

ESTUDO BIOCLIMÁTICO NA REGIÃO DO ELEVADO PRESIDENTE JOÃO GOULART: JARDINS VERTICAIS E SUA INFLUÊNCIA NO CLIMA URBANO

Gabriela Torres Gianfratti (IC) e Pérola Felipette Brocaneli (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Este artigo apresenta uma pesquisa teórica sobre a origem dos jardins verticais e algumas de suas tipologias. Objetiva-se compreender os jardins verticais como elementos de influência climática a partir da realização de um estudo de campo. Para tanto, esse trabalho aborda como as novas políticas públicas, com vertente ambiental, regulamentadas na legislação paulistana incentivam os jardins verticais e coberturas verdes, a partir da publicação do Decreto nº55.994/15 pela Prefeitura Municipal de São Paulo, que converteu tais estruturas verdes em medidas de compensação ambiental. A implantação de sete jardins verticais nas empenas cegas lindeiras ao Elevado Presidente João Goulart são mote para o debate sobre a atuação dos mesmos como medida compensatória ou mitigadora do microclima. Foi realizado um levantamento bioclimático em que foram coletados dados de temperatura e umidade do ar, a fim de caracterizar a área, tendo em vista a alta densidade construtiva e o consequente fenômeno das ilhas de calor. Além disso, foi coletada a temperatura da superfície dos jardins verticais e das empenas de concreto para fins comparativos. Para realização desse estudo bioclimático foram selecionados 20 pontos ao longo de um trajeto de 1.830 metros no Elevado Presidente João Goulart. O estudo de campo foi feito duas vezes por mês, no decorrer de seis meses, aos domingos, quando a via está aberta aos pedestres.

Palavras-chave: Paisagem Urbana. Jardim Vertical. Microclima Urbano.

ABSTRACT

This article presents a theoretical research about the origins of vertical gardens and their various types. The objective of this study is to understand vertical gardens as elements of climate influence based on a field study. In order to do so, this work approaches how new public policies, with environmental aspects, regulated in the city of São Paulo legislation, encourage vertical gardens and green roofs, since the publication of Decree No. 55.994/15 by the Municipal Government of São Paulo, which converted those green structures into environmental compensation measures. The introduction of seven vertical gardens on blind walls in the region of Elevado Presidente João Goulart is a motto for the debate about their working as microclimate mitigation or compensation. A bioclimatic survey was carried out, which collected temperature and air humidity data, so as to characterize the area, in view of high building density and subsequent phenomenon of heat islands. Furthermore, the temperature from the surfaces of vertical gardens and concrete walls was collected for

comparative purposes. For the accomplishment of this bioclimatic study, twenty points were selected along 1830 meters at Elevado Presidente João Goulart. Field study was made twice a month within six months, on Sundays, when the road is open for pedestrians.

Keywords: Urban Landscape. Vertical Garden. Urban Microclimate.

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o impacto das estruturas verdes na paisagem urbana contemporânea e, principalmente, compreender sua influência no clima urbano. Parte-se de uma hipótese inicial onde se considera que os jardins verticais podem atuar de maneira benéfica em relação ao microclima, além de proporcionar o aumento da biodiversidade e regular os fenômenos das ilhas de calor, colaborando, assim, com o equilíbrio do ciclo hidrológico.

A investigação se inicia a partir da compreensão das políticas de desenvolvimento urbano feitas pela Prefeitura Municipal de São Paulo, no que tange as ações ambientais. O novo Plano Diretor Estratégico de São Paulo - Lei nº 16.050/14 versa sobre “a ampliação e requalificação dos espaços públicos, áreas verdes e permeáveis e a paisagem”, no inciso IX do art. 7. Ainda, em março de 2015, foi promulgado o Decreto nº 55.994, que regulamenta o transcrito:

"Art. 4º A conversão da compensação em obras e serviços, jardins verticais e coberturas verdes será admitida excepcionalmente, mediante decisão fundamentada do Colegiado da Câmara Técnica de Compensação Ambiental - CTCA (...)" (SÃO PAULO, 2015, p.1)

Portanto, nota-se o estímulo da utilização dos jardins verticais, bem como das coberturas verdes como instrumento de compensação ambiental.

Como um todo, a cidade de São Paulo possui regiões degradadas que necessitam de requalificação ambiental. À exemplo de áreas do centro, cita-se os distritos de Santa Cecília, República e Consolação, nos arredores imediatos do Elevado Presidente João Goulart (antigo Elevado Presidente Arthur Costa e Silva), trecho urbano alvo dessa pesquisa.

Segundo Frau e Neto (2017) a construção do Elevado Costa e Silva desqualificou o tecido urbano envoltório, pois a via está elevada em 5,5 metros do solo e em alguns trechos, se distancia apenas 5 metros das edificações lindeiras, além do impacto visual e sonoro em toda sua extensão de 3,5 quilômetros, que interligam a Praça Roosevelt, centro da cidade ao Largo Padre Pericles, bairro Perdizes.

Após a publicação do Plano Diretor Estratégico de 2014, onde consta a decisão de desativar o Elevado Presidente João Goulart para o uso viário, a PMSP e a Câmara dos Vereadores passam a articular o debate sobre a transformação da estrutura viária em parque suspenso ou sobre a demolição da via. (FRAU et al., 2017)

É importante informar que, aos domingos, feriados e durante a noite, o elevado está sendo utilizado como área de lazer, onde os moradores da região realizam diversas atividades como caminhadas, andar de skate, bicicleta, apresentações artísticas, entre outras.

A região em questão é afetada pelo fenômeno das ilhas de calor, uma vez que se caracteriza por uma alta densidade construtiva. Isso se intensifica com a deficiência das áreas verdes, o que desqualifica tanto a paisagem como o clima urbano das imediações.

Lombardo (1985) aborda os fenômenos das ilhas urbanas de calor que se caracterizam pelo acúmulo de ar quente em grande quantidade, principalmente no centro das cidades, sendo esse o principal motivo do desequilíbrio térmico. Para o pesquisador, os centros urbanos são locais de difícil evaporação e baixa dispersão dos poluentes atmosféricos.

"Paredes nuas são abundantes nas nossas cidades, o que pode causar a degradação visual, além de contribuir para elevar a temperatura em áreas urbanas e para o escoamento rápido de águas pluviais. Existe aí um grande potencial a ser descoberto. A criação de áreas cobertas por vegetação nestas paredes – jardins verticais - traz vários e diferentes benefícios." (COSTA, 2011)

A região envoltória do Elevado Presidente João Goulart possui 140 empenas cegas, mapeadas pelo Movimento 90⁰¹ que se intitula um “negócio sustentável” e defende a aplicação dos jardins verticais nessas empenas, como parte do projeto "Corredor Verde Minhocão" idealizado pelos mesmos. Tendo em vista as iniciativas da Prefeitura do Município de São Paulo e a atuação do Movimento 90⁰, foram instalados ao longo da via elevada, até agora, 7 jardins verticais nas empenas cegas, analisados nesse estudo de caso.

Esta pesquisa dedica-se a investigar a hipótese de que a implantação de jardins verticais nas empenas cegas dos edifícios ao longo do Elevado promove a melhoria do clima urbano local. Portanto, para analisar o impacto dessas estruturas verdes, o método consiste na medição de variáveis climáticas, como temperatura, umidade do ar e registros de temperatura de superfície das empenas - com e sem jardim vertical - no trecho de aproximadamente 1.830 metros de extensão que engloba os jardins verticais mencionados. Desta forma, a partir da coleta e análise dos dados será possível indicar se tais estruturas verdes tem potencial para atuar no contexto urbano como instrumento de compensação ambiental, bem como postulou o Decreto n° 55.994/15 ou apenas como medida mitigadora do microclima.

¹ MOVIMENTO 90° - edifício Honduras. Realização de Movimento 90°. São Paulo, Dezembro 2013. (10 min.), son., color. Disponível em: <<https://vimeo.com/82411566>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Historicamente, segundo Scherer e Fedrizzi (2016), os jardins verticais planejados pelo homem datam do século 3 a.C., especialmente na região do Mediterrâneo, a partir do cultivo de plantas que se desenvolviam em treliças apoiadas nas paredes.

Há registros, na idade antiga, dos jardins suspensos da Babilônia, momento em que a vegetação passa a atuar como elemento natural de suporte à arquitetura. (PEDROSA, 2016) Nunes (2010) discorre sobre os Jardins da Babilônia, localizados junto às margens do Rio Eufrates, que recriavam a ideia de oásis, com terraços sobrelevados, onde se plantava desde jasmims e tulipas, até alecrim e pinheiros. Os Jardins Suspensos da Babilônia são considerados uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo e habitam o imaginário coletivo.

Entretanto, a popularização dos jardins verticais como o conhecemos hoje, advém do início do séc. XXI, com a tecnologia “Mur Vegetal”, desenvolvida pelo botânico francês Patrick Blanc. (BLANC, 2008; COSTA, 2011 apud BARBOSA et al., 2016) Para Costa (2011) Patrick Blanc é o representante mais significativo dos paisagistas com enfoque nos jardins verticais.

Para Morellato (2010 apud ROSA et al., 2014), os Jardins Verticais são estruturas compostas por diversos materiais que se fixam em estruturas isoladas da parede externa. Existem diversos modelos para concepção de estruturas verdes, dentre eles o sistema desenvolvido por Patrick Blanc, que consiste em um suporte de fixação para as plantas independente da área da superfície vertical.

As paredes vivas como tecnologia são compostas por uma estrutura metálica que atua como o suporte para placas de PVC e duas camadas de feltro ou tecido geotêxtil. (BLANC, 2008 apud BARBOSA et al., 2016)

Paredes verticais são produções hidropônicas, ou seja, possuem tecnologia de cultivar plantas sem o uso do solo. (PATTEN, 2004 apud ROSA et al., 2015)

O termo Jardim Vertical é uma categoria abrangente que se subdivide em duas tipologias principais: fachadas verdes e paredes vivas. (SHARP et al., 2008; PERINI et al., 2011, SHIAH; KIM, 2011; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015 apud BARBOSA et al., 2016) A fachada verde se caracteriza como sistema extensivo, ou seja, de fácil construção e manutenção, que usa espécies trepadeiras diretamente na parede (técnica direta) ou em alguma estrutura de suporte (técnica indireta) e a parede viva se caracteriza como sistema intensivo, de construção e manutenção mais complexa e refere-se à tecnologias que se utilizam de painéis e módulos de materiais diferentes, podendo ser contínuas, Mur Vegetal (técnica de Patrick Blanc), ou moduladas. (PEREZ et al., 2011; MANSO CASTRO-GOMES, 2015; SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; SHIAH KIM, 2011 apud BARBOSA et. al, 2016).

Para Sherer e Fedrizzi (2016 apud Pedrosa, 2016), a evapotranspiração das plantas decorre na refrigeração do ar antes que esse penetre o próprio edifício. A água da transpiração das plantas é dissipada na atmosfera e torna o ar mais úmido e fresco.

Segundo Garrido (2011 apud SHERER e FEDRIZZI, 2016) um jardim vertical do tipo intensivo ou parede viva se assemelha a uma fachada ventilada, tendo em vista que a fixação dos módulos gera uma camada de ar entre a parede e a estrutura verde. As vantagens são restritas ao verão e em locais de clima muito quente.

Ainda, Hopkins e Goodwin (2011 apud Pedrosa, 2016) afirmam que a quantidade de sombreamento a ser fornecido pelas espécies varia de acordo com o sistema de fixação e densidade da vegetação, que pode ser desde uma camada muito leve com menos de 10% de cobertura até um fechamento completo com 80% ou mais de ocupação.

Outro nome importante na concepção de edifícios com estruturas verdes é Emilio Ambasz. O arquiteto projetou o ACROS Fukuoka Prefectural International Hall, Japão, onde foram plantados 100.000 metros quadrados de superfície vegetal em 15 terraços escalonados. O projeto de Ambasz foi uma resposta à um problema urbano comum: a necessidade do espaço verde na cidade. Velazquez (2011) constatou para esse projeto, a partir de pesquisas, uma diferença de 15°C entre a temperatura da superfície de concreto e a cobertura verde, constatando que há supressão do aumento da temperatura do ar.

Abreu (2008) defende que as principais modificações climáticas das cidades são causadas pela ausência de indivíduos arbóreos e acarretam em maior incidência de radiação solar direta, aumento da temperatura do ar e redução da umidade, assim como também altera os ciclos de precipitação e a direção dos ventos.

A vegetação em áreas urbanas é um fator importante no microclima e contribui, portanto, para o aumento da umidade relativa do ar e diminuição da temperatura. (SILVA et al., 2015 apud ABREU, 2008)

3. METODOLOGIA

Uma vez determinados como objetos de análise climática os sete jardins verticais implantados em empenas cegas ao longo do Elevado Presidente João Goulart, foi realizado o recorte da área para o monitoramento térmico in loco.

As medições foram realizadas em percurso determinado no próprio elevado, com início no acesso de veículos próximo à estação do metrô Marechal Deodoro e fim no encontro da via elevada com a Rua da Consolação, configurando um passeio de aproximadamente 1.830 metros, segundo informação do Google Earth (figura 1).

Figura 1



Legenda: Imagem do Percurso realizado no Elevado P. João Goulart
Fonte: Google Earth

Considerando que a pesquisa tem cronograma de um ano e teve início em agosto/2016, os primeiros meses, de agosto à outubro, destinaram-se ao estudo do referencial teórico. As medições foram realizadas desde outubro de 2016 até abril de 2017, duas vezes por mês, aos domingos, um dos dias da semana em que o Elevado Presidente João Goulart é utilizado apenas por pedestres, o que viabilizou o percurso supracitado. Totalizou-se, portanto, 12 dias de pesquisa em campo e 15 medições, sendo que nove foram realizadas no período da manhã e seis foram feitas também no período da tarde para que fossem coletados dados que apresentassem variáveis no decorrer de um mesmo dia. A seguir, a tabela (figura 2) mostra com exatidão os horários das medições, com duração média de 50 minutos para realização do percurso completo.

É importante ressaltar que os aparelhos utilizados, descritos abaixo - a Câmera Termovisora e o Termohigrômetro - embora ligados no mesmo momento, apresentavam diferenças sutis entre seus relógios internos, o que acarretou na falta de sincronia entre os mesmos.

Figura 2

Medições	Dia	Horário (termo-higrômetro)	Horário (primeira/última foto térmica)
1	30/10/2016	x	09:33 - 10:19
2	20/11/2016	15:18 - 16:07	15:05 - 15:47
3	11/12/2016	10:05 - 10:54	09:55 - 10:28
4	18/12/2016	09:52 - 10:41	09:49 - 10:26
5	15/01/2017	09:43 - 10:32	09:39 - 10:21
6A	29/01/2017	10:24 - 11:13	10:22 - 11:02
6B	29/10/2017	14:36 - 15:25	14:32 - 15:08
7	19/02/2017	09:46 - 10:35	09:48 - 10:22
8	26/02/2017	09:46 - 10:35	09:46 - 10:26
9A	12/03/2017	09:40 - 10:30	09:40 - 10:14
9B	12/03/2017	15:15 - 16:05	15:10 - 15:40
10	19/03/2017	15:27 - 16:16	15:31 - 16:01
11A	02/04/2017	10:14 - 11:03	10:10 - 11:10
11B	02/04/2017	14:48 - 15:37	15:40 - 16:10
12	23/04/2017	15:02 - 15:51	15:09 - 15:35

Legenda: Tabela com horários e dias das medições de acordo com cada aparelho utilizado. Em verde, marcação de medições feitas pela manhã (A) e à tarde (B).

Fonte: Acervo Pessoal

A metodologia consiste na mensuração dos dados térmicos relativos ao microclima urbano dessa região e, a partir disso, compreender a situação térmica dos jardins verticais e de seu entorno construtivo. Para tanto, foram utilizados dois aparelhos pertencentes à Universidade Presbiteriana Mackenzie, uma câmera termovisora e um termo-higrômetro, mediante à emissão de romaneios que documentaram o deslocamento desse material nas datas supracitadas. Segue abaixo as especificidades para as mensurações de temperatura de superfície e temperatura/umidade do ar:

Temperatura de Superfície

A Câmera Termovisora modelo MTV - 2010 - MINIPA foi obtida na Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e condicionou a metodologia dessa pesquisa. Na época do projeto de pesquisa ainda não se sabia da possibilidade de utilização desse aparelho. Ao adquiri-la foi possível a coleta de dados mais específicos dos jardins verticais, já que ela detecta as temperaturas de superfície da fachada em graus celsius.

Figura 3



Legenda: Câmera Termovisora modelo MTV - 2010 – MINIPA

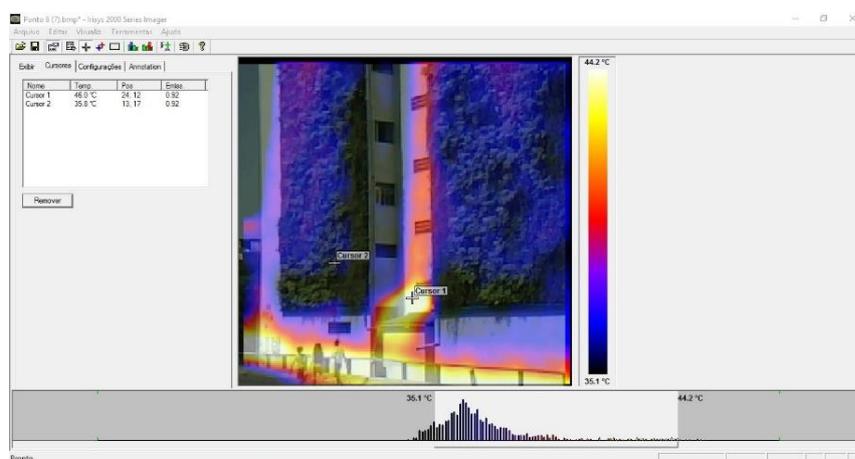
Fonte: Acervo Pessoal

Por se tratar de um levantamento de imagens e dados, foram escolhidos vinte pontos de onde as imagens são geradas, sendo essas referentes às empenas de edifícios localizados

no entorno imediato do Elevado P. João Goulart. Para fins comparativos e de compreensão da situação térmica das fachadas, ao longo do percurso, foram classificados três tipos de imagens para leitura térmica: empenas de concreto (ou de algum outro material, como vidro), empenas que são próximas à massas arbóreas e jardins verticais. Posteriormente, os pontos de medição foram categorizados, de maneira mais específica, por tipologias de empenas.

A Câmera Termovisora está atrelada ao software Insys 2000 Series Imager que avalia a variação de temperatura na imagem através de dois cursores, conforme demonstra a figura 4.

Figura 4



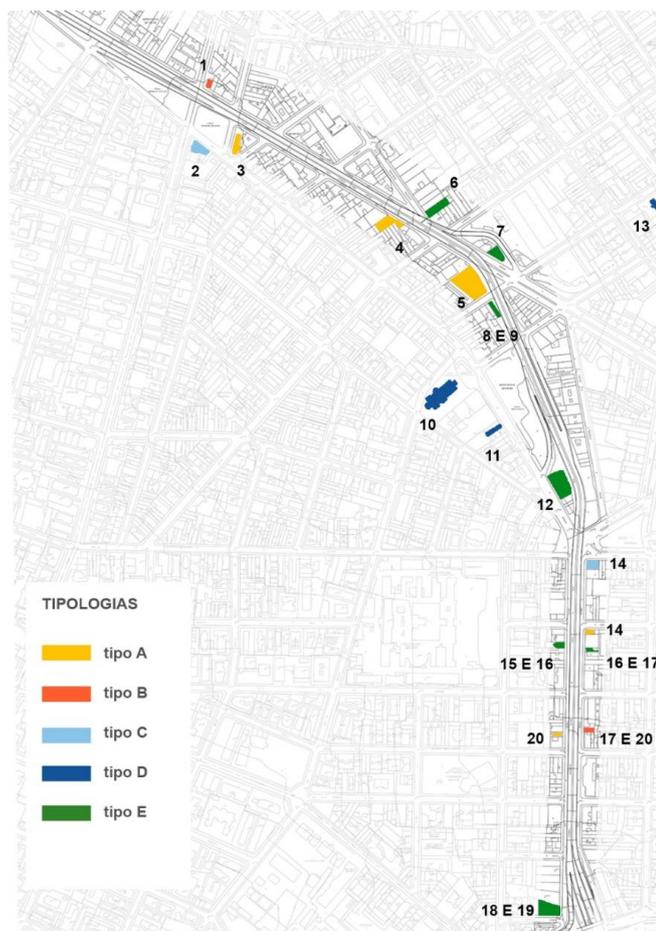
Legenda: Tela de configuração do software Insys 2000 Series Imager
Fonte: Acervo Pessoal

Na escolha dos pontos para coleta de dados foi utilizado como critério a abrangência de situações diversas que representam diferentes condições urbanas. As imagens possuem características específicas, como obstrução de céu, diferentes materiais de empenas, cores escuras ou claras - com maior ou menor absorção de calor, orientações solares dos edifícios, a existência de estruturas verdes ou ainda de massas arbóreas próximas à edificação.

Os pontos de medição seguem localizados na figura 5 e se categorizam nas seguintes tipologias de classificação: tipo A - empena de concreto e cor clara; tipo B - empena de concreto e cor escura; tipo C - empena de vidro e influência de massa arbórea; tipo D - empena de concreto, cor clara ou escura e influência de massa arbórea e tipo E - jardim vertical.

Uma mesma foto térmica (ou ponto) pode contemplar mais de uma tipologia de empena, quando se tratarem de edifícios distintos.

Figura 5



Legenda: Imagem do Percurso realizado com indicação dos pontos de coleta de dados (fotos térmicas de empenas) de acordo com as tipologias supracitadas.

Fonte: Acervo Pessoal

Para cada ponto foram tiradas 15 fotos térmicas, seguem abaixo as mais significativas que ilustram as imagens ao longo do percurso:

Figura 6



Legenda: PONTO 1, MEDIÇÃO 8 TIPO B, Horário: 09:46

Fonte: Acervo Pessoal

Figura 7



Legenda: PONTO 2, MEDIÇÃO 8, **TIPO C**, Horário: 09:48
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 8



Legenda: PONTO 3, MEDIÇÃO 6B, **TIPO A**, Horário: 14:37
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 9



Legenda: PONTO 4, MEDIÇÃO 11B, **TIPO A**, Horário: 10:24
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 10



Legenda: PONTO 5, MEDIÇÃO 9A, **TIPO A**, Horário: 09:51
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 11



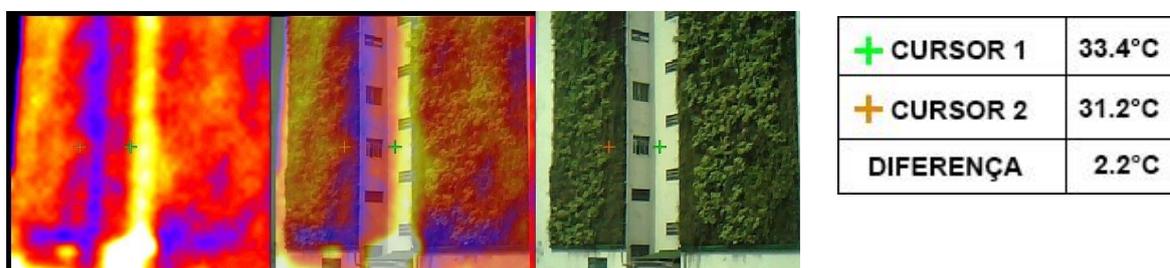
Legenda: PONTO 6, MEDIÇÃO 8, **TIPO E**, Horário: 09:59
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 12



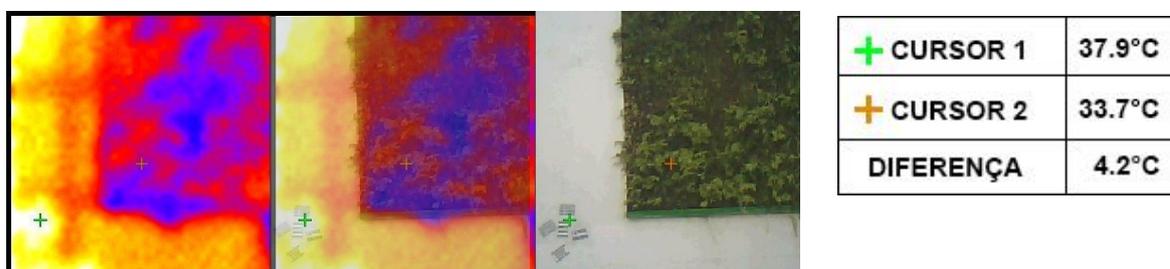
Legenda: PONTO 7, MEDIÇÃO 1, **TIPO E**, Horário: 15:19
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 13



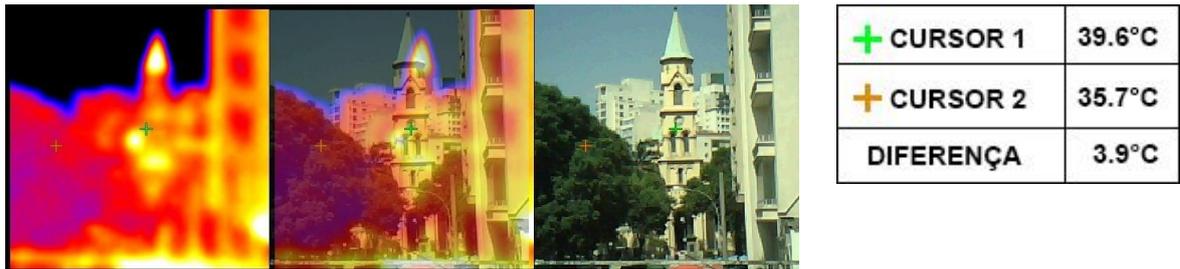
Legenda: PONTO 8, MEDIÇÃO 9A, **TIPO E**, Horário: 09:54
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 14



Legenda: PONTO 9, MEDIÇÃO 10, **TIPO E**, Horário: 15:43
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 15



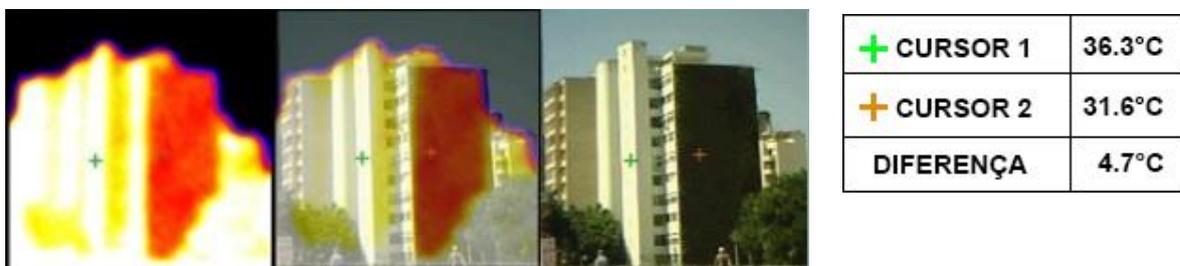
Legenda: PONTO 10, MEDIÇÃO 8, TIPO D, Horário: 10:04
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 16



Legenda: PONTO 11, MEDIÇÃO 6A, TIPO D, Horário: 10:54
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 17



Legenda: PONTO 12, MEDIÇÃO 8, TIPO E, Horário: 10:08
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 18



Legenda: PONTO 13, MEDIÇÃO 3, TIPO D, Horário: 10:15
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 19



Legenda: PONTO 14, MEDIÇÃO 7, TIPO C/A, Horário: 10:12
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 20



Legenda: PONTO 15, MEDIÇÃO 6B, TIPO E, Horário: 15:00
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 21



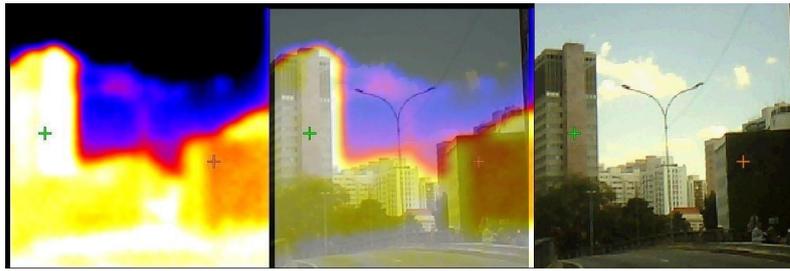
Legenda: PONTO 16, MEDIÇÃO 6B, TIPO E, Horário: 15:00
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 22



Legenda: PONTO 17, MEDIÇÃO 7, TIPO E/B, Horário: 10:15
 Fonte: Acervo Pessoal

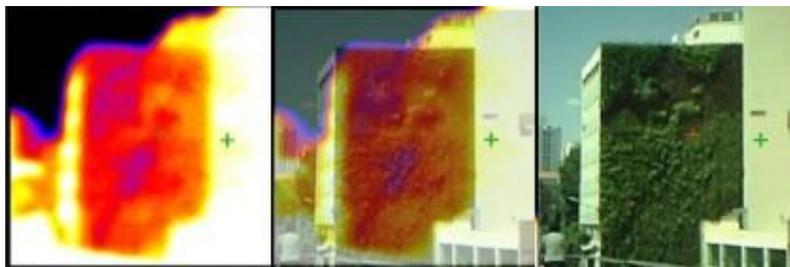
Figura 23



+ CURSOR 1	38.5°C
+ CURSOR 2	31.3°C
DIFERENÇA	7.2°C

Legenda: PONTO 18, MEDIÇÃO 10, TIPO E/A, Horário: 16:01
 Fonte: Acervo Pessoal

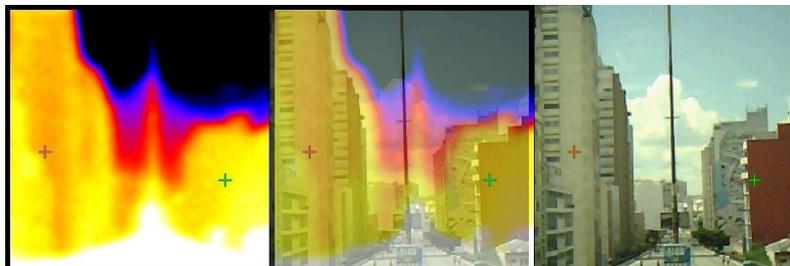
Figura 24



+ CURSOR 1	37.7°C
+ CURSOR 2	33.7°C
DIFERENÇA	4.0°C

Legenda: PONTO 19, MEDIÇÃO 8, TIPO E, Horário: 10:29
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 25



+ CURSOR 1	35.7°C
+ CURSOR 2	34.0°C
DIFERENÇA	1.7°C

Legenda: PONTO 20, MEDIÇÃO 7, TIPO A/B, Horário: 10:22
 Fonte: Acervo Pessoal

Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Figura 26



Legenda: Termo-higrômetro Datalogger 32.000 HT-4000 ICEL
 Fonte: Acervo Pessoal

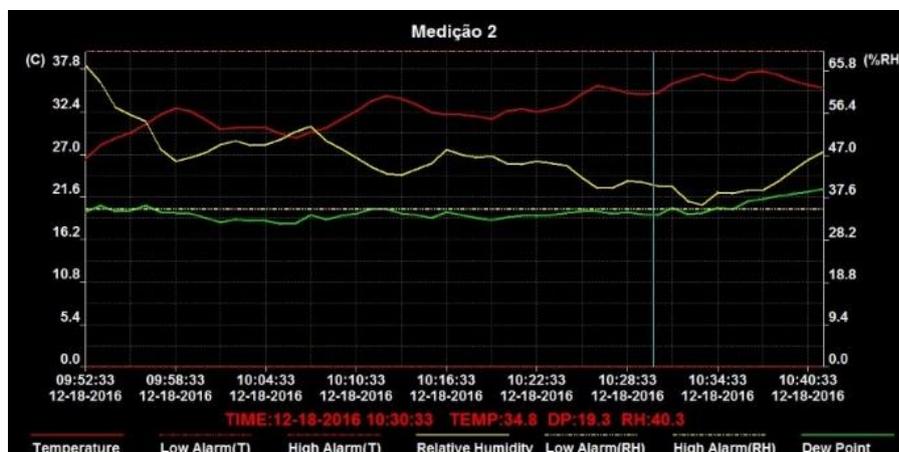
O aparelho utilizado para medição de temperatura e umidade do ar foi o termo-higrômetro Datalogger 32.000 HT-4000 ICEL, obtido no Laboratório de Conforto Térmico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. O laboratório adquiriu o aparelho e a pesquisa de campo já havia começado, portanto, foi utilizado apenas a partir da segunda medição em 20/11/2016. O termo-higrômetro assimila a Temperatura do Ar (°C), Umidade Relativa do Ar (%) e Ponto de Orvalho compatibilizados por minuto, no transecto. Quanto aos dados de temperatura, o aparelho identifica valores dentro da variação de - 20°C e 60°C, já em relação à Umidade Relativa, ele assimila valores entre 0 e 100%.

A partir do software Datalogger, ligado ao aparelho, configura-se o tempo de medição a ser computado pelo termo-higrômetro. Anteriormente à realização de todas as medições, foi configurado, no software, 50 minutos para compatibilização dos dados, tendo em vista a média de tempo levado para percorrer o transecto.

No que tange a metodologia de utilização do Termo-higrômetro, essa pesquisa se embasou no uso realizado por Maciel (2011), em que as medições foram tomadas aproximadamente a 1,20 metros do solo, mapeando o microclima relativo ao pedestre. Para que a temperatura do corpo do pesquisador não influencie no resultado térmico, o aparelho deve ser segurado a aproximadamente 50 cm de distância do corpo e em recipiente próprio, assim o pesquisador evita o contato com o Datalogger no período em que os dados estão sendo coletados.

Os dados coletados são visualizados e analisados em software específico após as medições in loco. O Datalogger gera gráficos com curvas relativas a cada dado térmico - diferenciadas por cores, retratadas na figura 27.

Figura 27



Legenda: Gráfico gerado pelo Software Datalogger
Fonte: Acervo Pessoal

O software nos permite identificar as variações dos dados no decorrer do percurso e comparar a relação entre temperatura e umidade do ar em um mesmo período. Além disso, posteriormente, esses dados também podem ser analisados em comparação com às imagens da câmera termovisora, através do horário.

Para compatibilização dos dados de ambos os aparelhos e comparação entre os valores térmicos obtidos foram feitas análises através de tabelas e gráficos, que consideram além dos dados primários (Temperatura Máxima da Superfície, Temperatura Mínima da Superfície, Temperatura do Ar por Minuto, Umidade Relativa do Ar por minuto e Ponto de Orvalho por minuto), questões mais singulares das empenas, como por exemplo: material, cor, orientação e situação térmica (insolada ou sombreada) da fachada, tendo em vista que esses dados nos permitem uma conclusão particularizada para os vinte pontos contemplados pela pesquisa.

As medições geraram 15 tabelas como a da figura 28: nove realizadas no período da manhã e seis no período da tarde. As linhas da tabela caracterizam o objeto de mensuração em cada ponto:

Figura 28

Ponto	Data	Hora	Câmera Térmica												Termohigrômetro	
			Cursor 1				Temperatura Máxima (°C)	Cursor 2				Temperatura Mínima (°C)	Diferença Térmica (°C)	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa	
			Material	Cor	Orientação da Fachada	Insolação Direta		Material	Cor	Orientação da Fachada	Insolação Direta					
1	18/12/2016	09:49:00	Concreto	Azul	Oeste	Face Sombreada	30,0	Concreto	Vermelho	Sul	Face Sombreada	28,1	1,9	x	x	
2	18/12/2016	09:51:00	Vidro	x	Norte	Face Insolada	29,6	Vegetação	x	Norte	Face Insolada	30,4	0,8	x	x	
3	18/12/2016	09:52:00	Concreto	Cinza	Oeste	Face Sombreada	26,9	Concreto	Cinza	Norte	Face Sombreada	25,3	1,6	26,4	67,0	
4	18/12/2016	09:57:00	Concreto	Cinza	Nordeste	Face Sombreada	24,7	Concreto	Cinza	Oeste	Face Insolada	30,9	6,2	32,0	48,5	
5	18/12/2016	09:59:00	Concreto	Cinza	Oeste	Face Sombreada	29,8	Concreto	Cinza	Norte	Face Sombreada	28,0	1,8	32,5	46,5	
6	18/12/2016	10:01:00	Jardim Vertical	x	Leste	Face Insolada	31,5	x	x	x	x	x	x	30,2	49,4	
7	18/12/2016	10:02:00	Concreto	Branco	Sul	Face Insolada	32,0	Jardim Vertical	x	Leste	Face Insolada	28,3	3,7	30,4	50,3	
8	18/12/2016	10:03:00	Concreto	Branco	Norte	Face Insolada	30,8	Jardim Vertical	x	Norte	Face Insolada	30,6	0,2	30,5	49,2	
9	18/12/2016	10:07:00	Concreto	Branco	Norte	Face Insolada	30,4	Jardim Vertical	x	Norte	Face Insolada	28,5	1,9	29,8	53,5	
10	18/12/2016	10:08:00	Concreto	Amarelo	Norte	Face Insolada	30,4	vegetação	x	Norte	vegetação insolada	28,7	1,7	30,4	50,2	
11	18/12/2016	10:11:00	Concreto	Branco	Norte	Face Insolada	28,8	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Sombreada	25,0	3,8	33,8	44,5	
12	18/12/2016	10:11:00	Concreto	Amarelo	Norte	Face Insolada	30,4	vegetação	x	Norte	Vegetação insolada	27,6	2,8	33,8	44,5	
13	18/12/2016	10:14:00	Concreto	Preta	Sul	Face Sombreada	27,0	vegetação	x	Sul	Vegetação Sombreada	24,7	2,3	33,8	44,5	
14	18/12/2016	10:15:00	Vidro	x	Oeste	Face Sombreada	25,6	Concreto	Branco	Oeste	Face Sombreada	24,2	1,4	32,3	45,2	
15	18/12/2016	10:18:00	Concreto	Branco	Norte	Face Insolada	26,0	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Sombreada	24,4	1,6	31,8	46,6	
16	18/12/2016	10:19:00	Concreto	Cinza	Oeste	Face Sombreada	26,6	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Sombreada	24,2	2,4	31,5	46,8	
17	18/12/2016	10:18:00	Concreto	Vermelho	Oeste	Face Insolada	26,0	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Insolada	25,1	0,9	31,8	46,6	
18	18/12/2016	10:25:00	Concreto	Rosa	Oeste	Face Insolada	26,0	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Insolada	25,9	0,1	34,7	42,0	
19	18/12/2016	10:28:00	Concreto	Branco	Oeste	Face Insolada	28,0	Jardim Vertical	x	Oeste	Face Insolada	24,7	3,3	34,8	41,3	
20	18/12/2016	10:26:00	Concreto	Vermelho	Leste	Face Sombreada	28,3	Concreto	Branco	Leste	Face Sombreada	28,4	0,1	35,7	39,7	

Legenda: Caracterização das tipologias dos pontos de medição, completando legenda da figura 5.

Fonte: Acervo Pessoal

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir da análise das 300 imagens fruto das 15 medições, constatou-se resultados térmicos relevantes para os diferentes pontos nos quais há jardins verticais instalados², conforme destacados abaixo:

A figuras 29 e 30 ilustram o jardim vertical do Edifício Bonfim, localizado na Rua Gen. Julio Marcondes Salgado, classificado como ponto 6, que foi construído durante as medições térmicas realizadas. Isso foi relevante, já que há 3 parâmetros de análise para a mesma empena. Na Medição 1, em 30/10, estava sendo instalada a manta impermeabilizante que

² A metragem quadrada de vegetação relativa a cada jardim vertical foi obtida em Movimento 90°. Disponível em: <<http://movimento90.com/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

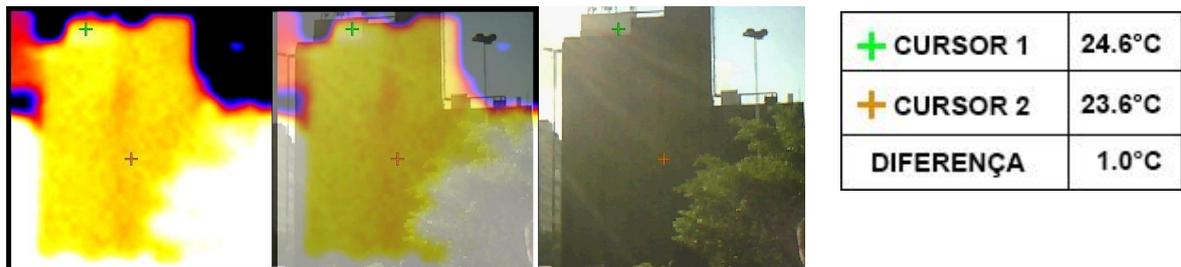
fica entre o jardim e a estrutura metálica. A cor preta da manta, possivelmente por absorver mais calor, possuía 7,5 °C de diferença em relação a porção de concreto. Quando o jardim foi instalado foi possível aferir temperaturas mais baixas para a empena, como retrata a figura 30, medição 11B, onde se constatou temperatura de superfície equivalente à 23,6°C para o jardim vertical. Deve-se considerar também que a média de temperatura desse dia era 25,0 °C, de acordo com termohigrômetro.

Figura 29



Legenda: PONTO 6, MEDIÇÃO 1, Horário: 09:46
Fonte: Acervo Pessoal

Figura 30



Legenda: PONTO 6, MEDIÇÃO 11B, Horário: 10:34
Fonte: Acervo Pessoal

Na figura 31, o Ed. Santos localizado na Av. São João, possui 176 m² de vegetação instalados na empena cega e foi classificado como ponto 7, nesse estudo de campo. Constantemente, é o jardim que possui maior diferença térmica em relação à empena de concreto, sendo que, para a ocasião, a refrigeração do jardim vertical foi de 4,9 °C. Salienta-se que a empena verde está orientada a leste e a empena de concreto para o sul implicando em diferentes incidências solares ao longo do dia, o que pode alterar a temperatura de superfície.

Figura 31



Legenda: PONTO 7, MEDIÇÃO 2, Horário: 15:19
 Fonte: Acervo Pessoal

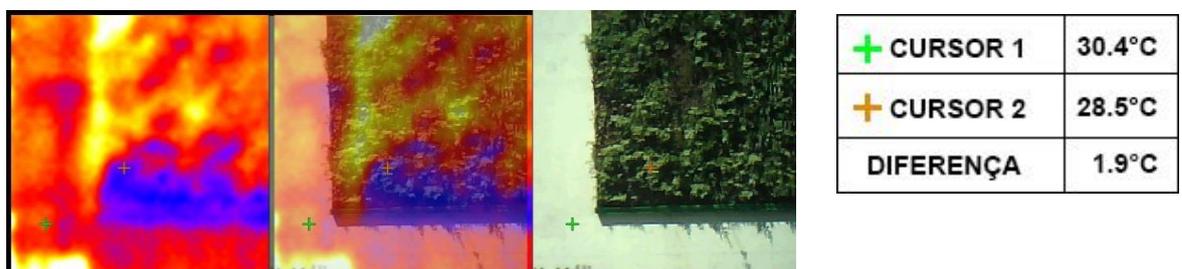
Nas figuras 32 e 33, o jardim vertical instalado na empena do Ed. Huds, na Rua Helvétia, é mostrado em diferentes ângulos (pontos 8 e 9). A empena verde está orientada para o norte, tanto na porção de jardim como na porção em concreto, o que nos permite uma comparação efetiva no que tange a insolação da fachada. Nas medições 7 e 5, podemos perceber diferenças que variam de 1,9°C a 4,5°C, sendo o jardim vertical sempre mais refrigerado.

Figura 32



Legenda: PONTO 8, MEDIÇÃO 7, Horário: 10:01
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 33

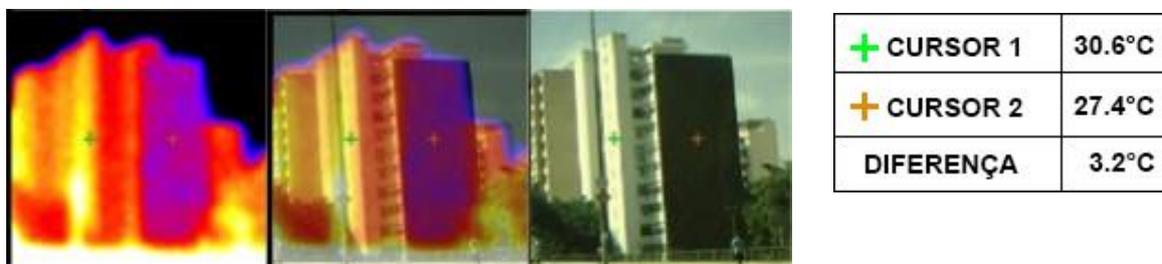


Legenda: PONTO 9, MEDIÇÃO 5, Horário: 09:59
 Fonte: Acervo Pessoal

Na figura 34, o ponto 12 refere-se à empena com 561 m² de vegetação no prédio Ed. Santa Cruz na Rua Sebastião Pereira e possui orientação solar oeste. A comparação entre os dados térmicos é feita para diferentes orientações de empena. A parte de concreto indicada pelo cursor 1 mostra 30,6°C de temperatura de superfície, na medição 6A, mas possui maior

incidência solar do que a fachada oeste em que está implantado o jardim vertical com 27,4°C de temperatura de superfície. Constata-se para a ocasião uma refrigeração de 3,2°C.

Figura 34



Legenda: PONTO 12, MEDIÇÃO 6A, Horário: 10:44
Fonte: Acervo Pessoal

Nas figuras 35 e 36, os edifícios Santa Filomena e Minerva, localizados na Av. Amaral Gurgel, conformam os pontos 15 e 17, respectivamente. A empena verde para os dois edifícios se orienta a oeste.

Figura 35



Legenda: PONTO 15, MEDIÇÃO 6A, Horário: 10:52
Fonte: Acervo Pessoal

Na figura 36, compara-se a temperatura de superfície de uma empena de concreto de cor escura, provavelmente mais quente que outras – cursor 1, com o jardim vertical – cursor 2. Nota-se, na medição 10, feita no período da tarde, uma diferença de 6,2°C entre a empena de concreto e o jardim vertical.

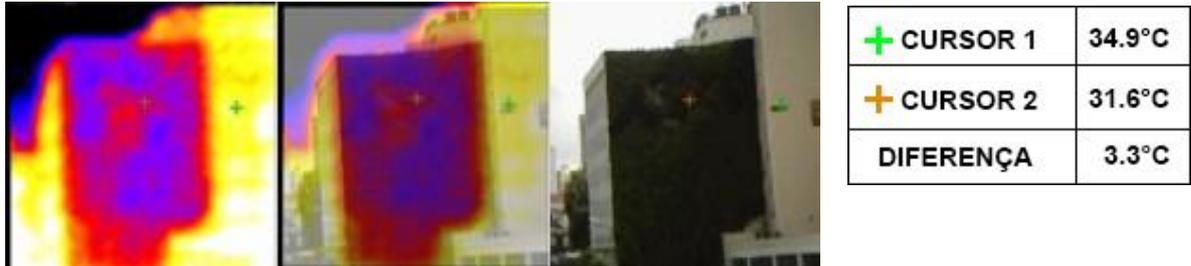
Figura 36



Legenda: PONTO 17, MEDIÇÃO 9B, Horário: 15:33
Fonte: Acervo Pessoal

A figura 37 apresenta o jardim vertical do Ed. Mackenzie, localizado na Rua Maria Borba que também se orienta à oeste. São 316 m² de vegetação que compõe esse jardim e, para essa medição, constatou-se 3,3 °C de refrigeração na superfície verde, quando comparada à empena de concreto com mesma orientação.

Figura 37



Legenda: PONTO 19, MEDIÇÃO 7, Horário: 10:24
 Fonte: Acervo Pessoal

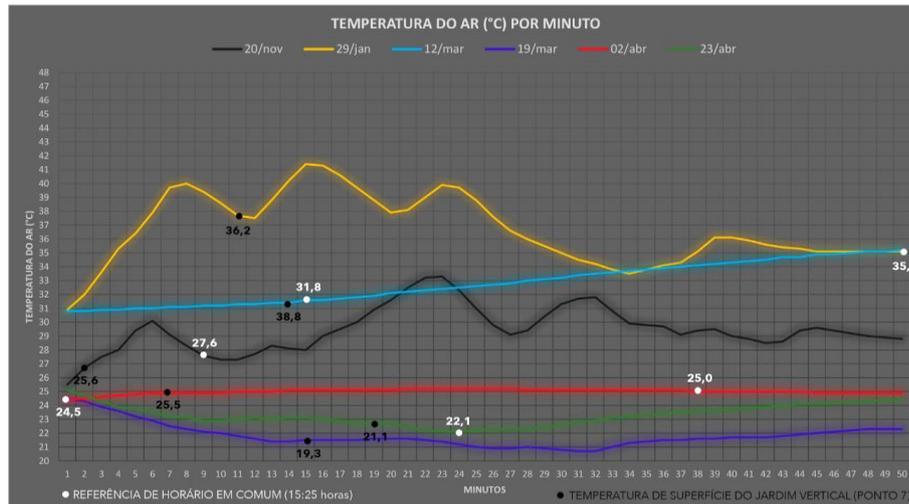
Os dados coletados com o termo-higrômetro abrangem o estudo direto do microclima urbano, sendo que os dados referentes à temperatura do ar por minuto - ao longo dos 50 minutos de percurso - no período da manhã e da tarde estão retratados nas figuras 38 e 39 e os dados referentes à umidade relativa do ar por minuto estão dispostos nas figuras 41 e 42. Nas figuras 38 e 39, os gráficos de temperatura do ar por minuto mostram, respectivamente, 8 medições realizadas no período da manhã e 6 realizadas no período da tarde. Na figura 38, **PONTOS EM BRANCO** indicam a temperatura do ar às 10h25 e na figura 39, indicam a temperatura do ar às 15h25.

Figura 38



Legenda: Gráfico de temperatura do ar por minuto para 8 medições, período da manhã.
 Fonte: Acervo Pessoal

Figura 39



Legenda: Gráfico de temperatura do ar por minuto para 6 medições, período da tarde
Fonte: Acervo Pessoal

Em ambos os gráficos, os **PONTOS EM PRETO** indicam a temperatura de superfície do jardim vertical (ponto 7), no momento da medição e pode ser relacionado à temperatura do ar no mesmo horário, para a qual apresenta-se a tabela abaixo:

Figura 40

Medição	Dia	Horário	Temperatura do Ar (horário da foto térmica)	Temperatura de Superfície (ponto 7)	Diferença Térmica
2	20/nov	15:19	26,7	25,6	1,1
3	11/dez	10:07	29,6	26,2	3,4
4	18/dez	10:02	30,4	28,3	2,1
5	15/jan	09:56	30	30,2	-0,2
6A	29/jan	10:38	31,7	30,8	0,9
6B	29/jan	14:46	37,7	36,2	1,5
7	19/fev	10:03	40,1	35,1	5
8	26/fev	10:00	37,6	31,9	5,7
9A	12/mar	09:53	31,5	32,6	-1,1
9B	12/mar	15:23	38,8	36	2,8
10	19/mar	15:41	21,5	19,3	2,2
11A	02/abr	10:35	24,9	23,6	1,3
11B	02/abr	14:54	26,6	25,5	1,1
12	23/abr	15:20	22,7	21,1	1,6

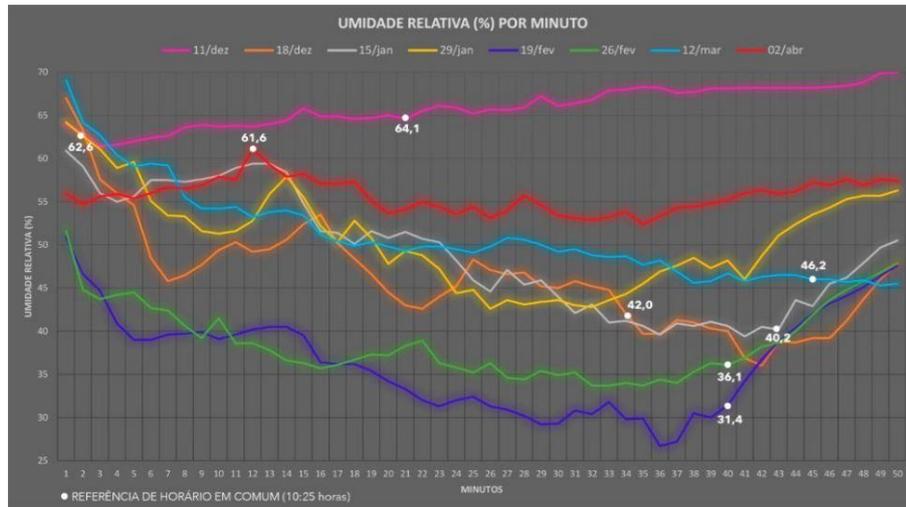
Legenda: Tabela de Diferença Térmica entre a Temperatura do Ar e a Temperatura de Superfície
Fonte: Acervo Pessoal

O jardim vertical na empena do Ed. Santos (ponto 7) foi escolhido para esta análise, pois dentre os 7 jardins verticais no eixo do elevador João Goulart, o mesmo indica temperaturas de superfície menores que o trecho da empena em concreto. Pode-se notar pelos gráficos (figura 38 e 39) que em comparação a temperatura do ar, o jardim vertical do ponto 7 está, em média, 1,95°C mais frio.

No tocante a condição climática, como se pode exemplificar no dia 11/12/2016, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) assimilou, para a ocasião, temperatura do ar entre 22 e 24 °C e umidade relativa superior a 60%. Os dados refletem alterações e variáveis na análise do microclima urbano, no entanto a pesquisa não teve essa abrangência.

Ao comparar dados de temperatura e umidade é notório que a medida que a temperatura aumenta, a umidade relativa tende a expressar um valor mais baixo, e vice-versa. Nas figuras 38 e 41, especificamente no dia 11/12, pode-se observar que a temperatura indicativa para às 10:25 era 28,3°C e a umidade relativa equivalia a 64,1%.

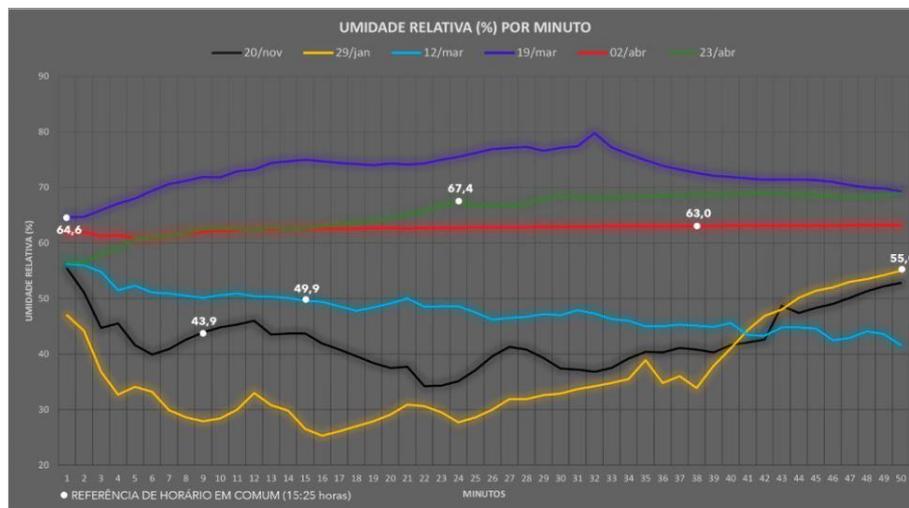
Figura 41



Legenda: : o gráfico de umidade relativa do ar por minuto para 8 medições, período da manhã.

Fonte:Acervo Pessoal

Figura 42



Legenda: o gráfico de umidade relativa do ar por minuto para 8 medições, período da tarde Fonte:

Acervo Pessoal

Nota-se temperaturas relativamente mais altas pela manhã, entretanto essa afirmação envolve outros fatores climáticos. É necessário considerar que as medições ocorreram em estações do ano diferentes – primavera, verão e outono - o que pode ter influenciado nas temperaturas médias de cada dia. As mensurações de março e abril, meses com incidência

do outono indicavam temperaturas mais baixas e umidades relativas mais altas, como no dia 19/03, onde essas variáveis eram, respectivamente, 22,1°C e 64,6%, conforme as figuras 39 e 42.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o teor da pesquisa e os dados coletados, retoma-se a problemática discutida: os jardins verticais atuam como medida compensatória ou mitigadora no clima urbano.

Conforme Lombardo (1985), áreas de crescimento vertical intenso se caracterizam por temperaturas elevadas e pouca quantidade de vegetação, em locais ocupados por usos industriais e residenciais, majoritariamente. Isto se compara à realidade da região no entorno do Elevado Presidente João Goulart, no que diz respeito à densidade demográfica, uso do solo e áreas verdes menos recorrentes.

Os resultados obtidos na pesquisa de campo são consideráveis, já que constata-se, por vezes, dadas as condições locais e específicas, até 6,2°C de diferença na temperatura da superfície entre um jardim vertical e uma empena de concreto, na medição 9B, dia 12/03, às 15:33 horas (figura 36).

Segundo Costa (2011), o interesse nos jardins verticais não deve ser justificado apenas pelo enriquecimento ornamental - sem subestimar o mesmo - já que também possuem como vantagem a ocupação de espaços para ajardinamento em locais de alta densidade com escassez de áreas verdes, sendo compreensível a tentativa de naturalização em meio ao crescimento urbano intenso. Entretanto, não deve-se utilizá-los como substituição à esses espaços verdes no solo.

Pedrosa (2016 apud COSTA, 2011) afirma que os jardins verticais não substituem os espaços verdes e que esses elementos surgem como estratégia para trazer natureza em meio ao concreto, mas enfatiza a importância da mancha verde urbana.

Compreendemos, portanto, em face das referências bibliográficas, que um jardim vertical não deve substituir uma árvore, ou seja, não deve atuar como compensação ambiental. Entretanto, pode atuar como medida mitigadora do microclima, tendo em vista os resultados térmicos consideráveis encontrados na pesquisa de campo.

Além disso, quando os jardins verticais estão dispostos respeitando certa linearidade, como ocorre no decorrer do Elevado Presidente João Goulart, nota-se uma nova configuração na paisagem urbana, o que, ainda pode ser intensificado mediante a instalação de jardins verticais em outras empenas cegas dispostas ao longo da via.

6. REFERÊNCIAS

AMBASZ, Emilio. **ACROS Fukuoka Prefectural International Hall**. Disponível em: <<http://emilioambaszandassociates.com/portfolio/Fukuoka-Prefectural-International-Hall>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ABREU, Loyde Vieira. **Estudo do raio de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Campinas, 2008, 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

BARBOSA, Murilo Cruciol; FONTES, Maria Solange G. de C. **Jardins verticais: modelos e técnicas**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 114-124, jun. 2016. ISSN 1980-6809.

COSTA, Carlos Smaniotto. **Jardins Verticais – uma oportunidade para as nossas cidades?** Vitruvius, São Paulo, 12 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.133/3941>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

FRAU, Fernanda Marafon; SILVA NETO, Manoel Lemes da. **O destino do Elevado Costa e Silva, o Minhocão: Uma decisão à luz do urbanismo**. Vitruvius, São Paulo, 17 jan. 17. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.200/6394>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

LOMBARDO, M. A.; **Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo. Ilha de calor nas metrópoles**. O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

MACIEL, Carolina de Rezende. **Análise da Relação entre Características do Ambiente Urbano e o Comportamento de Variáveis Microclimáticas: Estudo de Caso em Cuiabá-MT**. 2011. 127 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Mato Grosso Instituto de Física, Cuiabá, 2011.

MOVIMENTO 90º - edifício Honduras. **Realização de Movimento 90º**. São Paulo, Dezembro 2013. (10 min.), son., color. Disponível em: <<https://vimeo.com/82411566>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

NUNES, C. **Desenho de Jardins Históricos**. Convergências - Revista de Investigação e Ensino das Artes , v.3. (6) Disponível em: < <http://convergencias.ipcb.pt> >. Acesso em: 10 jun. 2017

PEDROSA, Natália Camila de Sousa. **Jardins verticais e seus efeitos no microclima urbano**. 2016. 18 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura, Instituto de Pós Graduação de João Pessoa, João Pessoa, 2016.

PROJECTS, The International Greenroof & Greenwall. **ACROS Fukuoka Prefectural International Hall**. Disponível em: <<http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=476>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ROSA, Altair et al. **Benefícios Ambientais da Implantação de Jardins Verticais em Grandes Centros Urbanos - Análise de um Projeto em Curitiba/Paraná Brasil**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Curitiba, v. 7, p.2-10, 4 out. 2015.

ROSA, Altair et al. **Jardins Verticais em Ambientes Urbanos—Uma Proposta Sustentável para Curitiba/PR**. Curitiba, 2014. Disponível em: <

http://academia.edu/14634797/Jardins_verticais_em_ambientes_urbanos_uma_proposta_sustentavel_para_Curitiba_PR >. Acesso em: 10 jun.2017

SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. **Plano Diretor Estratégico de São Paulo**. São Paulo, SP, 31 jul. 2014.

SCHERER, Minéia; FEDRIZZI, Beatriz Maria. **Arquitetura e paisagismo vertical: Alternativa estética e de qualificação ambiental**. Vitruvius, São Paulo, 16 jan. 2016. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.188/5907>>. Acesso em: 20 out. 2016.

Contatos: gabritogi@gmail.com e perola.brocaneli@mackenzie.br