. Tal fato está relacionado principalmente à geração de um microclima consequente do acúmulo de oxigênio gerado do processo metabólico das plantas e do aumento da umidade do ar nas suas proximidades.

Em regiões de clima subtropical ou temperado o uso de espécies de plantas trepadeiras caducifólias nas fachadas que recebem insolação pode ser uma estratégia bioclimática para o edifício. Com as fachadas verdes, a ausência de folhas de espécies caducifólias permite a penetração de raios solares na superfície das paredes externas durante o inverno. Já nas fachadas de sombra, o uso de espécies de plantas perenes pode ajudar na redução de perda de calor gerado no interior da edificação. No inverno, as folhas superpostas formam uma capa isolante de ar em repouso ao redor do edifício (YANG, 2001).

Para regiões de clima tropical, o uso do sistema é indicado principalmente para fachadas ensolaradas e evitado em fachadas de sombra, pois podem aumentar o índice de umidade nas superfícies da edificação. Yeang (2001) lembra que no verão, as folhas captam parte da radiação solar e liberam o ar que circula entre as plantas e o edifício fazendo com que o efeito chaminé e a transpiração das plantas produzam um resfriamento nesse intervalo.

Nas fachadas vivas o efeito de isolamento e resfriamento do edifício está ligado à barreira criada pelos módulos ou pelas camadas de manta. O trabalho de Chen *et. al.* (2013) mostrou que o espaçamento da cavidade entre o sistema e a superfície é um fator determinante, sendo mais importante que a quantidade de plantas nos painéis. O microclima gerado na cavidade ocorre simultaneamente pelas trocas de calor por convecção, entre as superfícies da parede e da parte posterior dos painéis com o ar da cavidade, por radiação entre as duas superfícies e por convecção entre o ar da cavidade (Figura 12).

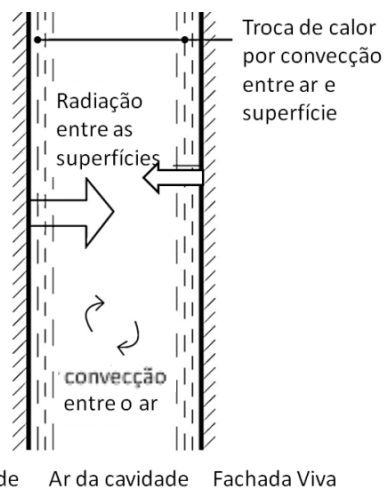


Figura 12 - Detalhamento do efeito de resfriamento nas fachadas vivas.
Fonte: Adaptado de CHEN *et. al.*, 2013.

2.5.2 Isolamento acústico

O desempenho acústico dos sistemas de fachada vegetal é relativo, de acordo com o número de variáveis influentes. Wong *et. al.* (2009) destacam como fatores influentes no isolamento acústico a estrutura, os materiais, as dimensões dos painéis, o tipo, a composição, a profundidade e composição contida no substrato, bem como as várias espécies de planta.

Equipes de pesquisadores da Universidade Nacional de Singapura avaliaram o desempenho acústico de oito tipos de sistemas de fachada vegetal. Os resultados avaliados mostraram que dos oito sistemas, cinco apresentaram redução de 5-10 dB em uma série de frequências baixas (63-125 Hz). Em altas frequências (4-10 kHz) sete sistemas apresentaram perda de inserção variando entre 2 a 3,9 dB. Wong *et. al.* (2009) concluíram que as fachadas vegetais verdes e vivas são pouco eficientes na redução de ruídos e seus efeitos foram mais expressivos em baixas frequências. Advertiram que devido ao alto custo e manutenção dos sistemas, elas não devem ser escolhidas para resolver problemas apenas dessa natureza.

Binabid (2010) estudando células teste com fachadas verdes e vivas confirmou o baixo potencial como barreira acústica de ambas as técnicas. O autor afirmou que a redução da transmissão do som através das fachadas verdes é baixa (2-4 dB) podendo não ser perceptível ao ouvido humano; já nas fachadas vivas a redução da transmissão do som aconteceu de forma mais eficiente, principalmente pela presença da manta de feltro, com uma redução de 5-14 dB.

2.5.3 Melhoria na qualidade do ar interno

Fachadas vegetais, principalmente os sistemas de fachadas vivas, quando instaladas em ambientes internos podem atuar como biofiltros, sistemas úmidos capazes de absorver parte das partículas poluidoras dos ambientes, por possuir uma zona ativa, onde micróbios decompõem os compostos nocivos que ficam armazenados entre as folhas e o filtro. O ar puro é canalizado por um duto de ventilação e devolvido ao ambiente (Figura 13).

Darlington (2002) ressalta que os biofiltros são tecnologias limpas e podem trazer a renovação do ar, a redução no consumo de energia de equipamentos para climatização, a rápida reabilitação do ambiente interno e a produtividade do trabalho pelas pessoas que convivem nele.

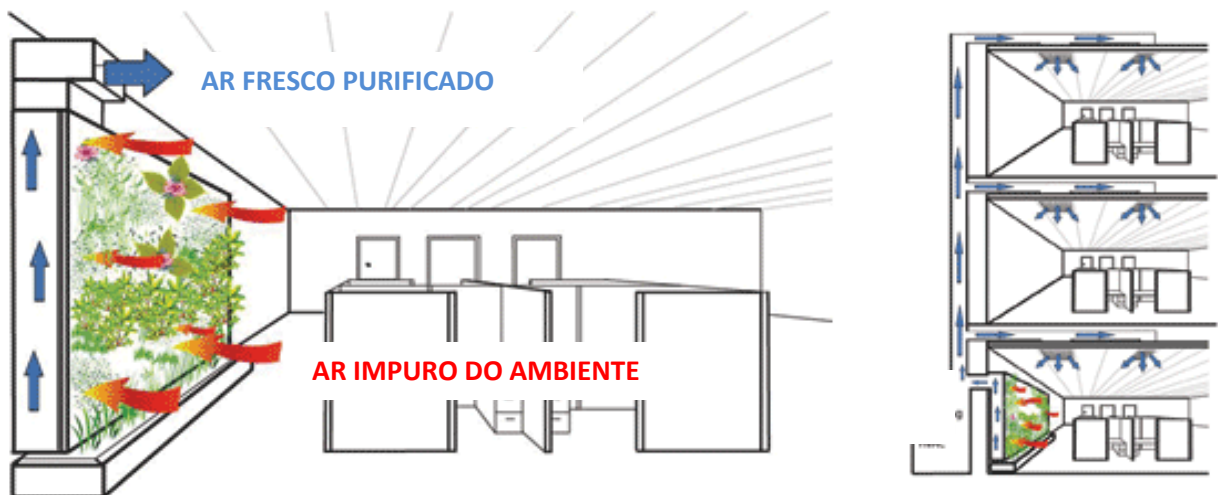


Figura 13 - Circulação do ar pelo biofiltro.
Fonte: nedlaw.ca

2.5.4 Proteção à biodiversidade local

A vegetação na superfície de edifícios atrai ao local a presença de pássaros e insetos que procuram abrigo e alimento. Os pássaros proporcionam com sua presença uma amostra de vida natural a domicílio e se alimentam de insetos que aparecem próximos aos seus ninhos (GRUB, 1986). Entretanto, deve-se considerar que, apesar de oferecer proteção a essas espécies, do ponto de vista ecológico, a técnica não trará ao local a riqueza genética do ecossistema natural pré-existente.

Além disso, as fachadas vegetais, quando planejadas para serem instaladas junto a edificações de fachadas envidraçadas, podem contribuir para diminuição do índice de mortalidade de aves, problema comum nestes edifícios. De acordo com Klem (2004) nos Estados Unidos, cerca de 100 milhões a 1 bilhão de aves morrem anualmente por impacto em vidros reflexivos de edifícios. O grupo ambientalista *Fatal Light Awareness Program* (FLAP) estima que 9 milhões de aves morrem anualmente só na cidade de Toronto no Canadá. O grupo ainda afirma que já chegou a recolher 500 aves mortas em única manhã na mesma cidade. A grande parte desses impactos acontece nos primeiros 15 metros de altura, considerados como a zona de colisão. O uso de fachadas vegetais nessa zona de impacto sinaliza as superfícies envidraçadas, fazendo com que diminuam a velocidade do voo próxima a essas superfícies.

2.5.5 Proteção às paredes

A superfície de uma edificação coberta por uma fachada vegetal pode estar protegida contra as principais intempéries (GRUB, 1986; COSTA, 2011) 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. No ambiente urbano pode exercer proteção contra atitudes de vandalismo, como pichações, pinturas e colagem de cartazes nas paredes. Caso uma superfície desprovida de cobertura já tenha sofrido danos dessa natureza, o sistema pode ser instalado a fim escondê-los e poupar futuros acontecimentos.

2.5.6 Efeitos ornamentais

Os efeitos ornamentais produzidos pelas fachadas vegetais podem contribuir para a sensação de bem-estar dos seus usuários, fato confirmado pelo trabalho realizado por Valesam (2009), com a presença de plantas trepadeiras nas fachadas residenciais na cidade de Porto Alegre. Os resultados obtidos através de um questionário mostraram que para 73% dos entrevistados que possuem fachadas verdes em suas residências, o principal motivo da adoção da técnica está relacionado ao efeito estético e sensação de bem estar que esta pode proporcionar, fazendo jus a biofilia⁶.

Há também uma relação positiva da presença da vegetação no interior de edifícios comerciais com a produtividade dos funcionários. Edwards (2005) afirma que as plantas internas promovem a interação social e contribuem para a criação de um sentido de comunidade dentro das edificações comerciais. O potencial ornamental de uma fachada vegetal vai depender principalmente da tipologia, das espécies vegetais a serem escolhidas e da dedicação do usuário para sua manutenção.

2.6 Desvantagens

As desvantagens mencionadas neste trabalho estão ligadas apenas aos fatores econômicos (manutenção e custo de aquisição) e ambientais (proliferação da fauna indesejada) que ainda se mostram difíceis de controlar ou eliminar. As desvantagens ligadas a fatores tecnológicos, como o curto ciclo de vida dos materiais estruturais e das plantas, podem ser evitadas se forem planejados de acordo com as necessidades do ambiente em que forem implantados.

Do ponto de vista da sustentabilidade, a análise do ciclo de vida e a energia incorporada nos materiais empregados nestes sistemas podem ajudar a esclarecer o impacto ambiental que eles podem causar. Ottelé *et.al.* (2011) afirmam que não fica evidentemente claro se esses sistemas são sustentáveis devido à manutenção exigida e os materiais empregados.

⁶ Conceito que estuda a relação harmoniosa do ser humano com os elementos naturais que o ajudam a sobreviver.

2.6.1 Manutenção

Para todos os tipos de fachadas vegetais existentes, a manutenção ainda é indispensável. Porém, a frequência de reparos vai variar de acordo com a tipologia de sistema e das espécies de plantas escolhidas. As principais atividades referentes à manutenção de fachadas vegetais são a poda, a irrigação, a adubação, a reposição de plantas e o combate às pragas.

Köhler (2008) menciona que as fachadas verdes dispensam uma constante manutenção, por ser um sistema com estruturas de apoio simples. Com relação à fachada verde direta, Grub (1986) adverte que as superfícies de edificações em alvenaria precisam estar ausentes de trincas e fissuras no reboco, e caso seja constatado, os mesmos devem ser reparados antes da implantação das trepadeiras. Já no caso das fachadas verdes indiretas, é preciso estar atento na substituição ou reajustamento na tensão dos cabos.

Em relação às fachadas vivas, Blanc (2011) garante que a manutenção é limitada em uma vez a cada três meses no lado externo e a cada dois meses do lado interno. Nas fachadas externas de grandes dimensões, é preciso caminhões com cesto aéreo ou, em casos mais difíceis, de andaimes suspensos, fixados no topo do edifício. Com relação à irrigação automatizada, a reposição da solução de nutrientes no tambor de armazenagem deve ser mensal (Figura 14).



Figura 14 – Manutenção de fachadas vivas: à esquerda, reposição de solução de nutrientes no sistema automatizado de fertirrigação, e à direita, substituição de mudas com ajuda de cesto aéreo. Fonte: BLANC, 2011.

Para Dunnet e Kingsbury (2008) o intervalo de tempo da inspeção em fachadas verdes diretas deve ser bianual para trepadeiras jovens e anuais para trepadeiras adultas ou que estão

próximas a áreas de risco como postes e fios elétricos. Para fachadas verdes indiretas, a inspeção deve ser feita a cada cinco anos.

Dentre os problemas que podem surgir devido à falta de manutenção, destacam-se má formação ou morte da planta, o surgimento de fungos nas folhas por falta de nutrição e os danos a alvenaria. Referindo-se a este último item, Grub (1986) adverte da precaução que se deve tomar com a vegetação auto aderente, quando a superfície está em mal estado. Fissuras devem ser verificadas antes da instalação para se evitar possíveis danos causados pela formação de raízes e pelo excesso de umidade. Além disso, a falta de podas pode permitir crescimento descontrolado das plantas, apoderando-se da edificação (Figura 15). Já nas fachadas vivas, deve verificar se a umidade do sistema está afetando as edificações do entorno, caso estes não estejam devidamente isolados. Por outro lado, a falta de umidade pode ocasionar a seca das plantas, aumentando a vulnerabilidade no caso de um foco de incêndio.



Figura 15 – Problemas ocasionados pela falta de manutenção: À esquerda, perda do controle da fachada verde sobre o edifício e à direita, má formação das plantas na fachada viva. Fonte: IRWIN *et. al.*, 2010.

Com relação à falta de manutenção nas estruturas de suporte (no caso da fachada verde em grade e das fachadas vivas em geral), poderão surgir problemas relacionados à oxidação dos metais, a instabilidade do sistema por excesso de peso ou pela ação forte do vento, rasgos nos feltros, ocasionados pela fuga da água em pontos indevidos.

2.6.2 Custo de aquisição

Este item refere-se principalmente aos sistemas de fachadas vivas. O alto custo desses sistemas se deve a compra do material de suporte (metais), a modulação (módulos feitos somente por fabricantes), ao sistema de irrigação automatizado considerado indispensável, ao custo da mão de obra especializada na instalação e na futura manutenção.

Loh (2008) lembra que os custos das fachadas vivas podem ser reduzidos, se estas forem planejadas ainda na fase de desenvolvimento do projeto. Prever uma área de superfícies de fácil acesso a manutenção e um sistema de irrigação de baixo custo são fatores que contribuem na redução final do investimento. Porém, para as fachadas verdes, Köhler (2008) lembra que os custos iniciais são mínimos com plantas trepadeiras. O investimento para instalação de fachadas verdes deve estar direcionado ao tratamento de impermeabilização da parede que servirá de suporte para o crescimento da planta.

2.6.3 Proliferação de fauna indesejada

Há um senso comum por parte da população de que as fachadas vegetais atraem insetos indesejados como aranhas, escorpiões, lagartas, lesmas, porém, nenhum estudo até o presente trabalho comprovou cientificamente tais problemas. Porém Yang (2006) lembra que projetos de sistemas bióticos precisam ser planejados de forma controlada, buscando o equilíbrio do ecossistema local. O aumento da biomassa no envoltório da edificação pode aumentar as possibilidades de atrair criaturas indesejadas, da mesma forma que a vegetação de ambientes internos pode proliferar comunidades de fungos prejudiciais à saúde humana.

Valesam (2009) apontou que apenas 10 % de seus entrevistados associaram o uso de fachadas verdes a infestação de insetos indesejados. Em contrapartida 80% dos entrevistados alegaram estar satisfeitos com implantação da mesma em suas residências. No entanto, há formas de se evitar a presença indevida de insetos nos sistemas de fachadas vegetais. Sharp (2007) recomenda uma manutenção periódica para retirar galhos podres, folhas secas e água parada do sistema. Segundo o autor, o odor gerado por esses elementos é um fator que contribui para a atração desses indivíduos.

2.7 Fachadas vegetais na arquitetura contemporânea

Neste capítulo, foram selecionadas obras arquitetônicas contemporâneas de arquitetos renomados com o objetivo de exemplificar a aplicação de fachadas vegetais.

Uma das referências pioneiras em projeto com fachada vegetal incorporada às tecnologias contemporâneas é o edifício Consórcio (Figura 16), localizado na cidade de Santiago, no Chile e inaugurado em 1993. Sua fachada frontal voltada para o Oeste destaca-se pelo uso de fachadas verdes em grade, formando três grandes painéis, cada um abrangendo de três a quatro pavimentos, que controlam a intensidade de insolação na superfície do edifício ao longo do ano. As plantas utilizadas são espécies de trepadeiras caducifólias que intensificam suas folhas no verão e as perdem no inverno. Assim o sistema funciona com uma segunda pele ao edifício regulando as necessidades térmicas de resfriamento.

Browne (2007) demonstra em seus estudos que 70 % da área verde perdida no solo pela ocupação do edifício Consórcio foi repostada pelos painéis. Seu uso também colaborou para a eficiência energética. Comparado com 10 outros edifícios de mesmo porte na cidade, pode-se observar uma redução de 48% a menos de consumo de energia em relação aos outros. Isto representou uma economia financeira de 28 %. Em seguida o estudo comparou os andares que recebem a proteção dos painéis com os andares sem proteção. Novamente foi concluído que os painéis verdes diminuem o consumo energético em 35%, sendo uma economia financeira de 25%.

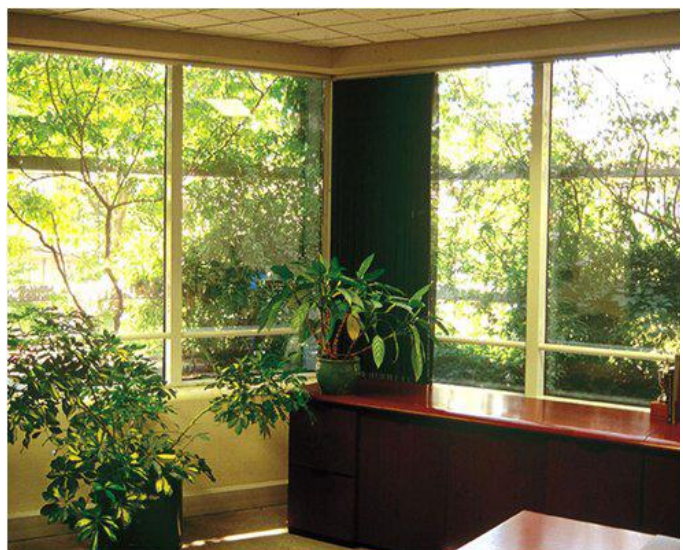


Figura 16 - Edifício Consorcio em Santiago, Chile.
Fonte: enriquebrowne.co

Outros arquitetos contemporâneos também se destacam por terem aderido fachadas vegetais em seus projetos de alta tecnologia. O primeiro deles é o arquiteto Bruno Stagno, conhecido por implantar a técnica das fachadas verdes em grades nos seus projetos. São exemplos de aplicação, o edifício Pérgola, inaugurado em 2003, com a proposta de reduzir até 4°C da temperatura interna e o Edifício J & R, que possui grandes painéis em grade próximos as fachadas de vidro, para diminuir o consumo de energia para climatização.



Figura 17 – Projetos de Bruno Stagno. À esquerda, edifício Pérgola e à direita edifício J & R.
Fonte: brunostagno.info

O projeto do arquiteto Kengo Kuma, o edifício Z58, localizado em Shangai, na China, é uma referência de arquitetura, onde as fachadas vivas foram planejadas já na fase de criação do partido arquitetônico do edifício (Figura 18). Sua fachada principal é composta por uma “grelha” de aço inox com efeito espelhado que recebe os módulos com videiras, separando a rua do átrio da entrada principal. (UFFELEN, 2011).



Figura 18 – Vista em perspectiva e frontal do Edifício Z58.
Fonte: UFFELEN, 2011.

O arquiteto Jean Nouvel foi o precursor na implantação e divulgação das fachadas vivas de Blanc em seus projetos. A parceria entre ambos ocorreu pela primeira vez em 1998, no projeto da Fundação Cartier para Arte Contemporânea, em Paris (Figura 19). Nesta obra, a fachada viva foi feita em uma escala pequena, na parte superior da entrada principal do edifício. Em 2005, Jean Nouvel aderiu às fachadas vivas também no Quai Branly Museum. Porém, neste seu novo projeto, elas ganharam grandes proporções, sendo cerca de 800 m² quadrados da superfície vertical cobertos por espécies de plantas oriundas de cada continente.



Figura 19 – À esquerda, Fundação Cartier, e à direita, Musée Du Quai Branly.
Fonte: BLANC, 2011.

As fachadas vivas de Patrick Blanc ganharam popularidade e reconhecimento mundial. Em 2007, o botânico finalizou o Caixa Fórum Museum, projeto dos arquitetos Jacques Herzog e Pierre de Meuron, que se destacou por ser a fachada vegetal mais alta do continente Europeu, composta por 300 tipos de espécies de plantas do mediterrâneo.



Figura 20 - Caixa Fórum Museum. À esquerda, em construção, e à direita, finalizado.
Fonte: BLANC, 2011.

No Brasil, a primeira fachada viva implantada por Blanc se deu dentro do hall de entrada da Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP). O projeto faz uma composição das espécies vegetais originárias da região da Chapada do Araripe, organizadas nos painéis espirais de acordo com a evolução das espécies desde os períodos pré-históricos até o presente (Figura 21).



Figura 21 – Fachada viva de Blanc na Universidade FAAP, em São Paulo.
Fonte: BLANC, 2011.

Outro projeto pioneiro no Brasil foi finalizado na cidade de São Paulo. Um parede viva de 27 metros de altura e 220 m² foi implantada na parede cega do edifício às margens do elevador Costa e Silva, no centro da cidade (Figura 22). O projeto foi uma parceria da Escola São Paulo com a ONG Movimento 90°. Até o presente momento, é considerada a mais alta fachada viva implantada em uma parede cega na América do Sul.



Figura 22 – Fachada viva na parede cega do edifício em São Paulo.
Fonte: exame.abril.com.br

2.8 Plantas adaptáveis as fachadas vegetais

Para se evitar futuros problemas e garantir a correta montagem de uma fachada vegetal do tipo verde ou viva, é preciso conhecer as principais características morfológicas e biológicas da espécie de planta que se pretende cultivar. Tão importante quanto enumerar uma lista de espécies julgadas adaptáveis, é saber quais são os pré-requisitos essenciais à sobrevivência das plantas.

Para as fachadas verdes, é preciso conhecimento sobre a planta trepadeira escolhida e sua forma de crescimento. As trepadeiras são plantas polimórficas, ou seja, adaptam sua forma ao ambiente em que estão. Essa possibilidade se deve ao fato de não possuírem um caule rígido e lenhoso. De acordo com sua natureza podem ser classificadas em herbáceas (caules verdes flexíveis), semi-herbáceas ou lenhosas (caules rijos e secos, com aparência de lenho).

Dunnet e Kingsbury (2008) classificam as plantas trepadeiras de acordo com sua forma de crescimento em duas categorias: auto aderentes a superfície ou com necessidade de suporte. As plantas auto aderentes necessitam de superfícies rugosas ou porosas como pedras, tijolos e madeira para se desenvolverem. Em superfícies lisas como metais, vidros e plásticos, o uso desta tipologia não é indicado. Os autores advertem também evitar uso dessas plantas em superfícies pulverulentas e superfícies de cor branca, que refletem em excesso a luz do dia. Já as plantas com necessidade de suporte, podem se desenvolver por escalada, com a ajuda de gavinhas ou espinhos, ou por entrelaçamento do caule sobre o suporte.

Com relação ao solo, plantas trepadeiras não exigem grandes áreas para a expansão de suas raízes, porém para todas elas, Grub (1986) adverte necessidade de solo rico em nutrientes e com boa drenagem.

Segundo Köhler (2008) as primeiras espécies trepadeiras para fachadas verdes a serem estudadas foram a Hera Inglesa (*Hedera helix*) e a Hera Japonesa (*Parthenocissus tricuspidata*). Suas aplicações justificam-se pela pouca manutenção, crescimento rápido e garantia de cobertura de toda superfície da parede em curto prazo (Figura 23). O autor também afirma que na Europa espécies como a Glicínia (*Wisteria sinensis*) e a Bignónia vermelha (*campsis radicans*) se destacam pela ampla utilização em áreas urbanas.

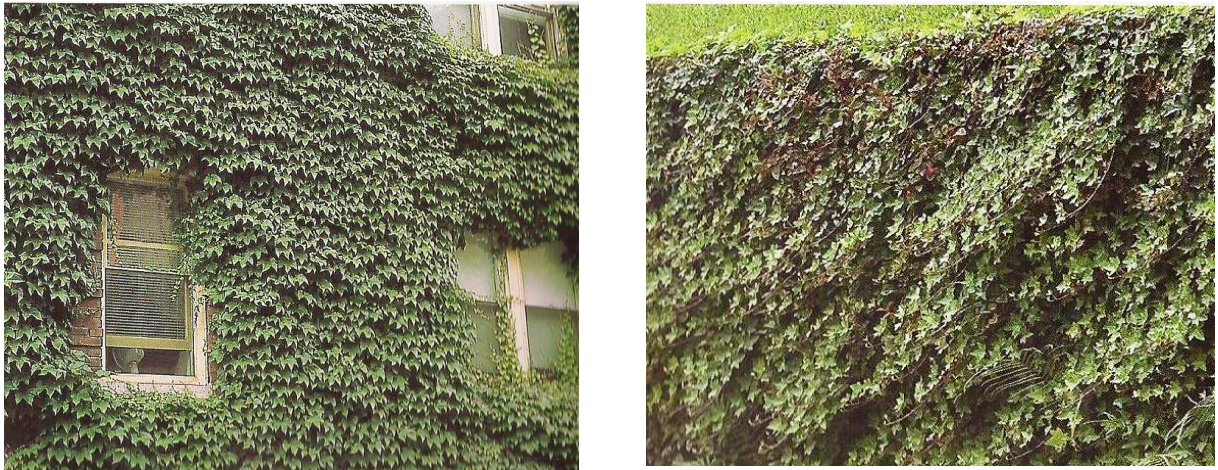


Figura 23 - Exemplos de plantas para fachadas verdes: Hera Inglesa e Japonesa.
Fonte: LORENZI, 2013.

No Brasil, há espécies de trepadeiras nativas também indicadas para fachadas verdes. São exemplos, o maracujá (*Passiflora edulis*) e a Bougainville (*Bougainvillea glabra*). Porém existem espécies exóticas que se adaptaram bem ao país e também podem ser indicadas, como a espécie unha de gato (*Ficus pumila*), ideal para fachadas verdes diretas. Vale ressaltar que, para adquirir um valor ecológico, as trepadeiras precisam contribuir com a possibilidade de oferecer abrigo (ninho, casulo) e alimento (néctar e insetos) para pássaros e insetos (DUNNET e KINGSBURY, 2008).

Com relação às fachadas vivas, a possibilidade de escolha de espécies é extensa. Teoricamente, toda espécie considerada no paisagismo como vegetação de forração seria indicada para esse sistema. Garantir a cobertura foliar na superfície vertical, conhecer a necessidade de luz da planta (ou seja, se a planta é de sombra, meia-sombra ou pleno sol), de água, solo (úmido, drenante ou arenoso), a resistência ao frio e à geada, além do potencial ornamental e de desenvolvimento em pequenos espaços, podem ser considerados os primeiros pré-requisitos no momento de escolha da espécie para esse tipo de sistema.

Blanc (2011), para desenvolver o conceito da técnica, buscou inspiração em ecossistemas naturais, como cachoeiras, cavernas, paredes rochosas e bosques, onde as espécies vegetais crescem em abundância nas superfícies verticais. Todos esses ambientes citados são locais úmidos, com presença de musgos e lodos, abundantes em água e com luz do sol controlada e justificam, portanto, os pré-requisitos considerados. O autor destaca a possibilidade de uso de plantas pertencentes às famílias Gesneriácea, Rubiácea,

Melastomataceae, Begoniaceae, Balsaminaceae, Urticaceae, Orchidaceae, Bromeliaceae, Aráceae e samambaias.

Costa (2011) acrescenta que na escolha das plantas para fachadas vivas, deve-se ter em conta o volume das suas raízes, suas formas de crescimento e o seu comportamento dentro da comunidade vegetal, além de ser imprescindível prestar atenção a aspectos como insolação, iluminação, irrigação e manutenção.

Dunnet e Kingsbury (2008) enfatizam a importância de mesclar várias espécies em uma mesma parede. Para eles, a monocultura nas paredes transmite a pobreza estética, a pouca biodiversidade e o alto risco de fracasso, caso as espécies sofram ataques patogênicos.

Blanc (2011) também adverte que é essencial trabalhar a justaposição das espécies entre as bolsas de feltro para que todas cresçam sem competição e dominação de território. Segundo o autor, é necessária a escolha de espécies que tenham tempo de crescimento semelhante entre elas para a formação de um maciço homogêneo e em harmonia.

Outra consideração relevante para ambos os tipos de fachadas vegetais é a preferência pelo uso de plantas nativas. Plantas nativas são mais resistentes às intempéries regionais, exigem pouca manutenção e resgatam características da flora local. Burle Marx foi um dos pioneiros em defender a ideia de resgatar espécies nativas em jardins públicos e privados, resgatando a valorização da flora brasileira. Sua composição de cores e variedades de formas valorizou aplicação dos jardins tropicais em locais públicos e privados.

Dunnet e Kingsbury (2008) advertem que, o uso de espécies não nativas pode trazer futuros problemas ambientais. Com a proliferação descontrolada das sementes espalhadas pelo vento, pelos insetos e pelos pássaros, a proliferação da espécie pode invadir os ambientes naturais, matando a espécies da flora local. Espécies nativas do Brasil como a *Peperomia* (*Peperomia ssp*) e a *Iresini* (*Iresine herbstii*) são exemplos de plantas que podem ser indicadas às fachadas vivas (Figura 24).



Figura 24 - Exemplos de plantas para fachadas vivas: Peperomia e Iresini.
Fonte: LORENZI, 2013.

Costa (2011) indica o uso indispensável de sistema de irrigação para as plantas instaladas em ambientes internos da edificação, devido à falta de insolação natural, à temperatura controlada por ar condicionado, a baixa umidade e à inexistência de água pluvial. Para esses casos, o autor sugere plantas de zonas áridas, espécies de *Sedum*, e musgos, bem como as epífitas, pois sobrevivem com um restrito volume de substrato, se fixam em superfícies porosas e necessitam de pouca irrigação suplementar.

Para finalizar, uma lista de espécies adaptáveis as fachadas vivas, elaborada pela Wall Green®, empresa brasileira fabricante de módulos para fachadas vivas, foi adaptada pelo autor para exemplificar espécies facilmente encontradas em território nacional, conforme mostra Tabela 2.

Tabela 2– Lista de espécies exóticas e nativas do Brasil para fachadas vivas.

ESPÉCIE	ORIGEM	CULTIVO*			CUIDADOS		CRESCIMENTO		
		PS	MS	S	PODA	LIMPEZA	BAIXO	MÉDIO	ALTO
<i>Anthurium andraeanum</i>	Colômbia	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Nephrolepis exaltada</i>	Américas Latina	●	●	●	-	●	-	●	-
<i>Ajuga reptans</i>	Europa, Ásia	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Abutilon megapotamicum</i>	Brasil	●	-	-	●	-	-	●	-
<i>Polygonum capitatum</i>	Índia	●	●	-	●	-	-	●	-
<i>Ficus Pumila</i>	China	●	●	●	●	-	-	●	-
<i>Lobularia maritima</i>	Mediterrâneo	●	-	-	●	-	-	-	●
<i>Hemigraphis alternata</i>	Ásia	●	●	-	●	-	-	●	-
<i>Asparagus densiflorus</i>	África do Sul	●	●	●	●	●	-	●	-
<i>Agrostis stolonifera</i>	Europa	-	●	●	●	-	-	-	●
<i>Schizocentron elegans</i>	México	●	●	-	●	-	-	●	-
<i>Epipremnum pinnatum</i>	Ilhas Salomão	-	●	●	●	-	-	-	●
<i>Begonia rex</i>	América Latina	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Chorophytum comosum</i>	África do Sul	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Euphorbia hybrid</i>	África, Índia	●	-	-	●	-	-	●	-
<i>Iresine herbstii</i>	América do Sul	●	-	-	●	-	-	●	-
<i>Hedera helix</i>	Ásia, África	●	●	●	●	-	-	●	-
<i>Lysimachia congestiflora</i>	China	●	●	-	●	-	-	●	-
<i>Ophiopogon jaburan</i>	Japão	●	●	●	-	●	●	-	-
<i>Plectranthus ciliatus</i>	África do Sul	●	●	●	●	-	-	-	●
<i>Ctenanthe oppenheimiana</i>	Brasil	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Gibasis schiedeana</i>	Brasil	-	●	●	●	-	-	-	●
<i>Vinca major variegata</i>	Mediterrâneo	-	●	●	●	-	-	●	-
<i>Thymophylla tenuiloba</i>	EUA, Canadá	●	-	-	●	●	-	-	●
<i>Verbena hybrida</i>	América do Sul	●	●	-	●	●	-	●	-
<i>Marantha leuconeura</i>	Brasil	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Pilea nummulariifolia</i>	Brasil	-	●	●	●	-	●	-	-
<i>Syngonium angustatum</i>	Nicarágua	-	●	●	●	-	-	●	-
<i>Peperomia ssp</i>	Brasil	-	●	●	●	-	●	-	-
<i>Tradescantia SSP</i>	México	●	●	●	●	-	-	-	●
<i>Parthenocissus striata</i>	EUA, Canadá	-	●	●	●	-	●	●	●
<i>Davallia fejeensis</i>	Austrália	-	●	●	-	●	●	-	-
<i>Tradescantia pallida</i>	México	●	●	●	●	-	-	●	-
<i>Russelia equisetiformis</i>	México	●	●	-	●	-	-	-	●
<i>Lysimachia pendente</i>	Europa	●	●	-	●	-	-	-	●

Fonte: Wall Green, 2013.

*Legenda: PS = Pleno Sol; MS= Meia Sombra; S= Sombra.

2.9 Estudos da influência das fachadas vegetais no desempenho térmico de edifícios

Entende-se como desempenho térmico em edificações o comportamento de uma edificação em uso perante as condições climáticas do ambiente. As avaliações de desempenho térmico têm como objeto descobrir as formas e a intensidade de propagação do calor sensível ou latente por uma determinada superfície e como ocorrem as trocas térmicas com o meio interno e externo. Entende-se como calor uma forma de energia transmitida de uma porção de matéria em maior temperatura para outra em menor temperatura (SCHMID, 2005).

Os primeiros estudos ligados a influência das fachadas vegetais no desempenho térmico de edifícios foram realizados através de modelos matemáticos e programas de simulações desenvolvidos ou adaptados para esta finalidade. O interesse surgiu nos anos 80 com trabalhos pioneiros como o de Hoyano (1988) com estudos sobre com plantas trepadeiras para controle solar no invólucro do edifício.

Eumorfopolou e Kontolen (2009) simularam o efeito térmico de fachadas verdes de acordo com as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste e a proporção de trepadeiras da espécie *parthenocissus tricupidata* em uma edificação hipotética no clima mediterrâneo. O estudo variou posição da camada de material de isolamento (alternando-a na superfície interna, no meio e na superfície externa) na parede de alvenaria de 30 cm e a porcentagem de cobertura das plantas de 25 cm de profundidade na superfície externa. Para validar os dados, simularam a mesma edificação com mesmas condições, porém, sem a camada vegetal. Os resultados mais significativos foram encontrados nas fachadas Leste e Oeste, com diferenças de temperatura entre paredes externas com e sem as trepadeiras de 10,53°C na Leste e 16,85 °C na Oeste. Os autores confirmam o uso das fachadas verdes em fachadas mal orientadas para reduzir a necessidade de carga de resfriamento no interior da edificação. O efeito de isolamento aumentou quando a camada material isolante foi instalada na superfície externa da parede.

Wong *et. al.* (2009) simularam no programa computacional Thermal Analysis Simulation (TAS) a influência das fachadas verdes na carga de resfriamento de um edifício de 10 pavimentos, variando o número de aberturas de vidro e a área de cobertura verde sobre paredes de concreto. Com 50% da superfície do edifício coberta pela vegetação e um coeficiente de sombra de 0,041 a redução da transferência de calor do envelope constituído de vidro foi de até 40,68%, concluindo que o índice de área foliar com um menor coeficiente de sombra permite o isolamento térmico.

Susorova (2013) desenvolveu um modelo matemático para se descobrir como o índice de área foliar, a capacidade de absorção de calor e a dimensão das folhas ajudam amenizar as temperaturas e o fluxo térmico nas paredes voltadas a Oeste, validando os dados com medições em campo da superfície de um dos edifícios do Instituto de Tecnologia de Illinois. Concluiu que a camada de planta com alta densidade de folhas e posicionadas paralelas a edificação pode contribuir com uma redução do fluxo de calor pela parede de 2 a 33 W/m² e uma resistência térmica de até 0,71 m² K/W para a superfície do edifício em períodos de clima quente (Figura 25).

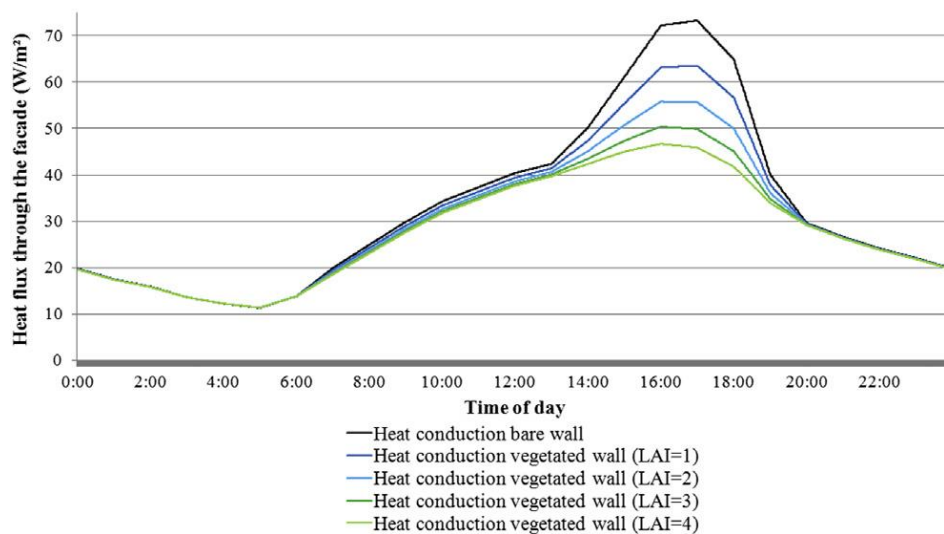


Figura 25 - Fluxo de calor pelas paredes com e sem a vegetação com diferentes índices de área foliar (LAI).
Fonte: SUSOROVA, 2013.

Com relação às pesquisas de experimento em campo, que estudam a influência dos sistemas de fachadas vegetais no desempenho térmico de edificações, poucas publicações foram encontradas, indicando o pioneirismo e a carência deste tipo de estudo na comunidade científica. Todos mencionados a seguir datam da última década.

Em Singapura, Wong *et. al.* (2009) avaliaram o impacto térmico de oito tipos diferentes de sistemas de fachadas vegetais, (entre elas fachadas verdes e vivas) no desempenho de edifícios (Figura 26). Para isso, criaram oito placas de concreto de trinta centímetros de espessura, todas, a um metro acima do solo, alinhadas entre si e voltadas para uma mesma direção, simulando superfícies externas de um edifício. Uma nona placa de concreto, porém nua, de mesmas medidas, foi criada para ser comparada com as oito fachadas vegetais. Pode-se observar que, em um dia de sol, o substrato se manteve mais quente que a parede do edifício e

a durante a noite o efeito foi inverso. Concluiu-se então que, fachadas vivas são melhores reguladores térmicos em climas tropicais do que de fachadas verdes, visto que a presença do substrato contribui para a transformação da radiação solar em calor latente, através da evapotranspiração. As fachadas vivas obtiveram redução máxima da temperatura da superfície da parede de até 11,58°C em dia de sol e céu limpo. De acordo com os autores, este efeito de resfriamento pode representar durabilidade e economia nos custos de manutenção das fachadas do edifício, sugerindo a possibilidade de aplicação em projetos de reabilitação.

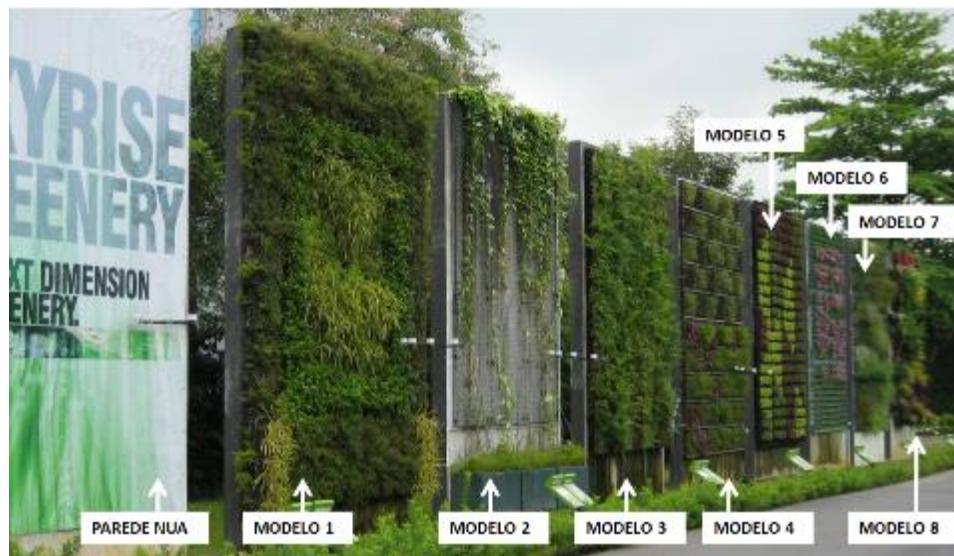


Figura 26 - Painéis com a parede nua e os oito sistemas de fachadas vegetais.

Fonte: WONG *et. al.*, 2009.

Morelli (2009) realizou estudos de desempenho térmico em três células-teste de alvenaria, sendo uma com fachada verde direta, uma com fachada verde em grade (espaçamento da cavidade de 20 cm) e uma sem vegetação. A maior diferença de temperatura verificada entre o interior das células e o exterior foi de 2,6°C na fachada verde com grade. Um teste estatístico pode comprovar que os resultados obtidos foram significativos para ambas as fachadas verdes (com grade e sobre a parede) e os efeitos de resfriamento foram válidos para o clima de Campinas.

Perini *et. al.* (2011) mostraram o potencial de três tipos de sistemas de fachadas vegetais (direta, indireta e em manta) em reduzir a velocidade do vento no entorno da edificação. Para fachadas verdes diretas, a velocidade do vento teve uma queda de 0,55 m/s, chegando a ser nula entre as folhas. Já na fachada verde indireta houve um aumento de 0,29 m/s dentro da cavidade de 20 cm. Com melhores resultados, a velocidade do vento nas fachadas vivas diminuiu de 0,08 m/s para 0,01 m/s. A autora argumenta o fato que os melhores resultados

da fachada viva estão relacionados ao uso de camadas com materiais densos (feltro, plástico e substrato), enquanto que nas fachadas verdes, o vento pode penetrar nas lacunas existentes entre as folhas. Outra observação foi o potencial de isolamento térmico em ambas as tipologias de acordo com o espaçamento da cavidade. No caso da fachada verde indireta, o ar da cavidade de 20 centímetros não é estagnado e, portanto, não atua como isolante térmico. Já nas fachadas vivas a cavidade de 4 centímetros possui uma distância ótima para esse fim.

Chen *et. al.* (2013) analisaram o comportamento térmico do microclima formado na cavidade entre as fachadas vivas e a superfície da parede, instalando-as no lado oeste de um protótipo e comparando-o com outro protótipo sem as mesmas condições (Figura 27). Em sua pesquisa, as fachadas vivas foram eficientes no efeito de resfriamento da edificação, reduzindo em até 20,8°C a temperatura da superfície externa, 7,7° C a temperatura de superfície interna e 1,1° a temperatura da cavidade, comparando com o protótipo sem o sistema. Os autores comprovaram que a superfície da parede externa perdeu calor constante para o microclima da cavidade através das trocas por convecção entre o ar e as superfícies e por radiação entre as superfícies. Ao variar a profundidade na cavidade de 3 a 60 cm, o autor também concluiu que o efeito de resfriamento das fachadas vivas ao edifício e o teor de umidade aumentaram de acordo com a redução do espaçamento da cavidade, podendo ser mais intenso quando as laterais da cavidade forem seladas, registrando um aumento na umidade relativa de 8,1% neste caso.



Figura 27 - Protótipo de fachada vegetal instalado a Oeste.
Fonte: CHEN *et. al.*, 2013.

2.10 Efeitos físicos das fachadas vegetais que podem influenciar no desempenho térmico da edificação

O uso de fachadas vegetais nas superfícies de edifícios ajuda a regular as trocas de calor entre meio interno e externo. Sua eficiência térmica está relacionada a cinco principais efeitos, sendo eles: o aumento da resistência térmica, o aumento da capacidade térmica, o efeito de sombra, a evapotranspiração e uma alteração no regime de umidade. Para saber qual a magnitude de cada um destes efeitos, a estação do ano, a incidência do sol direto ou não, e o período do dia e da noite devem ser considerados. Tendo esse conhecimento é possível prever qual a influência da fachada vegetal no desempenho térmico do edifício.

2.10.1 Aumento da resistência térmica

A resistência térmica é a propriedade pela qual o invólucro (envelope) dificulta o fluxo de calor criado por um gradiente térmico ao seu redor. Para se ter conhecimento do quanto uma parede pode ter de resistência térmica é preciso levar em consideração a área da parede, a espessura e a condutividade térmica de cada camada e o coeficiente de película (o coeficiente de troca de calor por convecção) interno e externo. Podemos sintetizar essas variáveis em uma equação inversamente proporcional à transmitância da parede, descrita a seguir:

(Equação 1)

$$R_{t_i} = \frac{1}{A_i} \left(\frac{1}{8} + \sum_{j=1}^{nc} \frac{e_{i,j}}{\lambda_{i,j}} + \frac{1}{23} \right)$$

Onde:

A_i = área da parede “i” (m^2)

e_{ij} = espessura do material “j” (j de 1 até nc = número de camadas) da parede “i” (m),

λ_{ij} = condutividade térmica do material “j” (j de 1 até nc = número de camadas) da parede “i”

8 = coeficiente de película, empírico, das paredes internas ($W/m^2\text{°C}$)

23 = coeficiente de película, empírico, das paredes externas ($W/m^2\text{°C}$)

O aumento da resistência térmica em paredes com fachadas vegetais pode ocorrer devido à presença da cavidade de ar entre o sistema e a superfície da parede externa. Yang

(2008) afirma que a ausência do vento na cavidade permite a presença de um ar estagnado, que se não estiver úmido, atua como um isolante térmico.

2.10.2 Aumento da capacidade térmica

A capacidade térmica pode ser entendida como a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (ABNT 15220). É expressa em Joules (J) por Kelvin (K). É considerada uma propriedade extensiva, ou seja, proporcional à quantidade de material (massa) presente em um corpo. A relação entre a quantidade de calor que entra em jogo durante a transformação e a variação de temperatura sofrida por unidade de massa durante a mesma é o calor específico do sistema, correspondente à transformação considerada (COSTA, 1982). A capacidade térmica de componentes pode ser determinada pela expressão:

$$Ct = \sum_{j=1}^n m_i \cdot c_i \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Ct = capacidade térmica;

c_i = é o calor específico do material da camada i ;

m_i = massa específica

2.10.3 Efeito de sombra

O efeito de sombra pode ser entendido como a redução da incidência de insolação na superfície de uma edificação através do processo metabólico das plantas (fotossíntese) de transformar a energia solar em energia química latente, formando compostos de carbono e hidrogênio (COSTA, 1982). No caso das fachadas vegetais, a irradiação solar global (direta + difusa) sobre a superfície da parede pode ser diminuída em fachadas verdes ou anulada em fachadas vivas. O efeito de sombra está ligado principalmente com o índice de área foliar e o tamanho da folha (SUSOROVA, 2013).

2.10.4 Evapotranspiração

A evapotranspiração é o processo somatório da perda de água tanto pelo solo, quanto pela planta. A água vinda da chuva ou de uma ação antropogênica se acumula no solo por um determinado período até que se consiga escoar totalmente. Parte dessa água acumulada volta a atmosfera por evaporação direta. Este processo ocorre em maior intensidade quando o solo está em exposição direta ao sol e ao vento, mas também ocorrem em dias nublados ou em locais de sombras, porém, em menor intensidade. A outra parte da água acumulada no solo é capturada pelas raízes das plantas e conduzida para o processo de fotossíntese e para sua regulação térmica. É para este último item que as plantas eliminam a água de seu corpo pelas superfícies das folhas, onde ocorrem as trocas gasosas, ou seja, a transpiração. Assim como os animais e os humanos, as plantas necessitam transpirar para regular sua temperatura e adaptarem às condições do meio. Para efeito de cálculo, a evapotranspiração pode ser entendida como uma temperatura sol-ar⁷ modificada, sendo expressa pela equação:

$$T_{sol,ar_i}(t) = T_f(t) - \Delta T_f \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$T_{sol, ar_i}(t)$ = Efeito da evapotranspiração

$T_f(t)$ = Temperatura do ar externa.

ΔT_f = Diminuição de temperatura externa.

Os processos de evapotranspiração das plantas afetam ao microclima na zona de fachada, pela geração de oxigênio e a absorção de dióxido de carbono, que podem se aproveitar como meio natural eficaz de resfriamento (YEANG, 2001).

⁷ A temperatura sol-ar define-se como o valor de uma temperatura equivalente do ar exterior a qual, na ausência de transferência de calor por radiação, originaria o mesmo fluxo de transferência de calor do meio exterior para a face externa da parede, como resultado da combinação real das diferenças de temperatura entre o ar exterior e a face exterior da parede, e da transferência de calor por radiação que realmente acontecem.

2.10.5 Umidade

A presença da umidade nas paredes e no ar adjacente as superfícies contribuem para a facilidade de condução de calor através dos materiais se estes forem porosos e do ar da cavidade.

Pérez *et. al.* (2010) verificaram a formação de um microclima no espaço intermediário entre a edificação e a grade com espécies trepadeiras caducifólias, gerando altas temperaturas e baixa umidade no inverno, e baixas temperaturas e alta umidade no verão.

No caso dos sistemas de fachadas vegetais, o vapor liberado pelo processo de evapotranspiração das plantas pode aumentar significativamente o teor de umidade atmosférica dentro da cavidade existente entre a superfície da parede e o sistema. Se não houver um processo de ventilação do ar úmido, as paredes porosas tendem a absorver parte da umidade e o calor latente pode ser transferido para o ambiente interior.

Porém Cheng *et. al.* (2013) descartam a possibilidade da umidade gerada na cavidade ser transferida para o interior do edifício, se este possuir um invólucro impermeável. Mesmo que haja umidade na camada de ar adjacente a superfície da parede, esta não tem efeito danoso significativo ao edifício, visto que a umidade registrada a superfície da parede externa foi praticamente a mesma registrada no ar flutuante da cavidade. Em síntese, a superfície da parede externa não estava acumulando umidade. Pressupõe-se, portanto, que quanto mais porosa e menos isolada for a parede, maior a chance de acumular umidade na superfície, maior a condutividade térmica das camadas que compõem a parede e menor a resistência dos materiais.

2.11 Características climáticas da cidade de Curitiba

Curitiba é uma cidade de 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 Cfb⁸, de acordo com a classificação de Koeppen-Geiger⁹ e caracteriza-se pelo clima temperado (ou subtropical), úmido, mesotérmico, com inexistência de estação seca

⁸ Clima Temperado Marítimo.

⁹ Classificação global dos tipos climáticos definido pela presença predominante de biomas naturais.

definida e estações de verão e inverno bem definidas. 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 da temperatura máxima e mínima 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).

Os ventos predominantes vêm da direção Leste, Nordeste e Sudeste, com médias de velocidade variando entre 2 e 3 m/s. Este índice pode ser considerado para regiões tropicais do país de clima quente e úmida, mas em Curitiba, que está inserida em uma região subtropical, na temporada de inverno a velocidade do vento pode causar desconforto as pessoas que estão em locais abertos (KRÜGER, 2012).

De acordo com a NBR 15220, referente ao desempenho térmico de edificação e ao zoneamento bioclimático brasileiro, Curitiba se encontra na zona bioclimática 1 (Figura 28), para a qual se indica projetos com aberturas médias para ventilação com entrada de sol no período do frio e vedações externas leves.

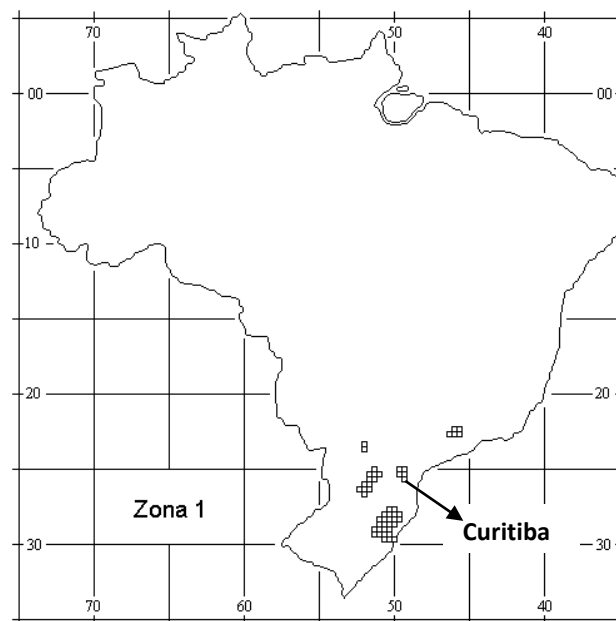


Figura 28 - Mapa do Brasil indicando áreas classificadas como Zona Bioclimática 1.
Fonte: NBR 15220, 2003.

A carta bioclimática de Curitiba, obtida através do TRY (Test Reference Year) mostra que a capital paranaense apresenta 79% das horas do ano de desconforto sendo 73,1% em relação ao frio. Seus resultados evidenciam principalmente o uso de massa para aquecimento, aquecimento solar, aquecimento artificial e ventilação como estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico (LAMBERTS *et. al.*, 1997).

Há um fator agravante na produção do maior desconforto por frio e por amplitude térmica: 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 deixam desprotegidas as áreas ao Sul e ao Norte (DUMKE, 2007).

3 MÉTODO

3.1 Unidade de análise

Esta pesquisa tem como unidade de análise o sistema de fachada viva em manta, ou também *living wall system*.

3.1.1 Caracterização tipo de sistema escolhido

Dentre os modelos de sistemas de fachada vegetal, foi escolhido o sistema de fachada viva com manta de feltro. A escolha por esse modelo se justifica por ter em sua composição materiais de fácil instalação e disponibilidade de compra. Também dentre os modelos mencionados neste trabalho este é o que garante uma maior validade interna para medições, visto que as plantas que possam morrer durante este período podem ser substituídas rapidamente sem alterar o funcionamento do sistema como um todo.

3.1.2 Caracterização do tipo de planta escolhida

Para esta pesquisa foi utilizada a espécie *Sphagneticola trilobata*, conhecida popularmente como Vedélia (Figura 29). Caracteriza-se por ser uma espécie herbácea, perene, prostrada, nativa de quase toda costa do Brasil. É uma planta para cultivo de pleno sol ou meia sombra em regiões tropicais e subtropicais, tolerante a ambientes úmidos e terrenos secos com boa drenagem (LORENZI, 2013). Sua escolha se justifica por ser uma planta nativa brasileira e também por ser encontrada naturalmente no ecossistema onde se situa a cidade de Curitiba. Possui resistência a climas quentes e frios, crescimento rápido e capacidade de cobertura com suas folhas.



Figura 29 - *Sphagneticola trilobata* (Vedélia).
Fonte: o autor, 2013.

3.2 Caracterização do problema

O problema apresentado para esta pesquisa apresenta natureza fixa, visto que, no método experimental os resultados buscam a confirmação da hipótese. Os resultados quantitativos obtidos tendem a gerar uma interpretação explicativa. De acordo com Gil (2010) as pesquisas explicativas têm como objetivo identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos.

3.3 Delimitação da pesquisa

A unidade de análise foi delimitada somente a fechamentos opacos de alvenaria (parede de alvenaria de tijolo cerâmico com argamassa), simulando uma parede convencional de uma edificação residencial, onde esses sistemas recebem a atenção de pessoas para possíveis reparos e manutenção periódica. Os resultados e conclusões obtidos nesta pesquisa são consequentes das condições climáticas da cidade de Curitiba, não sendo necessariamente adaptáveis em outras localidades.

A pesquisa delimitou seu estudo apenas ao desempenho térmico do objeto de pesquisa. Não serão avaliados, portanto, o desempenho energético, o desempenho acústico, o efeito estético, o custo-benefício, a qualidade do ar, a presença ou não da biodiversidade, a qualidade da água e a capacidade de retenção dessa.

3.4 Etapas do método

O método adotado para esta pesquisa se resume a três etapas, sendo elas:

3.4.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica é a primeira etapa do método desta pesquisa.

Conforme a definição elaborada por Gil (2005) a revisão bibliográfica tem principalmente os propósitos de fornecer fundamentação teórica à pesquisa e identificar o atual estágio do conhecimento do tema. Nesta pesquisa, as fontes de dados e informações foram principalmente baseadas em artigos científicos recentes, em sua maioria publicados nos últimos 10 anos, com reconhecimento pela comunidade científica. Já em relação aos livros citados, buscaram-se as principais referências sobre o assunto, considerados fontes primárias entre os pesquisadores, quase todos citados como referência bibliográfica em artigos científicos e trabalhos acadêmicos.

3.4.2 Observação participante

A observação participante é o método onde o observador precisa interagir com grupo observado para o entendimento do seu comportamento. É através deste que se pretende atingir os objetivos específicos propostos.

Robson (2011) lembra que o método da observação é comumente utilizado na fase exploratória de uma situação, onde a informação obtida servirá como precursora para testes subsequentes fora do conhecimento obtido. A observação participante é para o autor o ato de observar grupos, unidades ou organizações, sendo ao mesmo tempo envolvido e dependente deles.

Neste trabalho, o método da observação participante refere-se à adaptação ou não das espécies de planta escolhida. É classificada como participante, pois a manutenção e a alimentação da planta foram feitas pelo pesquisador para garantia de sua sobrevivência.

3.4.3 Análise experimental

A análise de experimento é a terceira etapa proposta. Ela foi determinada para se descobrir, na prática, o real comportamento do sistema de fachada viva e quais são suas influências em uma parede opaca onde partes das variáveis serão controladas ou anuladas.

Gil (2005) ressalta que a pesquisa experimental não precisa necessariamente ser realizada em um laboratório. Ela também pode desenvolvida em ambiente natural desde que garanta a manipulação das características, o controle das variáveis e distribuição aleatória dos elementos.

Neste caso, a análise experimental se baseia na construção de dois protótipos, ou também chamados de células-teste, localizados em um ambiente externo. Ambas serão executadas com os mesmos materiais e passarão pelos mesmos procedimentos de análise a fim de se obter as mesmas variáveis de respostas, porém, com resultados diferentes.

3.5 Protocolo de coleta de dados

A construção do experimento em campo foi planejada executada com cinco meses de antecedência, para que fosse possível garantir o crescimento das plantas nos painéis de manta e a obtenção dos dados nos períodos planejados.

A primeira etapa da coleta de dados se referiu ao método da observação. Durante o período de sete meses seguidos foram avaliados o crescimento e a adaptação da espécie de planta escolhida nas orientações Norte, Sul, Leste, Oeste. As mudas instaladas nos protótipos ficaram expostas *in loco*, e sujeitas a todos os tipos de condições climáticas, tendo interferência apenas para fertirrigações, podas e limpeza periódica de folhas e galhos secos. Cada painel de fachada viva ficou exposto na sua determinada fachada durante este período e não houve revezamento das placas. Assim, as plantas de cada painel tiveram que se desenvolver em três situações diferentes: plena sombra (Sul), meia sombra (Leste e Oeste) e pleno sol (Norte).

Para as plantas, a avaliação considerou como critérios:

- Adaptação ao sistema de fachada viva;
- Capacidade de crescimento e cobertura da superfície;
- Resistência ao clima (frio e calor)
- Resistência à ausência de irrigação

Em relação ao emprego dos materiais (feltro, madeira, metais e plástico), a avaliação considerou como critérios:

- Resistência ao crescimento da planta;
- Resistência às intempéries
- Intervalo de manutenção
- Durabilidade

Com o objetivo de obter dados qualitativos que avaliam o desenvolvimento e adaptação da planta, juntamente com a resistência e viabilidade dos materiais empregados, a seguinte escala foi adotada:

- **Ruim** - Impossibilidade ou inviabilidade de aplicação.
- **Regular** - Possibilidade de aplicação com riscos de fracasso.
- **Bom** – Aplicação satisfatória com necessidades de melhorias.
- **Ótimo** – Aplicação satisfatória.

A segunda etapa de coleta de dados se referiu à avaliação de desempenho térmico e foi planejada para ser monitorada na estação de inverno. As amostras coletadas buscaram identificar a passagem de calor pela parede, do ambiente interno para o externo, nos dois protótipos. Lâmpadas de 40 watts foram instaladas na base do interior dos protótipos. Este calor gerado simula uma situação hipotética onde a edificação é ocupada, com consequente aquecimento do ambiente. As medições de temperatura foram feitas por termômetros digitais, cada um coletando quatro amostras diferentes em cada orientação. Os dados coletados serviram para a elaboração de gráficos referentes a temperaturas e umidade da cavidade. Uma análise termográfica das paredes com e sem os sistemas verdes foi registrada para confirmação das diferenças de temperaturas, através de um termovisor.

As medições foram realizadas em um período contínuo de 72 horas (3 dias) para cada fachada. Os dados foram coletados de 30 em 30 minutos, com início às 18:00 horas. A Tabela 3 a seguir foi utilizada para a coleta de dados.

Tabela 3 - Coleta de dados.

PROTÓTIPO COM FACHADA VIVA	SUL	LESTE	NORTE	OESTE
HORAS TOTAIS	72	72	72	72
Nº DE AMOSTRAS (de 0:30 em 0:30 min)	143	143	143	143
Temperatura interna				
Temperatura de superfície interna				
Temperatura da superfície externa				
Temperatura da cavidade				
Umidade da cavidade				
Temperatura externa ambiente				

PROTÓTIPO SEM FACHADA VIVA	SUL	LESTE	NORTE	OESTE
HORAS TOTAIS	72	72	72	72
Nº DE AMOSTRAS (de 0:30 em 0:30 min)	143	143	143	143
Temperatura interna				
Temperatura de superfície interna				
Temperatura da superfície externa				
Temperatura da cavidade				
Temperatura externa ambiente				

Fonte: O autor, 2013.

As interpretações dos dados estão baseadas nas temperaturas máximas e mínimas, na amplitude térmica, na média de temperatura e na dispersão dos resultados (desvio-padrão), esquematizados na Tabela 4. Foi medido também as temperaturas de bulbo seco e bulbo para a conversão da umidade relativa do ar, baseando-se na tabela 21 (em anexo).

Tabela 4 – Apuração dos dados

PROTÓTIPOS	SEM FV					COM FV				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
Ar Interno										
Superfície Interna										
Superfície Externa										
Cavidade										
Ar Externo										

Fonte: O autor, 2013.

3.6 Amostra

As amostras foram coletadas pelos termômetros através dos termopares conectados de forma a coletar todas as amostras de uma mesma fachada, para fazer o revezamento simultâneo dos protótipos por fachada. As seguintes amostras serão retiradas dos protótipos com e sem as fachadas vivas:

- Temperatura do ar interno;
- Temperatura de superfície interna;
- Temperatura de superfície externa;
- Temperatura da cavidade;
- Umidade relativa da cavidade
- Temperatura do ar externo ambiente.

3.7 Parâmetros do processo

Compreende a todas as variáveis que influenciam diretamente nas variáveis de respostas e podem ou não ser alterados. Os parâmetros do processo se classificam em:

3.7.1 Fatores constantes

São aqueles que não serão alterados durante o experimento. Neste trabalho os principais fatores constantes são:

- **Espécie de planta-** *Sphagneticola trilobata* (Vedélia).
- **Número de plantas** - 60 unidades por fachada.
- **Materiais de construção** – *Pallets* de madeira, placas de isopor, argamassa múltiplo-
uso, bloco cerâmico de seis furos, lâmpadas.
- **Período de medição (unidade de tempo)** - 3 dias em cada face
- **Taxa de reposição hídrica das plantas** – aproximadamente 20 Litros/placa/dia ou 60 Litros/placa/semana.

- **Tipo de sistema de fachada vegetal-** fachada viva.
- **Dimensionamento da cavidade-** 8 centímetros.
- **Materiais escolhidos para fachada vegetal-** feltro, peças de madeira, lona plástica e grampo metálico e substrato.
- **Dimensões da construção-** 1,00 m x 1,20 m x 1,20 m (protótipos e placas).

3.7.2 Fatores controláveis

São fatores que serão alterados durante o experimento. Neste trabalho são:

- **Orientação das Fachadas-** Norte, Sul, Leste e Oeste.
- **Estação do ano-** Inverno.
- **Tipo do protótipo-** Com ou sem a fachada viva.

3.7.3 Fatores não controláveis (ou fatores de ruído)

São fatores sobre o que não se tem o devido controle para a medição. Os principais fatores não controláveis são:

- **Clima-** condição temporária e diferente a cada dia.
- **Traço da argamassa-** a argamassa feita para a montagem dos protótipos foi produzida em etapas, de acordo com quantidade necessária por dia, já que não se pode mantê-la crua por muito tempo.
- **Crescimento das plantas-** Como se trata de organismos vivos, cada unidade reagirá em um determinado tempo de acordo com seu metabolismo.
- **Absorção de água e nutrientes das plantas-** de acordo com a capacidade de enraizamento e adaptação ao sistema, cada unidade de planta desenvolverá um determinado volume de ramificações nas raízes e conseqüentemente resulta na maior ou menor absorção de água da planta.
- **Efeito de sombra nos horizontes-** Apesar do local escolhido garantir a maior parte de sol durante o período de manhã e tarde, deve-se considerar que próximo a linha do horizonte o sol se esconde na paisagem urbana. Por isso vale ressaltar que pode haver

atraso do surgimento do sol nas primeiras horas da manhã e antecipação da sua ausência nas últimas horas da tarde.

3.7.4 Variáveis de resposta

Neste trabalho as variáveis de respostas representam as principais variáveis que referem as questões de desempenho térmico. São elas:

- **Temperaturas médias, máximas e mínimas**

Esta variável de resposta medirá as máximas e mínimas das temperaturas das amostras das superfícies interna e externa, além das temperaturas flutuantes interna e externa. Será elaborado um gráfico do regime de diferença de temperatura de acordo com o tempo de medição de cada fachada. Para verificar a capacidade das fachadas vivas no resfriamento dos protótipos, estes resultados serão comparados com as diferenças de temperatura medidas no protótipo ausente do sistema verde.

- **Umidade relativa da cavidade:**

Através da obtenção dos dados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido da cavidade existente entre as fachadas vivas e a superfície da parede será possível encontrar o valor da umidade relativa do ar, através de uma tabela de equivalência (ver Apêndice). A umidade encontrada servirá para analisar a sua influência na resistência térmica da parede do protótipo.

- **Distribuição das temperaturas**

Com este estudo será possível verificar a escala termográfica dos protótipos ao longo das paredes dos protótipos. É possível verificar o comportamento dos protótipos e sua capacidade ou incapacidade de armazenar o calor em seus interiores.

3.8 Equipamentos

Os equipamentos, responsáveis pelo recolhimento das amostras, foram disponibilizados pelo Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento (LACTEC), sendo eles:

3.8.1 Câmera digital

Para registro do período de desenvolvimento dos protótipos e o processo de observação das plantas foi utilizada uma câmera digital Samsung com 12,2 megapixels e comprimento focal de 6,3 – 18,9 mm (Figura 30).



Figura 30 - máquina digital.
Fonte: o autor, 2013.

3.8.2 Termovisor

Para registro visual das escalas de temperatura internas e externas do ar e das paredes, foi utilizado um termovisor Flir com 3,1 megapixels com resolução de imagens 160 x 120 e indicador de emissividade do material visualizado (Figura 31).



Figura 31 - termovisor.
Fonte: o autor, 2013.

3.8.3 Termômetro Digital

Dois termômetros digitais modelo TD-890, portáteis, com datalogger e quatro canais de termopares tipo k foram utilizados para medir as temperaturas referentes internas e externas e as superfícies internas e externas (Figura 32).



Figura 32 - termômetros digitais e termopares tipo k.
Fonte: o autor, 2013.

Um terceiro termômetro foi utilizado para medir a temperatura externa ambiente e as temperaturas de bulbo seco e úmido da cavidade a fim de obter a umidade relativa do mesmo. Para se obter a temperatura de bulbo úmido, um termopar foi conectado a um cadarço úmido com sua outra ponta fixada no interior de um recipiente fechado com água (Figura 33). Com os dados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, foi feita a conversão em umidade relativa do ar seguindo os valores de conversão da tabela no Anexo 9.

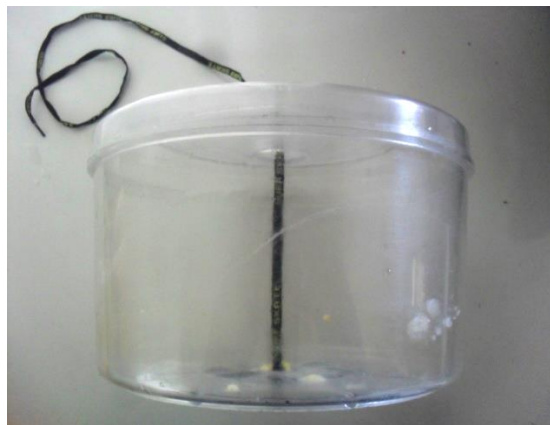


Figura 33 – Recipiente para medição de bulbo úmido
Fonte: o autor, 2013.

3.9 Testes de validade

Para garantir a qualidade da pesquisa e minimizar os vieses da metodologia, autores como Yin (2005) e Robson (2011) propõem a submissão da pesquisa a quatro testes de validade, sendo elas: validade do constructo, validade externa, validade interna e confiabilidade. A seguir estão esclarecidos todos eles.

3.9.1 Validade do constructo

A validade do constructo é a garantia de que se pode obter os resultados desejados de acordo com o método proposto. A presente pesquisa busca reforçar sua validade de constructo nas pesquisas coletadas em artigos científicos voltados a estudos de desempenho térmico de fachadas vegetais, verdes e vivas, com métodos que se procederam de forma semelhante a este trabalho.

3.9.2 Validade externa

A validade externa pode ser entendida como a possibilidade de generalização da pesquisa, ou seja, se o método escolhido pode ser aplicado em outras situações para obter resultados semelhantes. Este trabalho descreveu e detalhou todo o material utilizado, o procedimento realizado para esclarecer todos os resultados obtidos, para que desperte nos futuros pesquisadores o interesse da reaplicação do método em outras situações.

3.9.3 Validade interna

Segundo Robson (2011) a validade interna pode ser encontrada em um projeto de pesquisa quando os resultados obtidos de um objeto de estudo forem consequentes do método utilizado.

Na etapa experimental deste trabalho, a presença do protótipo sem as fachadas vegetais servirá em todas as medições para validar os resultados obtidos no protótipo com os sistemas. Além disso, ambos os protótipos foram planejados e executados com materiais isolantes na

parte superior, inferior e entra as paredes, sendo possível pressupor que os dados obtidos em cada parede serão consequentes de seu próprio desempenho. Porém, não se pode desconsiderar o fato que o experimento está inserido em local aberto, sujeito a influência dos fatores não controláveis, além de outros possíveis fatores não considerados neste trabalho.

3.9.4 Confiabilidade

A confiabilidade tem como propósito garantir que as estratégias do método e os dados protocolados sejam utilizados em futuras pesquisas para obter resultados e conclusões semelhantes. Yin (2005) também ressalta que a confiabilidade minimiza os erros e visões tendenciosas de um estudo.

Para garantir a confiabilidade desta pesquisa o protocolo de coleta de dados está documentado de forma detalhada, com a sequência de atividades ordenadas. As representações gráficas dos protótipos experimentais estão ilustradas ao longo da pesquisa contendo informações de cotas, escalas, materiais, orientação e procedimento de montagem. O apêndice, localizado ao final do trabalho, contém a lista quantitativa de materiais necessários a execução.

4 PROJETO EXPERIMENTAL

4.1 Localização

O local escolhido para a montagem e análise dos protótipos situa-se dentro da propriedade do Horto Municipal do Guabirota, nas coordenadas 25°27'45" Sul e 49°14'55" Oeste, situado na zona Sul da cidade de Curitiba (Figura 34). É um estabelecimento público, administrado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente e responsável pela produção e manutenção de plantas nativas e exóticas de caráter ornamental que são implantadas nos logradouros públicos, praças e parques da cidade.



Legenda das instalações:

- 1- Acesso principal;
- 2- Administração;
- 3- Estufa da planta escolhida;
- 4- Local da implantação dos protótipos

Figura 34- Horto Municipal do Guabirota
Fonte: Google Earth, 2013.

Além de ceder o local, a Diretoria do Departamento de Produção Vegetal se dispôs também a contribuir com a doação das mudas da planta escolhida e da solução de nutrientes necessária para a alimentação das mesmas durante a realização deste estudo.

No momento da escolha do local foram levados em consideração características do entorno como a ausência de árvores de grande porte e de edificações, para evitar possíveis projeções de sombras próximas aos protótipos, a existência de pontos de água e eletricidade, a ausência de circulação de visitantes e funcionários e a garantia da incidência de luz solar ao longo de todo o dia. O solo onde foram implantados os protótipos é forrado por grama da espécie *Axonopus compressus* (grama São Carlos) e podada a cada 90 dias.

4.2 Projeto

O projeto final ficou estabelecido com a criação de dois protótipos em forma de caixa onde cada face pode simular uma parede de alvenaria convencional voltada a uma determinada orientação (Norte, Sul, Leste, Oeste). Essas quatro faces são separadas por placas de poliestireno expandido de 2 cm de espessura, para se evitar o do fluxo térmico entre elas. No interior dos protótipos existem duas placas de isopor de 3 cm conectadas em “X”, formando quatro ambientes internos isolados, cada um pertencente a uma face. A base dos protótipos é composta por *pallets* de 1,00 x 1,20 e uma placa de isopor de 5 cm de espessura de mesma dimensão. Ambos têm a função de dar suporte à alvenaria e isolamento térmico da umidade vinda do solo. Uma camada plástica na parte superior sela o calor gerado pelas lâmpadas no interior dos protótipos, para que seja possível registra pelo termovisor as temperaturas internas. A tampa dos protótipos, também em placa de isopor de 1,00 x 1,20 m com 5 cm de espessura, isolam o calor interno e evitam as trocas térmicas indevidas com o meio externo. A Figura 35 ilustra uma vista superior dos dois protótipos com suas dimensões.

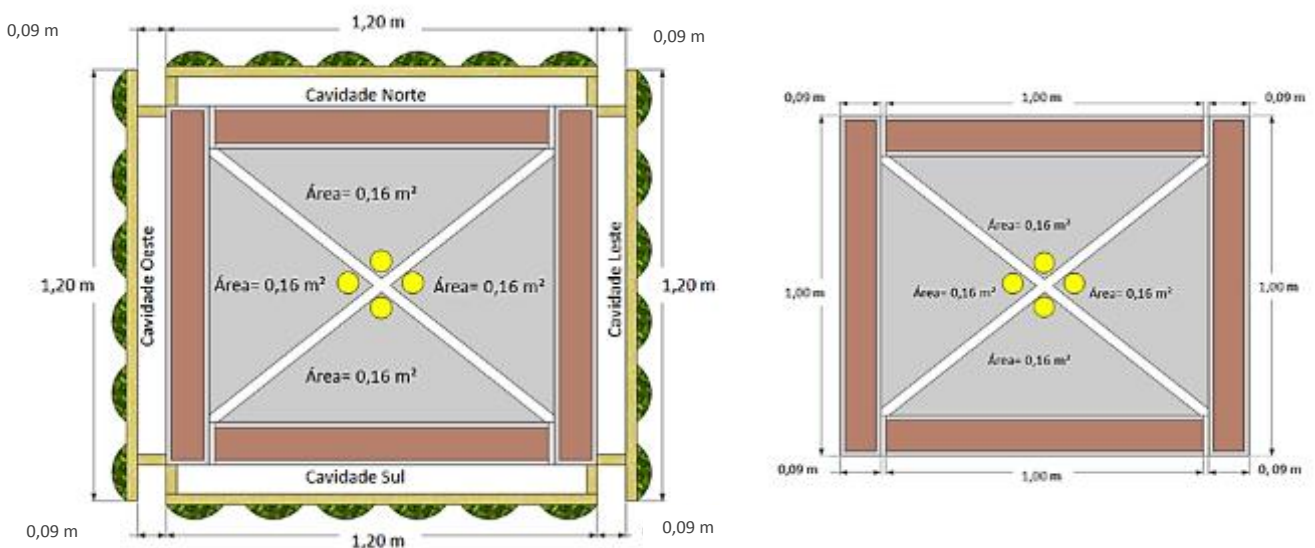


Figura 35 - Detalhamento do projeto (Vista superior).

Fonte: O autor, 2013.

A intenção desse procedimento é certificar que as trocas térmicas entre interior e exterior ocorram somente pelas paredes de alvenaria no sentido horizontal e que as trocas térmicas no sentido vertical sejam nulas ou em quantidades desprezíveis. A Figura 36 detalha os componentes dos protótipos em vista tridimensional.

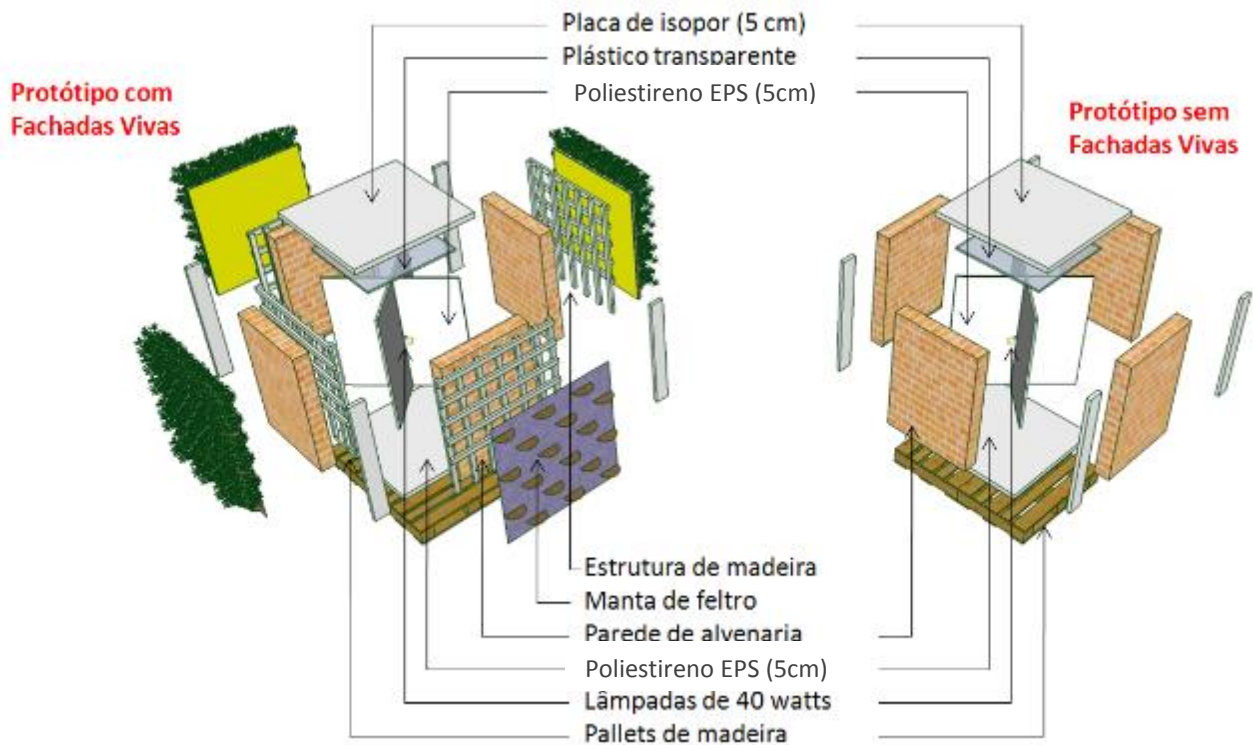


Figura 36 - Componentes do projeto.
Fonte: O autor, 2013.

A única diferença entre os dois protótipos é a presença do sistema de fachada viva instalada nas quatro faces de um deles (Figura 36). Foram necessárias 240 mudas para serem implantadas em pares nos painéis de feltro. Assim, é possível comparar o desempenho térmico das paredes com e sem o sistema vegetal além de avaliar em qual das faces o sistema terá melhores resultados. A Figura 37 mostra a proposta final dos protótipos.



Figura 37 - Proposta final do projeto.
Fonte: O autor 2011.

4.3 Execução

A execução dos protótipos foi iniciada no dia 25/02/2013. O primeiro passo foi implantar os dois *pallets* de 1,00 x 1,20 m no gramado de acordo com as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, para que as paredes cresçam voltadas corretamente às quatro orientações. Foi previsto também um distanciamento de 2,00 metros entre os *pallets* para evitar projeções de sombra entre eles. Decidido o local, foram fixadas sobre os mesmos as placas de isopor de 5 cm, também nas medidas de 1,00 x 1,20 m para servirem de base aos protótipos. Em seguida foram instaladas as quatro lâmpadas incandescentes em cada base com sua fiação situada e protegida dentro dos *pallets*.

A etapa seguinte foi a preparação de argamassa e o assentamento dos blocos cerâmicos (Figura 38). Foi utilizada a argamassa múltiplo uso (20 kg) para ambas os casos de assentamento e reboco¹⁰, a fim de otimizar o processo, reduzir o desperdício e economizar nos custos da pesquisa. Também nesta etapa, foram inseridas as placas de isopor de 2 cm entre as quatro paredes para o efeito de isolamento entre elas.



Figura 38 - Protótipos em construção.
Fonte: O autor, 2013.

Erguida a alvenaria, iniciou-se a etapa de reboco das superfícies internas e externas, respectivamente. Em seguida foram coladas as placas internas, dividindo o interior em quatro ambientes, a uma camada plástica no topo para proteção e retenção do calor interno obtido e a tampa de isopor.

¹⁰ Foi definido o traço de 1 saco de argamassa para 3 litros de água, para o assentamento; 1 saco de argamassa para 2 litros de água para primeira camada de reboco.



Figura 39 - Protótipos finalizados.
Fonte: O autor, 2013.

Finalizados os dois protótipos, deu-se início a montagem do sistema de fachada viva. Foram utilizados materiais locais e alternativos para verificar a viabilidade do sistema. Para a estrutura foram escolhidas peças de madeira eucalipto de 0,02 x 0,02 x 1,00 m fixadas entre si por pregos a cada 15 cm, resultando em uma malha com vão de 15x 15 cm (Figura 40).



Figura 40 - Montagem da estrutura das fachadas vivas.
Fonte: O autor, 2013.

Para efeito de isolamento da umidade, uma lona plástica foi instalada como primeira camada de proteção. Esta faz o papel do painel de PVC, utilizado na técnica de Patrick Blanc. Em seguida foram instaladas as duas camadas de feltro, ambas fixadas por grampos de 10 mm sobre a estrutura de madeira. No feltro posterior foram feitos os cortes com estilete seguindo os módulos criados na estrutura de madeira, ou seja, para cada vão de 15x15 cm foi criado um bolso de feltro, resultando em 30 bolsos em cada fachada e 120 bolsos no total (Figura 41).



Figura 41 - Fixação da manta de feltro e implantação das mudas.
Fonte: O autor, 2013.

Em todas as quatro faces o espaçamento da cavidade foi estabelecido em 9 cm (Figura 42- Espaçamento da cavidade (9cm).), padrão justificado como ótimo pelos autores como Blanc (2008), Eumorfopolou e Kontolen (2009) e Chen *et. al.* (2013), conforme foi mencionado na revisão bibliográfica.



Figura 42- Espaçamento da cavidade (9cm).
Fonte: O autor, 2013.

As mudas foram implantadas nos bolsos de feltro no dia 05/04/2013. Em cada bolso foram implantados dois exemplares da espécie escolhida. A princípio, as mudas foram desenvolvidas nas estufas do Horto Municipal dentro de bandejas plásticas com copos independentes para cada uma, onde cada copo possui uma quantidade básica de torrão para que a semente possa se desenvolver e se enraizar. O lote fornecido para o estudo foi germinado no dia 23/03/2013, ou seja, as mudas estavam com 14 dias quando foram instaladas nos protótipos. As Figura 43 e Figura 44 mostram o projeto já finalizado.



Figura 43 - Protótipo com as fachadas vivas.
Fonte: O autor, 2013.



Figura 44 – Protótipos finalizados.
Fonte: O autor, 2013.

4.4 Manutenção

Depois de instaladas deu-se início a um processo de constante manutenção, verificando o desenvolvimento das mudas ao longo das semanas. O substrato e a solução de nutrientes foram também fornecidos pelo Horto Municipal do Guabirota. Em cada bolso da manta de feltro foram colocados 150 gramas de substrato. O substrato adquirido é composto de:

- 40% de terra;
- 25% de turfa;
- 20% de cinza de casca de arroz;
- 10% de casca de pinus com granulometria fina;
- 5% de vermiculita expandida;
- 1 kg de NPK 14-16-18 e 1 kg de superfosfato triplo para cada 1000 litros de substrato.

A fertirrigação feita com a solução de nutrientes se deu em média a cada dois dias úteis. A solução fornecida é composta de:

- 450g Nitrato de Cálcio para 1000 litros de água;
- 300g Formulado 6-12-36 para 1000 litros de água;
- 120g Sulfato de Potássio para 1000 litros de água;
- 400g Sulfato de Magnésio para 1000 litros de água;

De acordo com o engenheiro agrônomo do Horto Municipal, esta quantidade pode fornecer para planta uma solução com 19% de nitrogênio, 8% de fósforo, 38% de potássio, 18% de cálcio, 8% de magnésio e 9% de enxofre.

A espécie escolhida dispensa podas constantes, porém, para efeito estético e resultados mais precisos foram retirados folhas e galhos secos durante seu período de desenvolvimento. Ao completar seis semanas, deu-se início ao processo de poda nas pontas dos caules principais, para desencadear o processo de ramificação das mudas. O intervalo total para crescimento e desenvolvimento das mudas foi de quatro meses, até que se iniciassem as medições das variáveis de desempenho térmico *in loco*.

5 RESULTADOS

5.1 Considerações iniciais

As medições em campo foram feitas no período do inverno, dando-se início no dia 29/07/13 e término no dia 22/08/13. Cada fachada foi monitorada por um período de três dias consecutivos e com intervalos de no mínimo dois dias para medição de uma face para outra, tempo este necessário para desinstalação e instalação dos equipamentos. As condições climáticas durante o período de medição se caracterizaram por dias de sol e céu limpo com poucas nuvens, períodos de baixa umidade ao final do dia, e queda de temperatura ao longo da noite. Tais características podem ser observadas pelas medições do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados também nos gráficos para validação dos dados. Por se tratar de uma estação de frio, as lâmpadas neste período ficaram ligadas 24 horas (Figura 45), simulando o calor gerado pela ocupação dos ambientes internos dos protótipos. Cada termômetro foi destinado a um protótipo e monitorado dia e noite. O terceiro termômetro, responsável pelas medições de temperatura ambiente e temperatura de bulbo úmido ficou localizado no protótipo com as fachadas vivas, visando obter, posteriormente, a umidade da cavidade.



Figura 45 - Início das medições em campo: à esquerda, vista superior do protótipo aberto e a direita termômetro medindo temperaturas. Fonte: O autor, 2013.

Por questões de segurança com os equipamentos, todas as medições iniciaram-se as 17:30 horas, período de menor fluxo de pessoas e término de atividades dentro do Horto Municipal. Os termômetros foram configurados para armazenar automaticamente dados de 30 em 30 minutos. Para facilitar a leitura, o termo fachada viva está abreviado pelas letras FV.

5.2 Temperaturas das fachadas de acordo com a orientação

A rodada do monitoramento das fachadas se deu de acordo com o grau de cobertura vegetal de cada placa, ou seja, da placa mais coberta por vegetação à placa mais exposta. Foi estabelecido, portanto, a seguinte sequência: fachada Sul, fachada Leste, fachada Oeste e fachada Norte.

5.2.1 Fachada Sul

O primeiro monitoramento foi o da fachada Sul, que se deu entre os dias 29/01/2013 e 01/08/2013. Esta fachada se diferenciou em relação às demais, pois foi a única que não recebeu radiação solar direta durante o período estudado, caracterizando-a como uma fachada de plena sombra.

Na Figura 46, tem-se a variação de todas as temperaturas medidas no protótipo sem as FV ao longo dos três dias. As temperaturas internas (ar e superfície) se caracterizaram pelas

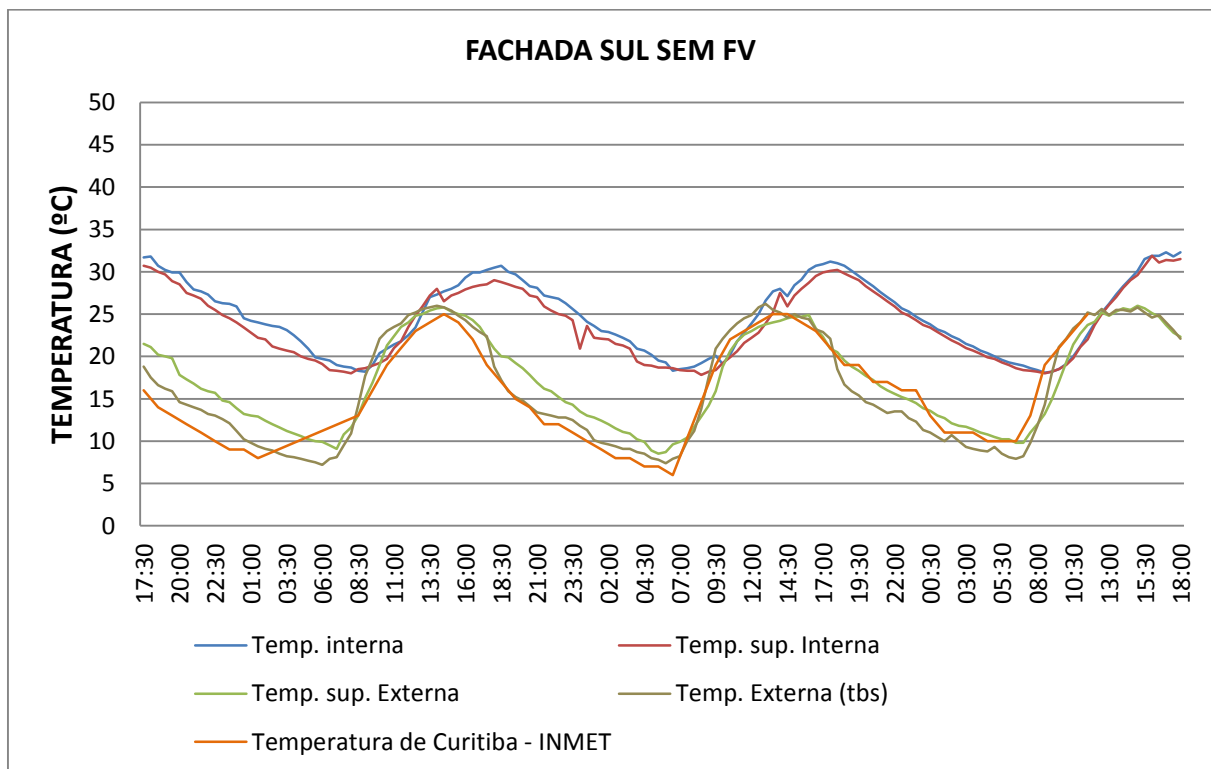


Figura 46 - Temperaturas das fachada sul sem FV.

máximas acima dos 30°C. Porém, na mesma figura, é possível perceber que estes valores não estão sincronizados com os picos da temperatura da superfície e do ar externo, revelando portanto, que há um atraso térmico, calculado em média de 3:00 horas para que o calor atravesse a parede. Já as temperaturas da superfície externa se mantêm próximas a temperatura do ar externo. A diferença na média em ambos foi de 1°C.

A Figura 47 apresenta a variação das temperaturas medidas no protótipo com o painel vegetal. Nota-se que as temperaturas do ar e da superfície interna variaram em um intervalo relativamente constante, sendo esta diferença em média de 3,7°C entre ambos. O atraso térmico neste caso chegou a ser em média de 8 horas entre os picos internos e externos.

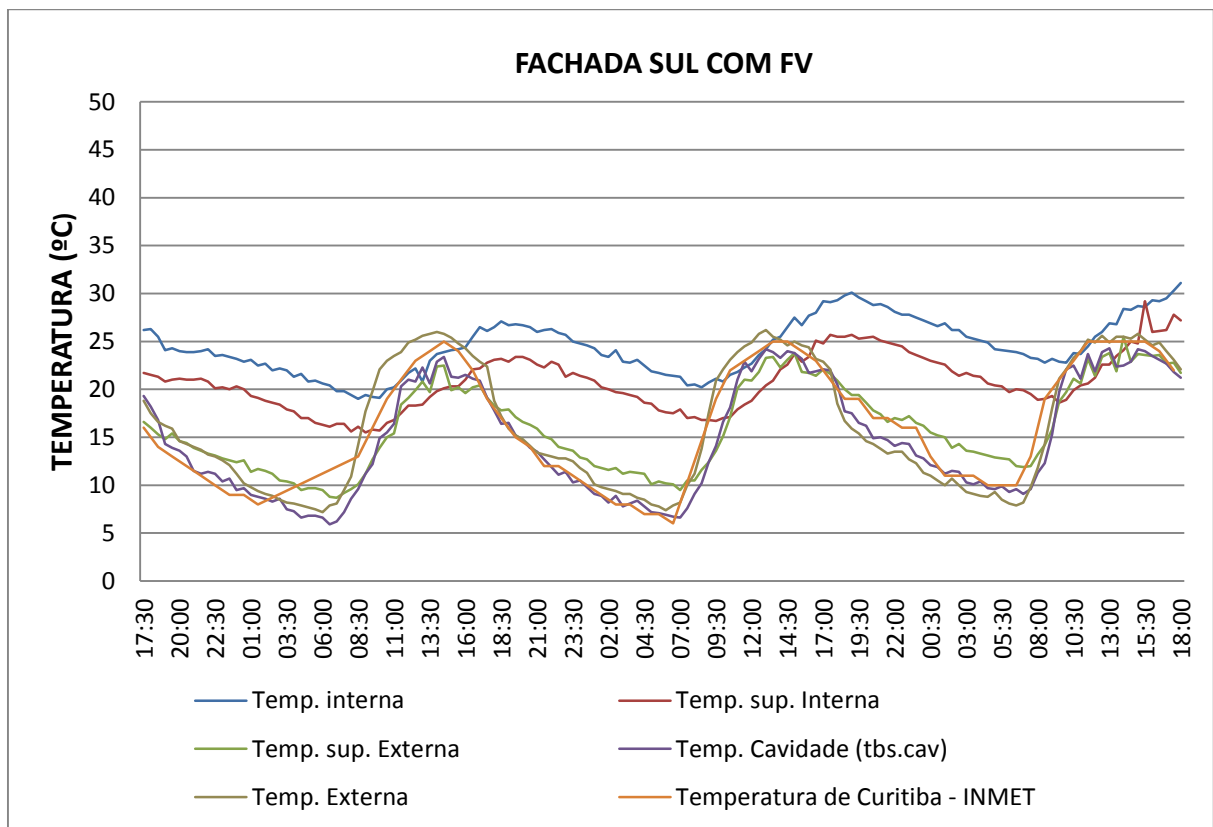


Figura 47 - Temperaturas da fachada Sul com FV.

Comparando os registros entre os protótipos, verificou-se que ambos mantiveram a média da temperatura interna em torno dos 24°C e uma diferença média com a temperatura do ar externo de 8°C (Tabela 5). Porém, o protótipo com o painel verde registrou amplitudes de temperaturas do ar e da superfície internas menores que as do protótipo sem os mesmos.

Tabela 5- Síntese do monitoramento da fachada Sul.

PROTÓTIPOS	SEM FV					COM FV				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
Ar interno	32,3	18,1	14,2	24,7	4,3	31,1	19,0	12,1	24,5	2,9
Superfície interna	31,9	17,8	14,1	23,9	4,2	29,2	15,5	13,7	20,8	2,9
Superfície externa	26,0	5,2	20,8	17,2	5,5	25,5	8,7	16,8	16,1	4,5
Cavidade	Não existe					24,3	6,2	18,1	14,8	5,8
Ar externo	26,2	7,2	19,0	16,2	6,5	26,2	7,2	19,0	16,2	6,5

5.2.2 Fachada Leste

A fachada leste foi a segunda fachada monitorada, no intervalo entre os dias 02/08/2013 e 05/08/2013. A Figura 48 mostra a variação de todas as temperaturas medidas no protótipo sem FV. Foram registradas máximas das temperaturas internas do ar e da superfície de 40,3°C e 39,2°C respectivamente.

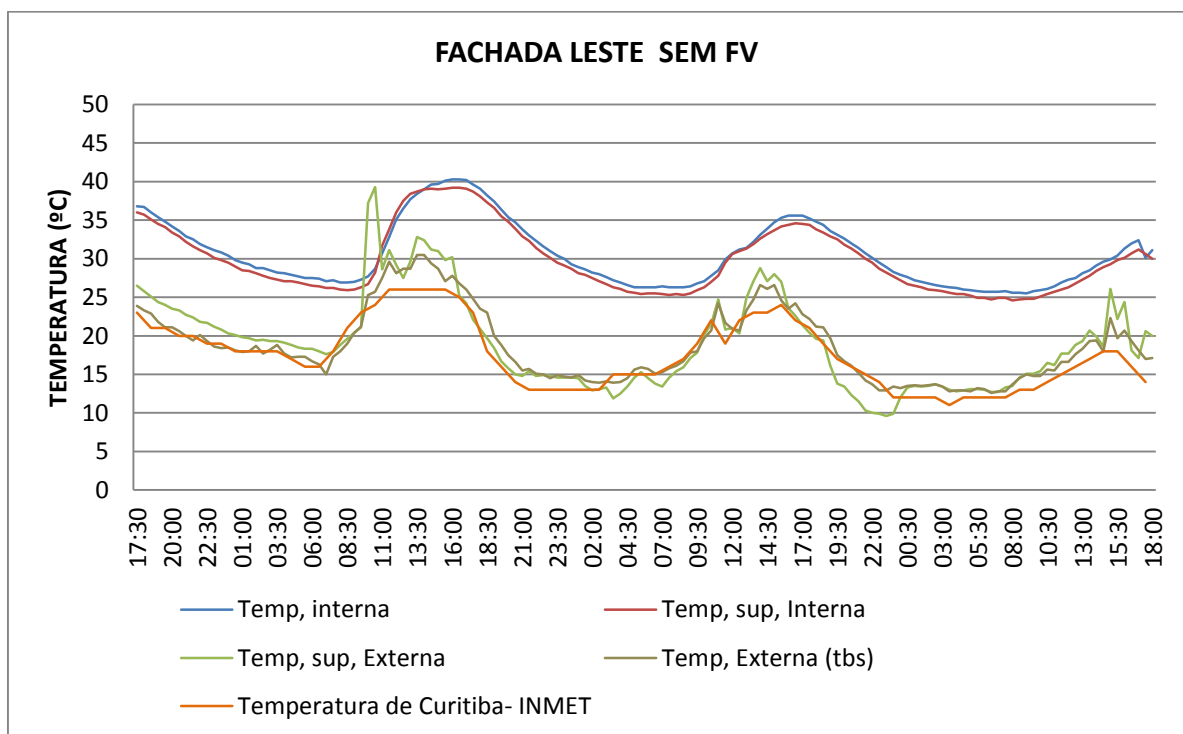


Figura 48 – Temperaturas da fachada Leste sem FV.

A Figura 49 mostra a variação de temperaturas no protótipo com FV. Pode-se perceber que neste monitoramento as temperaturas internas do ar e da superfície não ultrapassaram os 32°C, diferente do protótipo anterior. Comparando as médias entre os protótipos, foi registrada uma diferença de 2,9° C entre as temperaturas do ar interno e 3,2°C entre as temperaturas de

superfície interna. Já a temperatura da superfície externa registrou uma média 0,3°C maior no protótipo com FV. A diferença entre as temperaturas do ar interno e externo foram de 11,8°C para o protótipo sem FV e 8,9°C para o protótipo com FV.

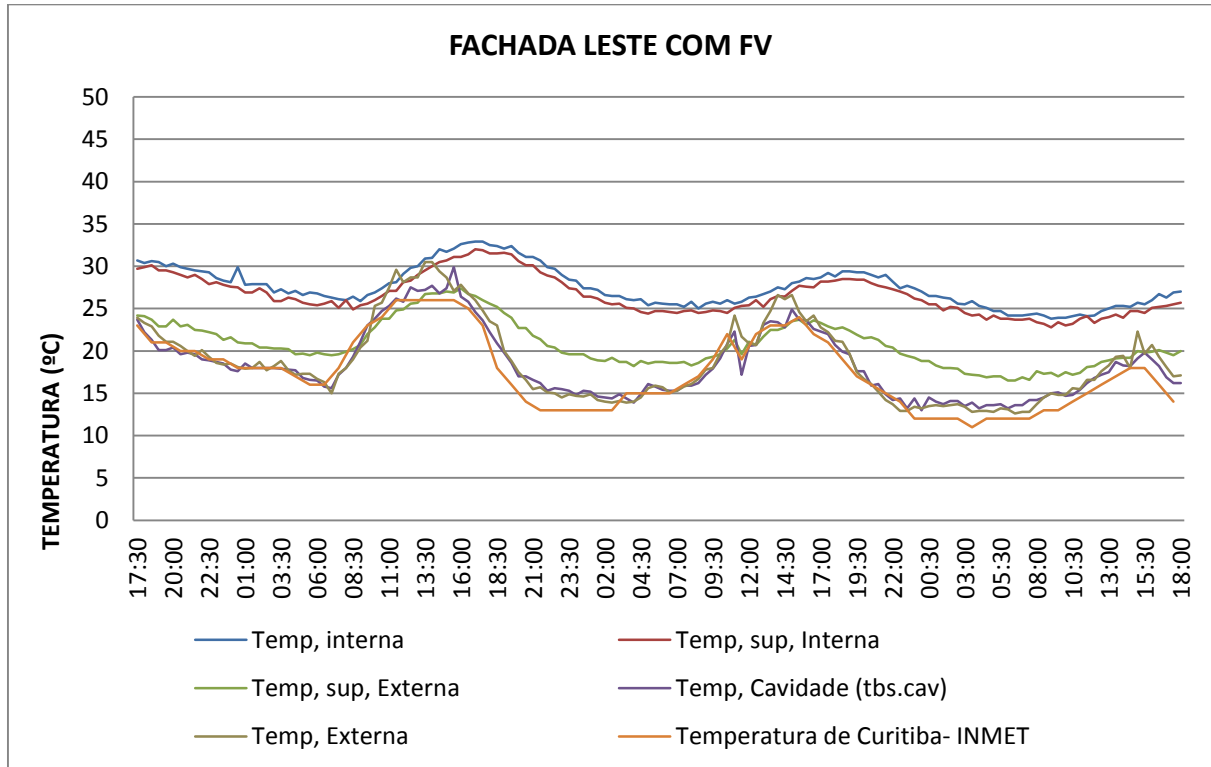


Figura 49- Temperaturas da fachada Leste com FV.

A temperatura da cavidade se manteve, na maior parte do monitoramento, igual a temperatura externa do ambiente, porém sua diferença foi notada apenas nos picos de calor, quando sua temperatura média foi de 0,3°C abaixo da temperatura média externa. A temperatura mínima chegou a ser 0,4°C acima da temperatura mínima externa (Tabela 6).

Tabela 6 – Síntese do Monitoramento da fachada Leste.

PROTÓTIPOS	SEM FV					COM FV				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
Ar interno	40,3	25,5	14,8	30,5	4,1	32,9	23,8	9,1	27,6	2,34
Superfície interna	39,2	24,6	14,6	29,8	4,2	32,0	22,8	9,2	26,6	2,29
Superfície externa	39,3	9,6	29,7	19,1	5,9	27,4	16,5	10,9	20,8	2,68
Cavidade (tbs.cav)	Não existe					29,9	13,0	16,9	18,4	3,95
Ar externo	30,5	12,6	17,9	18,7	4,7	30,5	12,6	17,9	18,7	4,65

5.2.3 Fachada Oeste

O monitoramento na fachada Oeste ocorreu entre os dias 07/08/2013 e 10/08/2013. É possível verificar na Figura 50, que, no protótipo sem FV, os picos de calor ocorrem na temperatura da superfície externa ao final do dia (entre as 16:00 hs e 18:30 hs), chegando à temperatura máxima dos 39,4°C, sendo 13,4°C acima da temperatura máxima do dia registrada na cidade. As temperaturas do ar e da superfície interna ultrapassaram os 35°C, picos também atingidos ao final da tarde.

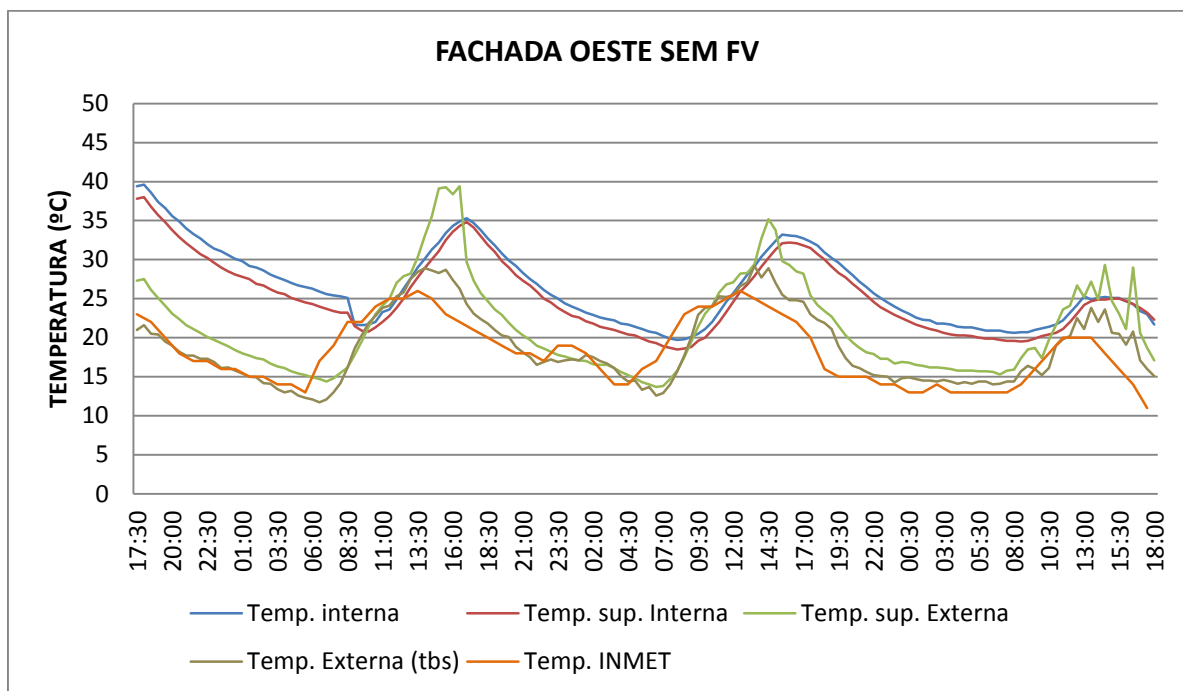


Figura 50- Temperaturas da fachada Oeste sem FV.

No protótipo com a FV (Figura 51), pode-se perceber que existe uma perda de calor interno menor nos períodos da noite, sendo as temperaturas mínimas do ar e da superfície interna respectivamente de 20,3°C e 20,1°C, enquanto que no protótipo sem FV estes valores são de 19,7°C e 18,5°C. Além disso, a Tabela 7 revela que todas as amplitudes térmicas do protótipo com FV são menores que os protótipos sem FV. Em contrapartida, as médias da temperatura internas do protótipo com FV se mantiveram maiores.

No interior da cavidade do protótipo com o painel vegetal, houve um resfriamento da temperatura durante os picos de calor (entre as 11:00 e as 16:00 hs), onde a sua temperatura máxima do ar interno se manteve em até 1,7°C abaixo da temperatura máxima do ar externo do

ambiente, juntamente com as temperaturas da superfície externa. Nas demais horas, a temperatura da cavidade se manteve semelhante à temperatura externa do local.

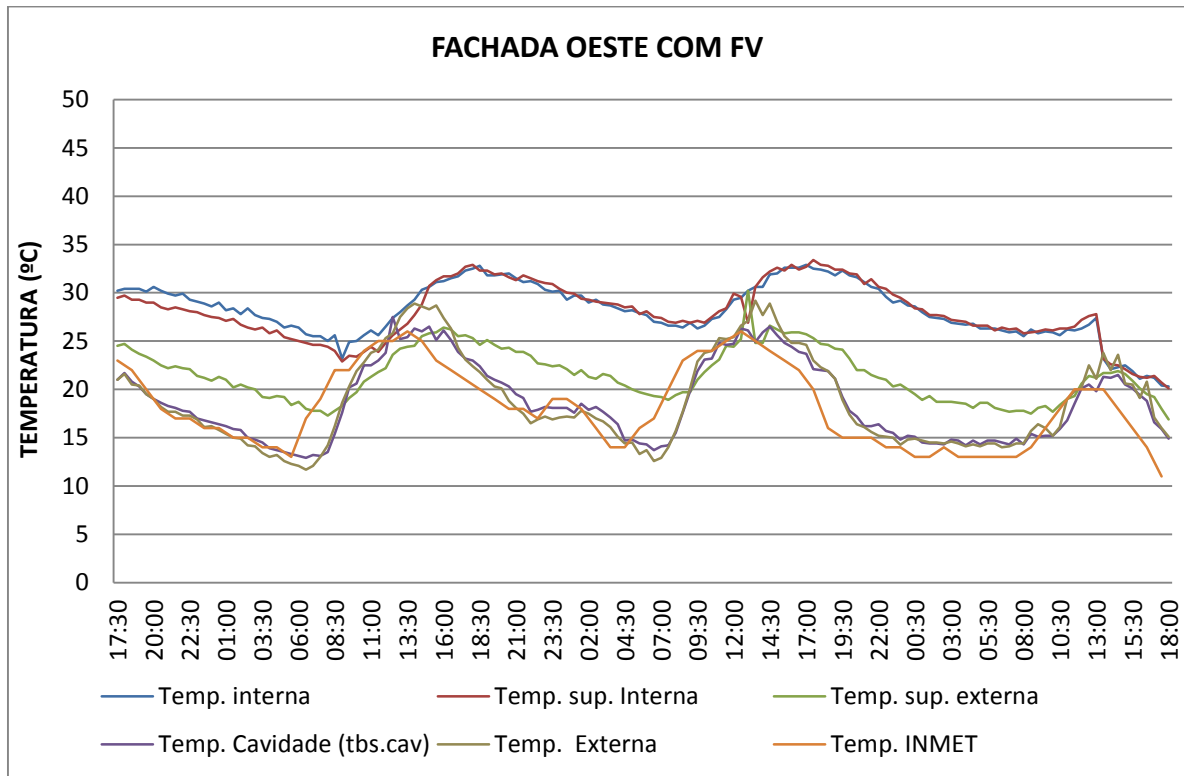


Figura 51- Temperaturas da fachada Oeste com FV.

A Tabela 7 mostra que a média de todas as temperaturas do protótipo com FV são maiores que o protótipo sem FV. Foi registrada uma diferença média de 1,7° C entre as temperaturas do ar interno e 2,7°C entre as temperaturas de superfície interna. A diferença entre as temperaturas do ar interno e externo foram de 7,7°C para o protótipo sem FV e 9,4°C para o protótipo com FV.

Tabela 7 – Síntese do monitoramento da fachada Oeste.

PROTÓTIPOS	SEM FV					COM FV				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
Ar interno	39,6	19,7	19,9	26,5	4,9	32,9	20,3	12,6	28,2	2,9
Superfície interna	38,0	18,5	19,5	25,3	4,8	33,4	20,1	13,3	28,0	3,0
Superfície externa	39,4	13,7	25,7	21,3	5,9	30,2	16,9	13,3	21,5	2,7
Cavidade	Não existe					27,5	12,9	14,6	18,7	4,0
Ar externo	29,2	11,7	17,5	18,8	4,7	29,2	11,7	17,5	18,8	4,7

5.2.4 Fachada Norte

A fachada Norte foi a última das fachadas a ser monitorada, no intervalo estabelecido entre os dias 19/08/2013 e 22/08/2013. Destaca-se pela fachada que recebeu a maior intensidade de radiação solar e em um maior intervalo de horas ao longo do dia.

A Figura 52 mostra os valores mais altos em todas as temperaturas medidas em comparação ao protótipo com FV. Isso se deve tanto à soma do calor interno gerado pela lâmpada, quanto a capacidade térmica das paredes em armazenar o calor incidente do sol. Na pior situação, encontram-se as temperaturas de superfície externa, que obtiveram a máxima de 51,7 °C em um dia onde a temperatura máxima da cidade foi de 31,4 °C. Neste caso a amplitudes térmicas foram conseqüentemente as maiores registradas, sendo uma diferença de 39 °C.

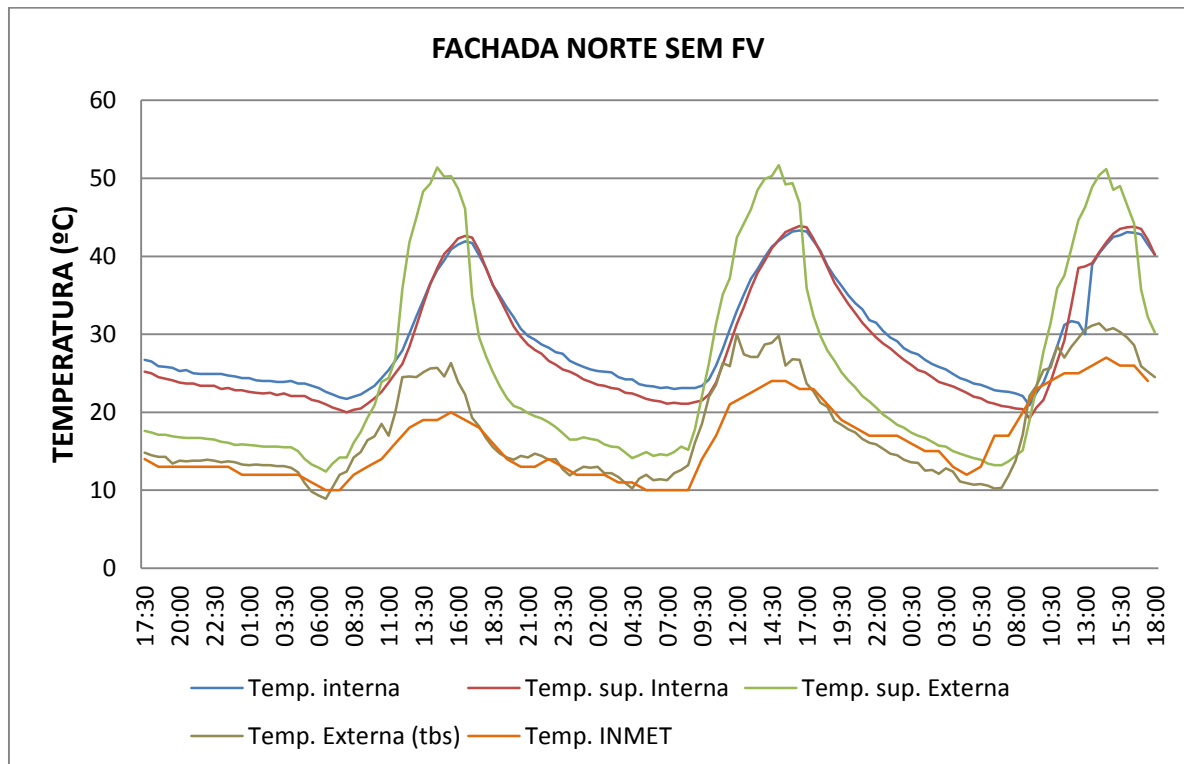


Figura 52- Temperaturas da fachada Norte sem FV.

A Figura 53 mostra o regime das temperaturas no protótipo com FV. As temperaturas do ar e da superfície interna foram atenuadas. Comparando os protótipos, houve uma redução de até 5,9 °C na média da temperatura de superfície externa. A temperatura na cavidade reduziu em até 0,6 °C em relação à temperatura externa.

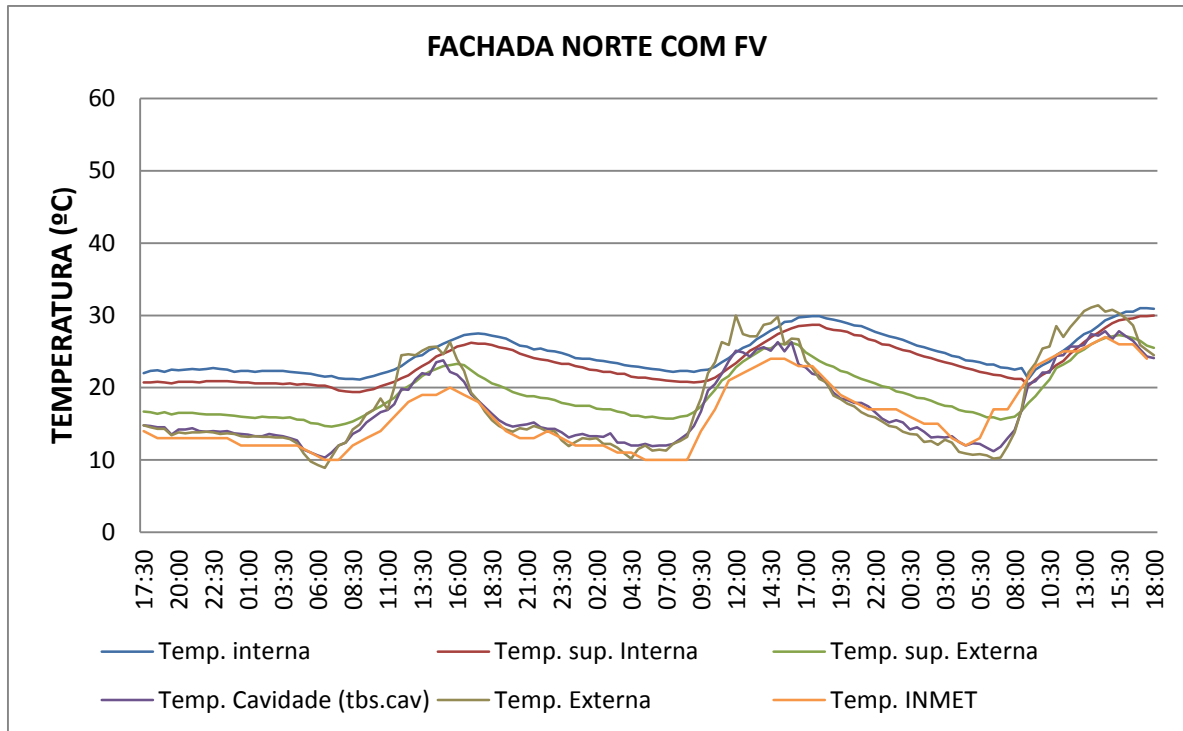


Figura 53 – Temperaturas da fachada Norte com FV.

Nos picos de calor (entre 13:30 e 19:00 hs), as temperaturas da superfície interna no protótipo sem FV foram maiores que a temperatura do ar interno, enquanto que no protótipo com FV, esses valores mantêm um intervalo entre eles relativamente constante. É provável que este efeito esteja ligado principalmente ao efeito de sombra direto que se projeta sobre superfície externa, evitando que a parede acumule a radiação solar.

Tabela 8 – Síntese do mointoramento da fachada Norte.

PROTÓTIPOS	SEM FV					COM FV				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
Ar interna	43,3	20,9	22,4	29,5	6,9	31,0	21,1	9,9	24,8	2,7
Superfície interna	43,9	19,2	24,7	28,5	7,8	30,0	19,4	10,6	23,4	2,9
Superfície externa	51,7	12,4	39,3	25,3	12,6	27,3	14,6	12,7	19,4	3,6
Cavidade	Não existe					27,8	10,3	17,5	17,2	5,0
Ar externo	31,4	8,9	22,5	17,8	6,5	31,4	8,9	22,5	17,8	6,5

5.3 Umidade relativa do ar nas cavidades

O objetivo deste estudo é verificar quanto a média da umidade relativa no interior da cavidade se diferencia da média da umidade relativa do ar externo. Com os resultados apurados e sintetizados na Tabela 9, foi possível verificar o aumento da umidade relativa na cavidade das fachadas Leste, Norte e Sul. O aumento mais significativo foi na fachada Sul, com uma diferença na média de 7,3%. Nas fachadas Leste e Norte, as diferenças entre as médias foram de 3,6% e 0,7% respectivamente. Na fachada Oeste, porém, foi notificado um fenômeno inverso. A média da umidade relativa registrada dentro da cavidade foi inferior a média da umidade externa. O fato pode estar ligado a fatores como a maior exposição do sol, a rápida absorção da solução de nutrientes e evaporação do seu excesso e a falta de cobertura vegetal no painel.

Tabela 9 – Síntese do monitoramento da umidade relativa.

UMIDADE RELATIVA ORIENTAÇÃO	FORA DA CAVIDADE					DENTRO DA CAVIDADE				
	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO	MAX	MIN	AMPL	MEDIA	DESVIO
SUL	100,0	20,0	80,0	55,3	20,2	95,0	30,0	65,0	62,6	13,4
LESTE	100,0	61,0	39,0	89,5	8,6	100,0	68,0	32,0	93,1	5,4
OESTE	100,0	57,0	43,0	92,2	6,7	100,0	63,0	37,0	91,9	6,2
NORTE	94,0	26,0	68,0	67,8	20,8	90,0	30,0	60,0	68,5	14,1

Devido à irrigação manual das plantas, o deslocamento da solução ocorre somente pela ação da gravidade, revelando um acúmulo maior na parte inferior, fato que está ligado ao bom desenvolvimento das plantas nas últimas fileiras em todos os quatro lados. Tal fato permite pressupor que assim como temperatura varia no painel, a umidade dentro da cavidade também ocorra de forma desigual, sendo mais expressiva na parte inferior que recebe o ar fresco das plantas da última fileira do painel.

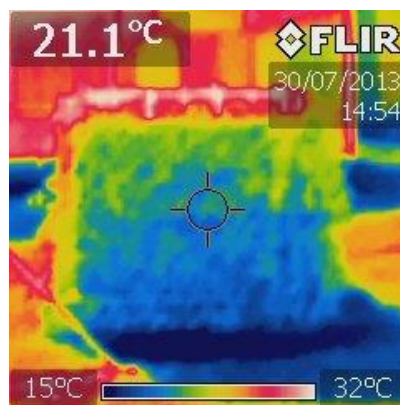


Figura 54 – Imagem termográfica, mostrando a variação da temperatura no sistema de fachada verde

5.4 Distribuição das temperaturas

Ao verificar as condições internas dos protótipos no final da tarde, a Figura 55 mostra que o armazenamento de calor ocorre de forma desigual entre os protótipos. No protótipo com FV, há um acúmulo maior de calor no ambiente interior da fachada Oeste, registrado em 22°C. As demais orientações registraram valores inferiores, porém, semelhantes, entre si, dando um aspecto homogêneo a imagem. No protótipo sem a FV, houve um acúmulo maior na fachada Norte, com 28°C registrado, e na fachada Leste. Há uma divisão nítida do armazenamento do calor, tendo temperaturas mais altas nas fachadas Norte e Leste, e mais baixas na Sul e Oeste. As imagens podem justificar o fato da resistência térmica na fachada Oeste ser maior no protótipo com a FV, onde o a variável sol foi responsável pela alteração dos dados.

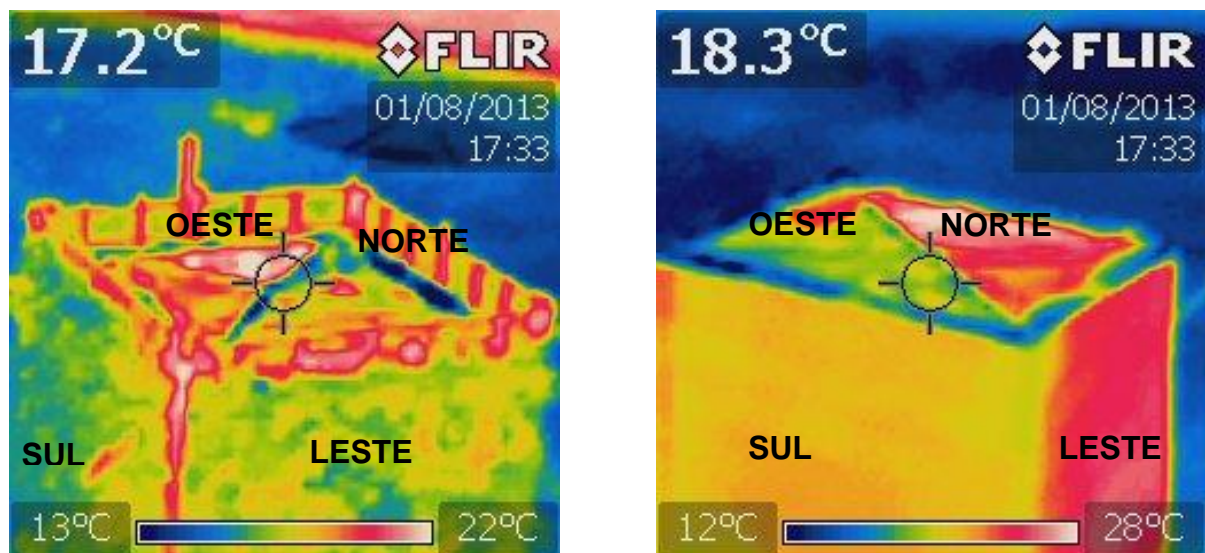


Figura 55 – Escalas termográficas no interior dos protótipos.

Ao verificar as condições externas, é possível verificar principalmente dois efeitos significativos da influência da fachada viva no invólucro do edifício:

- Temperaturas mais baixas na fachada de sombra, indicando um acúmulo de umidade no substrato e conseqüentemente o acúmulo de umidade na cavidade e diminuição da resistência na parede Sul com FV;
- Diminuição das temperaturas na fachada de insolação, graças ao feltro, material com baixa capacidade térmica e ao processo metabólico das plantas, que capturam a radiação solar para a fotossíntese. É possível também observar, nas figuras das fachadas Norte, pontos com temperaturas mais elevadas em locais concentrados (manchas em amarelo e vermelho) no protótipo com FV. Nestes locais, a insolação está batendo diretamente

no feltro, pois não há cobertura vegetal. Os pontos mais frios (em azul) são bolsos onde as plantas se desenvolveram por completo. Isto permite concluir que, o efeito de amenizar as temperaturas depende mais das plantas e do substrato do que o próprio feltro, considerado um material isolante.

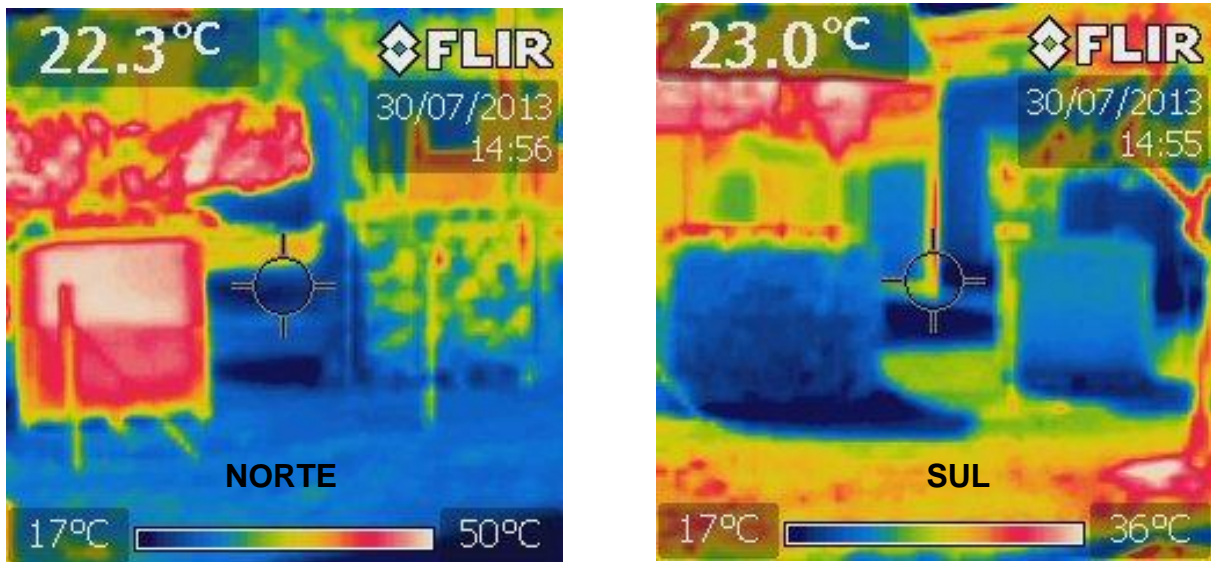


Figura 56 - Escalas termográficas nas fachadas Norte e Sul.

5.5 Análise do desenvolvimento e adaptação da espécie de planta escolhida

O crescimento e a adaptação das Vedélias nos sistemas de fachadas vivas foram monitorados em um período de sete meses, de Abril a Novembro. Elas cresceram com características e velocidades diferentes nas quatro orientações. Porém, ao final do terceiro mês de observação, pode-se perceber que as plantas já apresentavam sua morfologia já em fase adulta (Figura 57). A análise do desenvolvimento e adaptação das plantas foi dividida de acordo com tópicos julgados importantes para as conclusões deste trabalho, sendo eles:

- De acordo com a orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste);
- De acordo com a resistência da planta ao clima local;
- De acordo com a necessidade de irrigação.



Figura 57 – Vista do protótipo com FV no início, à esquerda, e 3 meses depois, à direita.

Fonte: O autor, 2013.

5.5.1 De acordo com a Orientação

Este item teve como objetivo analisar as características morfológicas das plantas e sua capacidade de cobertura sobre as placas de feltro nas quatro diferentes orientações.

Na fachada viva voltada ao Sul (Figura 58), as plantas obtiveram crescimento e adensamento satisfatórios. Foi verificado que a cobertura foliar se deu por completa na superfície em apenas três meses de implantação das mudas. As plantas apresentaram como

características morfológicas caules mais compridos, delgados e pendentes, folhas maiores e mais escuras e em maior quantidade, além de poucas flores. Essas características podem estar ligadas principalmente a ausência de insolação direta nesta face durante os sete meses de monitoramento, estimulando as plantas a desenvolverem caules mais compridos e folhas maiores para buscar a luz direta.



Figura 58 – Vista frontal da fachada viva voltada ao Sul.
Fonte: O autor, 2013.

Na fachada viva voltada a Leste (Figura 59), as plantas não tiveram dificuldades para crescimento, visto que, eram privilegiadas pela incidência de luz e calor ameno do sol da manhã nos meses de Abril e Maio. Foi verificado que seu crescimento era mais rápido em manhãs de sol e céu limpo, sendo possível constatar diferença visível de tamanho das folhas e caules em dois dias. O rápido crescimento, porém, não garantiu a capacidade de cobertura completa da superfície, pois as plantas que se localizavam na parte superior da placa recebiam uma quantidade maior de insolação, resultando na secagem de folhas e caules. O crescimento, portanto, foi desigual, sendo mais rápido e mais denso nas três fileiras inferiores e mais devagar e menos denso nas três fileiras superiores. Na primavera, foi a face leste que mais desabrochou flores.



Figura 59 – Vista frontal da fachada viva voltada a Leste.
Fonte: O autor, 2013.

Já na fachada viva voltada a Oeste (Figura 60), as plantas tiveram dificuldade de crescimento devido à exposição ao sol, porém ao contrário da face Norte, estas conseguiram uma maior conexão entre as plantas vizinhas, e maior cobertura da superfície. No entanto, nesta face também não houve a cobertura completa da superfície. Foi a fachada mais prejudicada pela geadas, fato que pode estar ligado com a direção do vento e a falta de insolação nas primeiras horas do dia. Em dias quentes, pode-se perceber tolerância considerável ao sol da tarde, pois as plantas, estando a dois dias sem água ainda não aparentavam abatimento.



Figura 60 – Vista frontal da fachada viva voltada a Oeste
Fonte: O autor, 2013

Por fim, na fachada viva voltada ao Norte (Figura 61), as plantas tiveram maior dificuldade de crescimento, devido a maior exposição ao sol em dias de céu limpo. As plantas ao alcançarem a maturidade possuíam, em sua grande maioria, morfologia caracterizada por caules curtos, folhas menores e tons de verde claro. As mudas que desenvolviam caules compridos logo os perdiam, pois estes se queimavam em exposição prolongada ao sol, impedindo a aproximação e a conexão com as plantas das bolsas vizinhas. Houve, conseqüentemente, um crescimento adensado próximo aos bolsos e a fachada, visualizada como um todo, ficou com plantas em pontos isolados.



Figura 61 – Vista frontal da fachada viva voltada ao Norte.
Fonte: O autor, 2013.

As mudas localizadas nas superfícies das placas tiveram suas folhas e caules completamente secos após dias seguidos de temperaturas altas, mesmo estando irrigadas periodicamente. Ao contrário do que se esperava, este acontecimento não resultou na morte das plantas. Após estas perdas nos períodos quentes, as plantas logo rebrotavam, indicando sua resistência ao sol e as condições do meio e evidenciando o fato de que plantas nativas podem ser mais indicadas a essas condições (Figura 62). No entanto, este processo só ocorreu de forma significativa graças à fertirrigação periódica com os nutrientes na solução, que contribuíram para a hidratação da planta e acelerou o desenvolvimento de novas mudas. Nos períodos de frio, as plantas da face Norte foram as mais tolerantes, sendo constatado o menor número de folhas queimadas pelas geadas.



Figura 62 - Rebrotagem da planta dentro do feltro.
Fonte: O autor, 2013.

5.5.2 De acordo com a resistência da planta ao clima local

As plantas ficaram expostas em todas as condições da região durante as estações de Outono, Inverno e Primavera: dias quentes, nublados, chuvosos, frios intensos e geadas. O ano de 2013 foi marcado por uma estação de inverno rigoroso e bem definido na cidade de Curitiba, com semanas que registraram temperaturas de até -4°C e dias de chuva congelada, neve e geada¹¹ em alguns pontos da cidade, inclusive no Bairro do Guabirota. As Vedélias se mostraram resistentes aos dias frios, porém vulneráveis as geadas, confirmando a afirmação do autor Lorenzi (2013). Nos dias seguintes após a geada foi verificado que as plantas, em geral, tiveram suas folhas mais expostas ao ar externo, queimadas. A face Sul, que estava totalmente coberta pela folha até então, perdeu sua densidade foliar.

Com relação aos períodos de calor pode-se perceber que as Vedélias estando bem hidratadas resistem a dias de sol intenso, porém, neste caso, desenvolveram-se mais rápidas em locais de meia sombra e sombra. Este fenômeno pode estar relacionado ao fato de que na sombra, a solução de nutrientes distribuída para as plantas não é evaporada com rapidez pela insolação e as bolsas estando mais frias e úmidas podem retardar o escoamento dessa solução.

¹¹ Os fenômenos foram registrados pelo INMET entre os dias 22 e 27 de Julho e 26 a 30 de Agosto. Disponível em: www.inmet.gov.br

Outra observação feita foi em relação ao crescimento de uma planta hospedeira na parte inferior da fachada leste (Figura 63). A origem de seu surgimento e sua denominação foram desconhecidas, porém, a espécie se destacou pela sua alta resistência às condições do meio e seu rápido crescimento e fortalecimento. Tal fato levanta a hipótese de fachadas vivas em manta ou similares serem vulneráveis a espécies de plantas hospedeiras indesejáveis que podem se roubar o espaço territorial e a alimentação das outras plantas.



Figura 63 - Planta invasora na fachada Leste. À direita, detalhe da planta.
Fonte: O autor, 2013.

5.5.3 De acordo com a necessidade de irrigação

Durante os sete meses de monitoramento, a irrigação e a fertirrigação foram feitas semanalmente, porém em dias aleatórios, com uma média de dois a três dias na semana e uma a duas vezes ao dia. Após as medições, foi possível testar a resistência máxima da planta em relação a sua necessidade de água. Na semana do dia 08/09 ao dia 15/09 as plantas não foram irrigadas propositalmente. Pode-se perceber que em dias quentes consecutivos, as plantas de todas as orientações murcharam em um período máximo de dois dias. Vale ressaltar que, algumas mudas já murcharam ao final do primeiro dia de exposição ao sol. Este fato evidenciou que mesmo as espécies nativas instaladas no sistema de fachada viva necessitam da irrigação constante, podendo dispensar um sistema de fertirrigação automatizado, mas não a fertirrigação manual. Já em dias consecutivos de chuva ou céu nublado, as plantas permaneceram firmes,

visivelmente boas e sem alterações bruscas, mas com sinais de crescimento e desenvolvimento insignificantes.

Também foi verificado se o excesso de irrigação poderia comprometer as plantas. Pode-se notar que o excesso de irrigações é benéfico as plantas, uma vez que a água infiltrada nos bolsos não fica acumulada nos mesmo por muito tempo, sendo escoada para os bolsos inferiores ou evaporada pelo calor. A manta de feltro não contribuiu significativamente na retenção da água em nenhuma das faces. Após irrigações em dias quentes, verificou-se que a manta (nos quatros lados) já estava seca em menos de duas horas.

5.6 Avaliação da planta escolhida

Através das análises mencionadas anteriormente, foi possível fazer uma avaliação final, sintetizando as principais características observadas nas plantas no período de monitoramento e transformando-as em dados qualitativos. A Tabela 10 a seguir apresenta esta avaliação:

Tabela 10 – Avaliação da planta escolhida

Orientação	Adaptação ao sistema de fachada viva	Capacidade de crescimento e cobertura da superfície	Resistência ao frio	Resistência ao calor	Resistência à ausência de irrigação
Sul	Ótimo	Ótimo	Regular	Bom	Bom
Leste	Bom	Regular	Regular	Bom	Bom
Oeste	Regular	Regular	Bom	Regular	Regular
Norte	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Ruim

Pode-se concluir que neste trabalho o lado satisfatório para se aplicar a fachada viva, pensando no desenvolvimento e adaptação da planta, foi a fachada Sul, embora sua utilização para isolamento do calor interno não tenha sido significativa.

5.7 Análise da viabilidade da técnica

Durante o período de monitoramento das plantas também foi verificado os acontecimentos aos materiais que compõem todo o sistema e como a estrutura se comportou em geral. Foram observadas suas características visuais com relação aos critérios de resistência e durabilidade. Os materiais analisados se referem apenas aos que compõem a estrutura da fachada viva, sendo eles: a lona plástica, o feltro, a madeira e os grampos;

De todos os materiais mencionados, a lona plástica foi o material que sofreu danos consideráveis durante esse período (Figura 64). A parte superior das lonas plásticas orientadas a Norte e a Oeste ficou expostas ao sol e após o sexto mês de exposição notou-se uma sensibilidade ao toque e ao contato de outros objetos, se deteriorando facilmente quando esses contatos aconteciam. Porém, a toda parte do material que ficou protegido na parte posterior do sistema se manteve intacta.



Figura 64 – Danos causados a lona plástica na parte superior do painel na fachada Norte.
Fonte: O autor, 2013.

A madeira utilizada para a estrutura de suporte substituiu os perfis metálicos utilizados por Blanc em seus projetos. Neste período, não foi verificado nenhuma anomalia na madeira por conta da umidade, da proliferação de fungos ou agentes que deterioram o material. Uma observação que deve ser evidenciada é que nenhuma das peças de madeira utilizadas neste trabalho tiveram tratamentos contra umidade, cupins e demais problemas.

Com relação feltro, pode-se observar que o mesmo pode resistir às intempéries e ao manuseio. Também suportou a pressão da expansão das raízes dentro dos bolsos, não sendo verificado nenhuma deterioração provocada pelas plantas. Foi constatado que na superfície do feltro dos bolsos inferiores de todas as placas, principalmente os das últimas fileiras, foi criado uma camada de musgo, devido ao maior acúmulo de água que estes bolsos armazenam por captar a água escoada de todos os bolsos acima. A menor incidência solar nessa região também proporcionou uma proliferação mais rápida. A camada de musgo, porém, não deteriorou (durante este trabalho) o feltro de nenhum dos bolsos.

Já em relação aos grampos não foi verificado nenhum escape após sua instalação, porém, parte das unidades aparentou sinais de ferrugem devido a exposição constantes as irrigações, indicando que há uma necessidade de reposição e/ou reforço das unidades

5.8 Avaliação da viabilidade da técnica

Para a avaliação da viabilidade da técnica, foram consideradas a resistência, a frequência de manutenção e a durabilidade dos principais materiais: madeira, plástico, feltro e metais. A Tabela 11 mostra a avaliação de acordo com o que foi observado pelo autor.

Tabela 11 – Avaliação da viabilidade da técnica.

Materiais	Resistência ao crescimento das plantas	Resistência as intempéries	Intervalo de manutenção	Durabilidade (em 7 meses)
Madeira	Ótimo	Bom	Bom	Bom
Plástico	Bom	Regular	Regular	Regular
Feltro	Ótimo	Bom	Bom	Bom
Metais	Bom	Regular	Regular	Ruim

A madeira utilizada na estrutura não apresentou envergaduras por conta do peso das plantas nem patologias. O feltro, mesmo apresentando uma camada de musgo na superfície, não se danificou. Também não houve perfurações por raízes, nem o escoamento de indevido de água por furos indevidos. Parte do substrato, porém, é eliminado com o fluxo da solução de fertirrigação, sendo necessário uma reposição mínima a cada 6 meses. Nas condições deste trabalho, a escolhas destes materiais podem ser consideradas aceitáveis.

5.9 Discussão dos resultados

Na fachada Sul, a presença do painel vegetal evidenciou uma maior perda de calor interno por condução. O fato pode ser justificado pela média da temperatura do ar interno no protótipo com FV ser menor que no protótipo sem FV, pelo maior índice de umidade relativa verificado dentre as cavidades e pelo intervalo contínuo ocorrido entre a temperatura do ar interno e a temperatura da superfície interna, fato que ocorreu apenas nesta fachada.

Na fachada Norte, houve uma diferença de $5,9^{\circ}\text{C}$ entre as médias das temperaturas das superfícies externas nos períodos quentes. Isto representa uma redução de temperatura de 23,3% com o uso do sistema de fachada vivas. Ao se comparar as temperaturas máximas das superfícies externas há uma diferença de $24,4^{\circ}\text{C}$. Estes valores indicam o potencial de refrigeração dos sistemas de fachadas vivas em superfícies opacas. Além disso, há de se considerar os seguintes fatos:

- Nesta mesma fachada as plantas não garantiram a cobertura foliar do painel. Isto significa que a contribuição das plantas não foi tão eficiente como elas poderiam ser. Mas o fato evidencia que em caso de uma superfície com total cobertura pode chegar a porcentagem mencionada na hipótese. Nas demais fachadas, a diferença entre as médias das temperaturas das superfícies externas foi desprezível no período de inverno.
- No período de inverno a projeção do sol na abobada celeste está mais próxima do horizonte, e a intensidade da radiação é menor. Em situações mais quentes, é possível que seja verificado uma diferença maior de temperatura de superfície entre os protótipos. Há a necessidade de medições na estação do verão para trazer resultados mais significativos e diferentes interpretações.

Outros resultados relevantes obtidos neste trabalho foram listados a seguir:

- Os sistemas de fachadas vivas contribuem para a diminuição das amplitudes térmicas do ar interno e das superfícies interna e externa, diminuindo as temperaturas máximas nos picos de calor do dia e evitando a queda de temperaturas mínimas nos picos de frio no período de madrugada.
- Quanto maior a área de cobertura foliar, maior o aumento da umidade na cavidade.
- A perda do efeito de isolamento térmico da cavidade na fachada Sul levante o pressuposto de que fachadas vivas, aplicadas em Curitiba e com condições semelhantes

a este trabalho, não devem ser instaladas em locais de plena sombra com a intenção de retardar a perda de calor interno. Caso sua instalação seja feita, deve-se garantir primeiramente o isolamento térmico da superfície externa da parede ou uma camada de material isolante mais espessa na estrutura dos painéis verdes ou na alvenaria.

- Os sistemas de fachadas vivas instaladas em fachadas de pleno sol se mostraram inviável sem a constante irrigação, ou seja, um sistema automatizado de irrigação, mesmo optando por espécies nativas.
- Foi observado o desenvolvimento saudável da planta na última fileira de todos os quatro painéis, onde houve acúmulo da solução de nutrientes pela ação da gravidade. Isto mostra que sem o sistema de irrigação automatizado, haverá o desenvolvimento desregular entre em um mesmo painel. Nestas condições, deve-se optar por plantas que exigem solo mais seco na parte superior, e plantas que exigem solo mais úmido na parte inferior.
- É possível a viabilização da técnica com materiais alternativos como a madeira e o plástico (desde que este esteja protegido das intempéries) para fachadas vegetais de pequenas e médias proporções.

Apesar dos resultados serem expressos em pequenas diferenças numéricas, deve-se lembrar que os valores são proporcionais ao tamanho do experimento. Em outras palavras, pode-se pressupor que o mesmo estudo em proporções maiores poderá gerar resultados com diferenças mais expressivas.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho buscou analisar a influência das fachadas vivas em manta no comportamento térmico de paredes opacas voltadas as diferentes orientações, submetidas às condições da cidade de Curitiba.

O método da observação participante foi indispensável para o conhecimento do comportamento da planta e para o prosseguimento do trabalho. Verificou-se que, sem a contribuição do autor no acompanhamento e desenvolvimento das plantas, bem como na sua manutenção, o sistema não conseguiria se auto sustentar. O método do experimento em campo está sujeito a numerosas influências externas, tornando-se complexo o entendimento de todos os fenômenos, porém, é o método que mais se aproxima da situação real de sua aplicação.

Para projetar corretamente os sistemas de fachadas vivas de forma a prevenir futuros problemas com o mesmo e com a edificação, devem-se considerar as diretrizes para áreas externas, internas e diretrizes de projeto. Dentre as principais diretrizes de áreas externas, destacam-se o clima, o a orientação solar e da fachada, os componentes da parede e estado de conservação da mesma. Para diretrizes de ambientes internos, são importantes a verificação do tamanho e localização das aberturas, o tamanho da parede disponível, a intensidade do vento e a da iluminação natural e o tipo de atividade exercida no ambiente. Por fim, como diretrizes de projeto, são consideradas a tipologia do sistema e a geometria da fachada.

Os resultados mostraram que as fachadas vivas reduziram as amplitudes térmicas no interior do protótipo em todas as faces, porém aumentaram a umidade na cavidade existente nas faces Sul, Leste e Norte. Houve uma redução de até 23,3% na diferença das temperaturas externa e interna na fachada Norte, confirmando a hipótese de que são sistemas que podem contribuem significativamente para refrigeração do edifício em períodos quentes. Já na fachada Sul, onde prevaleceu sombra durante todo o período de medição, foi verificado que o efeito de retardar a perda do calor interno nos períodos de frio se perdeu em função do aumento da umidade na cavidade e a hipótese de isolamento térmico no período de frio ainda é questionável. Na fachada Oeste, devido à prolongada incidência do sol ao final da tarde e juntamente a demais fatores não considerados, a média da umidade dentro da cavidade foi menor. O trabalho também atendeu os objetivos específicos propostos da verificação da resistência e adaptabilidade da espécie de planta escolhida e da proposta de viabilidade da técnica.

Pode-se observar que a Vedélia, apesar de ser nativa da região onde se encontra a cidade de Curitiba, apresentou baixa resistência e dificuldade de adaptação na fachada Norte, onde houve maior exposição ao sol. Pode-se concluir que a quantidade de solução e a frequência de irrigação, impostas neste trabalho, foram insuficientes para o desenvolvimento saudável da planta nesta face. Em contrapartida, foi verificado que na fachada de plena sombra, com as mesmas condições de irrigação, sua adaptação, crescimento e amadurecimento tiveram resultados satisfatórios. O fato revela que mesmo as plantas nativas acostumadas a condições locais de difícil sobrevivência e com pré-requisitos compatíveis à implantação nos sistemas de fachadas vivas podem não se adaptar as condições impostas.

Em relação à viabilidade da técnica, pode-se concluir que os materiais propostos atendem as necessidades de suporte ao crescimento das plantas, porém, a manutenção periódica mesmo nos modelos mais simples se faz necessária. É provável que, mesmo ocorrendo a manutenção de forma correta, os materiais adaptados como o plástico e os metais precisarão ser repostos a longo prazo. Já em relação à fertirrigação manual, foi preciso dedicação e comprometimento diário e exaustivo com as plantas, sendo este procedimento inviável em situações onde as fachadas vivas adquirem grandes proporções. É preciso novas pesquisas com o uso de espécies mais resistentes as condições climáticas.

A complexidade da pesquisa resultou nas seguintes considerações em relação ao método proposto:

- A proposta inicial do trabalho consistia no monitoramento das temperaturas e da umidade em duas estações diferentes: inverno e verão. Porém, devido à complexidade da pesquisa, que engloba problemas como a montagem correta dos equipamentos *in loco*, a reposição semanal de pilhas dos mesmos, a fertirrigação manual constante das plantas, a falta de monitores auxiliares, os custos gastos para transporte e reparos nos protótipos e a limitação do tempo para a conclusão do trabalho, houve a necessidade de cancelar o monitoramento de verão. O método da pesquisa, conseqüentemente foi reduzido, limitando também o entendimento de outros fenômenos como a influência da evapotranspiração no processo de convecção da cavidade durante o verão.
- Há de se considerar neste estudo que os protótipos estão inseridos em uma área externa, exposta a numerosas variáveis, dentre elas a radiação solar direta e do entorno, o vento, a umidade do solo. Seriam necessárias novas medições e comparações com medições

em laboratórios para verificar o grau de influência exclusivo dos sistemas de fachadas vivas.

- O trabalho teve limitações em relação uso de outros equipamentos necessários ao entendimento de todo o fenômeno, na qual são aqui lembrados o anemômetro, o solarímetro, termômetro de globo e higrômetro. A conversão das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido em umidade relativa do ar ficaram limitada a tabela que se encontra no Anexo10. Alguns dados precisaram ser assimilados aos valores mais próximos encontrados na mesma. Para resultados mais precisos, recomenda-se o uso de medidores digitais específicos para a função.

Embora os fornecedores da técnica e alguns autores já consideram as fachadas vegetais como técnicas ecologicamente corretas do ponto de vista da sustentabilidade, ainda há questões não solucionadas sobre a sua utilização em edificações. As principais delas estão ligadas à utilização de materiais de baixo impacto ambiental, à manutenção e ao consumo de água necessário a nutrição das plantas. Não há possibilidade de se considerar os sistemas mais sustentáveis se estas questões não estiverem todas minimizadas ou resolvidas. Como exemplo, tem-se as fachadas vivas de Patrick Blanc, que apesar do sucesso e da aprovação do público, utiliza-se de painéis de PVC e estruturas metálicas, materiais considerados impactantes no ambiente. De qualquer forma, estes sistemas estão sendo considerados atributos em prol da sustentabilidade nas construções contemporâneas, pois os seus benefícios, quando obtidos contribuem para a eficiência termo energética do envoltório das edificações, além de servirem como estratégia de divulgação do “marketing verde” entre empresas e profissionais. Com a intensificação das mudanças climáticas, é crescente a preocupação na qualidade de vida das pessoas e a sustentabilidade (do ponto de vista energético) dos seus ambientes. Tecnologias como os sistemas de fachadas vivas neste contexto, poderão ganhar reconhecimento por se tornarem alternativas de melhoria em edificações que visam mais funcionalidade do que meramente estratégias estéticas.

Para trabalhos futuros foram listados os seguintes tópicos:

- Estudos comparativos entre fachadas vivas em módulos e em manta na influência do desempenho térmico de paredes.
- Avaliação da influência do sistema de fachada viva no desempenho térmico de outros materiais de vedação como a madeira, o metal e o vidro.

- Avaliação das condições de conforto ambiental em ambientes com sistemas de fachadas vivas.
- Análise do ciclo de vida dos sistemas de fachadas vivas no contexto brasileiro.
- A contribuição das fachadas vivas na retenção de águas pluviais.
- O grau de influência da evapotranspiração no processo de convecção da cavidade durante períodos mais quentes.
- O estudo do comportamento e adaptação de outras espécies de plantas nos sistemas de fachadas vivas, juntamente com necessidade de fertirrigação de cada uma.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

ALEXANDRI, E; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to Green walls and Green roofs in diverse climates. **Building and Environment**. v.43, 480-493. Elsevier, 2006.

AFRIN, S. **Green Skyscraper: integration of plants into skyscraper**. 160 p. Thesis (Master in Environment Engineering and Sustainable Infrastructure) - Department of urban planning and environment, Royal Institute of technology, Stockholm, 2009.

BALDESSAR, S. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão de água pluvial escoada**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BINABID, J. **Vertical Garden: The study of vertical garden and their benefits for low-rise buildings in moderate and hot climates**. 125 p. Thesis (Master of Building Science) – Faculty of the USC School of Architecture, University of Southern California, Los Angeles, 2010.

BLANC, P. **The Vertical Garden: from nature to the city**. W.W.Norton & Company: London, 2012.

BLANC, P. The vertical Garden: A scientific and Artistic approach. Disponível em: < <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents> > Acesso em 03/04/2013.

BRASIL. *Ministério de Minas e Energia*. Balanço Energético Nacional 2012 - Ano base 2011: Síntese do relatório final. Empresa de pesquisa energética. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL- a. *Ministério de Minas e Energia*. Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em < www.epe.gov.br/ResenhaMensal >. Acesso em 10/05/2012.

BROWNE, H. The Consórcio -Santiago Building 14 years later. 2007. Disponível em: < http://www.ebrowne.cl/escritos/2007_the_consortio_santiago_building_14years_later.pdf >. Acesso em 25/01/2013.

CHENG, C. Y.; CHEUNG, K.K. S.; CHU, L. M. Thermal performance of a vegetated cladding system on façade walls. **Building and Environment**. 1779-1787. Elsevier, 2010.

CHEN, Q.; LI, B.; LIU, X. An experimental evaluation of the living wall system in the hot and humid climate. **Energy and Buildings**. V.61, 298-307 p. Elsevier, 2013.

COSTA, C. S. Jardins Verticais- uma oportunidade para nossas cidades. **Arquitextos**, 2011. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.133/3941> >. Acesso em 25/03/2012.

COSTA, E. C. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blüncher, 1982.

DARLINGTON, A. The use of biological systems in closed environments. **NEDLAW Living Walls**. Controlled Environment Systems, Research Project at the University of Guelph. Disponível em < <http://www.naturaire.com> > Acesso em 19/07/2013.

DUMKE, E. M. S. **Clima urbano, conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AURMC)**. 429 p. Dissertação (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. 1ª Edição. Portland: Inc. Timber Press, 2008.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2ª Edição. Barcelona: Gustavo Gilli, 2005.

EUMORFOPOULOU, E; KONTOLEN, K. J. Experimental approach to the contribution of plant-covered wall to the thermal behavior of building envelopes. **Building and Environment**. Elsevier, 2009.

FABRICANT, F. From roof to table. **The New York Times**. New York, July 27, 2010. Disponível em: < <http://www.nytimes.com/2010/07/28/dining/28roof.html> >

FASSENDENGRUEN. Disponível em: < <http://www.fassadengruen.de/eng/indexeng.htm> > Acesso em 20/08/2012.

FRANCIS, R. A.; LORIMER, J. Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. **Journal of Environment Management**. 1429-1437. Elsevier, 2011.

GIL, A. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 5ª Edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2010.

GRUB, H. **Ajardinamentos urbanos**. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 1986.

HOLMAN, J. P. Transferência de calor. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

HOUGH, M. **City form and natural process**. London.: Croom Helm, 1984.

HOYANO, A. Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building. **Energy and Buildings**, 181-199. Elsevier 1988.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: < www.ibge.gov.br >. Acesso em 20/11/2012.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. **Fundamentos de transmissão de calor e massa**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: < www.ippuc.org.br >. Acesso em 22/11/2012.

IRWIN, G. Green walls and indoor air quality. Green roofs for healthy cities. 2009. Disponível em: < http://www.greenroofs.com/content/green_walls002.htm >. Acesso em 04/06/2013.

IRWIN, G. The greenwall column. Green Roofs for healthy cities. Disponível em: <http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm > Acesso em 05/06/2013.

KLEIM, D. Jr. Glass - An Unintended but Catastrophic Hazard for birds. Animal Welfare Institute. Disponível em: <<http://awionline.org/content-types-orchid-legacy/awi-quarterly/glass-unintended-catastrophic-hazard-birds>>. Acesso em 24/05/2013.

KONTOLEN, K. J.; EUMORFOPOULOU, E. A. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the performance of a building zone. **Building and Environment**. Elsevier, 2009.

KÖHLER, M. Green façades – a view back and some vision. **Urban Ecosyst**. V.11. Neubrandenburg, 423-436, 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW editores, 1997.

LEENHARDT, J.; LAMBERTINI, A. **Vertical Gardens**. 1ª Ed. Ed. Verbavolant. London, 2007.

LOH, S. Living walls: a way to green the built environment. **BEDP Environment Design Guide**, 1(TEC 26), pp. 1-7. 2008.

LORENZI, H. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 4ª Edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2013.

MARQUES DE JESUS, C. R. **Análise de Custos para Reabilitação de edifícios para Habitação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MASCARÓ L. MASCARO, J. **Ambiência Urbana**. 2ª edição. Masquatro: Porto Alegre, 1996.

MASCARÓ L.; MASCARÓ, J. **Vegetação Urbana**. 2ª edição. Masquatro: Porto Alegre, 2005.

MAZZAROTTO, A. C. E. K. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em Curitiba: verificação computacional de desempenho corporativo com soluções convencionais**. 263 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 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.

NASCIMENTO, V. C. **Coberturas verdes no contexto da Região Metropolitana de Curitiba: barreiras e potencialidades**. 184 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

NOGUEIRA, F. Grupo que transformar São Paulo com jardins verticais. **BBC Brasil**, São Paulo, 28 Maio 2013. Disponível em:
< http://www.bbc.co.uk/portuguese/videos_e_fotos/2013/05/130523_jardins_sp_fn.shtml >

OTTELEÉ, M.; PERINI, K.; FRAAIJ, A. L. A.; HASS, E. M.; RAITERI, R. Comparative lyfe cycle analysis for green façades and living wall system. **Energy and Buildings**. 3419-3429. Elsevier, 2011.

PECK, S. P.; CALLAGHAN, C.; KUHN, M.E.; BASS, B. **Greenbacks from greenroofs: Forging a new industry in Canada**. Toronto: Canada Mortgage and Housing Corp, 1999.

PEREZ, G.; RINCÓN, L.; VILA, A.; GONZÁLEZ, J. M.; CABEZA, L. F. Behavior of green facades in Mediterranean Continental climate. **Energy Conversion Management**. 1861-1867. Elsevier, 2010.

PERINI, K.; OTELLÉ, M.; FRAAIJ, A.L.A; HASS, E.M.; RAITERI, R. Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems. **Energy and Buildings**. 2287-2294. Elsevier, 2011.

PERINI, K.; OTELLÉ, M.; FRAAIJ, A.L.A; HASS, E.M.; RAITERI, R. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. **Building and Environment**. 2287-2294. Elsevier, 2011.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Ed Artmed, 2009.

ROBSON, C. **Real World Research: a resource for users of social research methods in applied settings**. 3ª Edition. Cornwall: Wiley Ltda. 2011.

SCHMID. **A ideia de conforto: reflexões do ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SHARP, R. Introduction to Green Walls: technology benefits and design. **Green Roofs for Healthy Cities**, 2009.

SHEWEKA, S.; MAGDY, N. The living walls as an approach for a healthy urban environment. **Energy Procedia**. 592-599. Elsevier, 2011.

SUSOROVA, I.; ÂNGULO, M.; BAHRAMI, P.; STEPHENS, B. A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. **Buildings and Environment**. 1-13. Elsevier, 2013.

UFFELEN, C. V. **Façade Greenery: contemporary landscaping**. 1ª Edition. Salenstein: Braun, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos: Teses, dissertações, monografias, e outros trabalhos acadêmicos.** Curitiba: E. UFPR, 2007.

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.

WOLVERTON, B. C. A study of interior landscapes plants for the indoor air pollution abatement. Washington, DC, 1989.

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.** 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.**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.** 1401-1408. Elsevier, 2009.

YEANG, K. **El rascacielo ecológico.** Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 2001.

8 APÊNDICE

Tabela 12- Relação de materiais para construção dos protótipos.

QUANTIDADE	UNIDADE	MATERIAL
2	un	Pallets 1,00 x 1,20 m ²
8	un	Placas de isopor 1,00 x 1,20 m ²
4	un	Lâmpadas incandescentes de 40 watts
4	un	Bocais para lâmpada
20	m	Fio elétrico
2	un	Plugs para tomadas
1	un	Extensão para tomada de 10 metros
256	un	Tijolo cerâmico de 6 furos 9 x 14 x 19 cm
48	un	Tijolo cerâmico (meia peça)
8	pcte	Argamassa múltiplo uso
2	pcte	Taxinhas
2	Pcte	Prego
20	m	Arame galvanizado
48	un	Pontaletes de madeira 3 x 3 cm
4,8	m ²	Manta de feltro
2,4	m ²	Plástico transparente
240	un	Mudas de plantas
18	m	Tela metálica hexagonal

Fonte: O autor, 2013.

Tabela 13 - Temperaturas na fachada Sul sem FV (28/07/2014 à 31/07/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)											
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			AR EXTERNO		
17:30	31,7	30,2	31,2	30,7	28,5	30,1	21,5	22,2	20,9	18,8	22,4	22,1
18:00	31,8	30,5	31	30,5	29	30,2	21,1	20,9	20,5	17,5	18,8	18,5
18:30	30,7	30,7	30,7	30	28,8	29,8	20,2	20	19,5	16,6	17,2	16,7
19:00	30,2	30	30,1	29,7	28,5	29,4	20	19,9	18,8	16,2	15,9	15,9
19:30	29,9	29,7	29,5	28,9	28,2	29	19,8	19,2	18,3	15,9	15,2	15,4
20:00	29,9	29	28,9	28,5	28	28,3	17,8	18,6	17,7	14,6	14,8	14,6
20:30	28,8	28,3	28,3	27,5	27,2	27,7	17,3	17,8	17,2	14,3	14,1	14,3
21:00	27,9	28,1	27,6	27,2	27	27,1	16,8	16,9	16,5	14	13,4	13,8
21:30	27,7	27,2	27	26,8	25,9	26,5	16,2	16,2	16	13,7	13,2	13,3
22:00	27,3	27	26,4	26	25,4	25,9	15,9	15,9	15,6	13,2	13	13,5
22:30	26,5	26,8	25,7	25,5	25	25,2	15,7	15,2	15,2	13	12,8	13,5
23:00	26,3	26,3	25,3	24,9	24,8	24,8	14,8	14,6	14,9	12,6	12,8	12,7
23:30	26,2	25,6	24,7	24,5	24,3	24,3	14,6	14,3	14,5	12,1	12,5	12,3
0:00	25,9	24,9	24,2	24	20,9	23,7	13,9	13,5	13,9	11,2	11,8	11,3
0:30	24,5	24,1	23,8	23,4	23,6	23,4	13,2	13	13,6	10,2	11,3	11
1:00	24,2	23,6	23,2	22,8	22,2	22,9	13	12,8	13	9,8	10,1	10,5
1:30	24	23	22,9	22,2	22,1	22,4	12,9	12,4	12,7	9,4	9,8	10
2:00	23,8	22,9	22,4	22	22	21,9	12,4	12	12,1	9,1	9,6	10,7
2:30	23,6	22,6	22	21,2	21,5	21,5	12	11,5	11,8	8,9	9,4	10
3:00	23,5	22,2	21,5	20,9	21,3	21	11,6	11,1	11,7	8,5	9,1	9,3
3:30	23,1	21,8	21,2	20,7	20,9	20,7	11,2	10,9	11,4	8,2	9,1	9,1
4:00	22,5	20,9	20,7	20,5	19,4	20,3	10,9	10,2	11	8,1	8,7	8,9
4:30	21,8	20,7	20,4	20	19	19,9	10,6	9,9	10,8	7,9	8,5	8,8
5:00	20,9	20,2	20	19,7	18,9	19,7	10,2	8,9	10,5	7,7	8	9,3
5:30	19,9	19,5	19,6	19,5	18,7	19,3	10	8,5	10,2	7,5	7,8	8,5
6:00	19,7	19,3	19,3	19,1	18,7	19	9,9	8,7	10,2	7,2	7,4	8,1
6:30	19,5	18,3	19,1	18,4	18,6	18,6	9,5	9,6	9,8	7,9	7,9	7,9
7:00	19	18,5	18,9	18,3	18,4	18,4	9,1	9,9	9,8	8,1	8,2	8,2
7:30	18,8	18,6	18,6	18,2	18,3	18,3	10,8	10,4	11	9,5	10	9,8
8:00	18,7	18,8	18,4	18	18,3	18,2	11,6	11,7	12	10,9	11,2	11,8
8:30	18,3	19,2	18,1	18,5	17,8	18	13	12,9	13,2	14,2	13,8	14,3
9:00	18,2	19,7	18,2	18,6	18,2	18,2	15,1	14,2	14,9	17,7	17,5	18
9:30	19	20,1	18,5	18,9	18,4	18,5	16,9	15,9	17	19,8	20,9	21,1
10:00	20,4	19,1	19,1	19,2	19,2	19	19	18,8	19,3	22,1	22,1	22,1
10:30	20,9	20,2	20	19,7	19,9	19,8	21,3	20,6	21,4	23	23,1	23,3
11:00	21,4	21,8	21,2	21	20,6	21,1	22,4	21,8	22,7	23,5	23,9	24
11:30	21,8	22,8	22,6	21,8	21,6	22	23,5	22,6	23,7	23,9	24,5	25,2
12:00	22,5	23,9	23,9	23,5	22,2	23,7	24	23	24,1	24,9	24,9	24,9
12:30	23,4	25	25,2	24,8	22,8	25	24,8	23,5	25,2	25,2	25,8	25,6
13:00	25,2	26,6	26,2	25,9	23,9	26,1	25	23,8	24,8	25,6	26,2	24,9
13:30	27	27,7	27,3	27,2	25,2	27	25,4	24	25,3	25,8	25,5	25,5
14:00	27,3	28	28,3	28	27,5	28,1	25,7	24,2	25,7	26	25,2	25,5
14:30	27,7	27,1	29,2	26,5	25,9	29	25,8	24,5	25,5	25,8	24,6	25,3
15:00	28	28,4	30,1	27,2	27,2	29,6	25,3	24,7	26	25,4	25	25,8
15:30	28,4	29,1	31,5	27,5	28	30,7	25	24,7	25,7	24,8	24,6	25,2
16:00	29,3	30,2	31,9	27,9	28,7	31,9	24,8	24,9	25,1	24,3	24,4	24,6
16:30	29,9	30,7	31,9	28,2	29,5	31,1	24,3	23,3	24,7	23,5	23,2	24,9
17:00	29,9	30,9	32,3	28,4	29,9	31,4	23,5	22,3	23,7	22,9	22,9	24

Tabela 14 - Temperaturas na fachada Sul com FV (28/07/2014 à 31/07/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)														
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			CAVIDADE			AR EXTERNO		
17:30	26,2	26,1	29,1	21,7	22,8	25,7	16,6	19,1	21,6	19,3	19,1	22	18,8	22,4	22,1
18:00	26,3	26,5	29,3	21,5	23,1	25,5	16	18,3	20,9	18,2	17,8	20,5	17,5	18,8	18,5
18:30	25,5	27,1	29,8	21,3	23,2	25,5	15,3	17,8	20	16,8	16,4	17,7	16,6	17,2	16,7
19:00	24,1	26,7	30,1	20,8	22,9	25,7	14,8	17,9	19,4	14,3	16,5	17,5	16,2	15,9	15,9
19:30	24,3	26,8	29,6	21	23,4	25,3	15,4	17,1	19,4	13,9	15,2	16,5	15,9	15,2	15,4
20:00	24	26,7	29,2	21,1	23,4	25,4	14,6	16,6	18,6	13,6	14,7	16,2	14,6	14,8	14,6
20:30	23,9	26,5	28,8	21	23,1	25,5	14,4	16,3	17,8	13	13,9	14,9	14,3	14,1	14,3
21:00	23,9	26	28,9	21	22,6	25,1	13,9	15,9	17,4	11,5	13,5	15	14	13,4	13,8
21:30	24	26,2	28,6	21,1	22,3	24,9	13,6	15,1	16,6	11,2	12,7	14,7	13,7	13,2	13,3
22:00	24,2	26,3	28,1	20,8	22,9	24,7	13,3	14,8	17	11,4	11,9	14,1	13,2	13	13,5
22:30	23,5	25,9	27,8	20,1	22,6	24,5	13,1	14	16,8	11,2	11,1	14,4	13	12,8	13,5
23:00	23,6	25,7	27,8	20,2	21,3	23,9	12,8	13,8	17,2	10,4	11,4	14,3	12,6	12,8	12,7
23:30	23,4	25	27,5	20	21,7	23,6	12,6	13,6	16,5	10,7	10,3	13,1	12,1	12,5	12,3
0:00	23,2	24,8	27,2	20,3	21,4	23,3	12,4	12,9	16,2	9,5	10,5	12,8	11,2	11,8	11,3
0:30	22,9	24,6	26,9	20	21,2	23	12,6	12,7	15,5	9,7	9,8	12,1	10,2	11,3	11
1:00	23,1	24,3	26,6	19,3	20,9	22,8	11,4	12	15,2	9	9,1	11,9	9,8	10,1	10,5
1:30	22,5	23,6	26,9	19,1	20,2	22,6	11,7	11,8	15	8,8	8,9	11,2	9,4	9,8	10
2:00	22,7	23,4	26,2	18,8	20	21,9	11,5	11,6	13,9	8,6	8,2	11,5	9,1	9,6	10,7
2:30	22	24,1	26,2	18,6	19,7	21,4	11,2	11,8	14,3	8,3	8,9	11,4	8,9	9,4	10
3:00	22,2	22,9	25,5	18,4	19,6	21,7	10,5	11,2	13,6	8,6	7,8	10,3	8,5	9,1	9,3
3:30	22	22,8	25,3	17,9	19,4	21,4	10,4	11,4	13,5	7,5	8,1	10,1	8,2	9,1	9,1
4:00	21,3	23,1	25,1	17,7	19,2	21,3	10,2	11,3	13,3	7,3	8,4	10,4	8,1	8,7	8,9
4:30	21,6	22,5	24,9	17	18,6	20,6	9,5	11,2	13,1	6,6	7,8	9,7	7,9	8,5	8,8
5:00	20,8	21,9	24,2	17	18,5	20,4	9,7	10,1	12,9	6,8	7,2	9,6	7,7	8	9,3
5:30	20,9	21,7	24,1	16,5	17,8	20,3	9,7	10,4	12,8	6,8	7,1	9,9	7,5	7,8	8,5
6:00	20,6	21,5	24	16,3	17,6	19,7	9,5	10,2	12,7	6,6	6,9	9,3	7,2	7,4	8,1
6:30	20,4	21,4	23,9	16,1	17,5	20	5,9	10,1	12	8,8	6,7	9,6	7,9	7,9	7,9
7:00	19,8	21,3	23,7	16,4	17,9	19,9	8,7	9,5	11,9	6,2	6,6	9,1	8,1	8,2	8,2
7:30	19,8	20,4	23,3	16,4	17	19,5	9,2	10,5	12	7,2	7,6	9,6	9,5	10	9,8
8:00	19,4	20,5	23,2	15,6	17,1	18,9	9,6	10,5	13,2	8,6	9,1	11,3	10,9	11,2	11,8
8:30	19	20,2	22,8	16,1	16,8	19	10,1	11,6	14,2	9,6	10,2	12,3	14,2	13,8	14,3
9:00	19,4	20,7	23,2	15,5	16,8	19,3	11,2	12,4	15,8	11,2	12,4	15,3	17,7	17,5	18
9:30	19,2	21,1	22,9	15,8	16,7	18,6	12,7	13,6	18,7	12,2	14,1	19,7	19,8	20,9	21,1
10:00	19,1	20,8	22,8	15,7	17	18,9	13,9	15,1	19,7	14,9	16,6	22,1	22,1	22,1	22,1
10:30	20	21,5	23,8	16,5	17,1	19,9	15	17,1	21,1	15,5	18,1	22,5	23	23,1	23,3
11:00	20,2	21,8	23,7	16,8	17,9	20,4	15,4	20,1	20,6	16,4	21	21,1	23,5	23,9	24
11:30	20,9	22,3	24,5	17,5	18,4	20,6	18,4	21	23,2	20,3	22,9	23,7	23,9	24,5	25,2
12:00	21,7	22,7	25,5	18,3	18,8	21,2	19,1	20,9	21,4	21	21,9	21,9	24,9	24,9	24,9
12:30	22,2	23,6	26	18,3	19,7	22,6	19,9	21,8	23,4	20,8	23,2	23,9	25,2	25,8	25,6
13:00	20,8	24,2	26,9	18,4	20,4	22,6	20,8	23,3	23,8	22,3	24,2	24,3	25,6	26,2	24,9
13:30	23	25,2	26,8	19,2	20,9	23,5	19,7	23,4	21,9	20,6	23,9	22,4	25,8	25,5	25,5
14:00	23,7	25,5	28,4	19,8	22,1	24,1	22,4	22,3	25,5	22,9	23,3	22,5	26	25,2	25,5
14:30	23,9	26,5	28,3	20,1	22,6	25	22,5	23,1	22,9	23,4	24	22,9	25,8	24,6	25,3
15:00	24,1	27,5	28,7	20,3	23,7	24,8	19,9	23,8	23,7	21,3	23,8	24,2	25,4	25	25,8
15:30	24,2	26,7	28,6	20,3	22,9	29,2	20,2	21,8	23,6	21,2	23,2	24	24,8	24,6	25,2
16:00	24,4	27,7	29,3	21	23,4	26	19,6	21,7	23,5	21,5	21,7	23,5	24,3	24,4	24,6
16:30	25,5	28	29,2	22,1	25,1	26,1	20,2	21,4	23,6	21,1	21,9	23,1	23,5	23,2	24,9
17:00	26,5	29,2	29,5	22,2	24,8	26,2	20,4	22,1	22,7	20,9	22,1	22,7	22,9	22,9	24

Tabela 15 - Temperaturas na fachada Leste sem FV (02/08/2014 à 05/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)											
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			AR EXTERNO		
17:30	36,8	39,6	35,2	36,0	38,7	34,4	26,5	22,1	20,4	23,9	24,8	22,2
18:00	36,7	39,1	34,8	35,7	38,1	33,8	25,8	20,9	19,6	23,3	23,5	21,2
18:30	36,0	38,2	34,4	35,1	37,3	33,4	25,1	19,7	19,4	22,9	23,0	21,1
19:00	35,4	37,4	33,6	34,5	36,6	32,9	24,4	18,4	16,1	21,8	20,0	19,7
19:30	34,8	36,4	33,1	34,1	35,5	32,5	24,0	16,7	13,8	21,1	18,8	17,5
20:00	34,2	35,4	32,6	33,4	34,8	31,8	23,5	15,8	13,4	21,1	17,5	16,7
20:30	33,6	34,7	32,0	32,9	33,9	31,3	23,3	15,0	12,3	20,6	16,6	16,1
21:00	32,9	33,8	31,4	32,2	32,9	30,7	22,7	14,8	11,5	20,0	15,5	15,2
21:30	32,5	33,0	30,7	31,6	32,3	30,0	22,4	15,4	10,3	19,4	15,7	14,2
22:00	31,9	32,3	30,1	31,1	31,4	29,5	21,8	14,8	10,0	20,1	15,1	13,7
22:30	31,5	31,6	29,5	30,7	30,7	28,7	21,7	14,9	9,9	19,3	15,0	12,9
23:00	31,1	31,0	28,9	30,1	30,1	28,2	21,2	14,8	9,6	18,6	14,5	12,9
23:30	30,8	30,4	28,3	29,8	29,5	27,7	20,8	14,6	9,9	18,4	14,9	13,4
0:00	30,4	30,0	27,9	29,5	29,1	27,2	20,3	14,6	12,0	18,5	14,7	13,2
0:30	29,8	29,3	27,6	29,0	28,7	26,7	20,1	14,6	13,3	18,1	14,6	13,5
1:00	29,5	28,9	27,2	28,5	28,1	26,5	19,8	14,5	13,5	17,9	14,9	13,6
1:30	29,3	28,6	27,0	28,4	27,9	26,3	19,7	13,5	13,4	18,0	14,2	13,5
2:00	28,8	28,2	26,8	28,1	27,5	26,0	19,4	12,9	13,5	18,7	14,0	13,6
2:30	28,8	28,0	26,6	27,8	27,1	25,9	19,5	13,1	13,7	17,7	13,9	13,7
3:00	28,5	27,6	26,4	27,5	26,7	25,8	19,3	13,3	13,4	18,2	14,1	13,4
3:30	28,2	27,2	26,3	27,3	26,3	25,6	19,3	11,9	13,0	18,8	13,9	12,8
4:00	28,1	26,9	26,2	27,1	26,1	25,4	19,1	12,5	12,8	17,7	14,0	12,9
4:30	27,9	26,6	26,0	27,1	25,7	25,4	18,8	13,4	12,9	17,2	14,5	12,9
5:00	27,7	26,3	25,9	26,9	25,6	25,2	18,5	14,6	13,1	17,3	15,6	12,8
5:30	27,5	26,3	25,8	26,7	25,4	24,9	18,3	15,3	13,1	17,3	15,9	13,2
6:00	27,5	26,3	25,7	26,5	25,5	24,9	18,3	14,5	13,0	16,7	15,7	13,1
6:30	27,4	26,3	25,7	26,4	25,5	24,7	18,0	13,8	12,7	16,3	15,1	12,6
7:00	27,1	26,4	25,7	26,2	25,4	24,9	17,6	13,4	12,7	15,0	15,3	12,8
7:30	27,2	26,3	25,8	26,2	25,3	24,9	17,9	14,6	13,3	17,3	15,8	12,8
8:00	26,9	26,3	25,6	26,0	25,4	24,6	18,8	15,4	13,5	18,0	16,1	13,7
8:30	26,9	26,3	25,6	25,9	25,3	24,7	19,6	15,9	14,6	19,0	16,7	14,5
9:00	27,0	26,4	25,5	26,0	25,5	24,8	20,4	17,1	15,1	20,4	17,8	15,0
9:30	27,3	26,8	25,8	26,3	25,9	24,8	21,1	17,8	15,1	21,2	18,0	14,8
10:00	27,7	27,1	25,9	26,7	26,3	25,1	37,2	20,2	15,4	25,3	19,7	14,8
10:30	28,7	27,8	26,1	28,2	27,0	25,4	39,3	21,5	16,5	25,7	20,7	15,6
11:00	30,7	28,5	26,4	31,7	27,8	25,7	28,6	24,7	16,2	27,5	24,2	15,5
11:30	32,8	29,9	26,9	33,8	29,5	26,0	31,1	20,8	17,7	29,6	21,7	16,6
12:00	35,1	30,7	27,3	36,0	30,6	26,3	29,2	21,0	17,7	28,1	20,9	16,6
12:30	36,5	31,2	27,5	37,5	31,0	26,8	27,5	20,3	18,8	28,7	20,7	17,6
13:00	37,7	31,4	28,1	38,4	31,3	27,3	29,6	24,9	19,3	28,7	23,3	18,3
13:30	38,4	32,2	28,5	38,7	31,9	27,8	32,8	27,1	20,7	30,5	24,7	19,3
14:00	39,0	33,1	29,1	39,0	32,6	28,4	32,4	28,8	19,9	30,5	26,6	19,4
14:30	39,6	33,9	29,6	39,1	33,2	28,9	31,2	27,1	18,6	29,4	26,1	18,0
15:00	39,7	34,7	29,9	39,0	33,7	29,3	31,0	28,0	26,1	28,7	26,6	22,3
15:30	40,1	35,3	30,4	39,1	34,2	29,8	29,8	27,0	22,2	27,1	24,6	19,7
16:00	40,3	35,6	31,3	39,2	34,4	30,1	30,2	23,6	24,4	27,8	23,5	20,7
16:30	40,3	35,6	32,0	39,2	34,6	30,7	25,2	22,6	18,1	26,8	24,2	19,3
17:00	40,2	35,6	32,4	39,1	34,5	31,2	24,2	21,4	17,1	26,0	22,8	18,1

Tabela 16 - Temperaturas na fachada Leste com FV (02/08/2014 à 05/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)														
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			CAVIDADE			AR EXTERNO		
17:30	30,7	32,9	29,2	29,7	31,9	28,2	24,2	26,0	22,9	23,7	23,6	22,0	23,9	24,8	22,2
18:00	30,4	32,5	28,8	29,9	31,5	28,3	24,1	25,6	22,6	22,2	22,2	20,7	23,3	23,5	21,2
18:30	30,6	32,4	29,4	30,1	31,5	28,5	23,7	25,2	22,8	21,3	20,9	19,9	22,9	23,0	21,1
19:00	30,5	32,1	29,4	29,5	31,6	28,5	22,9	24,5	22,4	20,1	19,8	19,6	21,8	20,0	19,7
19:30	30,0	32,4	29,3	29,5	31,4	28,4	22,9	23,9	21,9	20,1	18,6	17,6	21,1	18,8	17,5
20:00	30,3	31,6	29,3	29,3	30,6	28,4	23,7	22,7	21,5	20,4	17,0	17,6	21,1	17,5	16,7
20:30	29,9	31,1	29,0	29,0	30,1	28,0	22,9	22,7	21,6	19,6	17,0	15,9	20,6	16,6	16,1
21:00	29,7	31,1	28,7	28,7	30,1	27,7	23,1	21,8	21,3	19,8	16,6	16,1	20,0	15,5	15,2
21:30	29,5	30,7	29,0	29,0	29,3	27,5	22,5	21,4	20,6	19,6	16,2	14,9	19,4	15,7	14,2
22:00	29,4	29,9	28,2	28,5	28,9	27,3	22,4	20,6	20,4	19,0	15,3	14,2	20,1	15,1	13,7
22:30	29,3	29,7	27,4	27,9	28,7	27,0	22,2	20,4	19,7	18,9	15,6	14,4	19,3	15,0	12,9
23:00	28,6	29,0	27,7	28,1	28,1	26,7	22,0	19,8	19,4	18,7	15,5	13,2	18,6	14,5	12,9
23:30	28,3	28,4	27,4	27,8	27,4	26,2	21,3	19,6	19,2	18,5	15,3	14,4	18,4	14,9	13,4
0:00	28,1	28,3	27,0	27,6	27,3	26,0	21,6	19,6	18,8	17,8	14,8	13,0	18,5	14,7	13,2
0:30	29,9	27,4	26,5	27,5	26,4	25,5	21,0	19,6	18,8	17,6	15,3	14,5	18,1	14,6	13,5
1:00	27,8	27,4	26,5	26,9	26,4	25,5	20,9	19,1	18,3	18,5	15,2	14,0	17,9	14,9	13,6
1:30	27,9	27,2	26,3	26,9	26,2	24,8	20,9	18,9	18,0	18,0	14,6	13,7	18,0	14,2	13,5
2:00	27,9	26,6	26,2	27,4	25,7	25,2	20,4	18,8	18,0	18,0	14,5	14,1	18,7	14,0	13,6
2:30	27,9	26,5	25,6	26,9	25,5	25,1	20,4	19,2	17,9	18,0	14,4	14,1	17,7	13,9	13,7
3:00	26,9	26,5	25,5	25,9	25,6	24,5	20,3	18,7	17,3	18,0	14,9	13,5	18,2	14,1	13,4
3:30	27,3	26,1	25,9	25,9	25,1	24,2	20,3	18,7	17,2	17,9	14,4	13,9	18,8	13,9	12,8
4:00	26,8	26,0	25,3	26,3	25,0	24,3	20,2	18,2	17,1	17,8	13,9	13,2	17,7	14,0	12,9
4:30	27,1	26,1	25,1	26,1	24,6	23,7	19,6	18,8	16,9	17,7	14,9	13,6	17,2	14,5	12,9
5:00	26,6	25,4	24,7	25,7	24,4	24,2	19,7	18,5	17,0	16,8	16,1	13,6	17,3	15,6	12,8
5:30	26,9	25,7	24,7	25,5	24,7	23,8	19,5	18,7	17,0	16,6	15,8	13,7	17,3	15,9	13,2
6:00	26,8	25,6	24,2	25,4	24,7	23,8	19,8	18,7	16,5	16,5	15,4	13,2	16,7	15,7	13,1
6:30	26,5	25,5	24,2	25,6	24,6	23,7	19,6	18,6	16,5	15,8	15,3	13,6	16,3	15,1	12,6
7:00	26,3	25,5	24,2	25,9	24,5	23,7	19,5	18,6	16,9	15,6	15,3	13,6	15,0	15,3	12,8
7:30	26,1	25,2	24,3	25,1	24,7	23,8	19,6	18,7	16,6	17,2	15,9	14,2	17,3	15,8	12,8
8:00	26,0	25,8	24,4	26,0	24,8	23,4	19,9	18,3	17,6	18,0	15,9	14,2	18,0	16,1	13,7
8:30	26,4	25,0	24,2	24,9	24,5	23,2	20,2	18,6	17,3	19,3	16,2	14,5	19,0	16,7	14,5
9:00	25,9	25,6	23,8	25,4	24,6	22,8	20,7	19,1	17,4	21,1	17,2	15,0	20,4	17,8	15,0
9:30	26,6	25,8	23,9	25,6	24,8	23,4	22,0	19,3	17,0	23,0	17,9	15,1	21,2	18,0	14,8
10:00	26,9	25,6	23,9	26,0	24,7	23,0	22,8	19,6	17,5	23,8	19,1	14,7	25,3	19,7	14,8
10:30	27,4	26,0	24,1	26,5	24,5	23,2	23,8	20,3	17,2	24,7	20,8	14,8	25,7	20,7	15,6
11:00	28,0	25,6	24,3	27,1	25,1	23,8	23,8	21,3	17,4	25,3	22,3	15,4	27,5	24,2	15,5
11:30	28,1	25,8	24,1	27,1	25,3	24,1	24,8	19,6	18,1	26,2	17,2	16,2	29,6	21,7	16,6
12:00	29,1	26,3	24,2	28,1	25,4	23,3	24,9	21,1	18,2	25,8	20,6	16,8	28,1	20,9	16,6
12:30	29,8	26,4	24,7	28,3	26,0	23,8	25,6	20,7	18,7	27,5	20,7	17,2	28,7	20,7	17,6
13:00	30,0	26,7	25,0	29,0	25,2	24,0	25,7	21,7	18,9	27,1	23,1	17,5	28,7	23,3	18,3
13:30	30,9	27,0	25,3	29,5	26,1	24,3	26,7	22,5	19,1	27,2	23,5	18,7	30,5	24,7	19,3
14:00	31,0	27,5	25,3	30,0	26,5	23,9	26,8	22,5	19,2	27,7	23,4	18,3	30,5	26,6	19,4
14:30	32,0	27,3	25,2	30,5	26,4	24,7	26,8	22,8	19,2	26,8	22,8	18,2	29,4	26,1	18,0
15:00	31,7	28,0	25,7	30,7	27,1	24,7	27,0	23,5	20,0	27,4	24,9	19,1	28,7	26,6	22,3
15:30	32,1	28,2	25,5	31,1	27,7	24,5	26,9	23,7	19,8	29,9	23,7	19,8	27,1	24,6	19,7
16:00	32,6	28,6	26,0	31,1	27,6	25,1	27,4	23,1	19,9	26,4	23,6	19,0	27,8	23,5	20,7
16:30	32,8	28,5	26,7	31,4	27,5	25,2	26,7	23,6	20,1	25,8	22,6	18,2	26,8	24,2	19,3
17:00	32,9	28,7	26,3	32,0	28,2	25,3	26,5	23,3	19,8	24,6	22,3	16,9	26,0	22,8	18,1

Tabela 17 - Temperaturas na fachada Oeste sem FV (07/08/2014 à 10/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)											
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			AR EXTERNO		
17:30	39,4	34,7	32,3	37,8	34,1	31,5	27,3	27,3	25,4	21	23,1	23
18:00	39,6	33,8	31,8	38	33	30,7	27,5	25,7	24,2	21,6	22,4	22,3
18:30	38,6	32,7	30,9	36,8	31,9	30	26,1	24,7	23,4	20,5	21,8	21,9
19:00	37,4	31,8	30,2	35,7	31	29,1	25,1	23,6	22,7	20,4	21	21,1
19:30	36,6	30,8	29,6	34,8	29,8	28,3	24,1	22,9	21,5	19,5	20,3	18,9
20:00	35,6	29,9	28,8	33,8	29	27,7	23,1	21,9	20,3	19	20,1	17,4
20:30	34,9	29,2	28	32,9	28	26,9	22,4	21	19,4	18,2	18,8	16,4
21:00	34	28,3	27,2	32,1	27,3	26,2	21,6	20,3	18,7	17,7	18,1	16,1
21:30	33,3	27,5	26,5	31,4	26,7	25,4	21,1	19,7	18,1	17,7	17,5	15,6
22:00	32,7	26,9	25,7	30,7	25,9	24,6	20,6	19	17,9	17,3	16,5	15,2
22:30	32	26,1	25,1	30,2	25	23,9	20,1	18,6	17,3	17,3	16,9	15,1
23:00	31,4	25,5	24,5	29,6	24,5	23,4	19,7	18,2	17,3	16,9	17,2	15
23:30	31,1	25	24	29	23,8	22,9	19,3	17,8	16,7	16,1	16,9	14,3
0:00	30,6	24,4	23,5	28,5	23,3	22,5	18,9	17,6	16,9	16,2	17,1	14,8
0:30	30,1	24	23,1	28,1	22,8	22,1	18,4	17,3	16,8	15,8	17,2	14,9
1:00	29,8	23,6	22,6	27,8	22,6	21,7	18	17,1	16,5	15,4	17,1	14,7
1:30	29,2	23,2	22,3	27,5	22,1	21,4	17,7	17	16,4	15	17,8	14,5
2:00	29	22,9	22,2	26,9	21,8	21,1	17,4	16,6	16,2	14,9	17,5	14,5
2:30	28,6	22,6	21,8	26,7	21,4	20,9	17,2	16,5	16,2	14,2	17	14,4
3:00	28,1	22,4	21,8	26,2	21,2	20,6	16,7	16,5	16,1	14,1	16,7	14,6
3:30	27,7	22,2	21,7	25,8	21	20,4	16,3	16,1	16	13,4	16,1	14,4
4:00	27,4	21,8	21,4	25,6	20,7	20,3	16,1	15,6	15,8	13	15,1	14,1
4:30	27	21,7	21,3	25,1	20,4	20,3	15,7	15,2	15,8	13,2	14,4	14,3
5:00	26,7	21,4	21,3	24,8	20,3	20,2	15,4	14,8	15,8	12,6	14,5	14,1
5:30	26,5	21,1	21,1	24,5	19,9	20	15,2	14,3	15,7	12,3	13,3	14,4
6:00	26,3	20,8	20,9	24,3	19,5	19,9	14,9	14	15,7	12,1	13,7	14,4
6:30	25,9	20,6	20,9	24	19,3	19,9	14,7	13,7	15,6	11,7	12,6	14
7:00	25,6	20,2	20,9	23,7	18,9	19,7	14,4	13,8	15,3	12,1	12,9	14,1
7:30	25,4	19,9	20,7	23,4	18,7	19,6	14,8	14,7	15,8	13	14	14,4
8:00	25,3	19,7	20,6	23,2	18,5	19,6	15,5	15,8	15,9	14,2	15,7	14,4
8:30	25,1	19,8	20,7	23,2	18,6	19,5	16,2	17,5	17,4	16,2	17,7	15,7
9:00	21,7	20,1	20,7	21,5	18,8	19,6	17,8	19,5	18,5	18,6	20,1	16,4
9:30	21,6	20,5	21	20,9	19,6	19,9	19,5	21,4	18,7	20,3	22,9	16
10:00	21,7	21,1	21,2	20,8	20	20,2	21,4	23,1	17,4	21,9	23,8	15,2
10:30	22	22	21,4	21,3	21	20,4	23	24,1	19,7	22,8	24	16,1
11:00	23,3	23,3	21,7	22	22	20,6	24,1	25,8	21,6	23,8	25,3	19
11:30	23,6	24,6	22,2	22,8	23,3	21,1	25	26,8	23,6	24,1	25,2	19,8
12:00	24,9	25,7	23,2	23,8	24,6	22	27	27,1	24,1	25,3	25,4	20,2
12:30	26,3	26,9	24,2	25	25,9	23,1	27,9	28,2	26,7	25,8	26,6	22,5
13:00	27,6	28,1	25,3	26,5	26,8	24,2	28,2	28,3	25,2	27,5	27,1	21,1
13:30	29	29,1	24,9	27,7	27,9	24,7	30,3	29,4	27,2	28,4	29,2	23,8
14:00	30,1	30,4	25,1	28,9	29,1	24,9	33	32,7	24,9	28,9	27,7	22
14:30	31,3	31,4	25,2	30	30,2	24,9	35,5	35,2	29,3	28,6	28,9	23,6
15:00	32,2	32,4	25,1	31,1	31,3	25	39,1	33,8	24,7	28,3	27	20,6
15:30	33,4	33,2	25,1	32,5	32,1	25	39,3	29,8	23,1	28,7	25,5	20,5
16:00	34,3	33,1	24,7	33,6	32,2	24,7	38,4	29,3	21,1	27,4	24,8	19,1
16:30	34,9	33	24,3	34,3	32,1	24,3	39,4	28,5	29	26,3	24,8	20,8
17:00	35,3	32,7	23,4	34,8	31,8	23,8	29,7	28,2	20,6	24,3	24,6	17,1

Tabela 18 - Temperaturas na fachada Oeste com FV (07/08/2014 à 10/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)														
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			CAVIDADE			AR EXTERNO		
17:30	30,2	32,3	32,5	29,5	32,7	33,4	24,5	25,6	25,3	21	23,2	22,1	21	23,1	23
18:00	30,4	32,5	32,4	29,7	32,9	32,9	24,7	25,3	24,7	21,7	23	22	21,6	22,4	22,3
18:30	30,4	32,8	32,2	29,3	32,3	32,8	24,1	24,6	24,6	20,8	22,4	21,9	20,5	21,8	21,9
19:00	30,4	31,8	31,8	29,3	32,3	32,4	23,7	25,1	24,2	20,3	21,4	21,1	20,4	21	21,1
19:30	30,1	31,8	32,3	29	31,9	32,4	23,4	24,6	24,1	19,5	21	19,2	19,5	20,3	18,9
20:00	30,6	31,9	31,8	29	32	32	23	24,2	23,2	19	20,7	17,8	19	20,1	17,4
20:30	30,2	32	31,6	28,5	31,6	31,9	22,5	24,3	22	18,6	20,3	17,2	18,2	18,8	16,4
21:00	29,9	31,5	31,1	28,3	31,3	30,9	22,2	23,9	22	18,3	19,5	16,2	17,7	18,1	16,1
21:30	29,7	31,1	30,6	28,5	31,8	31,4	22,4	23,9	21,5	18,1	19,1	16,2	17,7	17,5	15,6
22:00	29,9	31,2	30,4	28,3	31,5	30,6	22,2	23,5	21,2	17,8	17,7	16,4	17,3	16,5	15,2
22:30	29,3	30,9	29,6	28,1	31,2	30,4	22,1	22,7	21	17,7	17,9	15,7	17,3	16,9	15,1
23:00	29,1	30,3	29	28	31	29,8	21,4	22,6	20,3	17	18,2	15,5	16,9	17,2	15
23:30	28,9	30,1	29,2	27,7	30,9	29,5	21,2	22,4	20,5	16,8	18,1	14,8	16,1	16,9	14,3
0:00	28,6	30,2	28,7	27,5	30,4	29	20,9	22,5	20	16,6	18,1	15,2	16,2	17,1	14,8
0:30	29	29,3	28,6	27,4	30	28,4	21,3	22,1	19,5	16,4	18,1	15,1	15,8	17,2	14,9
1:00	28,2	29,7	28	27,1	29,9	28,3	21	21,5	18,9	16,2	17,6	14,5	15,4	17,1	14,7
1:30	28,4	29,7	27,5	27,3	29,4	27,7	20,2	22	19,3	15,9	18,5	14,4	15	17,8	14,5
2:00	27,8	29	27,4	26,7	29,3	27,7	20,5	21,3	18,7	15,8	17,9	14,4	14,9	17,5	14,5
2:30	28,4	29,3	27,3	26,4	29,1	27,6	20,2	21,1	18,7	15	18,2	14,3	14,2	17	14,4
3:00	27,7	28,8	26,9	26,2	29	27,2	20	21,6	18,7	14,8	17,7	14,8	14,1	16,7	14,6
3:30	27,4	28,7	26,8	26,4	28,9	27,1	19,2	21,4	18,6	14,5	17,1	14,7	13,4	16,1	14,4
4:00	27,3	28,4	26,7	25,8	28,8	27	19,1	20,7	18,5	13,9	16,4	14,2	13	15,1	14,1
4:30	27	28,1	26,8	26,1	28,5	26,6	19,3	20,4	18,1	13,7	14,7	14,7	13,2	14,4	14,3
5:00	26,4	28,2	26,3	25,4	28,6	26,6	19,2	20	18,6	13,5	14,8	14,3	12,6	14,5	14,1
5:30	26,6	27,9	26,3	25,2	27,8	26,6	18,4	19,7	18,6	13,3	14,4	14,7	12,3	13,3	14,4
6:00	26,4	27,7	26,3	25	28,1	26,1	18,7	19,5	18,1	13,1	14,3	14,7	12,1	13,7	14,4
6:30	25,7	27	26,1	24,8	27,5	26,4	18	19,3	17,9	12,9	13,7	14,5	11,7	12,6	14
7:00	25,5	26,9	25,9	24,6	27,4	26,2	17,8	19,2	17,7	13,2	14,1	14,3	12,1	12,9	14,1
7:30	25,5	26,6	26	24,6	27	26,3	17,8	18,9	17,8	13,1	14,2	14,9	13	14	14,4
8:00	25	26,6	25,5	24,4	26,9	25,8	17,3	19,4	17,8	13,5	15,5	14,3	14,2	15,7	14,4
8:30	25,6	26,4	26,2	24	27,1	25,9	17,8	19,7	17,5	15,4	17,6	15,4	16,2	17,7	15,7
9:00	23,2	26,9	25,8	22,9	26,9	26	18,3	19,7	18,1	17,6	19,8	15,1	18,6	20,1	16,4
9:30	24,9	26,3	26	23,5	27,1	26,2	19,1	21	18,3	20,2	21,9	15,2	20,3	22,9	16
10:00	25	26,6	25,9	23,4	26,9	26,1	19,7	21,8	17,7	20,6	23,1	15,2	21,9	23,8	15,2
10:30	25,6	27,3	25,6	23,9	27,5	26,3	20,8	22,5	18,4	22,5	23,2	15,9	22,8	24	16,1
11:00	26,1	27,5	26,2	24,4	28,1	26,3	21,3	23,1	19	22,5	24,8	16,8	23,8	25,3	19
11:30	25,6	28,3	26,1	23,9	28,4	26,5	21,8	24,5	19,3	23	24,6	18,5	24,1	25,2	19,8
12:00	26,5	29,3	26,3	24,8	29,9	27,2	22,2	24,4	20,6	23,8	24,7	20,1	25,3	25,4	20,2
12:30	27,4	29,5	26,7	25,6	29,6	27,6	23,6	25,2	21,4	27,5	26,3	20,5	25,8	26,6	22,5
13:00	28	30,2	27,4	26,2	26,9	27,8	24,2	30,2	21,2	25,2	26,1	19,8	27,5	27,1	21,1
13:30	28,7	30,6	23,2	26,8	30,6	23,2	24,4	24,8	21,7	25,4	24,9	21,3	28,4	29,2	23,8
14:00	29,3	30,6	22,1	27,7	31,6	22,6	24,5	24,8	21,7	26,3	25,9	21,2	28,9	27,7	22
14:30	30,3	31,9	22,3	28,8	32,2	22,5	25,5	26,6	21,9	26	26,5	21,5	28,6	28,9	23,6
15:00	30,6	32	22,5	30,7	32,6	22,1	25,8	26,2	21,6	26,5	25,6	20,5	28,3	27	20,6
15:30	31,1	32,6	21,9	31,3	32,3	21,6	25,9	25,8	20,9	25,1	24,8	20,1	28,7	25,5	20,5
16:00	31,2	32,6	21,1	31,7	32,9	21,3	26,4	25,9	20,1	26,1	24,4	19,4	27,4	24,8	19,1
16:30	31,5	32,6	21,4	31,7	32,4	21,2	26,2	25,9	19,5	25,1	23,9	18,8	26,3	24,8	20,8
17:00	31,7	32,9	21,2	32	32,7	21,4	25,5	25,7	19,2	23,9	23,7	16,6	24,3	24,6	17,1

Tabela 19 - Temperaturas na fachada Norte sem FV (19/08/2014 à 22/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)											
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			AR EXTERNO		
17:30	26,7	40,1	42,0	25,2	40,7	42,3	17,6	29,6	32,4	14,8	18,2	22,7
18:00	26,5	38,5	40,7	25,0	38,5	40,5	17,4	27,2	29,8	14,5	16,7	21,2
18:30	25,9	36,3	38,8	24,5	36,3	38,6	17,1	25,1	27,9	14,3	15,5	20,7
19:00	25,8	34,9	37,4	24,3	34,5	36,6	17,1	23,3	26,6	14,3	14,7	18,9
19:30	25,7	33,4	36,2	24,1	32,7	35,2	16,9	21,8	25,1	13,4	14,2	18,4
20:00	25,3	32,2	35,0	23,8	31,0	33,9	16,8	20,8	24,1	13,8	13,9	17,8
20:30	25,4	30,7	34,0	23,7	29,7	32,7	16,7	20,5	23,2	13,7	14,4	17,4
21:00	25,0	29,8	33,2	23,7	28,7	31,5	16,7	19,9	22,1	13,8	14,2	16,6
21:30	24,9	29,3	31,8	23,4	28,0	30,5	16,7	19,5	21,4	13,8	14,7	16,1
22:00	24,9	28,7	31,5	23,4	27,5	29,6	16,6	19,2	20,6	13,9	14,4	15,9
22:30	24,9	28,3	30,4	23,4	26,6	28,8	16,5	18,7	19,7	13,8	13,9	15,3
23:00	24,9	27,7	29,6	23,0	26,1	28,2	16,2	18,1	19,1	13,6	14,0	14,7
23:30	24,7	27,5	29,1	23,1	25,5	27,4	16,1	17,3	18,4	13,7	12,7	14,5
0:00	24,6	26,6	28,2	22,8	25,2	26,7	15,8	16,5	18,0	13,6	11,9	13,9
0:30	24,4	26,2	27,7	22,8	24,8	26,1	15,9	16,5	17,4	13,3	12,5	13,6
1:00	24,4	25,8	27,4	22,6	24,2	25,4	15,8	16,8	17,0	13,2	13,0	13,5
1:30	24,1	25,5	26,7	22,5	23,9	25,1	15,7	16,6	16,7	13,3	12,9	12,5
2:00	24,0	25,3	26,2	22,4	23,5	24,5	15,6	16,4	16,2	13,2	13,0	12,6
2:30	24,0	25,2	25,8	22,5	23,4	23,9	15,6	15,9	15,7	13,2	12,2	12,1
3:00	23,9	25,1	25,5	22,2	23,1	23,6	15,6	15,6	15,6	13,1	12,2	12,8
3:30	23,9	24,5	24,9	22,4	23,0	23,3	15,5	15,5	15,0	13,1	11,7	12,4
4:00	24,0	24,2	24,4	22,1	22,5	22,9	15,5	14,8	14,7	12,9	10,9	11,1
4:30	23,7	24,2	24,1	22,1	22,4	22,5	15,0	14,1	14,4	12,3	10,2	10,9
5:00	23,7	23,6	23,7	22,1	22,1	22,0	14,0	14,5	14,1	10,9	11,5	10,7
5:30	23,4	23,4	23,5	21,6	21,7	21,8	13,3	14,9	13,9	9,8	12,0	10,8
6:00	23,1	23,3	23,2	21,4	21,5	21,3	12,9	14,4	13,4	9,3	11,3	10,6
6:30	22,6	23,1	22,8	21,0	21,4	21,1	12,4	14,6	13,2	8,9	11,4	10,2
7:00	22,3	23,2	22,7	20,6	21,1	20,8	13,4	14,5	13,2	10,4	11,3	10,3
7:30	21,9	23,0	22,6	20,3	21,2	20,7	14,2	14,9	13,7	12,0	12,2	11,9
8:00	21,7	23,1	22,4	20,0	21,1	20,5	14,2	15,6	14,4	12,4	12,6	13,8
8:30	22,0	23,1	22,1	20,3	21,1	20,4	16,1	15,2	15,1	14,2	13,2	17,1
9:00	22,3	23,1	20,9	20,5	21,3	19,2	17,5	17,8	18,9	14,9	16,1	22,1
9:30	22,8	23,4	22,5	21,1	21,5	20,6	19,3	22,1	23,2	16,4	18,5	23,4
10:00	23,4	24,2	23,8	21,8	22,3	21,6	20,9	26,3	27,8	16,9	22,0	25,4
10:30	24,4	26,0	26,1	22,6	23,8	23,9	23,9	31,3	31,4	18,5	23,5	25,7
11:00	25,4	28,1	28,5	23,8	26,1	26,5	24,4	35,1	35,9	17,0	26,3	28,5
11:30	26,6	30,6	31,2	25,0	28,7	29,2	26,8	37,2	37,5	20,0	25,9	27,0
12:00	27,9	33,0	31,7	26,2	31,3	33,7	35,8	42,4	41,0	24,5	30,0	28,4
12:30	30,1	35,1	31,5	28,4	33,5	38,5	41,8	44,2	44,6	24,6	27,4	29,5
13:00	32,3	37,1	30,0	31,1	35,9	38,7	45,0	46,0	46,3	24,5	27,1	30,6
13:30	34,3	38,4	38,9	33,8	37,9	39,1	48,3	48,5	48,9	25,1	27,1	31,1
14:00	36,5	39,9	40,4	36,4	39,4	40,5	49,3	49,9	50,4	25,6	28,7	31,4
14:30	38,2	41,2	41,5	38,5	41,0	41,8	51,4	50,3	51,2	25,7	28,9	30,5
15:00	39,5	42,0	42,5	40,3	42,1	42,9	50,2	51,7	48,5	24,6	29,8	30,8
15:30	40,9	42,6	42,7	41,2	43,1	43,5	50,3	49,2	49,0	26,3	26,0	30,3
16:00	41,5	43,2	43,1	42,3	43,5	43,7	48,7	49,4	46,6	23,9	26,8	29,6
16:30	41,9	43,3	43,0	42,6	43,9	43,8	46,1	46,8	44,2	22,3	26,7	28,6
17:00	41,7	43,2	42,8	42,4	43,7	43,5	34,9	35,9	35,7	19,3	23,7	25,9

Tabela 20 - Temperaturas na fachada Norte com FV (19/08/2014 à 22/08/2014).

HORA	TEMPERATURAS (°C)														
	AR INTERNO			SUPERFÍCIE INTERNA			SUPERFÍCIE EXTERNA			CAVIDADE			AR EXTERNO		
17:30	22,0	27,5	29,9	20,7	26,1	28,7	16,7	21,7	24,3	14,8	18,2	21,9	14,8	18,2	22,7
18:00	22,3	27,4	29,9	20,7	26,1	28,7	16,6	21,2	23,7	14,7	17,3	21,7	14,5	16,7	21,2
18:30	22,4	27,2	29,6	20,8	25,9	28,2	16,4	20,6	23,2	14,5	16,4	20,6	14,3	15,5	20,7
19:00	22,2	27,0	29,4	20,7	25,6	28,0	16,6	20,3	22,9	14,5	15,5	19,3	14,3	14,7	18,9
19:30	22,5	26,8	29,2	20,6	25,4	27,9	16,3	19,9	22,3	13,5	14,9	18,5	13,4	14,2	18,4
20:00	22,4	26,3	28,9	20,8	25,2	27,7	16,5	19,4	22,1	14,2	14,6	18,3	13,8	13,9	17,8
20:30	22,5	25,8	28,6	20,8	24,7	27,3	16,5	19,1	21,6	14,2	14,8	17,9	13,7	14,4	17,4
21:00	22,6	25,7	28,5	20,8	24,4	27,2	16,5	18,8	21,2	14,4	14,9	17,9	13,8	14,2	16,6
21:30	22,5	25,3	28,1	20,7	24,1	26,7	16,4	18,8	20,9	14,0	15,2	17,4	13,8	14,7	16,1
22:00	22,6	25,4	27,7	20,9	23,9	26,5	16,3	18,6	20,6	13,9	14,5	16,6	13,9	14,4	15,9
22:30	22,7	25,1	27,4	20,9	23,8	26,0	16,3	18,5	20,2	14,0	14,3	15,7	13,8	13,9	15,3
23:00	22,6	25,0	27,1	20,9	23,5	25,9	16,3	18,3	20,0	13,9	14,3	15,2	13,6	14,0	14,7
23:30	22,5	24,8	26,9	20,9	23,3	25,5	16,2	17,9	19,5	14,0	13,8	15,5	13,7	12,7	14,5
0:00	22,2	24,5	26,6	20,8	23,3	25,2	16,1	17,7	19,3	13,7	13,1	15,2	13,6	11,9	13,9
0:30	22,3	24,1	26,2	20,7	23,0	25,0	16,0	17,5	19,0	13,6	13,4	14,2	13,3	12,5	13,6
1:00	22,3	24,0	25,8	20,7	22,8	24,6	15,9	17,5	18,6	13,5	13,6	14,5	13,2	13,0	13,5
1:30	22,2	24,0	25,6	20,6	22,5	24,3	15,8	17,5	18,5	13,3	13,3	13,9	13,3	12,9	12,5
2:00	22,3	23,8	25,3	20,6	22,4	24,1	16,0	17,1	18,2	13,3	13,3	13,1	13,2	13,0	12,6
2:30	22,3	23,7	25,0	20,6	22,2	23,8	15,9	17,0	17,8	13,6	13,2	13,2	13,2	12,2	12,1
3:00	22,3	23,5	24,8	20,6	22,2	23,5	15,9	17,0	17,5	13,4	13,7	13,1	13,1	12,2	12,8
3:30	22,3	23,4	24,4	20,5	21,9	23,3	15,8	16,7	17,4	13,3	12,4	13,3	13,1	11,7	12,4
4:00	22,2	23,1	24,2	20,6	21,9	23,0	15,9	16,5	16,9	13,0	12,4	12,5	12,9	10,9	11,1
4:30	22,1	23,0	23,8	20,4	21,5	22,7	15,6	16,1	16,7	12,7	12,0	12,0	12,3	10,2	10,9
5:00	22,0	22,9	23,7	20,5	21,4	22,5	15,6	16,1	16,6	11,4	12,0	12,3	10,9	11,5	10,7
5:30	21,9	22,7	23,5	20,4	21,4	22,2	15,1	15,9	16,3	11,0	12,2	12,2	9,8	12,0	10,8
6:00	21,7	22,6	23,2	20,3	21,2	22,0	15,0	16,0	15,9	10,6	11,9	11,7	9,3	11,3	10,6
6:30	21,5	22,5	23,2	20,3	21,1	21,8	14,7	15,8	15,9	10,3	12,0	11,2	8,9	11,4	10,2
7:00	21,6	22,3	22,8	20,0	21,0	21,7	14,6	15,7	15,6	11,0	12,0	11,8	10,4	11,3	10,3
7:30	21,3	22,2	22,7	19,6	20,9	21,4	14,8	15,7	15,8	12,0	12,2	13,0	12,0	12,2	11,9
8:00	21,2	22,3	22,5	19,5	20,8	21,2	15,0	16,0	16,0	12,4	12,9	14,1	12,4	12,6	13,8
8:30	21,2	22,3	22,7	19,4	20,8	21,2	15,3	16,1	16,8	13,6	13,6	16,9	14,2	13,2	17,1
9:00	21,1	22,2	21,2	19,4	20,7	20,3	15,8	16,6	17,9	14,1	14,7	20,5	14,9	16,1	22,1
9:30	21,4	22,4	22,5	19,6	20,8	21,1	16,3	17,4	18,8	15,2	16,7	20,9	16,4	18,5	23,4
10:00	21,6	22,5	23,1	19,8	21,0	21,8	16,9	18,6	20,0	15,9	19,6	22,1	16,9	22,0	25,4
10:30	21,9	22,9	23,6	20,2	21,4	22,3	17,4	19,7	21,1	16,6	20,5	22,1	18,5	23,5	25,7
11:00	22,2	23,5	24,5	20,5	22,0	23,1	18,0	21,0	22,7	16,9	21,9	24,4	17,0	26,3	28,5
11:30	22,5	24,1	25,1	20,8	22,7	23,7	18,6	21,6	23,2	17,7	23,7	24,5	20,0	25,9	27,0
12:00	23,0	24,9	25,8	21,3	23,4	24,7	19,6	22,8	23,8	19,8	25,1	25,7	24,5	30,0	28,4
12:30	23,7	25,5	26,7	21,7	24,2	25,5	20,2	23,6	24,8	19,7	24,9	25,7	24,6	27,4	29,5
13:00	24,3	25,9	27,4	22,4	25,1	26,3	20,8	24,2	25,3	21,1	24,3	25,9	24,5	27,1	30,6
13:30	24,5	26,7	27,8	23,0	25,6	27,0	21,6	24,8	26,0	22,0	25,3	27,4	25,1	27,1	31,1
14:00	25,2	27,3	28,5	23,5	26,2	27,6	22,2	25,4	26,5	21,8	25,6	27,2	25,6	28,7	31,4
14:30	25,6	27,9	29,3	24,3	26,8	28,3	22,6	25,4	26,9	23,5	25,1	27,8	25,7	28,9	30,5
15:00	26,1	28,4	29,7	24,7	27,4	28,9	23,0	26,1	27,1	23,8	26,3	26,7	24,6	29,8	30,8
15:30	26,5	29,1	30,1	25,1	27,8	29,3	23,1	26,0	27,3	22,2	25,0	27,8	26,3	26,0	30,3
16:00	26,9	29,2	30,5	25,7	28,2	29,5	23,3	26,2	27,1	21,8	26,3	27,1	23,9	26,8	29,6
16:30	27,3	29,7	30,5	25,9	28,5	29,6	23,1	25,9	26,9	20,8	23,2	26,5	22,3	26,7	28,6
17:00	27,4	29,8	31,0	26,2	28,6	29,9	22,4	24,9	26,5	19,1	22,8	25,3	19,3	23,7	25,9

9 ANEXO

Tabela 21 - Conversão de temperatura de bulbo seco e úmido em umidade relativa.

BULBO SECO	DEPRESSÃO DO BULBO ÚMIDO																			
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	90	80	70	60	50	41	31	21	12											
1	90	81	71	62	53	43	34	25	16	08										
2	91	82	73	64	55	46	38	29	21	12										
3	91	82	74	65	57	49	40	32	24	16	09									
4	92	83	75	67	59	51	43	35	28	20	13	05								
5	92	84	76	68	61	53	46	38	31	24	17	10								
6	92	85	77	70	62	55	48	41	34	27	20	14	07							
7	93	85	78	71	64	57	50	44	37	30	24	17	11	05						
8	93	86	79	72	65	59	52	46	39	33	27	21	15	09						
9	93	86	80	73	67	60	54	48	42	36	30	24	18	12	07					
10	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	33	27	21	16	10	05				
11	94	87	81	75	68	63	58	52	46	41	35	30	24	19	14	09				
12	94	88	82	76	69	65	59	54	48	43	37	32	27	22	17	12	07			
13	94	88	83	77	71	66	61	55	50	45	40	35	30	25	20	15	11	06		
14	94	89	83	78	72	67	62	57	52	47	42	37	32	27	23	18	14	09	05	
15	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	44	39	34	30	25	21	17	12	08	
16	95	89	84	79	74	69	67	59	55	50	45	41	37	32	28	24	19	15	11	07
17	95	90	85	80	75	70	65	61	57	52	47	43	38	34	30	26	22	18	14	10
18	95	90	85	80	76	71	66	62	58	53	49	45	40	36	32	28	24	20	17	13
19	95	90	85	81	76	72	67	63	59	54	50	46	42	38	34	30	27	23	19	16
20	95	91	86	81	77	73	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	29	25	22	18
21	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	45	42	39	34	31	27	24	20
22	95	91	87	82	78	74	71	66	62	58	54	50	47	43	40	36	33	29	26	23
23	96	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	52	48	45	41	38	34	31	28	25
24	96	91	87	83	79	75	71	68	64	60	57	53	49	46	43	39	36	33	30	27
25	96	92	88	84	80	76	72	68	65	61	58	54	51	47	44	41	38	34	31	28
26	96	92	88	84	80	76	73	69	65	62	59	55	52	49	45	42	39	36	33	30
27	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32
28	96	92	88	85	81	77	74	71	67	64	60	57	54	51	48	45	42	39	36	33
29	96	92	89	85	81	78	74	72	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37	35
30	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47	44	42	39	37
31	96	93	89	85	82	79	75	73	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40	38
32	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	63	61	58	55	52	49	46	44	41	39
33	96	93	89	86	83	80	76	74	70	67	64	61	58	56	53	50	48	45	42	40
34	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	48	46	43	41
35	97	93	90	87	83	80	77	75	71	68	65	63	60	57	55	52	49	47	44	42
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	58	55	53	50	48	45	43
37	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	59	56	54	51	49	46	44
38	97	94	90	87	84	81	78	75	73	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45
39	97	94	91	87	84	82	79	76	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	46
40	97	94	91	88	85	82	79	76	75	71	68	66	63	61	58	56	54	51	49	47