

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Alba Valéria Sandi Mascarello

**EFEITOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA SOBRE O
CONFORTO TÉRMICO – Estudo de caso em Pará de Minas – Minas
Gerais**

Belo Horizonte

2017

Alba Valéria Sandi Mascarello

**EFEITOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA SOBRE O
CONFORTO TÉRMICO - Estudo de caso em Pará de Minas – Minas
Gerais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Área de concentração: Bens Culturais, Tecnologia e Território.

Linha de pesquisa: Tecnologia da arquitetura e urbanismo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Eleonora Sad de Assis
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

M395e

Mascarello, Alba Valéria Sandi.

Efeitos da arborização urbana viária sobre o conforto térmico [manuscrito] :
Estudo de caso em Pará de Minas - Minas Gerais / Alba Valéria Sandi Mascarello.
- 2017.

195f. : il.

Orientador: Eleonora Sad de Assis.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Arquitetura.

1. Arborização das cidades - Teses. 2. Planejamento urbano - Teses. 3.
Mudanças climáticas - Teses. 4. Arborização urbana - Metodologia - Teses. 5.
Desenvolvimento sustentável. 6. Pará de Minas (MG). I. Assis, Eleonora Sad de. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 715.2

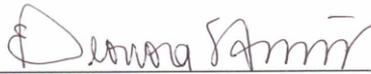
Ficha catalográfica: Biblioteca Raffaello Berti, Escola de Arquitetura/UFMG.

Alba Valéria Sandi Mascarello

"Efeitos da arborização urbana viária sobre o conforto térmico –
estudo de caso em Pará de Minas, MG"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e
Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas
Gerais e aprovada em 14 de dezembro de 2017.

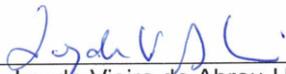
Comissão Examinadora:



Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis
Orientadora – Escola de Arquitetura/UFMG



Profa. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi
Instituto de Ciências Biológicas/UFMG



Profa. Dra. Loyde Vieira de Abreu-Harbich
Escola de Engenharia Civil/UFMG

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Dedico este trabalho ao Criador e a
todos os que amam, respeitam e
cuidam da Natureza.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua permissão. Pelo Seu amparo todos os dias e por me dar forças e bom ânimo para vencer mais esta etapa da minha vida.

A Jesus, meu modelo e guia, e ao meu anjo guardião que me sustentaram em todos os momentos, especialmente os mais difíceis.

À Prof^a Dr^a Eleonora Sad Assis, pelo grande exemplo de educadora, por sua disponibilidade e orientação atenciosa em todos os momentos, por confiar e acreditar no meu trabalho, por me conduzir de forma segura nesta pesquisa e por todas as inesquecíveis lições de vida recebidas nas inúmeras orientações.

À Luiza Barbosa Marques, por ter contribuído enormemente a essa pesquisa, pelo seu trabalho impecável, pela sua competência e generosidade em todas as horas, pelo apoio e estímulo nos momentos difíceis. “Vai dar tudo certo :))”, “Coragem! Falta pouco!”.

Aos colegas do PPACPS, especialmente à Claysi Mara P. de Souza, Daniel de Oliveira Amaral e Luciana de Assis Lage, pelo incentivo e amizade.

Aos colegas do LabCon – Laboratório de Conforto da Escola de Arquitetura , UFMG, pela troca de experiências. Agradeço especialmente à colega M^a. Eng^a. Cristiane Silveira de Lacerda pelas constantes palavras de otimismo e estímulo ao meu trabalho.

Às Prof^a. Dr^a. Maria Rita Scotti Muzzi - Dep. Botânica/ICB UFMG e à Prof^a. Dr^a. Loyde Vieira de Abreu-Harbich - Escola de Engenharia/Universidade Federal de Goiás , pela disponibilidade em avaliar do meu trabalho, pelas sugestões e contribuições valiosas à minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através de bolsa.

À equipe da Biblioteca da Escola de Arquitetura – UFMG, especialmente a Marco Antônio Lorena Queiroz pela ajuda prestimosa na formatação desta dissertação.

Ao Prof. Alexandre C. Leão e Igor Petrucci, do iLAB (Laboratório de Imagem Científica), da Escola de Belas Artes, UFMG, Pelas relevantes considerações à esta pesquisa e pelo auxílio nas análises fotográficas.

A todos os professores que fundamentaram o meu conhecimento ao longo da minha vida acadêmica.

A Emerson Paulino dos Reis e Leonardo G. Moreira pelos auxílios de última hora, sempre prestimosos.

À Prefeitura de Pará de Minas, pelo fornecimento de dados locais necessários à pesquisa.

À Sônia Naime, educadora ambiental, pela garra e luta em defesa do meio ambiente e por me estimular, sempre, ao estudo nessa área.

A Milton Santana – Horto Florestal e Eduardo Wagner Pereira – Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Pará de Minas pela ajuda no trabalho de campo e por compartilharem suas experiências de longos anos com as árvores.

À amiga Gláucia Miranda Varella Pereira com quem tudo começou. Por saber, antes de mim mesma, que eu seria capaz.

À amiga Geórgia Simone da Silva, pelo ouvido generoso nos momentos tensos e por compartilhar das minhas angústias sempre com uma palavra de estímulo, consolo e bom ânimo.

Às minhas colegas/ amigas/ irmãs Maria Clara Brasil Braga, Maria Ângela Batista Duarte, Gláucia Miranda Varella Pereira, Mirian Braga Almeida e Lea Bentônico Bernardes do Grupo de Fraternidade Espírita Antônio de Pádua pelo acalento e palavras de apoio, sempre. “Você dá conta! Vai dar tudo certo!”.

A Irene Soares Barbosa e Ângela Sandi Vanelli pela generosidade e pelas boas energias e vibrações a mim dirigidas.

À minha família, pelo incentivo ao meu trabalho e compreensão nas minhas ausências.

A todas as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Jimi, ao Boris e à Lilica pela companhia constante ao meu lado nas longas, incontáveis e solitárias horas ao computador, me lembrando que a Natureza está presente, sempre.

“A cidade é uma alteração bruta da natureza que proporciona mil maneiras de destruir e rebaixar as condições básicas de que dependem a dignidade e a vida humana“.
(EUGENE ODUM, 1976).

RESUMO

O rápido crescimento das populações e do ambiente construído nas cidades vem impondo severas transformações nos ambientes urbanos. Esse ritmo acelerado não permite que a natureza se recupere adequadamente, o que compromete os recursos hídricos, minerais e vegetais, com consequências diretas na vida dos seres vivos em geral e do homem em particular. Tal fato comprometeu o planejamento urbano quanto ao uso do solo, tornando as cidades mais áridas e quentes, fato agravado pela legislação leniente quanto ao tema arborização urbana. Nesta pesquisa, o estudo da arborização urbana em geral e da arborização viária, em particular, visa avaliar a possibilidade de melhoria do conforto térmico nos ambientes urbanos através da preservação/implantação/manutenção da vegetação urbana, especialmente a arbórea. Os procedimentos metodológicos utilizados partem da coleta de dados em quatro áreas da cidade de Pará de Minas, passam pela medição em campo em zonas de presença e de ausência arbórea, de variáveis microclimáticas – temperatura, umidade e direção e velocidade do ar além da radiação incidente encontrada por meio do software Radiasol®; descrição das espécies arbóreas presentes nas áreas de estudo - Oiti (*Licania tomentosa*) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), como também suas condições atuais; indicadores de avaliação da eficiência da vegetação arbórea no conforto térmico por meio de índices como Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA, Índice de Área Foliar – IAF, por fotos hemisféricas e por fotos planas, simulação da sombra projetada pela arborização no ambiente urbano - Imagens Sketchup® e Índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) considerando a radiação extinta pela copa das árvores. Os resultados obtidos apontam para a efetiva contribuição da arborização urbana para a diminuição da temperatura e melhoria das condições de conforto nos ambientes urbanos, especialmente nos horários mais quentes do dia. As duas espécies analisadas, Oiti (*Licania tomentosa*) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) demonstraram expressiva redução de temperaturas nas suas respectivas áreas de atuação, ambas indicando a percepção térmica considerada ‘confortável’ pelo índice PET, enquanto, ao mesmo tempo, na zona desprovida de arborização a percepção térmica foi de ‘muito calor’, com destaque para as diferenças significativas com grandes contrastes nos valores de temperatura apresentados. Os resultados apresentados demonstram que as árvores oferecem um ótimo potencial de regulação do microclima no seu entorno e conclui-se da necessidade quanto à preservação, implantação e correta manutenção da arborização urbana viária nas cidades, como medida de obtenção do conforto térmico e mitigação das condições adversas do clima. Percebeu-se ainda, no decorrer deste estudo, a fundamental importância de um bom planejamento quanto à arborização urbana e a atualização da legislação vigente sobre o tema.

Palavras-chave: Arborização urbana; Planejamento urbano; Arborização urbana e mudanças climáticas; Metodologias aplicadas a arborização urbana; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The sudden growth of populations and the built environment in cities has imposed severe transformations in urban environments. This accelerated pace does not allow nature to recover properly, which compromises water resources, minerals and plants, with direct consequences on the life of living beings in general and of man in particular. Such fact compromised urban planning in terms of land use, making cities more arid and hot, a fact aggravated by lenient legislation on urban afforestation. In this research, the study of urban afforestation in general and of the road afforestation, in particular, aims to evaluate the possibility of improving thermal comfort in urban environments through the preservation / implantation / maintenance of urban vegetation, especially arboreal vegetation. The methodological procedures used from data collection in four areas of the city of Pará de Minas are measured in the field in areas of presence and absence of arboreal vegetation, microclimatic variables - temperature, humidity and direction and air velocity in addition to incident radiation found through Radiasol ® software; description of the arboreal species present in the study areas - *Oiti (Licania tomentosa)* and *Sibipiruna (Caesalpinia peltophoroides)*, as well as their current conditions; indicators for assessing the efficiency of arboreal vegetation in thermal comfort by means of indexes such as Arboreal Shading Index (ISA), Leaf Area Index (IAF), hemispheric photos and flat photos, shadow simulation projected by afforestation in the urban environment - Sketchup images ® and PET Index (Physiological Equivalent Temperature) considering the extinction of radiation from the tree canopy. The results show the effective contribution of urban afforestation to the decrease of temperature and improvement of comfort conditions in urban environments, especially during the hottest times of the day. The two species analyzed, *Oiti (Licania tomentosa)* and *Sibipiruna (Caesalpinia peltophoroides)* showed significant reduction of temperatures in their respective areas of activity, both indicating the thermal perception considered 'comfortable' by the PET index, while at the same time, the thermal perception was of 'very hot', highlighting the significant differences with great contrasts in the presented temperature values. The results show that the trees offer a great potential of regulation of the microclimate in their surroundings and it is concluded that there is a need for the preservation, implantation and correct maintenance of the urban tree-planting in the cities, as a measure of obtaining the thermal comfort and mitigation of the climate adverse conditions. It was also noticed, during this research, the fundamental importance of good planning in terms of urban afforestation and updating of existing legislation on this topic.

Keywords: Urban afforestation; Urban planning; Urban afforestation and climate change; Methodologies applied to urban afforestation; Sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Processos biológicos das folhas	33
Figura 2 - Ciclo Hidrológico	34
Figura 3 - Transpiração – Teoria da Coesão.....	35
Figura 4 - Espirradeira (Nerium oleander)	47
Figura 5 - Dama da Noite (Cestrum nocturnum)	47
Figura 6 - Manacá (Brunfelsia uniflora).	47
Figura 7 - Disposição e densidade para classificação da estrutura arbórea	51
Figura 8 - Posicionamento dos registradores na espécie ipê-amarelo, <i>Tabebuia chrysotricha</i>	51
Figura 9 - Seul - Início das obras de 1958 que cobriram o rio Cheonggyecheon e o viaduto concluído.	55
Figura 10 – Seul - Diferenças de temperaturas na área revitalizada e nos arredores	56
Figura 11 – Seul - Área revitalizada traz de volta a população.	56
Figura 12– Seul - Área revitalizada e esquema em corte das várias etapas da obra.	56
Figura 13- Vista geral da cidade de Pará de Minas.....	61
Figura 14- Pará de Minas em MG. Figura 15- Área urbana de Pará de Minas.	61
Figura 16- Vista aérea da cidade de Pará de Minas.	62
Figura 17 - Vista parcial da cidade de Pará de Minas	62
Figura 18 - Pará de Minas e municípios vizinhos	64
Figura 19- Ilustração da maneira adequada de plantio de mudas arbóreas, conforme explicação de Milton Santana.Fonte: Desenho da autora, 2016.	69
Figura 20- Erva-de-passarinho. Rua Curitiba e Rua Antônio Felipe, Pará de Minas.71	
Figura 21 - Bairro Vila Maria.....	72
Figura 22- Área de estudo – imagem aérea	72
Figura 23 - Área de estudo – desenho.	72
Figura 24- Área de estudo. Rua Engenheiro José Guimarães	73
Figura 25- Área de estudo. Rua Vicente Porfírio de Oliveira.....	73
Figura 26– Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>).....	74

Figura 27– Oiti (<i>Licania tomentosa</i>)	75
Figura 28 - Área de estudo, pontos de medição e descrição das espécies.	76
Figura 29 - Modelagem dos dados de temperatura, de 6:00 h às 6:40 h.	78
Figura 30 - Modelagem dos dados de temperatura, de 6:00 h às 6:40 h.	78
Figura 31- Modelagem dos dados de temperatura, de 14:00 h às 14:40 h.	79
Figura 32- Modelagem dos dados de umidade relativa, de 14:00 h às 14:40 h.	79
Figura 33- Áreas de estudo – Segunda etapa.....	81
Figura 34- Área de estudo 1_Rua Engenheiro José Guimarães_ pontos de medição e descrição das espécies.	82
Figura 35- Área de estudo 2_Rua Vicente Porfírio de Oliveira_ pontos de medição e descrição das espécies.	82
Figura 36- Área de estudo 3_Rua Frei Junípero_ pontos de medição e descrição das espécies.	83
Figura 37- Área de estudo 4_Rua Paraná_ pontos de medição e descrição das espécies.	83
Figura 38 - Áreas controle 1 e 2.	84
Figura 39– Áreas de estudo – segunda etapa	84
Figura 40– Pau-ferro (<i>Caesalpinia ferrea</i>).....	85
Figura 41– Aroeira (<i>Astronium fraxinifolium</i>)	85
Figura 42– Modelo_ Cartograma resultante Programa Surfer	90
Figura 43- Esquema de medição usada para a projeção da sombra arbórea.....	93
Figura 44– Modelo_ Imagem resultante _ Foto Hemisférica.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 45- (A)Imagem original, (B)delimitação de área para corte e (C)medida das distâncias.	187
Figura 46– Modelo_ Imagem resultante _ Programa SketchUp®	96
Figura 47– Modelo_ Planilha resultante _ Programa RayMan 1.2©.....	97
Figura 48- Eixos vertical e horizontal de projeção e áreas consideradas para k.....	100
Figura 49- A) Eixo vertical (a) e eixo horizontal (b) considerado; B) Eixo vertical (a) e eixo horizontal (b) considerado e C) Exemplo de como foi medida o eixo a da copa dos exemplares, a partir da replicação da imagem de referência.	101
Figura 50- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães	103

Figura 51- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães	104
Figura 52- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães	105
Figura 53- Cartograma de Umidade do Ar (2): TARDE. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães	106
Figura 54- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira.....	107
Figura 55- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira.....	108
Figura 56- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira	109
Figura 57- Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira	110
Figura 58- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 3 - Rua Frei Junípero	111
Figura 59- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 3 - Rua Frei Junípero	112
Figura 60- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 3 - Rua Frei Junípero	113
Figura 61- Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 3 - Rua Frei Junípero	114
Figura 62- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 4 - Rua Paraná..	115
Figura 63- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 4 - Rua Paraná ..	116
Figura 64- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 4 - Rua Paraná.....	117
Figura 65 - Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 4 - Rua Paraná	118
Figura 66 - Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 1_Classe 1 Isolada.....	142
Figura 67 - Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 2_Classe 2 Intersectante.....	143
Figura 68- Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 3_Classe 2 Intersectante.....	143
Figura 69- Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 4_Classe 1 Isolada.....	144

Figura 70- IAF - Índice de Área Foliar por foto hemisféricaFonte: Elaborado pela autora. 2017	146
Figura 71- Porcentagem de copa_OITI	191
Figura 72- Porcentagem de copa_ SIBIPIRUNA.....	192
Figura 73 - Porcentagem de copa_ AROEIRA.....	192
Figura 74- Projeção de sombra - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães – MANHÃ	148
Figura 75- Projeção de sombra - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães - TARDE	149
Figura 76- Projeção de sombra - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira - MANHÃ	150
Figura 77- Projeção de sombra - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira - TARDE	151
Figura 78- Projeção de sombra - Área 3 _ Rua Frei Junípero - MANHÃ.....	152
Figura 79- Projeção de sombra - Área 3 _ Rua Frei Junípero - TARDE	153
Figura 80- Projeção de sombra - Área 4 _ Rua Paraná- MANHÃ	154
Figura 81 - Projeção de sombra - Área 4 _ Rua Paraná- TARDE	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados Médios Horários Estação Florestal - MG.	89
Tabela 2– Velocidade do vento – Quadro comparativo.....	119
Tabela 3– Temperatura do ar– Quadro comparativo	119
Tabela 4– Umidade relativa do ar– Quadro comparativo	119
Tabela 5– Cálculo ISA – Índice de Sombreamento Arbóreo	145
Tabela 6 - Índice PET - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães	156
Tabela 7– Índice PET - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira	157
Tabela 8– Índice PET - Área 3 _ Rua Frei Junípero.....	158
Tabela 9 – Índice PET - Área 4 _ Rua Paraná	159
Tabela 10– Índice PET - Área Controle _ Morro do Cristo e Horto Florestal.....	160

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos municípios por classe de tamanho populacional.	63
Gráfico 2 - Crescimento populacional em Pará de Minas	65
Gráfico 3- Participação dos setores econômicos em Pará de Minas.	66
Gráfico 4- Quadro comparativo dos setores econômicos de Pará de Minas em relação ao Estado de Minas Gerais.	66
Gráfico 5– Aferição de temperatura do termo anemômetro CompuFlow	86
Gráfico 6– Aferição da umidade relativa do termoanemômetro CompuFlow	87
Gráfico 7– Modelo_ Gráfico resultante Programa Excell.....	92
Gráfico 8– Pontos medidos e variáveis: Temperatura do Ar na parte da manhã no período de medição.....	120
Gráfico 9- Pontos medidos e variáveis: Umidade Relativa do ar na parte da manhã no período de medição.....	121
Gráfico 10– Pontos medidos e variáveis: Velocidade do Vento na parte da manhã no período de medição.....	121
Gráfico 11- Pontos medidos e variáveis: Temperatura do Ar na parte da tarde no período de medição.....	122
Gráfico 12– Pontos medidos e variáveis: Umidade Relativa do ar na parte da tarde no período de medição.....	122
Gráfico 13- Pontos medidos e variáveis: Velocidade do Vento na parte da tarde no período de medição.....	123
Gráfico 14- Relação IAF por foto hemisférica e Porcentagem foliar.....	124
Gráfico 15- Relação IAF por foto hemisférica e Temperatura do ar	126
Gráfico 16- Relação IAF por foto hemisférica e umidade relativa do ar	127
Gráfico 17- Relação IAF por foto hemisférica e velocidade do vento.....	128
Gráfico 18- Relação IAF por foto hemisférica e umidade absoluta	129

Gráfico 19 - Relação IAF por foto plana e Temperatura.....	130
Gráfico 20 - Relação IAF por foto plana e Umidade relativa	131
Gráfico 21- Relação IAF por foto plana e velocidade do ar.....	132
Gráfico 22 - Relação IAF por foto plana e Umidade absoluta	133
Gráfico 23– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 24/02/17	135
Gráfico 24– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 11/03/17	136
Gráfico 25– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 26/04/17	137
Gráfico 26– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 24/02/17	138
Gráfico 27– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 11/03/17	139
Gráfico 28– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 26/04/17	140
Gráfico 29– Umidade absoluta nas áreas de controle em 26/04/17	141

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Áreas de Proteção Ambiental
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GLA	Gap Light Analyzer
IAF	Índice de Área Foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET-MG	Instituto Nacional de Meteorologia – Minas Gerais
ISA	Índice de Sombreamento Arbóreo
LAI	Leaf Area Index
PDAU	Plano Diretor de Arborização Urbana
PET	Physiological Equivalent Temperature - Temperatura Fisiológica Equivalente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DA LITERATURA	28
2.1	ARBORIZAÇÃO E ECOLOGIA	28
2.1.1	CARACTERES MORFOFISIOLÓGICOS DAS PLANTAS	31
2.2	ARBORIZAÇÃO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	36
2.3	ARBORIZAÇÃO URBANA E INTERDISCIPLINARIDADE	37
2.3.1	TECNOLOGIA APLICADA À ARBORIZAÇÃO	38
2.4	ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA	41
2.4.1	IMPLANTAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO NAS CIDADES	41
2.4.2	ESPÉCIES ADEQUADAS À ARBORIZAÇÃO VIÁRIA	45
2.5	ESTUDOS COMPARATIVOS DE AMBIENTES URBANOS ARBORIZADOS	52
2.6.1	O CASO DE SEUL – CORÉIA DO SUL	54
2.7	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	58
3	METODOLOGIA	61
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PARÁ DE MINAS	61
3.1.1	ECONOMIA	65
3.1.2	CLIMA E VEGETAÇÃO	66
3.1.3	ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA: A EXPERIÊNCIA EM PARÁ DE MINAS	67
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	71
3.3	RESULTADOS PRELIMINARES – PRÉ-TESTE	77
3.4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	80
3.4.2	ESPÉCIES ESTUDADAS	85
3.4.3	VARIÁVEIS ANALISADAS, EQUIPAMENTO E MÉTODO DE AFERIÇÃO	86
3.4.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - CARTOGRAMAS PROGRAMA SURFER®	89
3.4.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - GRÁFICOS COMPARATIVOS - VARIÁVEIS PROGRAMA EXCEL®	91
3.4.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ÍNDICE DE SOMBREAMENTO ARBÓREO - ISA	92
3.4.7	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR - IAF POR FOTOS HEMISFÉRICAS	93
3.4.8	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - SIMULAÇÃO DA SOMBRA PROJETADA PELA ARBORIZAÇÃO NO AMBIENTE URBANO - IMAGENS SKETCHUP®	95
3.4.9	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - ÍNDICE PET (TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE)	96

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
4.1 CARTOGRAMAS PROGRAMA SURFER®	102
4.1.1 ÁREA 1 _ RUA ENGENHEIRO JOSÉ GUIMARÃES	103
4.1.2 ÁREA 2 _ RUA VICENTE PORFÍRIO DE OLIVEIRA	107
4.1.3 ÁREA 3 _ RUA FREI JUNÍPERO	111
4.1.4 ÁREA 4 _ RUA PARANÁ	115
4.2 GRÁFICOS GLOBAIS: TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA E VELOCIDADE DO VENTO	120
4.3 GRÁFICOS COMPARATIVOS: DESEMPENHO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS ANALISADAS	123
4.4 GRÁFICOS COMPARATIVOS: VARIÁVEIS X DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS	134
4.5 ÍNDICE DE SOMBREAMENTO ARBÓREO - ISA X DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS INDIVÍDUOS ARBÓREOS	142
4.6 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR - IAF OBTIDO POR FOTOS HEMISFÉRICAS	146
4.7 SIMULAÇÃO DA SOMBRA PROJETADA PELA ARBORIZAÇÃO NO AMBIENTE URBANO - IMAGENS SKETCHUP®	147
4.8 ÍNDICE PET NAS ÁREAS AVALIADAS	156
CONCLUSÃO	163
REFERÊNCIAS	170
APÊNDICES	176

1 INTRODUÇÃO

O ambiente construído dos meios urbanos, no decorrer do desenvolvimento das civilizações, vem impondo transformações severas no ambiente natural, comprometendo os recursos hídricos, minerais e vegetais, com consequências diretas na vida dos seres vivos em geral e do homem em particular. A velocidade com que se deu o crescimento das cidades dificultou a execução de um planejamento urbano adequado no que se refere ao uso do solo, tornando as cidades lugares menos confortáveis, mais áridos e quentes, o que fez com que diminuísse dramaticamente a qualidade de vida nesses ambientes.

Apresenta-se aqui uma lacuna do conhecimento, fazendo-se necessário que se empreenda maiores estudos sobre o tema, para que se possa lidar de maneira mais precisa com a vegetação urbana.

Historicamente, o homem se utiliza dos recursos para seus propósitos de sobrevivência, porém o faz de forma predatória e num ritmo que impede a recomposição natural, ou seja, da forma como vem sendo explorada, a natureza tem a sua capacidade regenerativa fortemente comprometida, correndo o risco de não resistir à degradação e não ser capaz de sustentar as gerações futuras, como sugere o conceito de desenvolvimento sustentável declarado pelo relatório Brundtland¹. Tal conceito se define como “o processo que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

Percebe-se hoje, que os recursos naturais não são perenes e urge se tomem medidas para regular o equilíbrio do meio ambiente como um todo para que seja garantido o pleno potencial da natureza para as gerações futuras.

Ao longo desses pouco mais de 500 anos de história o Brasil foi palco de inúmeras transformações no seu meio ambiente. País de dimensões continentais, no início da

¹Em 1987, a divulgação do Relatório Brundtland, intitulado Nosso futuro comum, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (1988), popularizou a expressão "desenvolvimento sustentável" e sua definição, considerada a mais próxima do consenso oficial.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712011000300002

formação da sua civilização, nos tempos do colonialismo, teve explorados sistematicamente seus recursos fartos e valiosos que enriqueceram reinados europeus e financiaram revoluções. Hoje, ainda detém imensas reservas naturais dignas de nota no mundo inteiro. Concentrando biomas diferenciados – floresta, cerrado, pampa, pantanal e caatinga – o Brasil ainda pode fornecer matéria prima para inúmeros fins sem prejuízos à sua natureza, caso se saiba aproveitar racionalmente suas reservas, respeitando sua capacidade regenerativa e eliminando os desperdícios tão comuns. Pádua (2013) em texto que narra a ocupação do solo brasileiro pelos colonizadores e o impacto dessa ocupação frente à natureza, conta que as limitações ecológicas de Portugal nos idos de 1500, fez com que os colonizadores vissem as florestas tropicais recém-descobertas como um universo que jamais se consumia. A esse respeito, convém registrar que naquele momento da história da humanidade os povos ditos civilizados, principalmente os europeus, já haviam dizimado boa parte dos seus próprios recursos naturais. Vale lembrar, também, o caso emblemático da Ilha de Páscoa, onde o povo Rapanui exterminou suas florestas cujas árvores eram utilizadas para transporte e levantamento das estátuas Moais, construção de casas e canoas e como combustível. Como viviam isolados, extinguiram-se por falta de meios de sobrevivência.

Veiga (2005) afirma que: “Outra tendência que ajudaria muito seria o desejo por mais lazer. Com mais tempo livre a população seria levada a valorizar cada vez mais a natureza, reduzindo o aumento do consumo material”. Seguindo esse raciocínio do autor, se houvesse mais áreas verdes nas cidades, esse lazer sugerido seria facilitado e teria melhor qualidade.

Ruano (1988) lembra que “Analisando os equívocos nas nossas cidades, urbanistas e outros experts têm individualizado os problemas específicos para explicar a cada vez mais frequente falta de congruência entre as necessidades humanas e a organização das áreas urbanas”. Alguns exemplos de medidas que trilham nessa direção de busca de uma melhoria na qualidade de vida urbana podem ser citados, como Seaside na Flórida (Estados Unidos), onde se prioriza a conservação dos ecossistemas naturais e desenvolve-se o paisagismo urbano e arborização das ruas, garantindo o conforto térmico local e, ainda, o projeto ecológico de loteamento de residências em Delaware (Estados Unidos) onde a conservação da natureza pelos

corredores naturais estabelecidos entre os lotes garantiu a qualidade de vida do bairro.

Buscando igualdade de condições para todos os seres humanos no atendimento às suas necessidades básicas com um mínimo de dignidade e conforto, se faz necessário pensar nas escolhas do atual estilo de vida das pessoas que vivem nas cidades, que exige cada vez mais dos recursos disponíveis na natureza – muitos deles já escassos. Nota-se que o consumo de bens aumenta cada vez mais devido a novas demandas da sociedade, geralmente amparadas nas necessidades contemporâneas por bens, serviços, sistemas de informação, e onde a possibilidade de comodidade são maiores. Em contrapartida, paradoxalmente, esse estilo de vida não favorece, a médio e longo prazo, o ser humano muito menos a natureza. Faz-se urgente repensar as nossas reais necessidades, para que os recursos naturais extraídos tenham tempo de regenerar-se. Nessa linha de pensamento necessário citar aqui a proposta da Agenda 21², plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. Constitui-se de uma tentativa de orientar a humanidade em um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a ação simultânea da sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Segundo Odum (1976), “Os princípios ecológicos de preservação dão base para colocar a ‘busca da felicidade’, o objetivo das sociedades, muito mais numa base de qualidade do que de quantidade”. Nesse contexto o presente trabalho lança a seguinte hipótese: considerando que as alterações no meio ambiente comprometem a qualidade de vida dos seres vivos - homem, animais e plantas, especialmente nos ambientes urbanos, questiona-se: um processo de rearborização gradual e

²A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. A Agenda 21 Brasileira é um instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do país, resultado de uma vasta consulta à população brasileira. Foi coordenado pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 (CPDS); construído a partir das diretrizes da Agenda 21 Global; e entregue à sociedade, por fim, em 2002. A Agenda 21 Local é o processo de planejamento participativo de um determinado território que envolve a implantação, ali, de um Fórum de Agenda 21. Composto por governo e sociedade civil, o Fórum é responsável pela construção de um Plano Local de Desenvolvimento Sustentável, que estrutura as prioridades locais por meio de projetos e ações de curto, médio e longo prazos. No Fórum são também definidos os meios de implementação e as responsabilidades do governo e dos demais setores da sociedade local na implementação, acompanhamento e revisão desses projetos e ações. (BRASIL, 2015)

consistente proporcionaria efeitos benéficos, em qualquer prazo, na melhoria das condições de conforto nas cidades?

Dentro dessas necessidades humanas a serem supridas pela sustentabilidade está o conforto ambiental definido por Lamberts et al (20--) como “um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo”. Dada a amplitude do tema, este trabalho concentrar-se-á nas questões relativas ao conforto térmico, entendido como “um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa” (ASHRAE (2005) citada por Lamberts et al (20--) onde serão avaliadas as variáveis ambientais que influenciam esse conforto térmico tais como: a temperatura do ar, a radiação extinta pela vegetação, a umidade relativa e a velocidade do ar, como também outros fatores que interagem na sensação de conforto térmico do ser humano como a vestimenta e a atividade física por ele praticada (presentes no índice PET melhor desenvolvido na metodologia deste estudo).

Além das condições climáticas e humanas acima citadas, o conforto térmico nas cidades também sofre impacto de questões tipicamente urbanas, como: excesso de massa construída X insuficiência de ambientes naturais; altas taxas de impermeabilização do solo; ruas, avenidas e passeios estreitos que impedem ou dificultam o fluxo de ventos que poderiam amenizar as temperaturas; edificações construídas com materiais que absorvem e retém calor por longo tempo; alto tráfego de veículos que geram calor e poluição atmosférica; falta de espaços públicos abertos mais agradáveis e convidativos que estimulem as pessoas a andar a pé, etc. Todos esses fatores podem ter no uso adequado da vegetação urbana um fator propiciador de conforto térmico para as populações que vivem nas cidades.

Neste trabalho o estudo da arborização urbana visa avaliar a possibilidade de melhoria do conforto térmico nos ambientes urbanos proporcionados especialmente pelo sombreamento e pela evapotranspiração das árvores. No contexto das cidades, várias formas de vegetação são apresentadas: parques, praças, jardins particulares, terrenos gramados e arborização de rua. Avaliar-se-á nesse trabalho uma pequena parcela desse todo maior: a arborização urbana viária, por entende-se ser ela a mais

democrática de todas as formas, pois todos os habitantes da cidade podem dela se beneficiar, uma vez que muitos não têm acesso às demais.

Utilizou-se nesta pesquisa vários procedimentos metodológicos consagrados por outros pesquisadores, fundamentados ao longo do trabalho. A pesquisa de campo parte da coleta de dados em quatro áreas da cidade de Pará de Minas – MG, passam pela medição em campo nessas áreas em zonas de presença e de ausência arbórea, de variáveis microclimáticas – temperatura, umidade e direção e velocidade do ar além da radiação estimada encontrada por meio do software Radasol ®. Faz-se a descrição das espécies arbóreas presentes nas áreas de estudo - Oiti (*Licania tomentosa*) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), como também suas condições atuais. Tais espécies representam 25% (Oiti) e 55% (Sibipiruna) equivalendo a 80% das espécies plantadas na cidade.

Foram apresentados indicadores de avaliação da eficiência da vegetação arbórea no conforto térmico como Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA, Índice de Área Foliar – IAF, por fotos hemisféricas e por fotos planas, simulação da sombra projetada pela arborização no ambiente urbano - Imagens Sketchup® e Índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) considerando a radiação extinta pela copa das árvores. Os resultados apresentados através desta metodologia visam demonstrar se há efetiva contribuição da arborização urbana para a diminuição da temperatura e melhoria das condições de conforto nos ambientes urbanos e se as árvores oferecem algum potencial de regulação do microclima no seu entorno. Tais resultados poderão informar da necessidade quanto à preservação, implantação e correta manutenção da arborização urbana viária nas cidades, como medida de obtenção do conforto térmico e mitigação das condições adversas do clima mediante planejamento adequado quanto à arborização urbana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Arborização e Ecologia

Eugene Odum (1976), biólogo, em sua obra Fundamentos de Ecologia, afirma que o homem tenta modificar o ambiente físico onde se insere adaptando-o às suas necessidades imediatas, porém nessa adaptação acaba por comprometer ou mesmo destruir componentes bióticos necessários à sua própria sobrevivência. E assim, o homem segue dispondo dos meios que se lhe apresentam, sem perceber que existe ali um equilíbrio delicado que pode ser rompido e causar graves problemas numa reação em cadeia onde todo o ecossistema é prejudicado. Os tipos de comprometimentos são assim definidos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989):

DEGRADAÇÃO DO SOLO: Alterações das características originais do solo em relação aos seus diversos usos possíveis.

REABILITAÇÃO: Recuperação do solo de uma área comprometida adequado a um determinado uso, de acordo com projeto prévio, ou ao uso original.

RESTAURAÇÃO: Reprodução das condições exatas do local, tais como eram antes de serem alteradas pela intervenção. No ambiente urbano, isso é raro ou até mesmo impossível.

RECUPERAÇÃO: Processo de manejo de uma área, comprometida ou não, onde são criadas condições adequadas a novos usos.

Ao se avaliar as questões relativas à supressão da vegetação nos ambientes urbano questiona-se o que, realmente, define as necessidades humanas quanto à preservação e bom uso dos recursos naturais, nos aspectos biológico e arquitetônico-urbanístico. Segue algumas referências importantes que dão sustentação a essa proposta.

Genericamente falando, restauram-se ecossistemas para que eles voltem a propiciar os mesmos serviços de antes de serem degradado, tais como melhoria da qualidade da água, redução de erosão, alimento para a fauna e refúgio da biodiversidade [...] A ecologia de restauração fornece métodos para restabelecer as espécies, comunidades inteiras e funções de ecossistemas em

habitats degradados. A ecologia de restauração dá oportunidade de valorizar a diversidade biológica em habitats de pouco valor para o homem. (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Estes ecossistemas, quando restaurados, fazendo voltar toda a rede biótica ou parte dela, devolvem ao cidadão e à natureza a qualidade de vida perdida com a degradação. Restaurando-se adequadamente, ou seja, reinserindo-se espécies vegetais apropriadas aos habitats degradados e assim, conseqüentemente, fazendo voltar a fauna desse ecossistema, a ecologia de restauração pode proporcionar ao homem ambientes naturais mais ricos, onde ele usufrua da sua qualidade de ambiente de sustentação à vida.

“Grupos de cientistas e pesquisadores começaram a estudar as cidades como ecossistemas; afinal a cidade é um sistema vivo como qualquer outro” (ADAM, 2001, p.129). Entende-se que a cidade como ecossistema é a cidade interativa, onde inter-relacionam-se o ser humano, a paisagem – natural e urbana -, a vegetação, os animais que ali convivem e o ambiente construído, pois é ele que faz da cidade uma cidade. Assim, a cidade é um complexo aglomerado formado, social e economicamente, por pessoas dedicadas a atividades de caráter mercantil, industrial, financeiro e cultural. Este modelo de cidade, estabelecido a partir da Revolução Industrial e que permanece até os dias atuais, carece de mudanças para que possa sustentar a civilização no ambiente urbano, sem levá-lo ao colapso. Para atingir tal objetivo, Adam coloca a cidade como ecossistema e assim devendo ela ser gerenciada, com equilíbrio e interatividade com o meio ambiente onde ela se sustenta.

Segundo Steward Pickett, ecologista do Instituto de Estudos de Ecossistemas de Millbrook, NY, os ecossistemas urbanos são a última fronteira da ecologia, pois toda interferência tem seu impacto; é preciso saber quais espécies animais podem conviver com determinada tipologia arbórea usada nos paisagismos; porque “as árvores dependem da situação em que são plantadas, podem aumentar ou diminuir o consumo de energia” e quais as conseqüências desse convívio ecossistêmico a curto, médio e longo prazo (PICKETT *apud* ADAM, 2001).

No caso dos ambientes urbanos, onde o elemento construído tomou o lugar da vegetação original, o que se busca é a reabilitação do lugar, reinserindo-se ali, minimamente, as espécies que possam conviver em relativa harmonia com as condições que a cidade impõe. Vale ressaltar que se faz extremamente importante a

escolha correta dessas espécies a serem plantadas, priorizando-se, sempre que possível, as nativas.

Em espaços onde o conforto ambiental se torna crítico ao bem estar do usuário, a arquitetura de paisagem, pensando ecologicamente, propõe como medida fundamental o enriquecimento das áreas verdes remanescentes e a criação das mesmas onde não existem. Adam (2001) sugere que as áreas verdes de praças, bosques, parques e passeios públicos, presentes nos espaços urbanos, onde há maior reflexão solar e as temperaturas são mais elevadas, podem ser condicionadores térmicos em potencial. Do mesmo modo, a alternativa de pavimentação com material permeável nas ruas e avenidas urbanas, que possibilita a penetração das águas pluviais e a sua absorção pelo solo e que reduz significativamente a velocidade com que esta água passa pelas vias urbanas, reduz a possibilidade de enxurradas nas vias públicas que causam danos à população e ao bem público.

A atual população humana está consumindo os recursos mais rápido do que são regenerados pela biosfera, isso ao mesmo tempo em que libera tantos rejeitos que a qualidade do ambiente na maior parte das regiões da Terra está se deteriorando numa taxa alarmante. Se pretendermos viver num mundo habitável para as futuras gerações, nossa prioridade máxima deve ser atingir uma relação sustentável com o resto da biosfera. Isso exigirá por um fim ao crescimento populacional, desenvolver fontes de energia sustentável, proporcionar a regeneração de nutrientes e outros materiais e restaurar habitats deteriorados. (RICKLEFS, 2001).

Na afirmação acima, Ricklefs denuncia a grave situação ambiental estabelecida e a urgência na tomada de decisões que considerem a capacidade de suporte do planeta. A Terra tem capacidade de prover a manutenção da vida de seus habitantes, contanto que seus recursos sejam distribuídos de forma justa, igualitária e racional, eliminando-se o desperdício e utilizando-se mecanismos produtivos inteligentes e acessíveis a toda a população. A ciência e tecnologia atuais já dispõem de mecanismos economicamente viáveis para otimizar o processo produtivo de gêneros essenciais ao dia a dia das pessoas. O que falta é a disseminação dessa tecnologia em nível mais amplo, que possa beneficiar toda a população.

No entendimento de Odum (1976) "Não há solução apenas técnica para o dilema população e poluição. São necessárias co-ações éticas, econômicas, políticas e

legais, resultantes da total consciência de que o homem e a paisagem constituem um só todo“, assim, qualquer trabalho que pretenda ter um viés sustentável, não pode se furtar a analisar a perspectiva da sustentabilidade em seus critérios econômico, ecológico e social. A sustentabilidade ambiental visa manter a biocapacidade, do território e minimizar o impacto sobre o meio ambiente e a paisagem das atividades que se desenvolvem nele, favorecendo as que contribuem para a restauração dos ciclos naturais (entendendo-se aqui, biocapacidade como o nível máximo de exploração que se pode admitir sem perda da integridade). A sustentabilidade sociocultural busca incrementar a qualidade de vida em termos de saúde, conforto, bem-estar e coesão social e a sustentabilidade econômica pretende maximizar, social e ambientalmente, os recursos econômicos gerenciados pelas administrações públicas e fomentar o desenvolvimento econômico associado aos recursos locais - humanos, energéticos e materiais.

2.1.1 Caracteres morfofisiológicos das plantas

Morfologia da árvore e funcionalidade das suas partes

A vegetação apresenta inúmeras particularidades ainda não totalmente estudadas – estima-se que apenas um pequeno percentual do reino vegetal seja conhecido e catalogado. Ainda que não seja o escopo principal deste trabalho, faz-se necessário a compreensão dos caracteres morfológicos das árvores para que se permita compreender os critérios adequados na escolha das espécies a serem utilizadas no meio urbano.

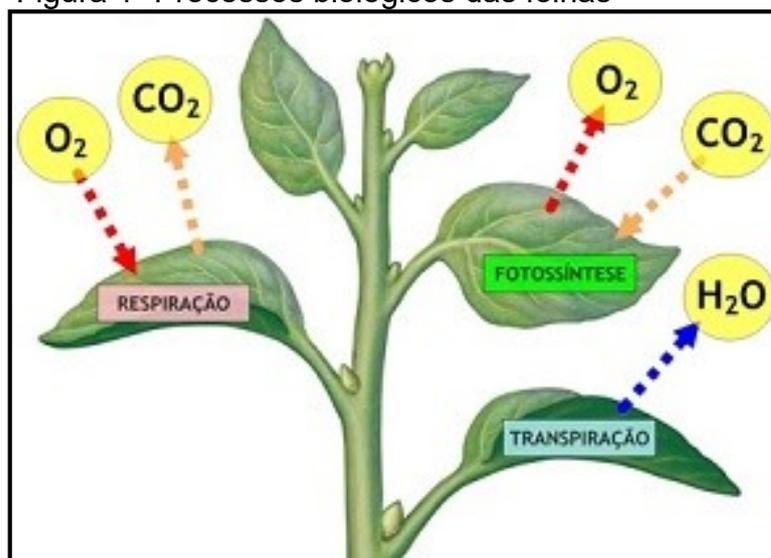
A árvore, por definição, é um vegetal lenhoso que apresenta um ciclo de vida prolongado, possui tronco e copa bem definidos, tendo uma altura mínima de cinco metros e DAP - diâmetro de tronco à altura do peito (1,30 m acima do solo) a partir de cinco centímetros. (CEMIG, 2017). Suas partes específicas apresentam diversas funções:

1. Copa é toda ramificação acima do tronco, formando a porção terminal da árvore em sua parte aérea, composta principalmente por galhos e ramos, que podem apresentar folhas, flores e frutos. O tamanho da copa, sua forma, a tonalidade da cor de suas folhas e flores são características que ajudam a identificar uma árvore. A forma da copa e sua ramificação são influenciadas pelo tipo de crescimento do seu eixo principal, ou tronco, e de seus ramos.

2. Tronco é a parte aérea da árvore, compreendida entre o solo e a inserção das primeiras ramificações que formam a copa. Nas árvores o tronco é lenhoso e perene, e seu diâmetro aumenta ao longo de sua vida.
3. Ramos são subdivisões do caule ou tronco das árvores. Frequentemente apresentam cores, pelos e aromas bastante típicos.
4. Flor é um conjunto de folhas modificadas e adaptadas à reprodução sexuada. [...] A disposição dos ramos florais e das flores sobre eles é denominada inflorescência.
5. Fruto é o ovário da flor desenvolvido, com as sementes já formadas.
6. Raiz é a porção subterrânea da árvore, localizada sob o caule. Geralmente, cresce para baixo e dentro do solo, sendo suas principais funções a ancoragem, o armazenamento, a absorção e a condução. As raízes podem ser classificadas em: pivotante (a), fasciculada (b) ou superficial (c). O crescimento da raiz ocorre em profundidade, visando alcançar camadas de solo menos sujeitas à flutuação de umidade. Concomitantemente, desenvolvem-se raízes mais próximas à superfície do solo, para absorção de nutrientes. Quando a biomassa aérea aumenta, algumas raízes passam a ter papel mais significativo de sustentação da árvore. O sistema radicular de uma árvore normalmente não se concentra somente na projeção da sua copa, mas pode se estender para 2-3 vezes a largura da mesma. A maioria das raízes ocupa no máximo os 50 cm mais superficiais do solo, especialmente as raízes mais finas que fazem a absorção de água e nutrientes. Existem raízes mais profundas que dão principalmente suporte e estabilidade para a árvore. (CEMIG, 2017)

A folha é onde se processa a fotossíntese (elaboração do alimento em presença de luz), a transpiração (vapor d'água) e as trocas gasosas (Oxigênio e Gás Carbônico) entre a planta e o meio externo. (CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, [201-;]).

Figura 1- Processos biológicos das folhas



Fonte: CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, [201-;].

Em relação ao escopo deste trabalho apontamos que cada parte da árvore, além da sua participação na manutenção do próprio indivíduo, desempenha um papel importante na sustentabilidade e qualidade de vida nos ambientes urbanos. Para se ter a visão de uma pequena parte de um todo mais abrangente pode-se dizer que as folhas parecem trazer os maiores benefícios pois são elas que produzem a sombra e a evapotranspiração necessárias à regulação de temperatura e umidade na melhoria das condições microclimáticas. Somando-se às flores, na copa, retêm a água da chuva por tempo suficiente para permitir um escoamento gradual evitando o *runoff* no solo e realimentando os mananciais hídricos subterrâneos; as flores, além disso, propiciarem a polinização e oferecem grande potencial estético, importante ao bem estar visual e psicológico das pessoas; os frutos alimentam o homem e a avifauna; a raiz absorve e conduz água e alimento para a copa e, junto com o tronco, sustenta toda a estrutura do indivíduo arbóreo. Esses elementos unidos oferecem um dos maiores benefícios ambientais da natureza.

Ciclo hidrológico

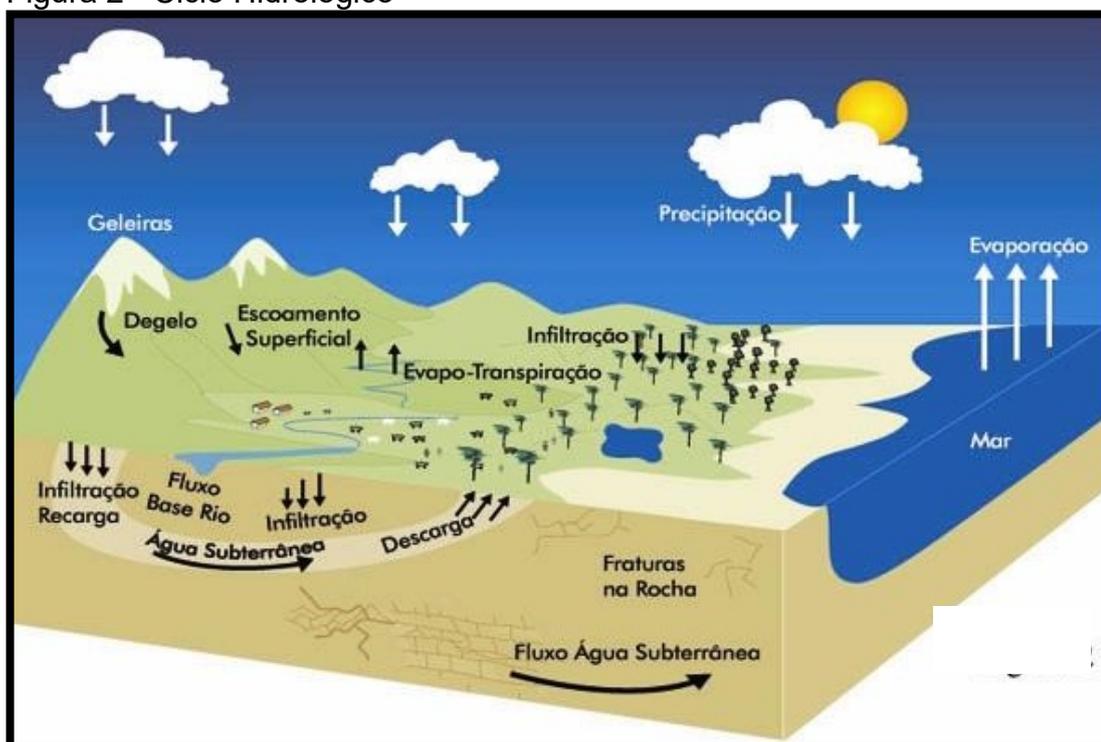
A vegetação, de modo geral, participa ativamente na manutenção da umidade do ar como um elo do ciclo hidrológico, que através da força da gravidade e da energia do Sol estabelece um movimento contínuo que permite a circulação da água na própria atmosfera, nos oceanos e em terra firme:

Nos continentes, a água precipitada pode seguir os diferentes caminhos:

- Infiltra e percola (passagem lenta de um líquido através de um meio) no solo ou nas rochas, podendo formar aquíferos, ressurgir na superfície na forma de nascentes, fontes, pântanos, ou alimentar rios e lagos.
- Flui lentamente entre as partículas e espaços vazios dos solos e das rochas, podendo ficar armazenada por um período muito variável, formando os aquíferos.
- Escoa sobre a superfície, nos casos em que a precipitação é maior do que a capacidade de absorção do solo.
- Evapora retornando à atmosfera. Em adição a essa evaporação da água dos solos, rios e lagos, uma parte da água é absorvida pelas plantas. Essas, por sua vez, liberam a água para a atmosfera através da transpiração. A esse conjunto, evaporação mais transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração.
- Congela formando as camadas de gelo nos cumes de montanha e geleiras.

Apesar das denominações água superficial subterrânea e atmosférica, é importante salientar que, na realidade, a água é uma só e está sempre mudando de condição. A água que precipita na forma de chuva, neve ou granizo, já esteve no subsolo, em icebergs e passou pelos rios e oceanos. (BRASIL, [200-?])

Figura 2 - Ciclo Hidrológico



Fonte: BRASIL, [200-?]

Para melhor entendimento do ciclo hidrológico (FIGURA 2), convém explicitar a definição adequada da terminologia neste processo que envolve vegetação e água:

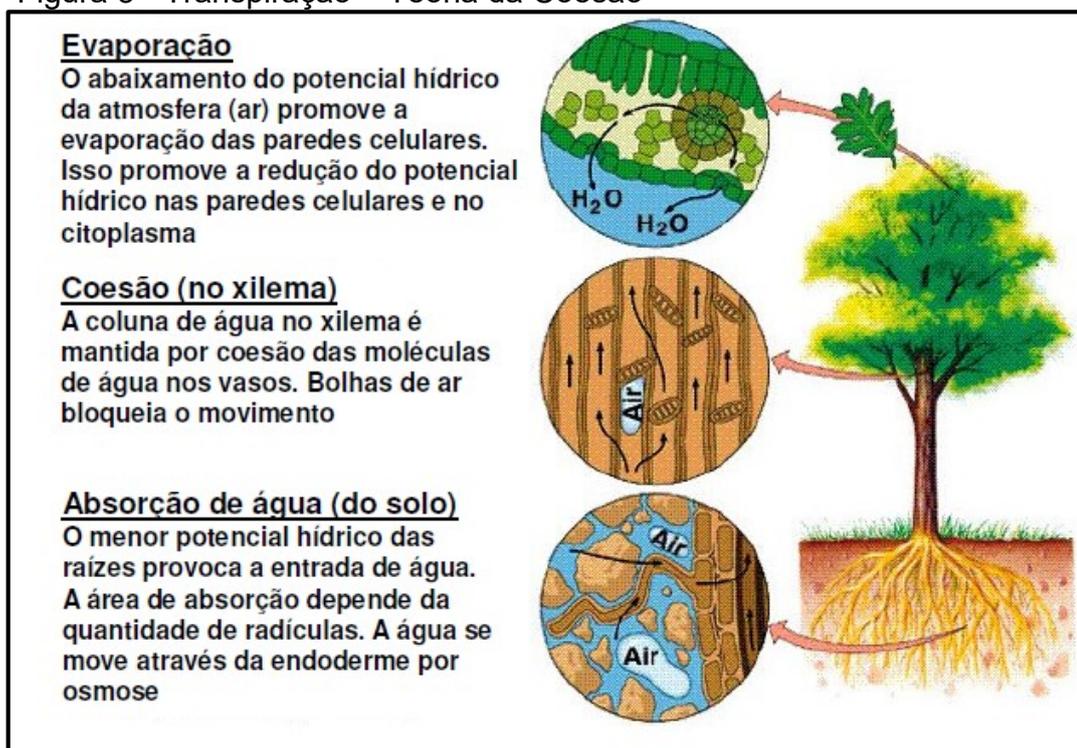
A **evaporação** é um processo físico de mudança de fase, passando do estado líquido para o estado gasoso. A evaporação de água na atmosfera ocorre de oceanos, lagos, rios, do solo e da vegetação úmida (evaporação do orvalho ou da água interceptada das chuvas).

A **transpiração** é um processo biofísico pelo qual a água que passou pela planta, fazendo parte de seu metabolismo, é transferida para a atmosfera preferencialmente pelos estômatos, obedecendo uma série de resistências desde o solo, passando pelos vasos condutores (xilema), mesófilo, estômatos e finalmente indo para a atmosfera.

Como é praticamente impossível se distinguir o vapor d'água proveniente da evaporação da água no solo e da transpiração das plantas, a **evapotranspiração** é definida como sendo o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e da vegetação úmida e por transpiração das plantas.

Na figura 3 pode-se ilustrar o relatado acima:

Figura 3 - Transpiração – Teoria da Coesão



Fonte: BRASIL, [200-?]

Nota-se que as plantas, tanto no meio rural quanto no meio urbano desempenham importante serviço na regulação e manutenção do manancial hídrico do planeta. Como a água é o principal recurso a ser preservado, uma vez que essencial e sem substituição à manutenção da vida, importa buscar meios de preservação também da camada vegetal para que esse equilíbrio cíclico não seja rompido, mantendo-se a umidade do solo. O crescimento contínuo da população, a sua concentração nas cidades e o conseqüente crescimento do ambiente construído necessário para abrigar essa população são fatores que causam grande impacto no ambiente urbano. Nesse ambiente, cada vez mais, a vegetação nativa existente vai cedendo lugar a grandes áreas impermeabilizadas, prejudicando a drenagem das águas pluviais imprescindíveis para o reabastecimento dos mananciais hídricos subterrâneos. As árvores nas cidades colaboram efetivamente para a manutenção desse ciclo hidrológico.

2.2 Arborização e Mudanças Climáticas

Com as mudanças climáticas que se tornam cada vez mais severas e evidentes em todo planeta, busca-se evidenciar os benefícios da preservação do meio natural na tentativa de se restabelecer o equilíbrio perdido com a devastação continuada. Nesse meio, a vegetação tem papel preponderante na manutenção do delicado sistema de regulação do clima através dos seus processos fitobioquímicos.

Quanto à questão do conforto térmico, nota-se que a temperatura dos ambientes construídos, pela natureza dos materiais com que são edificadas, pode ser extremamente alta em algumas épocas do ano, pois concentram o calor emitido por ondas térmicas que são absorvidas por esses materiais nos ambientes internos causando desconforto ao usuário. Essa situação acaba por provocar uma maior demanda energética no funcionamento de aparatos de redução de calor, como ventiladores, climatizadores e condicionadores de ar.

Outro fator negativo relativo à supressão sistemática da vegetação original para dar lugar às edificações, que se mostra altamente impactante na qualidade de vida no cotidiano das pessoas que habitam as cidades é a formação das Ilhas de Calor Urbanas, que por definição, é a diferença de temperatura entre regiões urbanas e seu

entorno rural - onde a vegetação se mantém. Essa variabilidade pode ser nitidamente percebida, principalmente nos meses de verão, quando se intensifica essa diferença. Parques e áreas vegetadas, que tipicamente apresentam temperaturas de superfície mais frias, contribuem para resfriar a temperatura do ar nas cidades (WONG, 2008, tradução da autora). Para reverter essa condição, necessário lembrar que:

O conhecimento e a análise das estruturas das cidades e suas funções, através das óticas econômica, social e ambiental, são pré-requisitos básicos para o planejamento e administração das áreas urbanas, na busca de melhores condições de vida para os seus habitantes. [...] Cada cidade tem suas características peculiares, devendo a arborização ser feita através do planejamento ou replanejamento, considerando as espécies da região, características naturais do clima e condições topográficas e estruturais da cidade. [...] O planejador deverá ficar atento para o espaço tridimensional disponível, para escolher a espécie adequada. (CROCE, 2010).

Portanto, o que se aplica a um determinado sítio urbano, pode não ser conveniente a outro. Tal o motivo de muitas escolhas equivocadas por parte dos planejadores urbanos, pois, às vezes, simplesmente copiam-se modelos de arborização urbana sem levar em conta características específicas do lugar. O planejamento da implantação ou reimplantação da arborização urbana, portanto, para ser bem sucedido, deve sempre levar em conta as variáveis biológicas, espaciais, econômicas, tecnológicas, etc, de cada espécie, pois se as escolhas forem equivocadas poderão trazer prejuízos ao invés dos benefícios esperados, principalmente considerando-se as dimensões continentais do Brasil e a diversidade de biomas que caracterizam a sua natureza.

Como sustenta Herrmann (2008), para a prática do planejamento e do desenho urbano a atenção deve centrar-se no micro clima a ser “produzido” nos ambientes quando da concepção dos espaços da cidade, pois os elementos de composição do espaço, sendo a arborização um dos mais relevantes neste processo, podem contribuir de maneira significativa para o desempenho térmico dos ambientes.

2.3 Arborização urbana e interdisciplinaridade

A preocupação ambiental efetiva só tomou corpo a partir do momento em que se estabeleceu o caráter interdisciplinar dos atores envolvidos, contemplando, além do

fator meio ambiente, as questões de ordem social e econômica no contexto da sustentabilidade. Ainda assim, sabe-se que o meio ambiente é a base de sustentação da vida, pois sem ele não haveria economia ou sociedade a se desenvolver, o que nos leva a refletir mais amplamente na importância de preservá-lo para que haja equilíbrio no meio de vida do ser humano, em particular e dos seres vivos de uma forma geral, uma vez que não é apenas a espécie humana que sofre os efeitos negativos das interferências na natureza.

Diversas áreas do conhecimento se unem na tentativa de solucionar um problema que foi, solidariamente, criado por todos. Essa interação entre campos diferenciados do conhecimento pode render bons frutos e tornar o resultado final do tema que se aborda mais completo e, em certa medida, mais resolutivo, uma vez que se contemplam outras variáveis possíveis, as quais uma única disciplina não saberia abordar com propriedade absoluta. Em relação ao tema aqui tratado, arborização urbana, muitas são as disciplinas que contribuem para sua eficácia. Em um trabalho dessa natureza não será possível analisar todas as disciplinas que se coadunam com o tema, mas serão observadas as mais relevantes. O item 2.1 acima trata das questões relativas à ecologia e à biologia, trazendo aspectos fundamentais para a compreensão das plantas, especialmente as árvores, no contexto urbano. No item 2.2 tratou-se da participação da arborização na mitigação dos efeitos danosos das mudanças climáticas. As observações a seguir partiram da análise de trabalhos científicos de outras áreas disciplinares que discorrem sobre arborização urbana, além de manuais técnicos sobre o tema.

2.3.1 Tecnologia aplicada à arborização

A tecnologia de que o homem dispõe atualmente pode dar uma contribuição significativa para a melhoria dos processos de recuperação / implantação da vegetação urbana e nos apresenta alguns métodos que se tornam ferramentas importantes no mapeamento e na tomada de decisões relativas à arborização.

A aerofotogrametria, método de obtenção de dados topográficos por meio de fotografias aéreas digitais de alta resolução, geralmente, com o fim de mapeamento, pode ser utilizada para caracterizar o ambiente urbano com especial atenção para espaços impermeabilizados e possibilidades para novos plantios de árvores,

objetivando a diminuição da poluição e tratamento de ilhas de calor nas cidades. (SILVA FILHO, 2005). Essa tecnologia e outras relatadas a seguir demonstram ser ferramentas importantes na avaliação prévia do terreno urbano que possibilitam adotar-se atitudes criteriosas na implantação da vegetação nas cidades, pois permitem uma análise mais ampla do todo complexo que é o tecido urbano. O que se fazia de forma inconsistente e aleatória, agora com o uso dessas tecnologias pode ser realizado de maneira mais precisa e proveitosa, reduzindo custos e otimizando os resultados.

Segundo Silva Filho (2005), a videografia, outra tecnologia disponível, tem maior utilização em áreas de floresta e ainda é pouco aplicada em ambientes urbanos. No Brasil foi utilizada em 1997, em Manaus, com objetivo de verificar a capacidade de obtenção de dados biofísicos da floresta e calibrar dados orbitais. Segue o autor dizendo:

Acredita-se poder mensurar a cobertura arbórea das cidades, a floresta urbana, e avaliar o tecido urbano composto por outros sistemas como o viário, edificações, pavimentações e demais tipos de coberturas urbanas. Além disso, considera-se a obtenção de indicadores para definição de prioridades de intervenção para a ampliação da cobertura arbórea urbana. (SILVA FILHO, 2005).

Outras possibilidades tecnológicas se mostram de interesse para a inserção funcional da vegetação urbana, como é o caso daquelas que pretendem avaliar as diferenças de temperatura em ambientes arborizados e não arborizados, através de simulação computacional usando modelos micrometeorológicos. Dobbert *et al.* (2015) buscaram verificar a influência da cobertura arbórea na temperatura do ar e analisar as variações microclimáticas à sombra e a pleno sol, por meio de simulações computacionais realizadas com a utilização do modelo micrometeorológico ENVI-met©. Os autores estabeleceram um modelo de simulação variando diversos parâmetros em ambientes urbanos, como tipos de pavimentação, diferentes tipologias urbanas e cobertura arbórea e seus efeitos (evapotranspiração e atenuação da radiação solar). Foram feitas duas simulações, sendo uma com a situação original do terreno estudado que continha três por cento de cobertura arbórea e outra com a situação do terreno alterada para 20% de cobertura arbórea distribuída na praça e nas ruas. Os autores apuraram que:

“Os resultados demonstraram queda na temperatura do ar, tanto ao sol quanto à sombra na situação contendo mais árvores confirmando, portanto, a influência positiva da arborização urbana nas condições microclimáticas de seu entorno imediato”, destacando “a importância da utilização de programas de simulação computacional a fim de verificar a distribuição da vegetação em áreas urbanas, em busca de melhores condições microclimáticas” e sugerindo que “Portanto, urbanistas devem considerar questões relacionadas às áreas verdes e o conforto térmico dos moradores da cidade.” (DOBBERT et al, 2015)

Nessa preocupação evidente dos pesquisadores pela vegetação presente no meio ambiente urbano, outra abordagem merece ser destacada: a medição do índice de área foliar – IAF também através do ENVI-met. Shinzato *et al.*(2015) afirmam que a presença da vegetação como meio de redução da temperatura nas cidades dependem do sombreamento e do processo de evapotranspiração, além de influenciar na direção dos ventos e na filtragem da poluição. Justificam o uso do método por ser fundamental para complementar o banco de dados de vegetação existentes e contribuir para construção de modelagens mais próximas às condições das cidades tropicais. As autoras explicam que o processo da evapotranspiração relaciona-se diretamente com a resistência estomática que relaciona a quantidade dos estômatos nas folhas com uma adequada condição no solo (disponibilidade de água) e na atmosfera (disponibilidade de luz). Assim quando maior a área de exposição das folhas, maior o efeito.

O Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA, que é o percentual de área sombreada em relação à área total indicando o potencial de sombra resultante da soma das áreas de copa no conjunto arbóreo é outra variável importante. Segundo Oliveira (2011), a temperatura do ar é amenizada pela vegetação através do controle da radiação e pela umidade que é liberada pela planta através de suas folhas. Por meio dos resultados das análises desses índices, observou-se que regiões mais arborizadas e com sombra densa, apresentaram menores valores de temperatura superficial, quando comparados com aquelas não arborizadas. A autora concluiu que em ambientes urbanos as espécies de grande porte são mais eficientes no controle e minimização dos efeitos do clima urbano. Em relação às características da forma, considera-se que indivíduos com copas amplas, alta densidade de folhas largas e espessas, perenifólias e de arquitetura arbórea aberta resultam em maior conforto térmico. Nota-se que essa observação mais acurada das folhas das copas das espécies arbóreas, através da

tecnologia empregada para determinar o índice de área foliar auxilia enormemente nas pesquisas dos benefícios de se ter árvores no meio ambiente urbano.

O uso amplo de novas tecnologias e dos equipamentos que dão suporte a elas demonstram um aprofundamento no conhecimento que se tinha sobre a vegetação urbana, especialmente espécies arbóreas, as que mais apresentam efeitos benéficos na atenuação dos problemas de diversas ordens no meio urbano: poluição – sonora e atmosférica pelo acúmulo de CO₂, aridez, calor excessivo (tanto dentro dos ambientes construídos como fora deles), dificuldade de absorção das águas pluviais nos solos pavimentados, etc. Esse conhecimento mais detalhado, por sua vez, pode lançar à luz critérios mais eficazes sobre o trato dessa vegetação, constituindo ferramenta importante nas mãos daqueles que determinam as ações no meio ambiente urbano: planejadores, administradores, executores, fiscalizadores. A aplicação sistemática dessas tecnologias pode auxiliar a produzir informações mais objetivas para embasar o manejo da vegetação em áreas urbanizadas.

2.4 Arborização urbana viária

2.4.1 Implantação da arborização nas cidades

Observando-se as particularidades de um determinado sítio da cidade (como largura das vias e passeios, altura e concentração das edificações, direção e velocidade dos ventos, etc) o desempenho desejado ao se implantar espécies arbóreas poderá ser mais amplamente alcançado.

Segundo o Manual de Arborização da COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG), edição de 1996, fica claro que a arborização sem planejamento tem provocado interferências no sistema aéreo de distribuição de energia elétrica e em outros equipamentos urbanos, sendo alguns exemplos: curto-circuito nas redes aéreas de distribuição de energia; rompimento de cabos condutores; interrupção no fornecimento de energia; risco de morte de transeuntes; queima de eletrodomésticos; comprometimento da iluminação pública (escurecimento das ruas), prejudicando a segurança.

Nota-se no exposto acima que o objetivo maior da divulgação de tais manuais é evitar os inconvenientes econômicos gerados pelo plantio de espécies inadequadas que

podem vir a causar danos na fiação e equipamentos elétricos em geral, embora seja lembrado ali os consequentes riscos à segurança dos cidadãos por quedas de galhos ou troncos ou, mesmo de descargas elétricas provenientes de fios partidos em decorrência dessas quedas. Planejar, portanto, é agregar informações das diversas áreas envolvidas. Assim, no planejamento urbano o caráter interdisciplinar se mostra evidente, pois ele pode garantir a longevidade das espécies que se desenvolverão de forma saudável propiciando um meio urbano agradável e equilibrado, onde todos possam se beneficiar.

Segundo Lorenzi (2002), engenheiro agrônomo, “o Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo. A falta de direcionamento técnico e conscientização ecológica na exploração de nossos recursos florestais têm acarretado prejuízos irreparáveis.” A agronomia propõe suprir esse direcionamento técnico sugerido por Lorenzi, estabelecendo critérios relevantes, que, se observados, podem garantir o sucesso do plantio, da manutenção e da conservação das espécies arbóreas urbanas. Tais critérios devem ser levados em conta para que se evitem aquelas situações em que, ingenuamente, as pessoas plantam árvores sem o amparo de qualquer conhecimento técnico, o que pode vir a causar prejuízos e inconvenientes como: danificação de calçadas, muros, paredes e tubulações pelas raízes agressivas; problemas na rede elétrica e telefônica (aérea ou subterrânea); redução na iluminação pública; risco de queda excessiva de folhas, frutos, galhos ou até árvores inteiras devido a ventos fortes e raios, danificando telhados, veículos, muros e oferecendo risco a transeuntes; uso inadvertido de espécies tóxicas ou alérgicas; etc.

Arborização urbana, por definição, é “[...] toda cobertura vegetal de porte arbóreo existente nas cidades. Essa vegetação ocupa, basicamente, três espaços distintos: as áreas livres de uso público e potencialmente coletivas, as áreas livres particulares e acompanhando o sistema viário.” (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, [200-]). Por sistema viário, entende-se aquela vegetação distribuída ao longo das vias urbanas em passeios, canteiros centrais e rotatórias. A vegetação de forma geral e a arborização em particular pode se apresentar de diversas formas no contexto dos ambientes urbanos: em praças, em parques, nas ruas, nos espaços particulares na forma de jardins e quintais, hortas comunitárias, as APAs (Áreas de Proteção Ambiental), etc. Nesse trabalho priorizou-se a arborização viária pelo fato de que as vias se estendem e ramificam por todo o tecido urbano e,

dessa forma, a existência de uma arborização adequada poderia beneficiar um contingente maior da população urbana, uma vez que nem todos os cidadãos tem acesso aos parques e praças ou tempo disponível para frequentá-los com relativa frequência, e nem tampouco disponham de recursos para terem jardins e pomares particulares. Assim a arborização de ruas e avenidas parece ser o modo mais democrático de prover os benefícios da presença da vegetação a todos.

A escolha adequada das espécies arbóreas a serem plantadas no ambiente urbano responde prioritariamente ao conhecimento das suas características. Para ser considerada eficaz e desejada pela população, a arborização urbana deve garantir que os benefícios suplantem os possíveis inconvenientes no processo de escolha / plantio / manutenção / conservação das espécies escolhidas. Para tanto, critérios metodológicos - disponíveis na literatura técnica sobre o tema - devem ser observados.

Ainda que a arborização urbana no Brasil seja de competência das administrações municipais e a manutenção das mesmas seja da responsabilidade de particulares – o proprietário do terreno onde ela se encontra - a maioria dos estados brasileiros dispõe, nas suas companhias estaduais de energia elétrica, de manuais que procuram orientar o plantio e manutenção arborização de rua. Tal se deve aos riscos potenciais à segurança do cidadão principalmente em relação a galhos que tocam nos fios que conduzem energia ou quedas de árvores ou partes delas, também prejudicando a fiação ou atingindo transeuntes. O *Manual de Arborização Urbana* editado pela CEMIG na edição de 2011 traz, de forma sucinta, os benefícios proporcionados pelo plantio correto das espécies arbóreas:

A arborização das cidades, além da estratégia de amenização de aspectos ambientais adversos, é importante sob os aspectos ecológico, histórico, cultural, social, estético e paisagístico, contribuindo para:

- A manutenção da estabilidade microclimática;
- O conforto térmico associado à umidade do ar e à sombra;
- A melhoria da qualidade do ar;
- A redução da poluição;
- A melhoria da infiltração da água no solo, evitando erosões associadas ao escoamento superficial das águas das chuvas;
- A proteção e direcionamento do vento;
- A proteção dos corpos d'água e do solo;
- A conservação genética da flora nativa;
- O abrigo à fauna silvestre, contribuindo para o equilíbrio das

cadeias alimentares, diminuindo pragas e agentes vetores de doenças;

- A formação de barreiras visuais e/ou sonoras, proporcionando privacidade;
- O cotidiano da população, funcionando como elementos referenciais marcantes;
- O embelezamento da cidade, proporcionando prazer estético e bem estar psicológico;
- O aumento do valor das propriedades e
- A melhoria da saúde física e mental da população.

Na atualização desse manual, no decorrer dos anos, alguns itens foram sendo acrescentados às edições anteriores, sendo que na edição de 2011 supracitada, aspectos físico-biológicos foram ampliados e outros passaram a ser relevantes na questão da devolução do verde ao ambiente urbano como: estabilidade microclimática (referenciando a questão da formação das ilhas de calor urbanas), infiltração de água no solo (necessária para coibir a atual escassez de água), prevenção de erosões associadas ao escoamento superficial das águas das chuvas (mais frequentes nos últimos anos), proteção do solo e mananciais (lembrando o inconveniente do desmatamento das matas ciliares), conservação genética da flora nativa (evidenciando a importância de se preservar as espécies originais, mais adaptadas e resistentes), a vegetação como elemento referencial para a população (o caráter cultural e de preservação de memória do cidadão), embelezamento da cidade proporcionando bem estar psicológico (trazendo a importância do verde no bem estar das pessoas) e o aumento do valor das propriedades (assumindo que áreas vegetadas tem maior valorização imobiliária). Nota-se que na edição de 2011, houve uma significativa ampliação dos benefícios listados (quatorze) se comparados à edição de 1996, onde eram relacionados oito benefícios:

- Proteção contra a ação dos ventos;
- Diminuição da poluição sonora;
- Absorção de parte dos raios solares;
- Sombreamento;
- Ambientação à permanência dos pássaros urbanos;
- Diminuição da poluição atmosférica, neutralizando o excesso de dióxido de carbono e purificando o ar;
- Absorção de poeiras e sólidos em suspensão e
- Melhora da saúde física e mental da população. (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 1996)

Comparando-se as matérias destes manuais, percebe-se expressiva diferença no vocabulário adotado para definir os benefícios da arborização, o que indica que os movimentos ecológicos que permearam o a segunda metade do século XX e início do século XXI renderam frutos no sentido da precisão das palavras e ampliação dos conhecimentos do universo da sustentabilidade, além de evidenciar maior conhecimento a respeito do tema por parte de diversas disciplinas, extrapolando os limites das ciências biológicas.

2.4.2 Espécies adequadas à arborização viária

A escolha adequada da espécie arbórea a ser plantada nas vias, talvez seja a maior preocupação daqueles que lidam cotidianamente com a arborização urbana, em função dos prejuízos que uma escolha inadequada pode causar. Quanto à origem, reconhece-se que o Brasil possui uma das floras mais ricas do mundo e conta com uma grande variedade de espécies arbóreas apropriadas para o ambiente urbano. Mesmo assim, Lorenzi (2002) reconhece que a utilização de espécies nativas – que deveria ser priorizada - é insignificante considerando-se a riqueza de nossa flora. Considerando que as árvores em ambiente urbano estarão submetidas a condições diferentes daquelas oferecidas em ambiente natural, é preferencial utilizar espécies nativas para que seu crescimento, adaptabilidade e desenvolvimento não sejam comprometidos, embora admita-se que algumas espécies exóticas são bem adaptadas às condições brasileiras, por semelhança de solo e clima. Talvez esse fato explique porque, segundo Lorenzi *et al* (2003), 80% da arborização urbana no Brasil é constituída por árvores exóticas.

Partindo-se dos benefícios que se espera alcançar com a arborização urbana faz-se necessário o estudo e observação daquelas espécies que ofereçam maiores benefícios com menores inconvenientes. É consenso que as características que melhor delimitam o potencial de uma espécie é o porte e o sistema radicular da planta. O porte, porque se ela for excessivamente alta pode causar danos à fiação elétrica e necessitar podas frequentes (o que não raro causa a deformação do espécime). O sistema radicular, pelos danos muitas vezes causados em passeios, muros, tubulações e, eventualmente, paredes das edificações. Árvores que apresentam raízes superficiais se encontram nessa categoria, dando-se preferência às de sistema pivotante.

Outras, inclusive, são tóxicas para alguns animais e eventualmente para o homem, como a popular Espirradeira (*Nerium oleander*), a Dama da Noite (*Cestrum nocturnum*) e o Manacá (*Brunfelsia uniflora*)³. (MATOS, 2011). Por serem árvores de pequeno porte e bastante ornamentais, com flores muito atraentes e perfume marcante são utilizadas, inadequadamente, no plantio em passeios públicos e jardins residenciais.

³ Ver apêndice A, onde foram compiladas todas as espécies citadas com os devidos nomes científicos das mesmas.

Exemplos de espécies arbóreas a serem evitadas no ambiente urbano devido à sua toxicidade.

Figura 4 - Espirradeira (*Nerium oleander*)



Fonte: URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE, 2012.

Figura 5 - Dama da Noite (*Cestrum nocturnum*)



Fonte: LIVING IN CARMONE, SEVILLE (ES), c2016

Figura 6 - Manacá (*Brunfelsia uniflora*).



Fonte: SIMPLESMENTE FASCINANTE: o quanto nossa criatividade é capaz!, 2010.

Pivetta e Silva Filho (2002), trazem os preceitos básicos a respeito da implantação da arborização no meio urbano:

Deve-se conhecer, muito bem, as características particulares de cada espécie, bem como, seu comportamento nas condições edafoclimáticas e físicas a que serão impostas. Na arborização urbana são várias as condições exigidas de uma árvore, a fim de que possa ser utilizada sem acarretar inconvenientes, sendo que, entre as características desejáveis, destacam-se:

- Resistência a pragas e doenças, evitando o uso de produtos fitossanitários muitas vezes desaconselhados em vias públicas;
- Velocidade de desenvolvimento média para rápida para que a árvore possa fugir o mais rapidamente possível da sanha dos predadores e também para se recuperar de um acidente em que a poda drástica tenha sido a única opção técnica exigida;
- A árvore não deve ser do tipo que produz frutos grandes e quanto ao fato destes frutos serem ou não apreciados pelo homem, é um assunto bastante polêmico, sendo que, algumas pessoas são contra, pois acreditam que estimularia a depredação, entretanto outras contestam argumentando que deve-se lutar por uma arborização mais racional, conscientizando a população. Entretanto, quanto ao fato destes frutos servirem de alimentos para os pássaros, há um consenso, pois, é uma forma de preservar o equilíbrio biológico;
- Os troncos e ramos das árvores devem ter lenho resistente, para evitar a queda na via pública, bem como, serem livres de espinhos;
- As árvores não podem conter princípios tóxicos ou de reações alérgicas;
- A árvore deve apresentar bom efeito estético;
- As flores devem ser de preferência de tamanho pequeno, não devem exalar odores fortes e nem servirem para vasos ornamentais;
- A planta deve ser nativa ou, se exótica, deve ser adaptada;
- A folhagem deve ser de renovação e tamanho favoráveis. A queda de folhas e ramos, especialmente as de folhas caducas, que perdem praticamente toda folhagem durante o inverno, podem causar entupimento de calhas e canalizações, quando não, danificar coberturas e telhados;
- A copa das árvores devem ter forma e tamanho adequados. Árvores com copa muito grande interferem na passagem de veículos e pedestres e fiação aérea, além de sofrerem danos que prejudicam seu desenvolvimento natural;
- O sistema radicular deve ser profundo, evitando-se, quando possível, o uso de árvores com sistema radicular superficial que pode prejudicar as calçadas e as fundações dos prédios e muros. (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002, p. 4-5),

Se tais recomendações fossem seguidas cotidianamente na escolha das espécies a serem plantadas nas vias urbanas, os inconvenientes apontados pela população na manutenção das árvores seriam minimizados e haveria cidades muito mais arborizadas e agradáveis.

Partindo-se da premissa de que diferentes espécies arbóreas apresentam comportamentos distintos quanto à atenuação da radiação solar e que o sombreamento, por meio de árvores, nas fachadas de edificações expostas ao sol pode melhorar o benefício térmico desses ambientes, Bartholomei (2003) busca comprovar e quantificar, por meio de avaliações de conforto térmico, a contribuição das árvores para a melhoria do microclima no seu entorno e no interior das edificações. Os aspectos analisados pela autora foram: medições de radiação solar, temperaturas de globo e ambiente, e umidade relativa. As espécies analisadas foram Cássia (*Senna spectabilis*), Aroeira salsa (*Schinus molle* L), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link), Jambolão (*Syzygium jambolanum*), Sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard), Cedro-rosa (*Cedrea fissilis* Vell) e Ficus (*Ficus benjamina*).

O resultado das análises mostra que, dentre estas espécies, as três que apresentam melhor desempenho quanto à atenuação da radiação solar são o Jambolão (92,8% de atenuação), a Cássia (88,6%) e o Ficus (86,3%). As árvores com pior desempenho quanto a atenuação da radiação solar foram aquelas analisadas na condição sem folhas: o Sombreiro (sem folhas) com 70,2% de atenuação e o Cedro-rosa (sem folhas) com 29,9%. Convém observar que mesmo sem as folhas a atenuação proporcionada pelo Sombreiro ainda é bastante significativa, o que seria proporcionada pelos galhos da árvore. A autora conclui que “Baseando-se nos dados obtidos neste estudo, pode-se dizer que, de uma forma geral, a arborização contribui de forma significativa na melhoria do conforto térmico tanto de ambientes externos quanto internos a edificação”. (BARTHOLOMEI, 2003).

Quanto às características morfologias das plantas, Abreu (2008) sugere que diferentes espécies arbóreas se comportam de maneiras distintas no microclima urbano e busca verificar o raio de influência de determinados indivíduos arbóreos na melhoria dos microclimas urbanos e do ambiente construído. Essa verificação foi feita através do alcance da atenuação da radiação solar incidente e do controle da velocidade dos ventos por espécies arbóreas e agrupamentos arbóreos bem como estabelecer a quantidade de indivíduos arbóreos necessária para o trabalho de termo-regulação eficiente em ambientes construídos através do cálculo da evapotranspiração. Foram investigadas as espécies: Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* Mart. Ex A.DC.Standl.), Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.),

Jambolão (*Syzygium jambolanum*), Mangueira (*Mangifera indica* L.), e Chuva de Ouro (*Senna siamea* L.). Verificou-se temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, em pontos situados à sombra da copa e ao sol, em diferentes distâncias do tronco. Foram analisados: a atenuação da radiação solar incidente, da evapotranspiração e avaliação de conforto térmico nas diferentes distâncias.

Em relação à quantificação dos exemplares os resultados mais satisfatórios para o conforto foi do agrupamento arbóreo, porém, para árvores isoladas, observa-se uma influência importante do Índice de Área Foliar (IAF) e da dimensão das folhas. Quanto à distância, os benefícios das árvores são constatados em até 15m do tronco percebendo-se que o conjunto de variáveis ambientais proporciona conforto térmico, mesmo ao sol. Quanto à espécie de melhor desempenho, “A maior contribuição para o conforto foi do agrupamento de Chuva de Ouro (*Senna siamea* L.) na sombra e nas distâncias 10m, 25m e 50m, comprovando que a disposição dos elementos arbóreos é capaz de intensificar o trabalho de termoregulação da vegetação.” (ABREU, 2008, p. 143). Além disso, a autora traz a observação oportuna que, nas cidades, as árvores se apresentam em diferentes arranjos (em disposição, densidade e forma diferenciadas), como mostrado na figura 4, e o resultado relativo ao conforto será específico. Na presente pesquisa foram apontadas duas das modalidades sugeridas quanto à disposição dos indivíduos: a isolada e a Intersectante (Ver resultados no item 3.5.5).

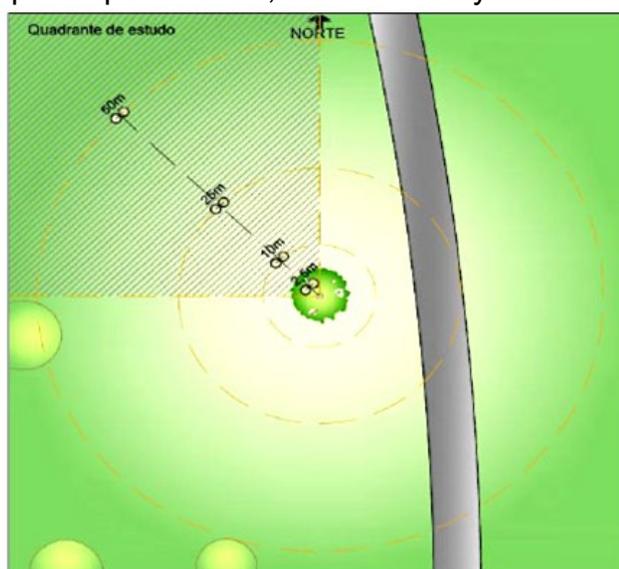
Figura 7 - Disposição e densidade para classificação da estrutura arbórea



Fonte: Adaptado de PEIXOTO *et al.*, 1995.

Abreu e Labaki (2010) complementam que um indivíduo arbóreo isolado plantado em área gramada é capaz de proporcionar bem-estar ao usuário, ao longo do ano, em diferentes distâncias em relação ao tronco da árvore, como pode ser visto na figura 8, mesmo não estando em área sombreada pela copa. Tendo comparado resultados de três índices de conforto térmico em ambientes externos para avaliar o desempenho do ipê-amarelo, jambolão e mangueira no microclima urbano, concluíram que a sensação de conforto, independentemente dos índices utilizados na análise, varia principalmente em função da densidade da copa da árvore.

Figura 8 - Posicionamento dos registradores na espécie ipê-amarelo, *Tabebuia chrysotricha*.



Fonte: ABREU; LABAKI, 2010.

O trabalho citado traz como resultado que o conforto térmico propiciado pelas diferentes espécies ao longo do ano, independentemente dos índices utilizados na análise, dependem da arquitetura da copa. Quanto às espécies escolhidas para o estudo, definiu-se que o ipê-amarelo é a espécie que proporciona melhor sensação de conforto térmico, enquanto as espécies perenes, como o jambolão e a mangueira, têm maior influência sobre a sensação térmica no entorno imediato no período de verão do que no inverno, com condições mais confortáveis encontradas à sombra da copa da árvore.

Importante lembrar que cada espécie vegetal apresenta comportamento e desempenho diferenciados em razão do sítio em que se encontra, pois vai reagir às condições climáticas próprias do local. O que leva a pensar que talvez em outras cidades do país, de climas diferentes, essas espécies que demonstraram bom desempenho em Campinas, possam não se comportar da mesma maneira. Esse pode ser o motivo de ineficácia da vegetação arbórea em algumas cidades, que simplesmente copiam modelos existentes em outras, sem serem avaliados os parâmetros e as especificidades das espécies. Por isso avaliações individualizadas se fazem necessárias.

2.5 Estudos comparativos de ambientes urbanos arborizados

Gomes e Amorim (2003), avaliando as diferenças térmicas e higrométricas entre uma praça densamente arborizada e outra desprovida de cobertura vegetal na cidade de Presidente Prudente, SP, concluíram que, quanto às condições térmicas, a vegetação é importante como agente regulador do campo térmico do entorno, pois a praça mais arborizada apresentou melhores índices de conforto em relação aos demais pontos observados, onde resultados de temperatura efetiva foram mais elevados, agravando as sensações térmicas de estresse ao calor percebidas pelo organismo humano. Os autores sugerem que as praças públicas devem ocupar espaço significativo (variando em torno de 10.000 m²), para permitirem abrigar espécies de médio e grande porte, consideradas as mais eficientes na redução da radiação solar pelo sombreamento que proporcionam, como o Ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), além do Pau d'álho (*Galesia integrilolia*) e do Flamboyant (*Delonix regia*).

Shinzato (2009) busca quantificar a intensidade e a distribuição espacial dos efeitos microclimáticos da vegetação (gramíneas, arbustos e arbórea) no meio urbano, através de simulações paramétricas no programa Envi-met[®], que, segundo a autora, oferece um dos poucos modelos que permite colocar a vegetação na modelagem do tecido urbano e considera a fisiologia das árvores nos cálculos de balanço de energia, na temperatura do ar e superficial, fazendo a interação superfície – vegetação – atmosfera, considerando não apenas o efeito de sombreamento das árvores, mas também o processo fisiológico de fotossíntese e abertura dos estômatos. A pesquisadora conclui que o efeito da vegetação é local e não ocorre influência significativa muito além dos limites das áreas verdes. Entretanto o sombreamento proporcionado por árvores de copa densa (LAI=10) apresentou diferenças médias de 23°C, nas temperaturas superficiais do solo, embaixo da copa, o que pode amenizar o efeito de ilhas de calor urbanas ao evitar o aquecimento de materiais usuais nas cidades como asfalto e concreto e a liberação da radiação de onda longa acumulada durante a noite. As espécies com copas mais densas (LAI=10) barram a passagem da radiação solar direta e resultam em temperaturas superficiais do solo abaixo da árvore menores em até 3° C em relação às copas pouco densas (LAI= 3) concluindo-se que a densidade da copa é o principal fator para a qualidade do sombreamento. Mostrou-se nesse estudo que a abrangência dos efeitos microclimáticos da vegetação urbana é limitada e, segundo as medições de campo, a influência das árvores é sentida embaixo das copas e, no máximo, nas áreas de projeção das sombras. Assim, pensando no conforto do pedestre, seria preferível distribuir a vegetação em pequenos grupos do que implantar um único e grande parque. Outra característica apontada nesse estudo é a distribuição espacial da vegetação visando maximizar seus efeitos benéficos, pois os modelos no formato linear e a arborização nas calçadas obtiveram os melhores resultados na temperatura do ar uma vez que facilitaram a passagem dos ventos. Comprova-se assim a vantagem da arborização viária em relação às outras modalidades de conjuntos aglomerados.

2.6 A experiência internacional

2.6.1 O caso de Seul – Coréia do Sul

Algumas experiências na arborização urbana viária fora do Brasil são dignas de destaque. Talvez a mais notável seja o caso do projeto, de autoria do urbanista Kee Yeon Hwang, de restauração do rio Cheonggyecheon de Seul, na Coréia do Sul, que originalmente, foi construído, ainda na Dinastia Joseon (1392-1410), com a finalidade de drenar a cidade. Nos anos 1940 com o rápido crescimento econômico e populacional da cidade, o córrego foi coberto por concreto e posteriormente (1976) construíram-se vias elevadas acima dele (FIGURA 6). Com o passar do tempo, essa atitude demonstrou não ter sido a ideal porque, aos poucos, os prejuízos ambientais decorrentes da canalização do rio que já estava poluído levaram o ambiente urbano a sofrer um decréscimo de qualidade com a extrema impermeabilização.

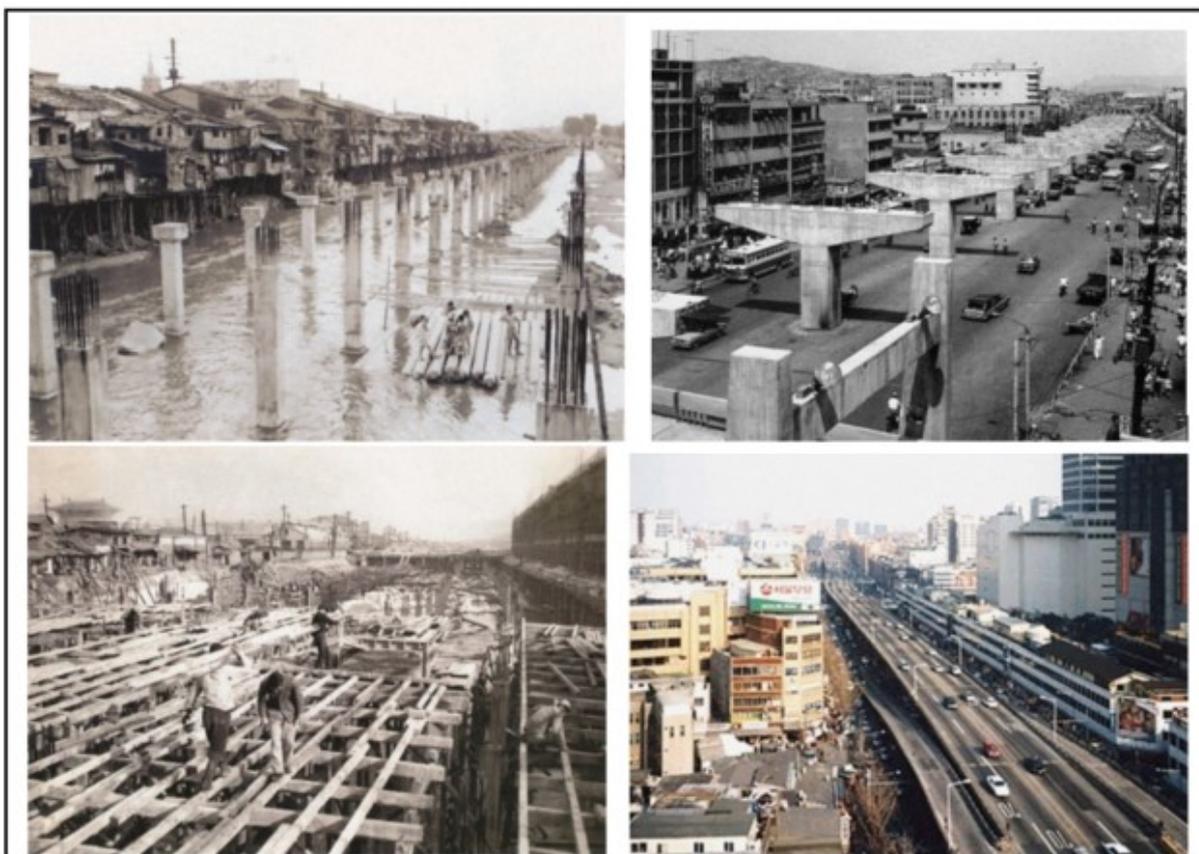
[...] a ideia de substituir a estrada começou em 1999 quando a Câmara Municipal de Seul precisou fechar uma das três artérias rodoviárias da cidade. Paradoxalmente, com o fechamento da via eles descobriram que os volumes de viagens de carro caiu substancialmente. E isso é um exemplo do Paradoxo de Braess, que afirma que: “Removendo o espaço em uma área urbana e diminuindo a capacidade extra dentro de um sistema de rede viária, pode-se diminuir o trânsito de automóveis em geral.” (MASTER AMBIENTAL, 2016)

Essa experiência acabou suscitando o incentivo necessário para que, em 2003, urbanistas decidissem eliminar a autoestrada buscando revitalizar a região e modernizar a cidade, o que seria parte de um projeto maior de revitalização urbana, buscando transformar Seul numa cidade ecologicamente correta. O projeto de restauração do córrego Cheonggyecheon levou aproximadamente três anos para ser concluído e hoje se transformou em um grande parque público dando acesso a lazer a milhares de pessoas. Quanto ao trânsito, a malha viária foi modificada e ampliada resultando num aumento de usuários em novos sistemas de transporte. (MASTER AMBIENTAL, 2016)

De um modo geral, esse caso apresenta dados impressionantes pela sua grandeza e ousadia. Foi demolido um elevado de concreto de 5,4 Km e construído 22 novas pontes de travessia de pedestres. Houve um aumento expressivo da biodiversidade local em 639% de 2003 a 2008 com um acréscimo de 62 para 308 espécies plantadas,

de quatro para 25 espécies de peixes, de seis para 36 espécies de pássaros, de cinco para 53 espécies de invertebrados aquáticos, de 15 para 192 espécies de insetos, de dois para quatro mamíferos e de quatro para oito espécies de anfíbios. A redução do efeito de ilha de calor foi de 3,3°C a 5,9°C (FIGURA 7). A velocidade do vento através do corredor verde aumentou de 2,2% a 7,8%. A poluição de pequenas partículas diminuiu em 35% e houve grande valorização de terrenos próximos num aumento de 30% a 50%. O custo total da obra foi de 380 milhões de dólares. (ROWE, 2016)

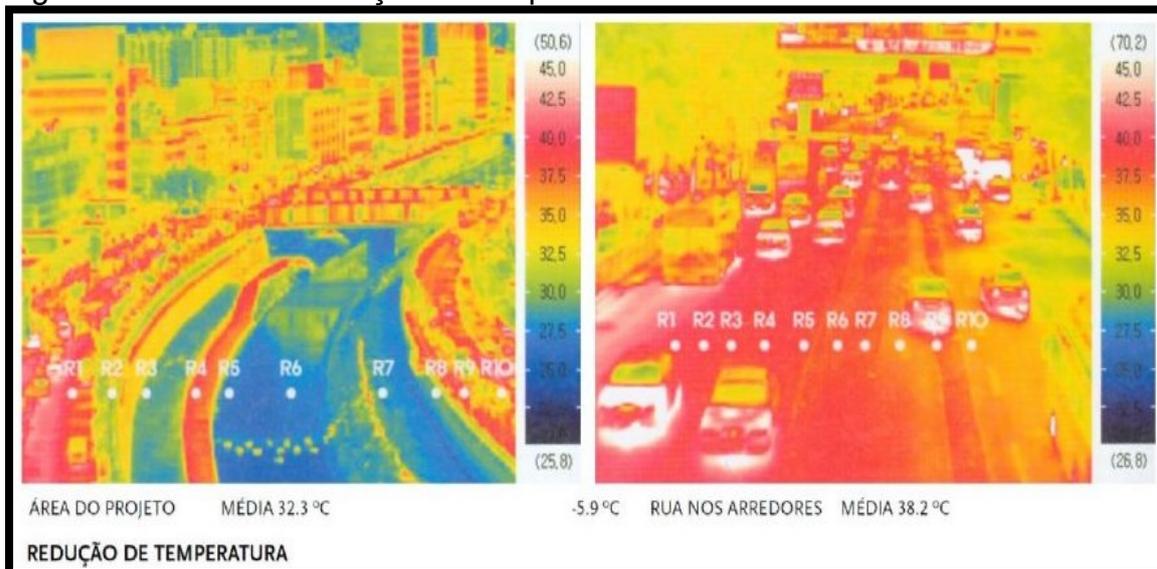
Figura 9 - Seul - Início das obras de 1958 que cobriram o rio Cheonggyecheon e o viaduto concluído.



Fonte: ROWE, 2016

O resultado final dessa experiência em Seul foi surpreendente. As figuras 8 e 9 a seguir, mostram o quanto os espaços urbanos paralelos ao rio Cheonggyecheon ganharam em qualidade visual, ambiental e humanização, uma vez que o verde da vegetação tomou o lugar do cinza do concreto, não se limitando apenas às margens imediatas, mas ocupando fartamente as calçadas dos quarteirões adjacentes. As águas do rio, agora totalmente despoluídas oferecem novamente vida e frescor ao ambiente urbano, trazendo de volta ao seu convívio os habitantes da cidade em seus momentos de lazer.

Figura 10 – Seul - Diferenças de temperaturas na área revitalizada e nos arredores



Fonte: ROWE, 2016

Figura 11 – Seul - Área revitalizada traz de volta a população.



Fonte: ROWE, 2016

Figura 12– Seul - Área revitalizada e esquema em corte das várias etapas da obra.



Fonte: ROWE, 2016

2.7 Legislação Ambiental

A Constituição Brasileira, de 05 de outubro de 1988, em seu Capítulo VI, que trata das questões relacionadas ao meio ambiente, no Artigo n. 225 estabelece que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, [200-]).

Já no Capítulo II, que trata da Política Urbana, define que:

Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público Municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. (BRASIL, [200-]).

Fica claro pelo exposto que é de competência das administrações municipais tudo o que acontece em seu território que vise garantir “a sadia qualidade de vida” e “o bem-estar de seus habitantes”, incluindo-se aqui a arborização urbana.

Qualquer legislação que for elaborada pelos municípios deve sempre estar em consonância com as disposições constitucionais e com a legislação federal, podendo sempre ser mais exigente ou mais severa, mas nunca menos restritiva que a lei maior naquilo que define. Ainda no artigo 182 da Constituição Federal, em seu parágrafo primeiro, torna obrigatório o Plano Diretor para cidades com mais de vinte mil habitantes, além de uma exigência do Estatuto da Cidade, aprovado pela Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Geralmente nesse Plano Diretor são definidas as políticas públicas para o meio ambiente.

No caso de Pará de Minas, o Plano Diretor do Município sancionado em 2006, traz no seu Título V (Do Meio Ambiente), Capítulo I (Da Política Do Meio Ambiente) o seguinte:

Art. 16 - São diretrizes das Políticas do Meio Ambiente no Município de Pará de Minas:

I - Garantir que o patrimônio natural composto pelo ar, água, solo, subsolo, fauna, flora e pelos ecossistemas originais do Município de Pará de Minas, indispensáveis à manutenção da

biodiversidade e os marcos referenciais da paisagem, essenciais ao equilíbrio urbano e à sadia qualidade de vida, sejam utilizados de forma consciente e que possa assegurar sua preservação para as gerações futuras;

II - Estabelecer a integração dos órgãos e entidades Municipais, Estaduais e Federais nas ações de educação ambiental, controle, fiscalização, defesa, recuperação e preservação do Meio Ambiente no Município de Pará de Minas;

III - Superar os conflitos referentes à poluição, à degradação e aos impactos nocivos ao Meio Ambiente, garantindo sua utilização e ocupação equilibrada;

IV - Promover a constante educação e informação sobre a questão ambiental no Município, eliminando o paradigma equivocado de que o progresso e o desenvolvimento são conflitantes com a sadia utilização dos recursos naturais. (PARÁ DE MINAS, 2006).

Entende-se, segundo o exposto acima, que a questão da arborização urbana viária, fazendo parte do “patrimônio natural”, sendo indispensável “à manutenção da biodiversidade e os marcos referenciais da paisagem, essenciais ao equilíbrio urbano e à sadia qualidade de vida” demanda por parte do poder público municipal que cumpra adequadamente as necessárias “ações de educação ambiental, controle, fiscalização, defesa, recuperação e preservação do Meio Ambiente no Município de Pará de Minas”, que supere “os conflitos referentes à poluição, à degradação e aos impactos nocivos ao Meio Ambiente, garantindo sua utilização e ocupação equilibrada” e que promova “a constante educação e informação sobre a questão ambiental no Município”. (PARÁ DE MINAS, 2006). Ou seja, tudo que se espera, é que o poder público municipal cumpra com as suas responsabilidades em relação ao meio ambiente como um todo e à arborização urbana em particular.

Alguns municípios brasileiros já contam com uma ferramenta importantíssima para levar a cabo essa tarefa, é o Plano Diretor de Arborização Urbana – PDAU, instrumento complementar ao Plano Diretor (BARCELLOS, 2006).

No Paraná, em 2012, uma equipe multidisciplinar criou um manual de referência para auxiliar os municípios paranaenses a elaborar o seu Plano Diretor de Arborização Urbana. Essa responsabilidade ficou a cargo do Comitê de Trabalho Interinstitucional para Análise dos Planos Municipais de Arborização Urbana no Estado no Paraná, que desenvolveu esse trabalho junto a uma equipe integrada por profissionais técnicos

das seguintes instituições: Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, Companhia Paranaense de Energia – COPEL, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná – CREA-PR, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA-FLORESTAS, Instituto Ambiental do Paraná –IAP, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER e Ministério Público do Estado do Paraná – MP-PR.

A finalidade deste documento é apresentar subsídios para a elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana - PMARB às Prefeituras Municipais do Estado do Paraná. Objetiva-se orientar e auxiliar os Prefeitos e técnicos dos municípios paranaenses quanto aos requisitos, tópicos e etapas que devem estar contemplados no referido plano (BARCELLOS, 2006, p.5).

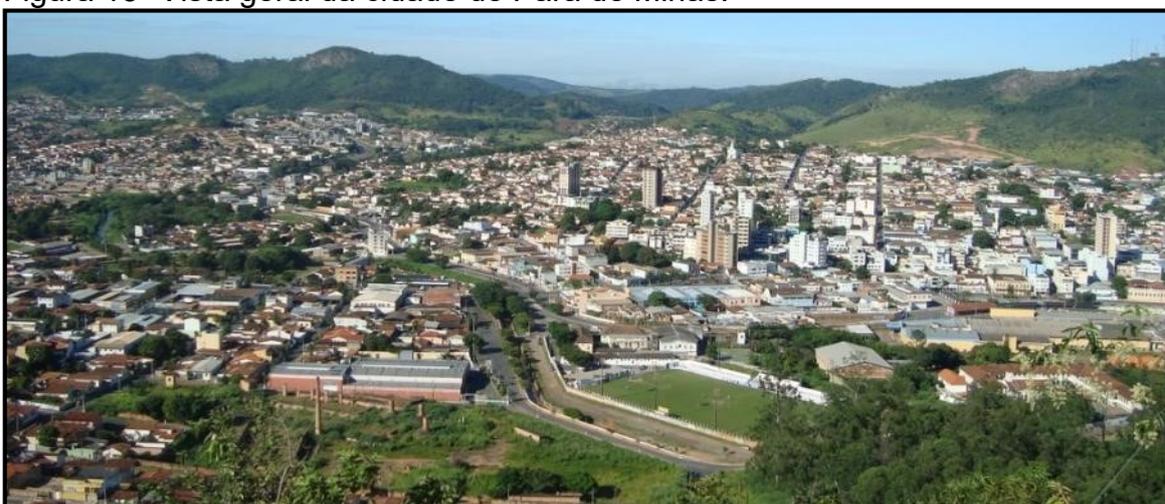
Entende-se que esse manual, que nos parece bastante adequado e abrangente, não deva se restringir aos municípios paranaenses e que ele pode, também, servir de subsídio para a elaboração do PDAU em qualquer município brasileiro, uma vez que traz de forma bastante objetiva os itens básicos que devem constar do Plano Diretor de Arborização Urbana. Cada município pode ainda, caso julgue necessário, adequá-lo às suas particularidades, medida conveniente quando se leva em conta a imensa heterogeneidade entre os municípios de um país de dimensões continentais, com diferentes climas, biomas e perfis populacionais.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do Município de Pará De Minas

Pará de Minas localiza-se no estado de Minas Gerais, pertence à Mesorregião Metropolitana, à Microrregião de Pará de Minas e ao colar metropolitano de Belo Horizonte e localiza-se a oeste da capital do estado a cerca de 90 km. Sua área de 551,247 km², sendo que 9,9 km² estão em perímetro urbano. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA *apud* WIKIPEDIA,2016).

Figura 13- Vista geral da cidade de Pará de Minas.



Fonte: MOISÉS, 2008

Figura 14- Pará de Minas em MG.



Fonte: Ilustração cedida para a autora, 2016.

Figura 15- Área urbana de Pará de Minas.



Fonte: Google Maps, c2016.

Nas figuras 16 e 17 abaixo pode-se notar o adensamento do ambiente construído em relação às áreas verdes remanescentes.

Figura 16- Vista aérea da cidade de Pará de Minas.



Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

Figura 17 - Vista parcial da cidade de Pará de Minas

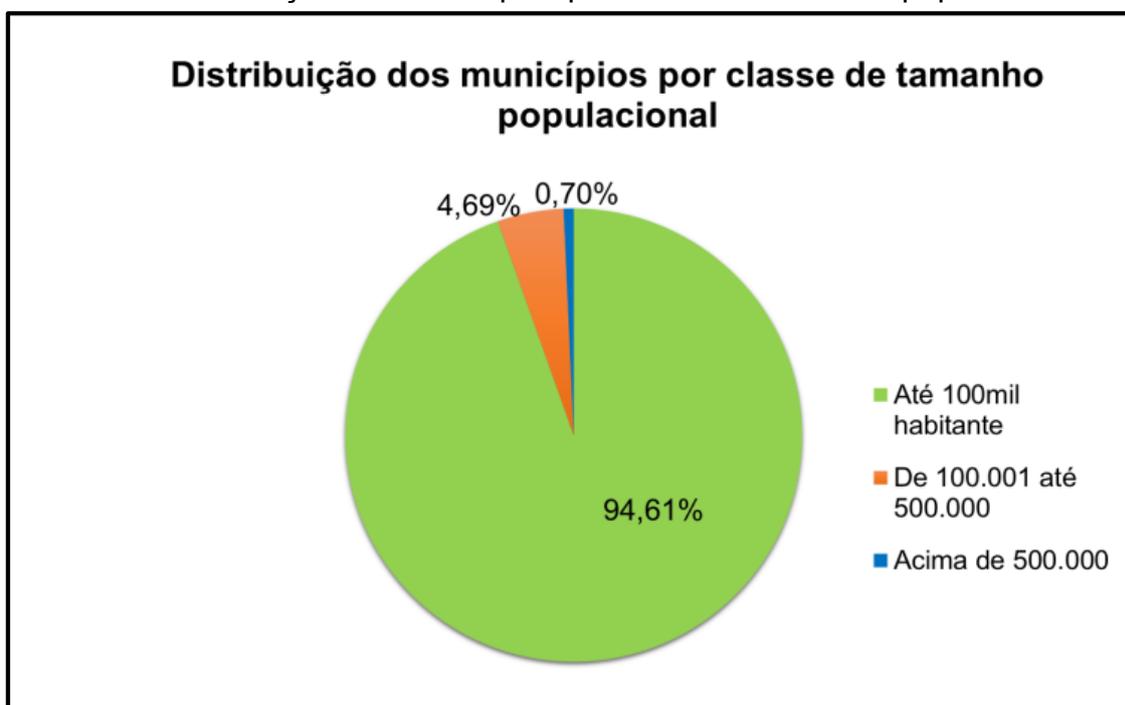


Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

A escolha de Pará de Minas para a realização dessa pesquisa se deve ao fato de que ela representa muito bem o perfil da maioria dos municípios brasileiros, sendo que, do total de 5.570 municípios, 94,61% se encontram na faixa de população de até 100 mil

habitantes (GRÁFICO 1). A estimativa da população de Pará de Minas em 2015 era de 90.306 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016a), com 94,52% da população vivendo na zona urbana. Isso nos indica que aquilo que pode ser avaliado e recomendado na questão da arborização urbana nesta cidade pode ser replicado para os demais municípios desse contingente populacional. Obviamente levando-se em conta as particularidades das diversas expressões do meio ambiente de cada lugar, no que se refere a clima, bioma predominante, espécies adaptadas, etc.

Gráfico 1 - Distribuição dos municípios por classe de tamanho populacional.



Fonte: Adaptado de IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016b

Também relevante é o fato de Pará de Minas ser uma cidade-polo, rodeada por outras pequenas cidades que dependem fortemente dela (Principalmente as menores como Onça de Pitangui, São José da Varginha, Pequi, Florestal, Igaratinga e Conceição do Pará) para atendimento de necessidades básicas, como saúde, educação, lazer, serviços e postos de trabalho (FIGURA 18). Outro fato que nos pareceu relevante na escolha do sitio da pesquisa foi a praticidade na coleta de dados em uma área de menor porte e mais acessível, uma vez que a autora reside nessa cidade.

Figura 18 - Pará de Minas e municípios vizinhos

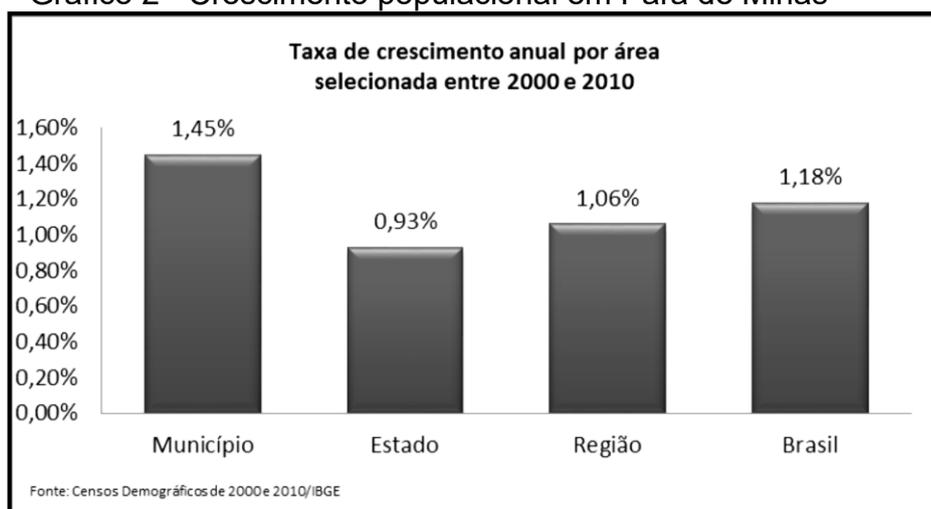


Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS, 2010.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Pará de Minas é de 0,725, classificado como alto em relação a média nacional. Sendo assim, considera-se que a população local seja suficientemente esclarecida para considerar as consequências positivas de conservar-se a vegetação no meio ambiente urbano e que, com a devida participação dos seus gestores na implementação das políticas públicas adequadas no quesito arborização urbana viária, tendem a participar positivamente do processo de rearborização da cidade.

No aspecto quantitativo, a população do município ampliou-se sensivelmente, entre os Censos Demográficos de 2000 e 2010, à taxa de 1,45% ao ano, que foi superior àquela registrada no Estado, que ficou em 0,93% ao ano e superior à cifra de 1,06% ao ano da Região Sudeste (GRÁFICO 2). A taxa de urbanização apresentou alteração no mesmo período. A população urbana em 2000 representava 93,13% e em 2010 a passou a representar 94,52% do total. Com esse crescimento da população urbana, cada vez mais se faz necessário repensar a qualidade de vida nas cidades o que implica diretamente na manutenção do ambiente natural tanto quanto possível pelas razões apresentadas anteriormente nesse trabalho.

Gráfico 2 - Crescimento populacional em Pará de Minas



Fonte: BRASIL, 2016

3.1.1 Economia

Segundo o IBGE, entre 2005 e 2009, o Produto Interno Bruto (PIB) do município cresceu 64,7%, tendo seu crescimento percentual superior ao verificado no Estado que, nesse período, foi de 49,0%. A estrutura econômica municipal demonstrava participação expressiva do setor de Serviços, o qual responde por 51,0% do PIB municipal, como mostrado nos gráficos 3 e 4. (BRASIL, 2016).

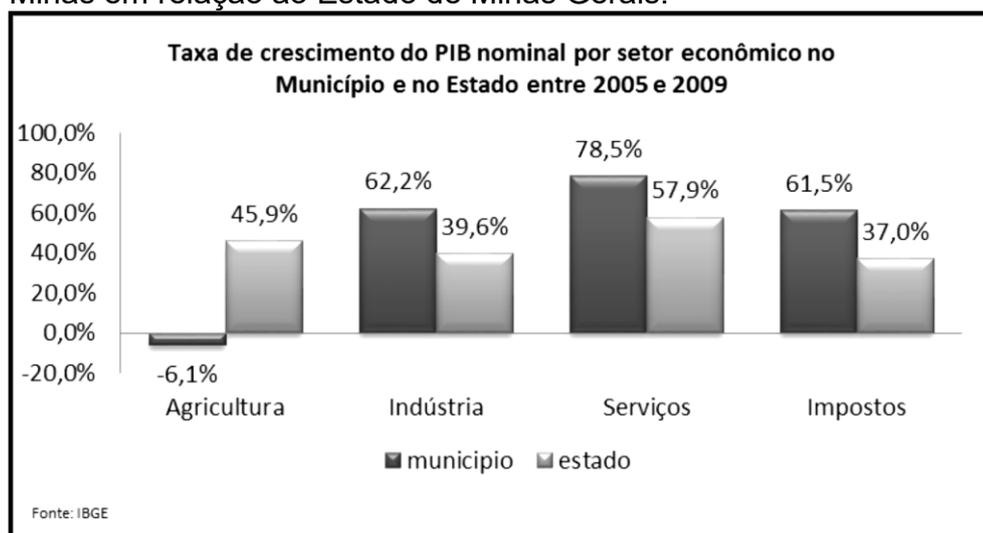
Esses dados demonstram que os habitantes de Pará de Minas, de um modo geral, têm condições econômicas de, eventualmente, participar da manutenção adequada das árvores plantadas no seu passeio, desonerando o poder público que, muitas vezes, negligencia esse cuidado alegando falta de recursos.

Gráfico 3- Participação dos setores econômicos em Pará de Minas.



Fonte: BRASIL, 2016.

Gráfico 4- Quadro comparativo dos setores econômicos de Pará de Minas em relação ao Estado de Minas Gerais.



Fonte: BRASIL, 2016.

3.1.2 Clima e vegetação

Segundo a classificação de Koppen, adotada universalmente e adaptada ao Brasil, o clima de Pará de Minas classifica-se como “Cwa”, sendo: C- Mesotérmico (meio quente e úmido); w- Chuvas de verão e a- Verões quentes e invernos brandos. (PARÁ DE MINAS, 2006).

A sede municipal tem uma temperatura média anual de 21,8 °C (INMET-MG). A vegetação original do município apresenta como bioma oficial o Cerrado e a Mata Atlântica. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, c2016b)

3.1.3 Arborização urbana viária: a experiência em Pará de Minas

O senso-comum frequentemente nos apresenta questões não encontradas na literatura acadêmica oficial, matérias que ainda não apresentam definições científicas, mas que, nem por isso, devem ser desprezadas. Devido à falta de informações consistentes a respeito de diversas demandas relativas ao plantio e manutenção adequados da arborização urbana de modo a evitar os inconvenientes já citados anteriormente, optou-se por ouvir aqueles que, mesmo não sendo detentores de títulos acadêmicos, oferecem a experiência da prática de longos anos nessa tarefa de repovoar o verde na cidade. Sempre que possível esses relatos foram confrontados com a literatura oficial, em outros momentos não havia nada já escrito a respeito, mas mesmo assim optou-se por trazer a este trabalho experiências que mostraram resultados positivos efetivos. É o caso, por exemplo, da questão da superficialização das raízes de algumas espécies, o que causa grandes transtornos – danificação de passeios e tubulações hidráulicas, rachaduras em muros e paredes, etc. - e vem a ser um dos grandes motivos de rejeição por parte da população, ao plantio de árvores. Muitas espécies são, por esse motivo, reconhecidamente inadequadas ao plantio em vias públicas. O exemplo mais conhecido é o Fícus (*Ficus benjamina*). Outras, porém, são citadas na literatura como adequadas por terem raízes pivotantes, mas, num comportamento anômalo, acabam por superficializar suas raízes de forma bastante agressiva.

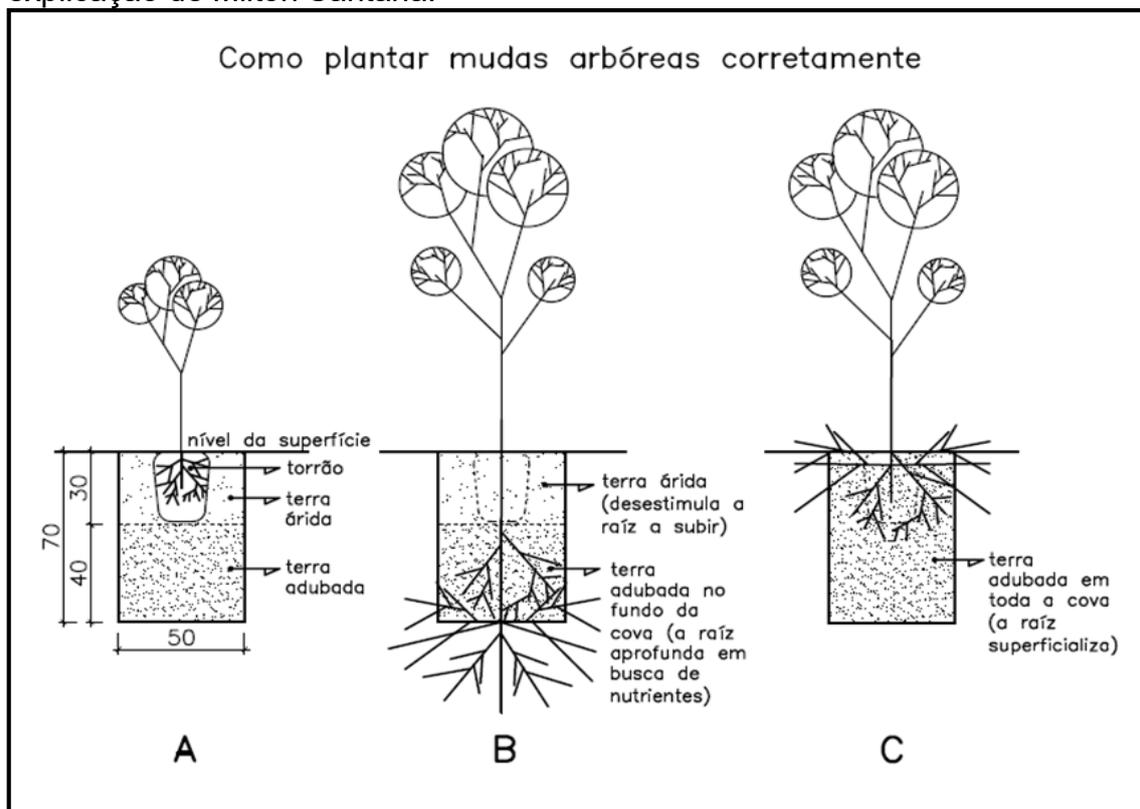
Conforme Santana⁴, viveirista do Horto Florestal de Pará de Minas, local que produz e fornece mudas arbóreas para a cidade e também para o meio rural do município, o motivo que leva, ocasionalmente, essas espécies reconhecidamente de raiz pivotante, ao aparecimento de raízes aéreas é a forma inadequada de plantio. Esclarece que geralmente se faz a cova preenchendo-a com uma mistura de terra+adubo orgânico+adubo químico, que, realmente, é o substrato mais indicado. Porém a questão primordial não está no material utilizado, mas na forma como é executado. Sugere que seja feita uma cova de 50 cm de lado e 70 cm de profundidade (no mínimo), coloque-se a mistura até a altura de 40 cm. Restarão 30 cm até a superfície, onde será colocado o torrão (muda) e preenche-se à sua volta com a terra original

⁴SANTANA, Milton. [Técnica de plantio de árvores]. Pará de Minas, 29 jun. 2016. Entrevista concedida à autora.

retirada da cova (terra mais pobre e seca), conforme visto na figura 19, item A. Segundo Santana esse procedimento fará com que as raízes da planta procurem nutrientes mais abaixo no solo, evitando a formação de raízes aéreas (FIGURA 16, item B). As raízes tendem a superficializar quando se preenche toda a cova com a mistura nutritiva e, ali encontrando alimento com mais facilidade, elas se espalham superficialmente (FIGURA, item C). Importa ressaltar que este comportamento do indivíduo arbóreo ao superficializar as raízes em busca de alimento é diferente quando se avalia o habitat do mesmo, uma vez que na floresta (ambiente nativo) isto não acontece.

Santana recomenda para plantio em vias urbanas de Pará de Minas: o Resedá ou Escumilha (*Lagerstroemia indica*), o Manacá-da-serra (*Tibouchina mutabilis*), o Calistemo ou Escova de garrafa (*Callistemon viminalis*), o Flamboyant-mirim (*Caesalpineia pulcherrima*), o IPÊ-mirim (*Tecoma stans*) e o Ipê branco (*Tabebuia roseoalba*). Essa escolha se deve às características dessas espécies que se adéquam perfeitamente às mais diversas situações encontradas nas vias: são todas de pequeno porte não interferindo na fiação elétrica e facilitando a manutenção de podas, apresentam raízes pivotantes, o que elimina o problema da quebra de passeios, florescem quase o ano todo e por isso apresentam grande efeito estético e são perfeitamente adaptadas ao clima local.

Figura 19- Ilustração da maneira adequada de plantio de mudas arbóreas, conforme explicação de Milton Santana.



Fonte: Desenho da autora, 2016.

Santana alerta ainda quanto ao espaçamento adequado entre árvores para que se possa colher dela todos os benefícios, que, segundo ele, nem sempre é respeitado, impedindo o seu desenvolvimento pleno. Sugere que as mudas sejam plantadas num intervalo de 7 a 8 metros, segundo o porte da planta adulta – que no caso de arborização viária deve ser de pequeno ou, no máximo, médio porte. Essa medida favorece a filtragem do vento e da luz do sol na medida certa e ainda permite a visibilidade ampla por questões de segurança.

Em Pará de Minas existe nas vias urbanas uma grande maioria de Sibipirunas (*Caesalpinia peltophoroides*), plantadas na década de 1980. Na ocasião a escolha foi feita sem nenhum critério técnico, apenas considerando seu efeito estético e hoje é consenso que essa espécie apresenta graves problemas. Pereira⁵, engenheiro florestal, diretor de Meio Ambiente da prefeitura de Pará de Minas informa que os principais inconvenientes são: o tamanho das folhas, que por ser muito pequeno

⁵PEREIRA, Eduardo Wagner. [Arborização em Pará de Minas]. Pará de Minas, 30 jun. 2016. Entrevista concedida à autora.

causa entupimento de calhas nas edificações e uma resina que ela segrega e que, se transforma numa espécie de “cola” que ao cair sobre veículos tem grande poder de aderência e costuma manchar vidro e laticínios dos mesmos. Essa informação é altamente relevante quando se considera que um dos grandes benefícios da arborização urbana é o sombreamento de estacionamentos de veículos, inclusive ao longo das ruas.

Pereira estima que o percentual de espécies plantadas na cidade é de 55% Sibipiruna, 25% de Oiti e 20% de outras espécies como Flamboyant (*Delonix regia*), Aroeira salsa (*Schinus molle*), Calistemo (*Lagerstroemia indica*), Palmeira Licuri (*Syagrus romanzoffiana*) e Palmeira Imperial (*Roystonea regia*). Sugere como espécies mais indicadas para arborização viária o Oiti (*Licania tomentosa*), a Magnólia (*Magnolia champaca*) e a Aroeira salsa (*Schinus molle*), pois todas são de rápido crescimento, tem baixo percentual de levantamento de passeio, suas folhas não caem em grande volume, aceitam poda modelar de contenção de altura quando necessário, oferecem bom sombreamento e, no caso da magnólia e aroeira salsa, atraem pássaros. Pereira alerta que espécies como pata de vaca, cinamomo e murta atraem muita erva-de-passarinho⁶, parasita de difícil controle, sendo um dos maiores inconvenientes da arborização urbana, pois suga a seiva da planta e pode levá-la à morte (FIGURA 20). Além do que a Pata-de-vaca tem a propensão a desenvolver a cochonilha, outra praga, tem a copa mais ressecada e suas folhas caem em grande volume.

⁶ A erva-de-passarinho é uma planta parasita que ataca geralmente as plantas lenhosas e as árvores, sugando sua seiva e podendo causar até sua morte se não for retirada. De difícil combate, emite raízes que penetram no caule e nos ramos da planta hospedeira, sugando-lhe a seiva e causando sua degeneração. Recomenda-se que seja realizada a poda dos galhos afetados pela erva-de-passarinho, pois, caso contrário, pode provocar a morte da árvore. (ARBÓREO, c2016). Ainda sobre a erva-de-passarinho, Lorenzi (2000) diz que infesta principalmente árvores frutíferas e ornamentais. Leva esse nome porque suas sementes são disseminadas pelos pássaros. Ao caírem sobre um ramo, germinam e formam um grande tufo vegetativo com centenas de ramificações que em poucos anos levam a árvore à morte. (LORENZI, 2000).

Figura 20- Erva-de-passarinho. Rua Curitiba e Rua Antônio Felipe, Pará de Minas.



Fonte: Registro fotográfico da autora, 2016.

3.2 Caracterização da Área de Estudo

Os critérios de escolha da área de estudo foram: oferecer, no mínimo, duas áreas distintas, próximas o suficiente para que fosse possível a tomada de dados de temperatura, umidade e direção do vento dentro de um período máximo de uma hora, que elas estivessem em sentidos diferentes (Norte-Sul, Leste-Oeste), que apresentasse trechos arborizados em ambos os lados da rua e também trechos próximos sem arborização, para que fosse possível observar o contraste nos dados coletados. Assim, o local escolhido foi um trecho das ruas Vicente Porfírio de Oliveira (sentido Leste nordeste - Oeste sudoeste) e Engenheiro José Guimarães (sentido Sudeste-Nordeste), ambas no mesmo quarteirão, localizadas no bairro Vila Maria em Pará de Minas. (Figuras 21, 22, 23, 24 e 25)

Figura 21 - Bairro Vila Maria.



Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

Figura 22- Área de estudo – imagem aérea.



Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

Figura 23 - Área de estudo – desenho.



Fonte: Desenho da autora, 2016.

Figura 24- Área de estudo. Rua Engenheiro José Guimarães



Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

Figura 25- Área de estudo. Rua Vicente Porfírio de Oliveira



Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

Foram demarcados 36 pontos, em quatro regiões distintas: duas em áreas arborizadas e duas em áreas sem arborização, conforme pode ser visualizado na figura 28.

As espécies presentes são a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) e Oiti (*Licania tomentosa*), descritas a seguir:

Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*)

Nomes populares – sibipiruna, sebipira, sepipiruna.

Planta nativa do Brasil, semidecídua, heliófita, indiferente às condições físicas do solo, característica da mata pluvial atlântica. Tem altura de 8-16 m, tronco de 30-40cm de diâmetro e folhas compostas bipinadas. Ocorre na mata atlântica e no Pantanal Matogrossense. Flores de coloração amarela; floresce de agosto a novembro em copa bastante ornamental –sendo uma das espécies mais cultivadas na arborização de ruas na região Sudeste. (LORENZI, 2002)

Figura 26– Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*)



Fonte: MEU CANTINHO VERDE, c2015.

Oiti (*Licania tomentosa*)

Nomes populares – oiti, oiti-da-praia, guaili, oitizeiro.

Planta nativa do Brasil, perenifólia, heliófita, característica da mata pluvial atlântica. Tem altura de 8-15 m, tronco de 30-50cm de diâmetro e copa frondosa, com folhas simples, tomentosas em ambas as face. Ocorre na mata atlântica (de Pernambuco até o norte do Espírito Santo e vale do Rio Doce em Minas Gerais, na floresta pluvial atlântica). Flores discretas - floresce de junho a agosto. Os frutos amadurecem de janeiro a março. (LORENZI, 2002)

Figura 27– Oiti (*Licania tomentosa*)



Fonte: ÁRVORES URBANAS DO DISTRITO FEDERAL, [201-?].

As medições foram realizadas em dois horários do dia: das 06:00 h às 06:40 h e das 14:00 h às 14:40 h, no dia 12 de maio de 2016. Esses horários foram os escolhidos porque se verificou que seriam o primeiro o mais fresco e úmido e o segundo o mais quente e seco (TABELA 1).

O equipamento utilizado foi o Termo-Higrômetro Portátil modelo HT-260, da marca Instrutherm que opera medição de temperatura e umidade através do sensor termistor nas seguintes escalas: Temperatura: -20 a 60°C / -4 a 140°F, Precisão: $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ / $\pm 3,5^{\circ}\text{F}$; Resolução: 0,1°C/°F; Umidade: 0 a 100% RH, Precisão: $\pm 3,5\%$ RH, Resolução: 0,1% RH. Apresenta Temperatura de operação: 0 a 50°C e Umidade de operação: Máx. 80% RH.

Os dados foram anotados manualmente e depois transferidos para uma planilha eletrônica do Excel®. A partir daí foram transportados para o programa Surfer®, onde se processou a modelagem das informações levantadas cujas análises serão relatadas no capítulo seguinte.

Figura 28 - Área de estudo, pontos de medição e descrição das espécies.



Fonte: Desenho da autora, 2016.

Tabela 1 - Dados Médios Horários Estação Florestal - MG.

Hora	Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
0	16,7	16,1	94	93
1	16,3	15,8	94	94
2	15,9	15,2	95	94
3	15,2	14,9	95	95
4	15,1	14,5	95	95
5	14,5	14,2	95	95
6	14,4	14,1	96	95
7	14,9	14,2	96	95
8	17,2	14,9	96	95
9	20,4	17,2	95	84
10	23,8	20,4	84	62
11	26,5	23,6	64	51
12	27,6	25,6	55	43
13	27,2	26,4	50	45
14	27,5	26,5	52	43
15	27,7	26,9	51	43
16	27,7	26,5	61	45
17	26,7	23,5	73	56
18	23,5	20,2	86	73
19	20,2	18	91	86

Fonte: INMET. 2016

3.3 Resultados preliminares – Pré-teste

Após coletados os dados no pré-teste da pesquisa, os mesmos foram modelados no programa Surfer®, cujas imagens serão analisadas a seguir.

Figura 29 - Modelagem dos dados de temperatura, de 6:00 h às 6:40 h.

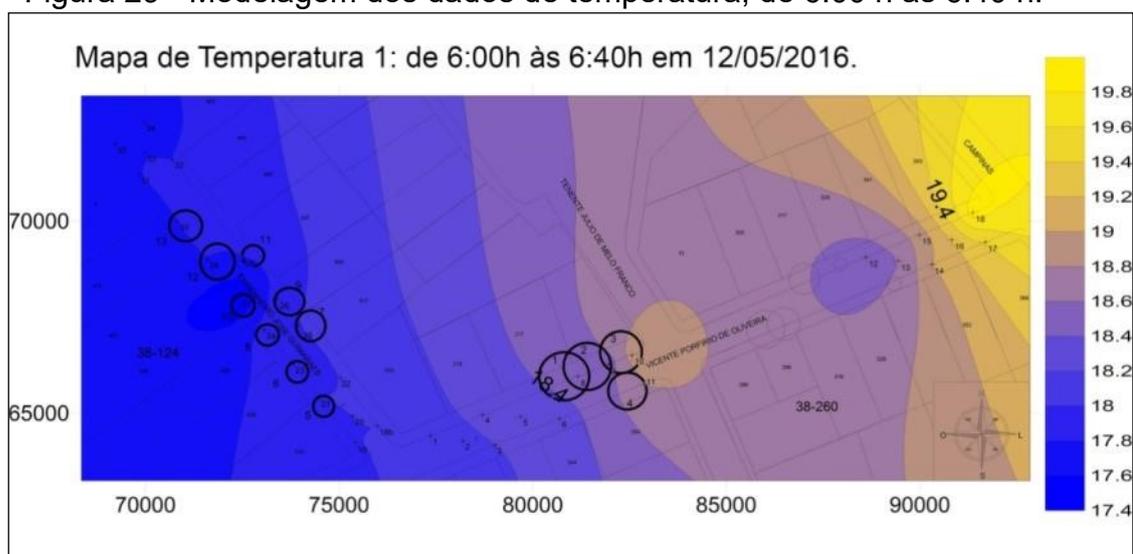
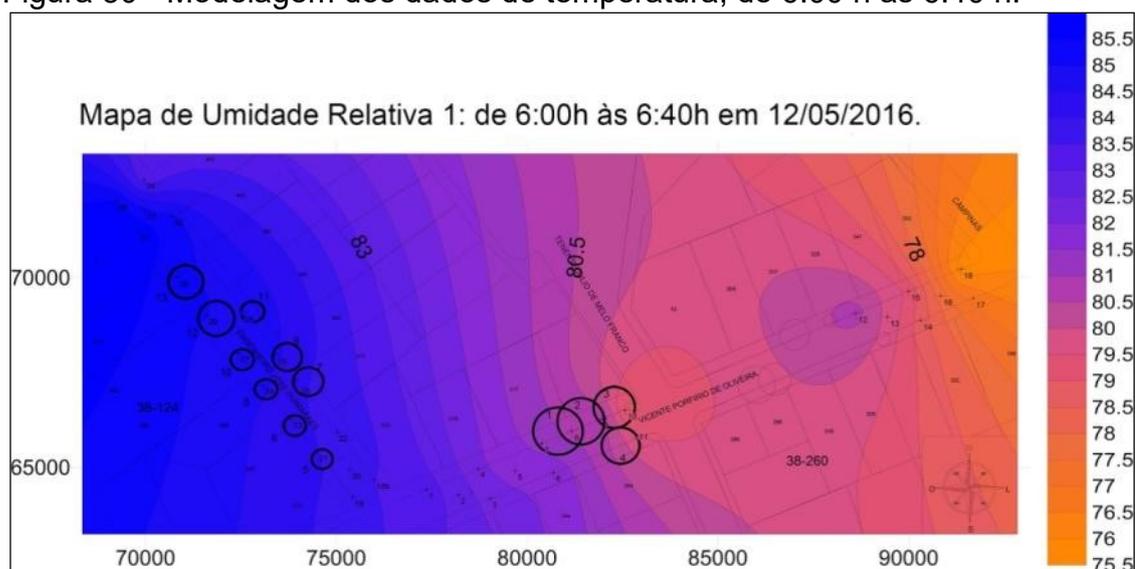
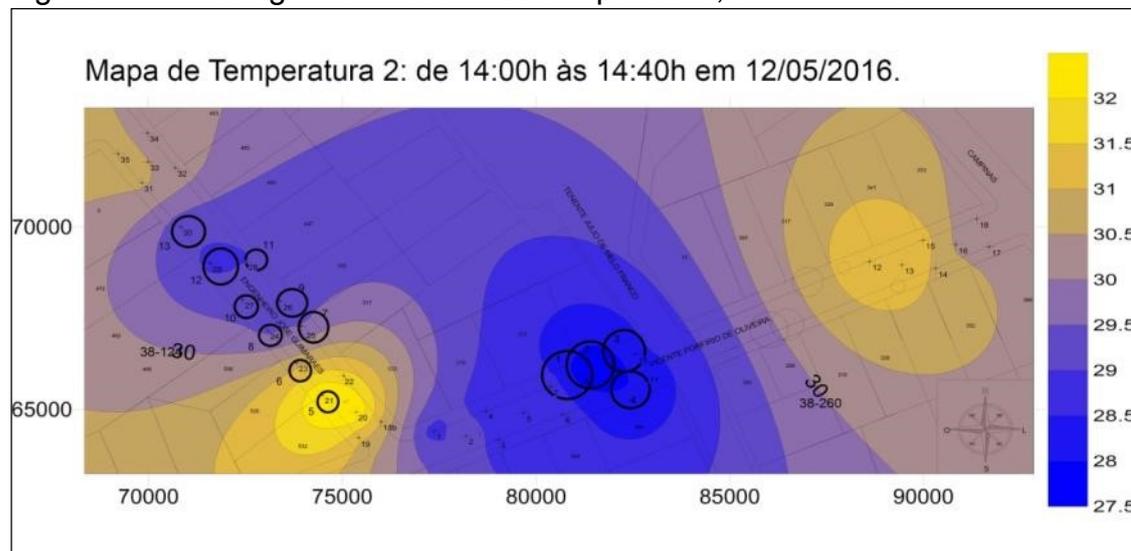


Figura 30 - Modelagem dos dados de temperatura, de 6:00 h às 6:40 h.



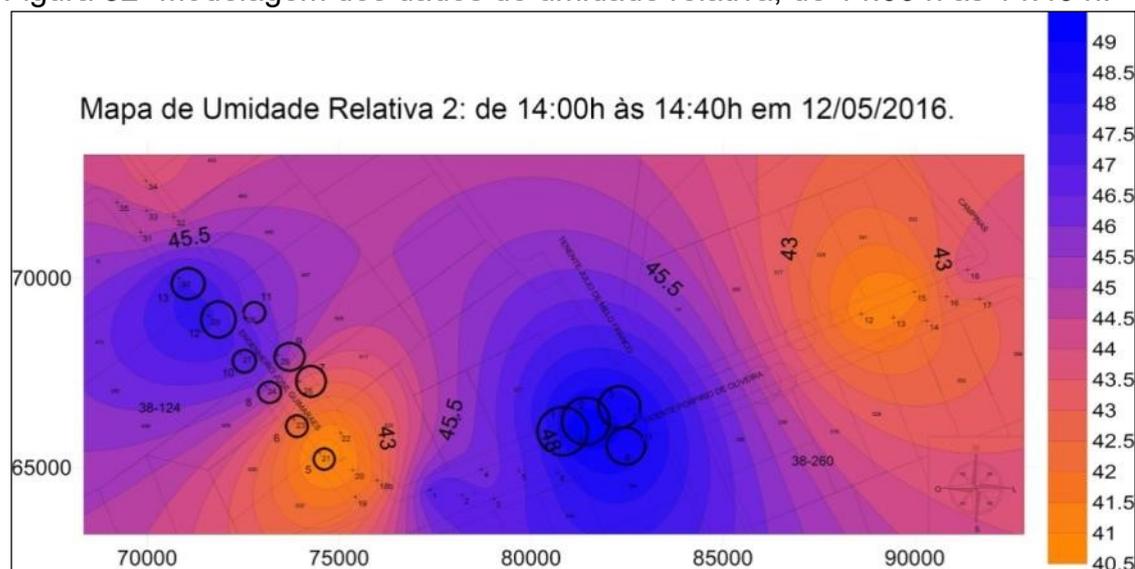
No horário de 6:00h a 6:40h, apontado como o mais fresco e úmido pelo INMET (TABELA 1), ilustrado nas figuras 29 e 30, percebe-se que os índices de temperatura são ligeiramente maiores e os de umidade ligeiramente menores nos locais onde surgem os primeiros raios do sol. As faixas de temperatura e umidade se apresentam de forma gradativa e contínua, onde a presença dos elementos arbóreos agrupados não parece exercer influência significativa. Nesse momento a temperatura apresenta uma diferença de 2.4°C, variando de 17.4°C a 19.8°C, enquanto que a umidade relativa apresenta uma diferença de 10%, variando de 75.5% a 85.5%.

Figura 31- Modelagem dos dados de temperatura, de 14:00 h às 14:40 h.



Fonte: Desenho da autora. 2016.

Figura 32- Modelagem dos dados de umidade relativa, de 14:00 h às 14:40 h.



Fonte: Desenho da autora. 2016.

Nas modelagens dos dados levantados no horário mais quente do dia segundo o INMET (TABELA 1), das 14:00h às 14:40h (FIGURAS 31 e 32), evidencia-se a influência das árvores na diminuição das temperaturas e no aumento da umidade relativa nas suas imediações, fato percebido com mais intensidade no conjunto arbóreo mais agrupado, da espécie sibipiruna (todas de grande porte), na rua Vicente Porfírio de Oliveira, do que no conjunto de elementos mais espaçados, da espécie oiti (de pequeno, médio e grande portes), na rua Engenheiro José Guimarães (ver descrição na figura 23). Nesse momento a temperatura apresenta uma diferença de

4.5°C, variando de 27.5°C a 32°C, enquanto que a umidade relativa apresenta uma diferença de 8.5%, variando de 40.5% a 49%.

Diante destes resultados, foi possível perceber que existem elementos que justificam o aprofundamento da pesquisa e que a mesma necessita de abordagens mais minuciosas para se obter resultados mais precisos.

3.4 Metodologia - Segunda etapa

A nova etapa de coleta de dados realizou-se entre 24/02/2017 e 26/04/2017, quando foram acrescentadas ao experimento duas novas áreas de medição com a configuração de arborização viária, apresentando as mesmas características das anteriores, e duas áreas de controle em mata nativa em ambiente urbano.

3.4.1 Caracterização das Áreas de estudo

Os critérios de escolha das áreas de estudo foram mantidos: oferecer, cada uma delas, no mínimo, duas áreas distintas, próximas o suficiente para que fosse possível a tomada de dados de temperatura, umidade e direção do vento dentro de um período máximo de duas horas, que elas estivessem em sentidos geográficos diferentes (Norte-Sul, Leste-Oeste), que apresentasse trechos arborizados em ambos os lados da rua e também trechos próximos sem arborização, para que fosse possível observar o contraste nos dados coletados, e que os indivíduos arbóreos fossem também das espécies Sibipiruna e Oiti. Assim, os novos locais escolhidos foram trechos da Rua Frei Junípero (sentido Leste - Oeste), no bairro Vila Maria, e Rua Paraná (sentido Norte-Sul) no Bairro São José (FIGURAS 33, 36 e 37).

Figura 33- Áreas de estudo – Segunda etapa.

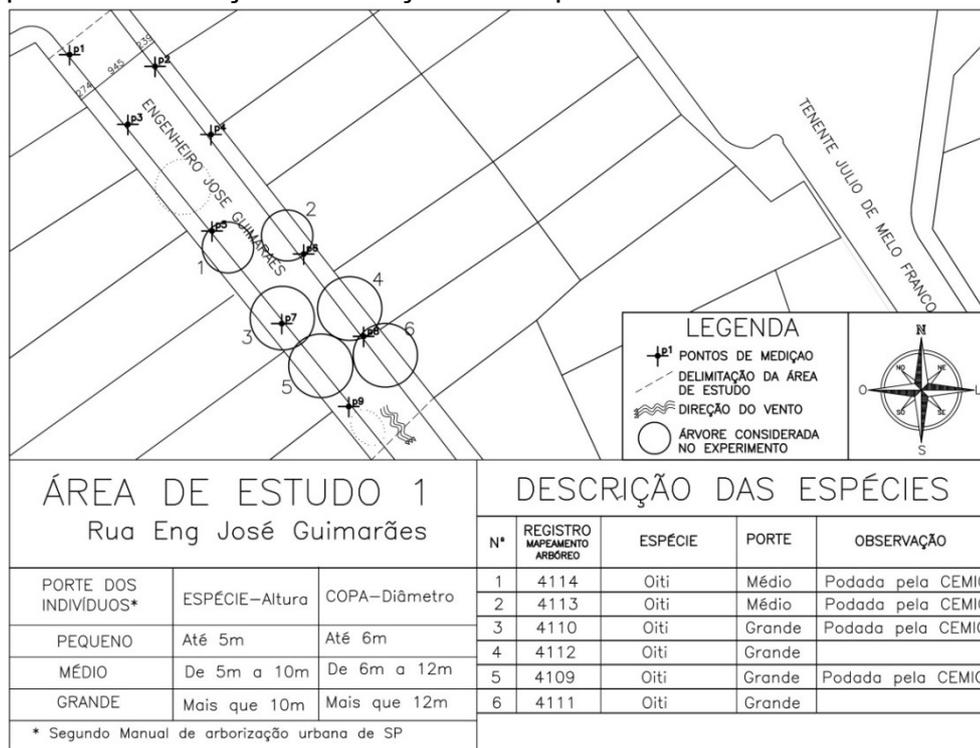


Fonte: PARÁ DE MINAS, 2016.

A fim de facilitar as medições de campo, a numeração dos indivíduos arbóreos foi reordenada, seguindo-se a sequência numérica das áreas de estudo 1, 2, 3 e 4. Essa alteração foi necessária como meio de otimizar o tempo, uma vez que o prazo que se dispunha era bastante reduzido, mantendo-se a condição pré-estabelecida de duas horas para cada período.

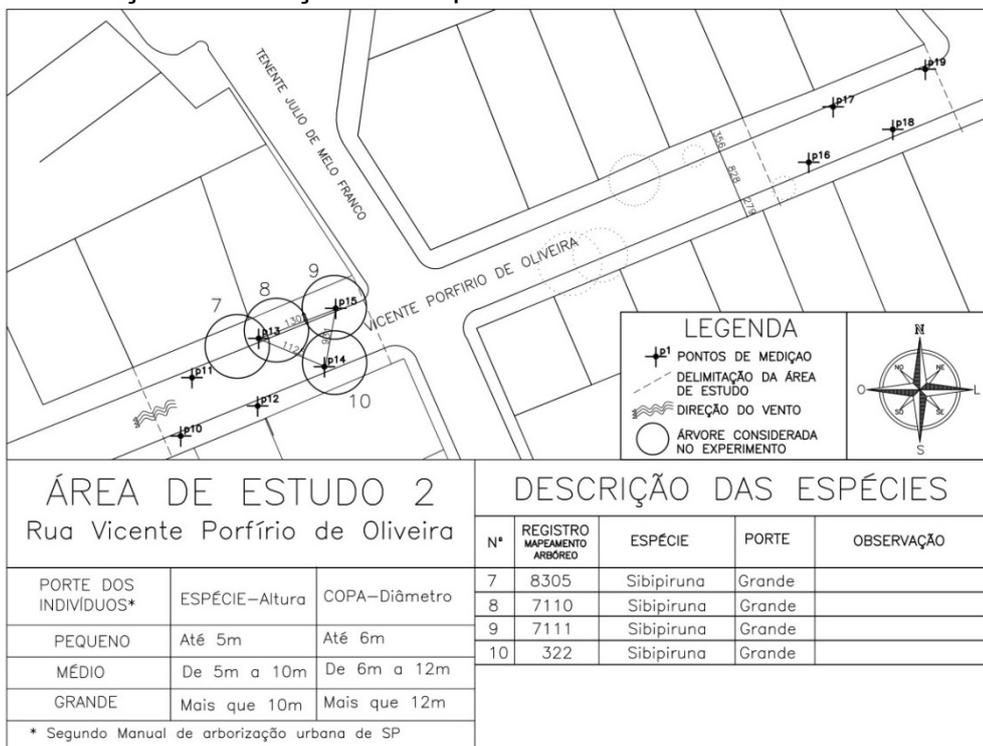
Diante dessa nova configuração, as quatro áreas de estudo ficaram assim dispostas:

Figura 34- Área de estudo 1_Rua Engenheiro José Guimarães_ pontos de medição e descrição das espécies.



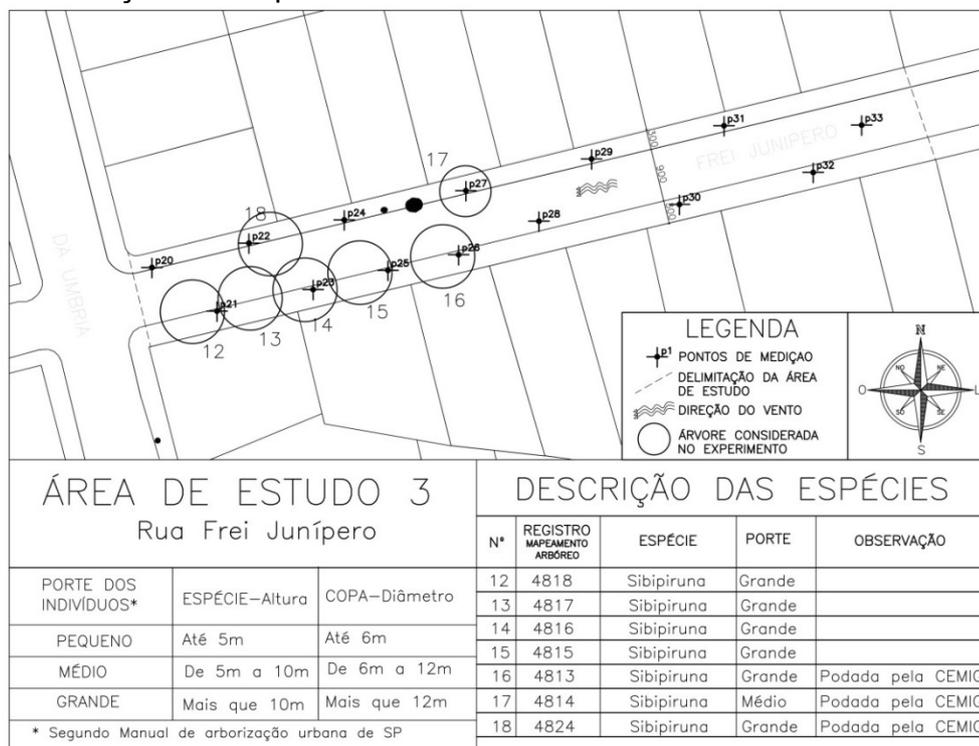
Fonte: Desenho da autora, 2017.

Figura 35- Área de estudo 2_Rua Vicente Porfírio de Oliveira_ pontos de medição e descrição das espécies.



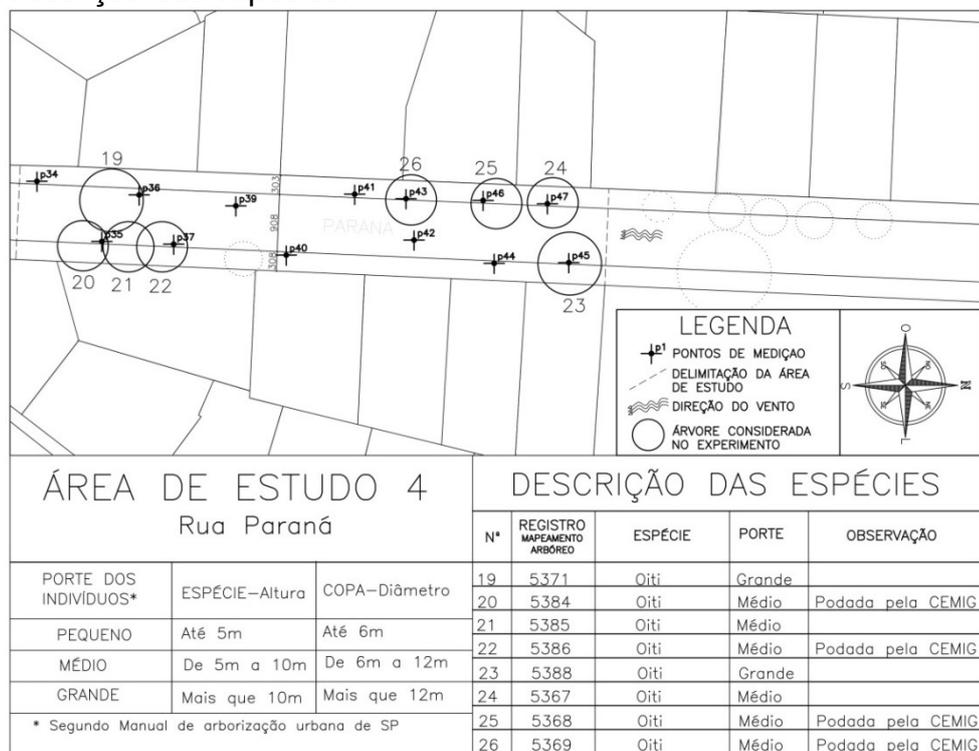
Fonte: Desenho da autora, 2017.

Figura 36- Área de estudo 3_Rua Frei Junípero_ pontos de medição e descrição das espécies.



Fonte: Desenho da autora, 2017.

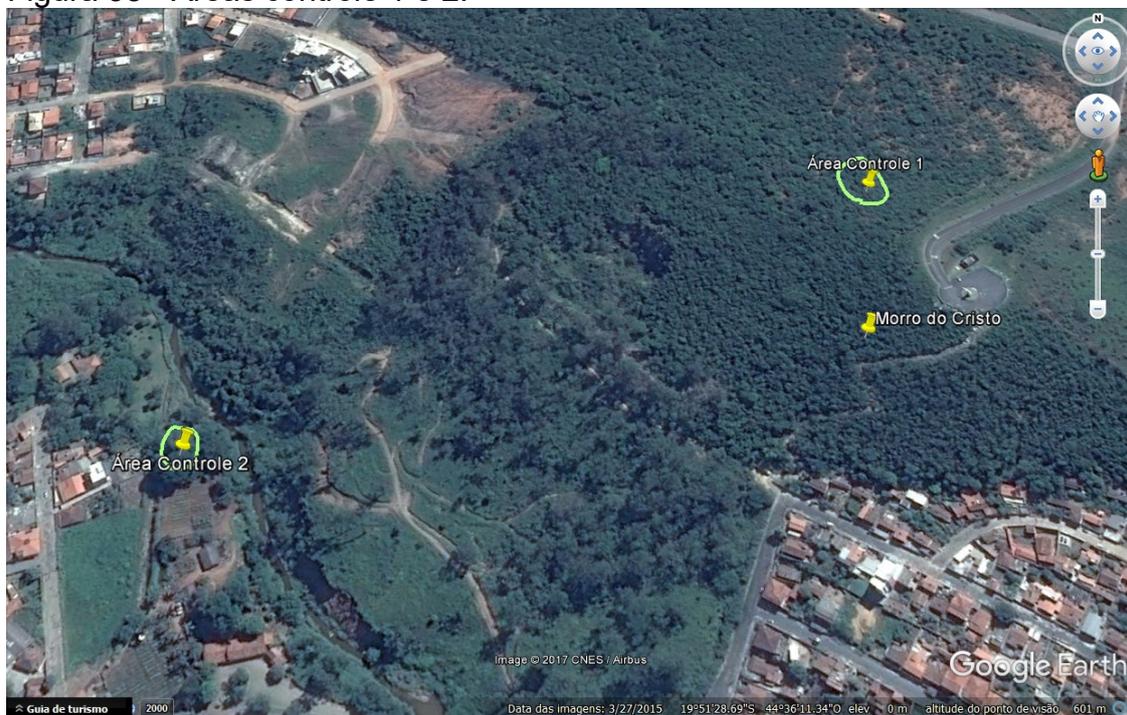
Figura 37- Área de estudo 4_Rua Paraná_ pontos de medição e descrição das espécies.



Fonte: Desenho da autora, 2017.

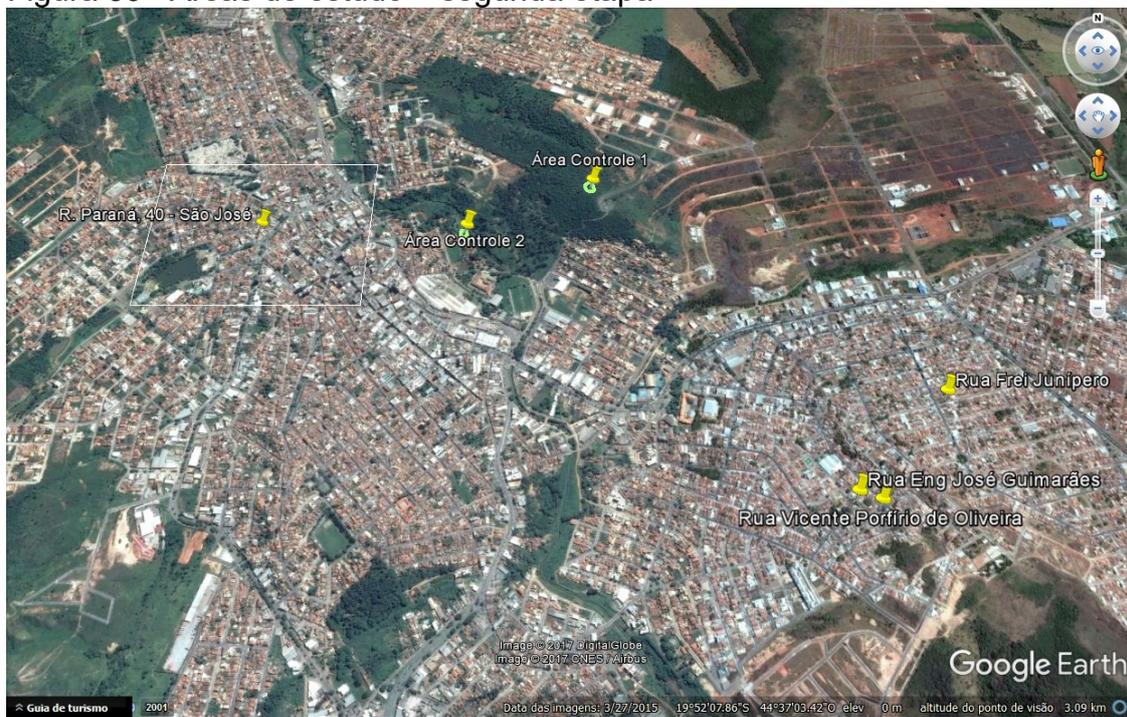
Os grupos de controle, da mesma forma, foram escolhidos em áreas próximas o suficiente a fim de otimizar as medições (FIGURAS 38 e 39).

Figura 38 - Áreas controle 1 e 2.



Fonte: Google Earth (19/07/2017)

Figura 39– Áreas de estudo – segunda etapa



Fonte: Google Earth (19/07/2017)

3.4.2 Espécies estudadas

As espécies avaliadas na segunda etapa da pesquisa foram as mesmas da primeira etapa: Sibipiruna e Oiti (ver item 3.2). Quanto ao grupo controle, uma vez que, em Pará de Minas, não se encontram as espécies Sibipiruna e Oiti em ambiente nativo, optou-se por estudar as espécies Pau-ferro e Aroeira.

Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*)

Nome popular – pau-ferro

Planta nativa do Brasil, semi-decídua, heliófita, seletiva higrófila, característica da mata pluvial da encosta atlântica. Tem altura de 20-30 m, tronco liso e descamante de 50-80 cm de diâmetro, com folhas compostas bipinadas. Ocorre preferencialmente em várzeas e fundos de vales onde o solo é fresco e úmido, do Piauí até São Paulo na floresta pluvial da encosta atlântica). (LORENZI, 2002)

Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*)



Fonte: CLICK MUDAS, c2017.

Aroeira (*Astronium fraxinifolium*)

Nomes populares – gonçalo-alves, aroeira-do-campo, aroeira-vermelha

Planta nativa do Brasil, decídua, heliófita, pioneira e seletiva xerófila, característica de terrenos rochosos e secos, onde forma agrupamentos descontínuos. Tem altura de 8-12 m, tronco cilíndrico e reto de 60-80 cm de diâmetro, com folhas compostas. Ocorre no cerrado do Brasil central (Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso) e no Pará. (LORENZI, 2002)

Aroeira (*Astronium fraxinifolium*)

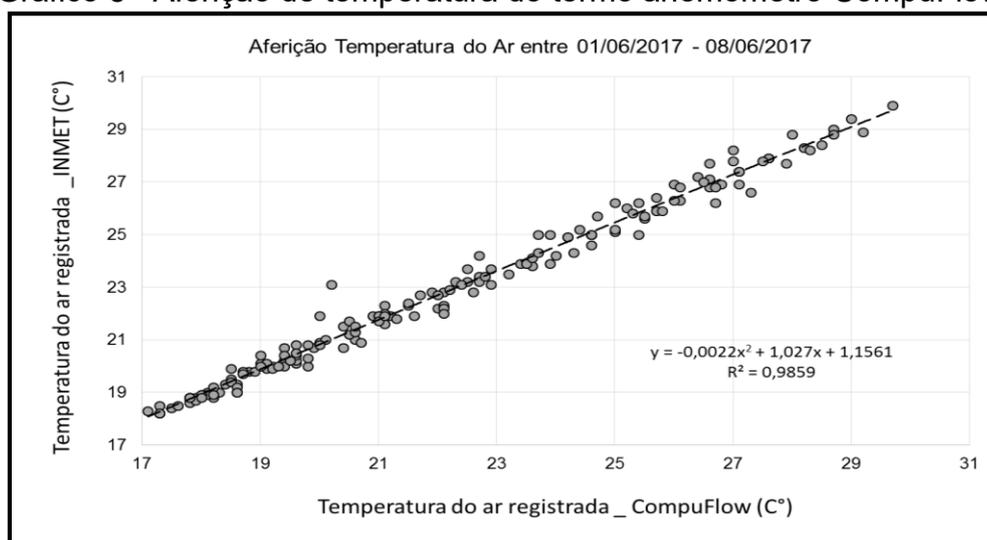


Fonte: PROJETO VERDE, [2015].

3.4.3 Variáveis analisadas, equipamento e método de aferição

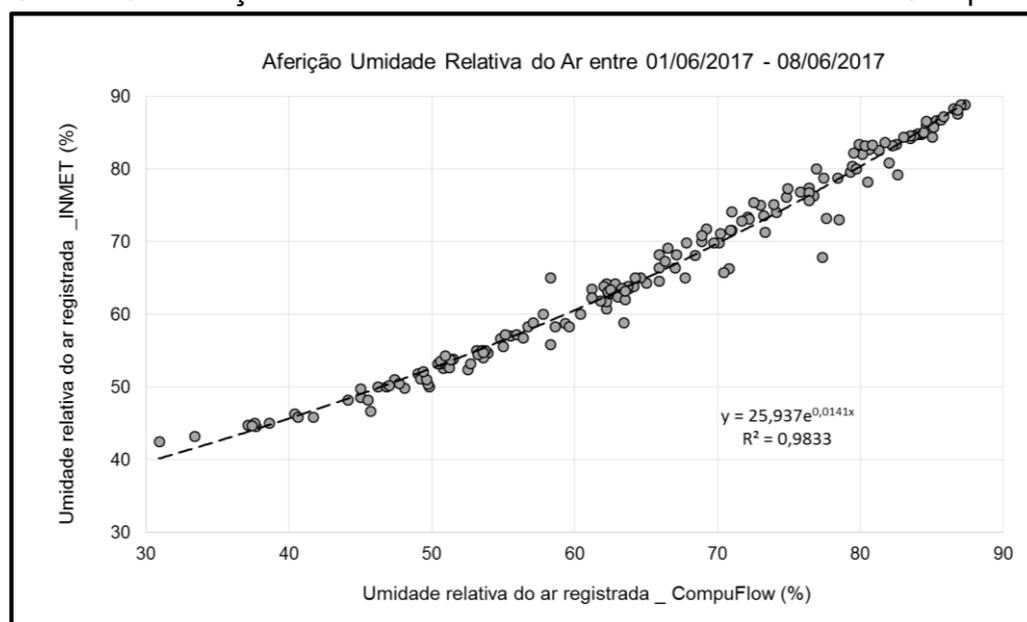
As variáveis analisadas na segunda etapa do experimento foram a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a direção do vento, medidas com o equipamento Termo anemômetro CompuFlow modelo 8585/ 8586, Alnor, que posteriormente teve seus dados aferidos INMET/ 5º distrito de Meteorologia - Belo Horizonte, por um período de sete dias. Após análise e comparação entre os dados registrados pelo CompuFlow e pelo equipamento do INMET foi encontrado o seguinte gráfico de correlação para os dados de temperatura do ar e para os dados de umidade relativa do ar, respectivamente:

Gráfico 5– Aferição de temperatura do termo anemômetro CompuFlow



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017.

Gráfico 6– Aferição da umidade relativa do termoanemômetro CompuFlow



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017.

O gráfico 5 mostra a tendência dos dados apresentarem baixo ajuste em temperaturas mais baixas e alto ajuste em temperaturas mais altas, já no gráfico 6 a tendência é a de os dados sofrerem baixo ajuste em umidades mais altas e maiores ajustes em umidade mais baixas.

As equações obtidas para aproximação de valores foram:

Equação polinomial de ordem 2 para **Temperatura do ar**:

$$y = -0,0022x^2 + 1,027x + 1,1561 \quad (1)$$

Equação exponencial para **Umidade Relativa do Ar**:

$$y = 25,937e^{0,0141x} \quad (2)$$

Sendo assim os dados coletados na segunda etapa foram reajustados (Ver Apêndices B e C), assim como os mapas deles obtidos, o índice PET e os todos os gráficos resultantes.

Enquanto a umidade relativa do ar está em função da temperatura, a umidade absoluta representa, de fato, a massa de água disponível no ambiente, portanto, ao se considerar tal variável, é possível se obter uma interpretação do comportamento vegetal relacionado ao estresse térmico e capacidade de influência na umidade do

entorno. Por meio das variáveis registradas anteriormente foi possível verificar a UA através da equação indicada por Costa (1992, pág.47):

$$UA = \left[\frac{\frac{UR}{100} \times (622 \times P_{sat})}{P_{atm} - P_{sat}} \right] \quad (3)$$

Em que:

UA indica a umidade absoluta [g/Kg];

UR indica a umidade relativa [%];

P_{sat} indica a pressão de saturação [mmHg]; obtida em função da temperatura do ar

P_{atm} indica a pressão atmosférica [mmHg], em função da altitude do local estudado

As medições da segunda etapa da pesquisa foram realizadas em dois horários do dia: das 06:00 h às 06:40 h e das 14:00 h às 14:40 h, no dia 12 de maio de 2016. Esses horários foram os escolhidos porque verificou-se que seriam o primeiro o mais fresco e úmido e o segundo o mais quente e seco (TABELA 3).

Tabela 1- Dados Médios Horários Estação Florestal - MG.

HORA	Temperatura		Umidade	
	MAX	MIN	MAX	MIN
0	21.5	19.2	90	81
1	20.7	20.2	93	88
2	20.4	20.2	93	92
3	20.3	20.1	93	93
4	20.2	19.3	94	93
5	19.3	18.3	94	94
6	18.3	17.3	95	94
7	18.1	17.1	95	95
8	23.0	18.1	95	72
9	24.6	23.0	74	62
10	26.0	23.8	68	54
11	27.3	25.0	61	49
12	29.1	26.8	51	43
13	29.2	27.3	50	43
14	30.1	27.9	50	41
15	29.9	27.6	50	41
16	30.3	28.3	47	39
17	30.2	27.3	51	41
18	28.2	26.9	55	48
19	27.0	22.6	75	51
20	22.6	20.8	84	74
21	20.8	19.8	87	83
22	19.9	19.5	89	87
23	19.6	18.8	91	88

Fonte: INMET. 2016

3.4.4 Procedimentos metodológicos - Cartogramas Programa Surfer®

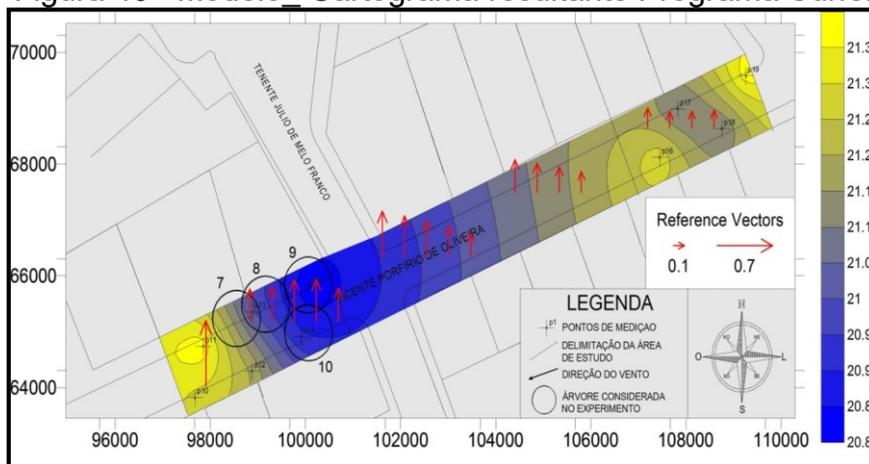
O Programa Surfer® é um software utilizado para a criação de mapas e modelagens a partir de dados base. Os dados são inseridos em forma de planilha com as respectivas coordenadas para cada ponto demarcado. Posteriormente é inserido o mapa base e máscara de projeção. No caso desta pesquisa os mapas bases foram elaborados no Autocad® e tiveram suas coordenadas obtidas através do mesmo software. (FIGURA 42)

Procedimento:

1. Criação de uma tabela com as coordenadas X e Y dos pontos levantados em estudo e seus respectivos valores, para as diferentes variáveis: temperatura,

- umidade e velocidade do ar. Separar os dados por colunas, em que cada ponto X e Y corresponde a uma coordenada que pode ser encontrada pelo comando “ID” no Autocad.
2. Através do comando “Grid” no Surfer 7.0 inserir a tabela criada no comando “Data”
 3. Inserir os pontos máximos e mínimos das coordenadas X e Y. Tais pontos irão compor os limites do mapa que será criado, sendo como seus vértices.
 4. Inserir através do comando “Contour Map” o Grid referente à tabela anexada anteriormente.
 5. Definir padrões e escala de cores para os diferentes valores.
 6. Inserir o mapa base. No caso da pesquisa foram inseridos dois mapas, um referente à máscara, isolando somente a área em estudo e um mapa de linhas. O mapa com máscara foi criado através do Autocad, isolando a área em estudo através de uma hachura. Os mapas devem ser salvos em formato “DXF” para leitura por parte do Surfer 7.0.
 7. Inserir tabela e respectivo Grid referente à direção do vento para hora e data

Figura 40– Modelo _ Cartograma resultante Programa Surfer



Fonte: Desenho da autora. 2017.

3.4.5 Procedimentos metodológicos - Gráficos comparativos - variáveis Programa Excel®

Foram utilizados os gráficos de barras do programa Excel comparando-se as diferentes *médias* de temperaturas entre as áreas de estudo, que foram classificadas em: *Isolada* e *Intersectante*. Os valores foram inseridos diferenciando-os em tabelas por data (24/02/2017; 11/03/2017 e 26/04/2017) e agrupadas por: pontos de presença arbórea e pontos de ausência arbórea. Foi feita a média dos dados (para pontos com árvores e pontos sem árvores) nas diferentes datas. Tais dados foram transformados em gráficos de barras, em que o eixo X corresponde às áreas em estudo, e suas respectivas classificações, e o eixo Y corresponde às temperaturas registradas. (GRÁFICO 7)

Para os gráficos de umidade absoluta média os dados foram inseridos no Excel para que se encontrasse os valores relativos à umidade absoluta através da equação, apresentada por Costa (1982) (Ver Equação 3 citada no item 3.4.3 acima)

A pressão atmosférica está em função da altitude da cidade de Para de Minas, que para o estudo foi considerada equivalente a 788m.

Para se encontrar a pressão atmosférica foi usada a seguinte equação:

$$P_{atm} = 764,57 \times \left[1 - 0,19 \times \left(\frac{1,226}{10332} \right) \times altitude \right]^{5,23} \quad (4)$$

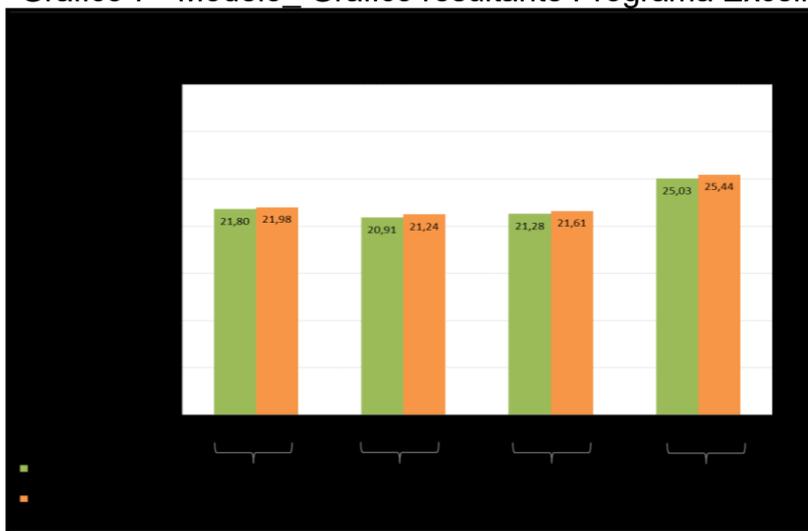
Os dados foram igualmente divididos em tabelas, separadas por data e pontos de presença e ausência arbórea. Posteriormente os dados foram inseridos na equação supracitada elaborando-se assim os gráficos de barras referentes, separados por período do dia, áreas em estudo e característica do agrupamento arbóreo predominante na área.

Para a construção dos gráficos da relação entre PONTOS e VARIÁVEIS, foram inseridas no Excel tabelas divididas por dia de medição e período de medição: manhã e tarde. Os pontos medidos foram relacionados com suas respectivas variáveis: umidade relativa do ar, temperatura do ar e velocidade do ar. Posteriormente foram elaborados gráficos de dispersão, sendo o eixo X o correspondente aos pontos de medição e o eixo Y o correspondente aos valores das variáveis. Para cada gráfico foi

inserido os dados dos três dias de medição além da linha média dos valores para a variável no período analisado.

Acompanhando o gráfico foi inserida uma imagem que ilustra os pontos que se caracterizam pela presença arbórea e pontos que se caracterizam pela ausência arbórea.

Gráfico 7– Modelo Gráfico resultante Programa Excell



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017.

3.4.6 Procedimentos metodológicos - Índice de Sombreamento Arbóreo - ISA

Segundo Oliveira (2011), o ISA representa o potencial de sombra a partir da soma das áreas das copas dos espécimes ou massas arbóreas estudadas e pode ser encontrado a partir da equação 2:

$$ISA = \left[\frac{\text{área sombreada (m}^2\text{)}}{\text{área total (m}^2\text{)}} \right] \times 100 \quad (5)$$

Onde:

ISA é o índice de sombreamento arbóreo [%];

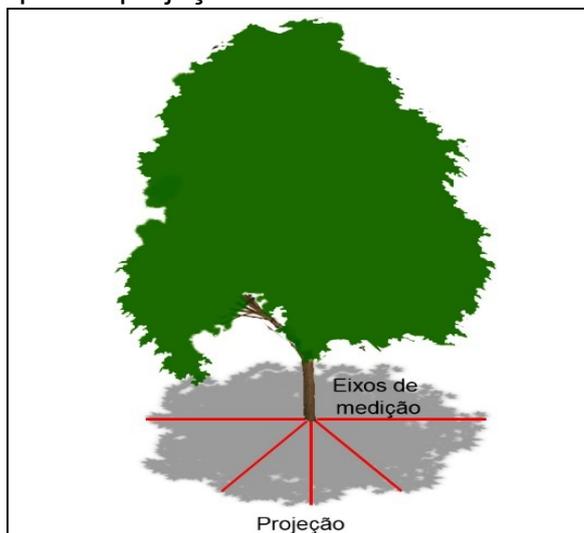
Área sombreada é a área de projeção da copa arbórea [m²];

Área total é a área correspondente ao espaço em estudo [m²].

As projeções foram determinadas a partir do posicionamento dos espécimes. Considerou-se um eixo central ao tronco a partir do qual tomou-se a medida com trena

em diferentes angulações, a 90° e 45° em relação ao tronco. Considerou-se a sombra projetada no solo conforme. Os dados levantados foram transferidos ao programa AutoCad 2017®, para detalhamento de cada espécime estudado. (FIGURA 43)

Figura 41- Esquema de medição usada para a projeção da sombra arbórea



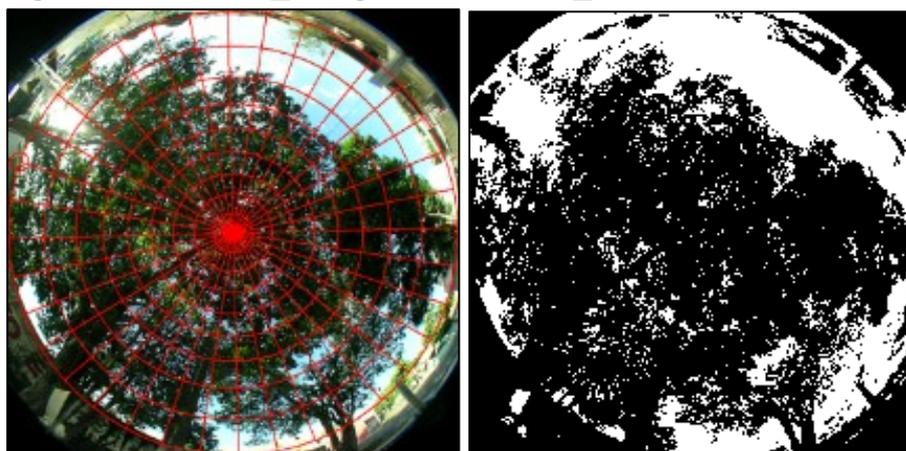
Fonte: Desenho da autora, 2017.

Para cálculo do ISA considerou-se o agrupamento arbóreo e sua classificação: intersectante ou isolada. A área para cálculo foi a área correspondente ao eixo dos pontos referentes à extremidade da área em estudo, considerando desta forma somente a parte da copa arbórea interna a este perímetro. Os cálculos e delimitações de área de estudo e arbórea foram feitos através do Autocad. O cálculo do ISA foi feito através de planilha Excel, em que os dados separados em tabelas conforme sua classificação foram avaliados.

3.4.7 Procedimentos metodológicos - Índice de Área Foliar - IAF por fotos hemisféricas

O Índice de Área Foliar - IAF representa a relação da área foliar total pela área de superfície de terreno. Um dos métodos indiretos para obter o IAF, segundo Shinzato (2014) é através das fotografias hemisféricas, que se utilizam do Gap Fraction, a possibilidade do raio luminoso (solar) não receber nenhuma interferência da copa arbórea. (FIGURA 44)

Figura 42– Modelo_ Imagem resultante _ Foto Hemisférica



Fonte: Acervo da autora.

2017.

As fotografias hemisféricas devem ser retiradas com uma lente angular 180°, mais conhecida como lente olho de peixe. Para o procedimento foi usado uma câmera digital Nikon Coolpix 5400 com a lente olho de peixe Nikon FC-E9 direcionada para o norte, com auxílio de uma bússola. As fotografias foram feitas a 1,20 m do solo com o auxílio de um tripé nivelado. As imagens geradas nesse procedimento foram analisadas pelo software Gap Light Analyzer 2.0® (GLA), após serem transformadas para o formato Bitmap através Adobe Photoshop®. Uma vez inseridas no GLA e identificados dois pontos de referência, um ao Norte e outro ao Sul, na própria imagem foi identificado o Norte magnético, inserido os dados de correção magnética e o tipo de distorção da projeção da lente. Em seguida foram acrescentados os dados referentes a localização geográfica (latitude, longitude e elevação) e por último foi inserido a máscara topográfica - realizada dentro do próprio ambiente do GLA-, individualmente para cada imagem.

A seguir foi selecionado o canal azul para a imagem de análise e através da ferramenta “Treshold” foi possível intensificar a diferenciação de pixels pretos (referentes a galhos e folhas) e os pixels brancos (referentes ao céu) uma figura binária, nas cores preto e branco, diferenciando assim os pixels referentes a elementos arbóreos e os referentes ao céu. Por último foi calculada a variável LAI 4 que representa o Índice de Área Foliar associado ao ângulo zenital de 0-60° (GALVANI; LIMA, 2014).

Foram analisadas um espécime representativo de cada espécie. Sendo um exemplar de Oiti, árvore 6, localizado na rua Engenheiro José Guimarães; um exemplar de Sibipiruna, árvore 14, localizada na rua Frei Junípero; um exemplar de Aroeira, localizado na área de controle 1, do Morro do Cristo e um exemplar de Pau Ferro, localizada na área de controle 2, do Viveiro Municipal.

Além desse procedimento por fotos hemisféricas foi buscada uma técnica alternativa para a obtenção do Índice de Área Foliar – IAF, por meio de fotos planas, que é detalhada no Apêndice D.

3.4.8 Procedimentos metodológicos - Simulação da sombra projetada pela arborização no ambiente urbano - Imagens Sketchup®

Para melhor entendimento da projeção de sombra proporcionada pelas árvores nas áreas estudadas foram realizadas modelagens 3D da volumetria de trechos de cada uma delas. Através da ferramenta de geolocalização, disponível no Sketchup Pro 2014, foi possível localizar exatamente cada trecho e com este instrumento modelar o terreno a partir das curvas de nível que o software disponibiliza. Feita a modelagem do terreno projetou-se as delimitações de passeio, vias e lotes. Por último foi introduzida a volumetria correspondente a cada lote localizado na área estudada. (FIGURA 46)

Blocos de árvores semelhantes geometricamente aos reais, Sibipiruna e Oiti, foram inseridos nos pontos referentes aos de fato estudados. Cada árvore foi dimensionada e ajustada a partir de sua altura e diâmetro de copa, que foram levantados no estudo preliminar.

Para estudo de insolação, a visualização da modelagem foi enquadrada e a partir da ferramenta ‘sombra’ foi possível projetar sombras e a devida insolação para cada dia e horário específico da coleta de dados.

Figura 43– Modelo_ Imagem resultante Programa SketchUp®



Fonte: Acervo da autora. 2017.

3.4.9 Procedimentos metodológicos - Índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente)

Por se tratar de um estudo desenvolvido originalmente para condições europeias, este índice não reflete a diversidade climática brasileira. Desta forma o presente trabalho partiu dos dados de entrada do usuário-tipo e do índice PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) calibrado por Hirashima (2010, pág 171), para o município de Belo Horizonte e que estabelece o perfil médio do usuário correspondente ao de um homem de 32,5 anos, pesando 69kg e com 1,70m de altura. Quanto ao vestuário se considerou o valor de 0.5 clo e para atividade desempenhada foi considerado o valor de 132.7 W. Tal índice foi adaptado para todas as faixas de conforto por Assis et al (2016, pág. 3), também usado nesta pesquisa.(FIGURA 47).

Para encontrar o índice PET foi usado o software RayMan 1.2©, 2000. Foram inseridos os dados de entrada, para cada dia, hora de medição e tipo da área (área com presença e ausência arbórea), totalizando 52 análises. Os dados solicitados pelo software são: a data de medição; o dia do ano; hora local ; localização geográfica; altitude; hora UTC. Temperatura do ar em C° ; Vapor de pressão em hPa; Umidade relativa do ar em %; velocidade do ar em m/s; nebulosidade em oitavas; radiação global em W/m² e dados referentes ao usuário, atividades exercidas e vestuário.

Para os dados de entrada velocidade ar, umidade relativa do ar e temperatura do ar foi considerado a MÉDIA desses valores para cada subdivisão interna a cada área, ou seja, foi usada a média dessas variáveis para áreas de presença e áreas de

ausência arbórea, nos três dias de medição e para os diferentes horários. Quanto as informações referentes à nebulosidade, foram usados os dados encontrados no portal do INMET referentes a cada dia de medição para a estação convencional de Divinópolis, que está próxima a Para de Minas.

Os dados de radiação global foram obtidos através do software Radiasol, para os diferentes meses de medição e seus respectivos horários. O software RayMan não considerou nenhuma interferência topográfica nas avaliações, ou seja o índice PET foi calibrado para em um ambiente de céu descoberto.

Para gerar os resultados na presente pesquisa foram criadas planilhas referentes a cada subdivisão, data e hora de medição. O índice PET foi calculado para áreas de ausência e presença arbórea. No caso de pontos de presença arbórea considerou-se a radiação extinta pela copa (explicada a seguir no item 3.4.11).

Figura 44– Modelo Planilha resultante Programa RayMan 1.2©

The screenshot displays the RayMan 1.2 software interface, which is used for calculating thermal indices. The interface is divided into several sections:

- Date and time:** Date (24.2.2017), Day of year (55), Local time (6:45).
- Geographic data:** Location (Brasilien (Brasilia)), Geogr. longitude (-44°35'), Geogr. latitude (-19°51'), Altitude (788 m), time zone (UTC + h) (-3.0).
- Current data:** Air temperature Ta (22.0 °C), Vapour pressure VP (20.4 hPa), Rel. Humidity RH (77.4 %), Wind velocity v (0.3 m/s), Cloud cover C (2 octas), Global radiation G (217.0 W/m²), Mean radiant temp. Tmrt (°C).
- Personal data:** Height (1.70 m), Weight (69.0 kg), Age (32 a), Sex (m).
- Clothing and activity:** Clothing (clo) (0.5), Activity (W) (132.7).
- Thermal indices:** PMV, PET, and SET* are checked.

The right-hand side of the interface shows the 'RayMan diagram - RayMan Diagram' window, which displays the calculated results in a table format:

date	day of year	time	Ts °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
24.2.2017	55	6:45	26.6	28.9	0.9	24.4	17.6

Fonte: Planilha elaborada pela autora. 2017.

3.4.10 Procedimentos metodológicos – Cálculo do índice PET considerando a Radiação Extinta

Para o cálculo do índice PET abaixo da copa das árvores, além das variáveis consideradas para as áreas sem vegetação, foi calculada a extinção da radiação pela folhagem de cada espécie analisada, nos mesmos espécimes em que se foi obtido o IAF.

Devido a sua configuração morfológica, (tamanho de folhas, organização espacial e tamanho de copa) e configurações biológicas (propriedades químicas de absorção da radiação para fotossíntese), a vegetação é capaz de extinguir parte da radiação incidente sobre ela, desempenhando um papel semelhante à de uma peneira, permitindo que somente uma fração da radiação atinja o solo abaixo de suas folhas. A radiação extinta está relacionada diretamente a configuração da copa que pode assumir as formas elipsoidal, cilíndrica, piramidal, vertical ou horizontal partindo da distribuição foliar de cada espécime (Jones, 1992, pág.38).

Segundo a Lei de Beer aplicada à atenuação da radiação solar no dossel de vegetação tem-se que:

$$I_{(z)} = I_{(0)} \times e^{-\bar{k}L_{(z)}} \quad (6)$$

Em que:

$I_{(z)}$ representa a radiação solar global incidente na superfície (W/m^2)

$I_{(0)}$ representa a radiação solar global incidente no topo da copa (W/m^2)

K representa o coeficiente de extinção luminosa médio da copa (adimensional)

$L_{(z)}$ representa Índice de Área Foliar (IAF)

Foi considerado o IAF dos espécimes representativos para as áreas em que este ocorre. Por exemplo, o IAF do Oiti, assim como a radiação extinta por ele, foi replicado em todas as áreas de ocorrência da espécie para todos os indivíduos analisados nessas áreas. Da mesma forma, a elevação solar encontrada para a Área 1 foi considerada igualmente para a Área 4, onde também há presença de Oitis.

Como feito por Mascarello, Barbosa e Assis (2017, pág 372) a radiação incidente na superfície pode ser encontrada por meio do software Radiasol[®] para o local estudado, época do ano e hora de medição. Segundo Campbell (1986, pág. 317) o coeficiente de extinção (k) pode ser definido como a área de sombra na superfície, dividida pela área de folhas na copa. Para encontrar os valores de k deve-se ter o ângulo de elevação solar (obtido por meio de cartas solares) e os raios verticais e horizontais da copa a ser analisada. Através da equação explicitada por Campbell (1986, pág. 319) é possível encontrar o coeficiente de extinção para copas em formatos elipsoidais:

$$k = \frac{\left[x^2 + \frac{1}{\tan^2 \varnothing}\right]^{1/2}}{1.47 + 0.450x + 0.1223x^2 - 0.0130x^3 + 0.000509x^4} \quad (7)$$

Em que:

k representa o coeficiente de extinção luminosa médio da copa

x é a relação entre projeção vertical e horizontal: b/a

(b) eixo horizontal, o raio a partir do tronco

(a) eixo vertical, a altura da copa

\varnothing representa o ângulo de elevação solar

Uma vez que x determina a relação entre eixo horizontal e eixo vertical, variando de 0.1 a 10, quando seu valor equivale a 1, ou seja, a igual a b , o elipsoide se configura como uma esfera, sendo este um caso específico da distribuição elipsoidal. Nesta situação o valor da relação x não é considerado, tendo para efeitos de cálculo somente o ângulo de elevação solar, como visto na equação 5, (Jones, 1992, pág. 37). (FIGURA 48).

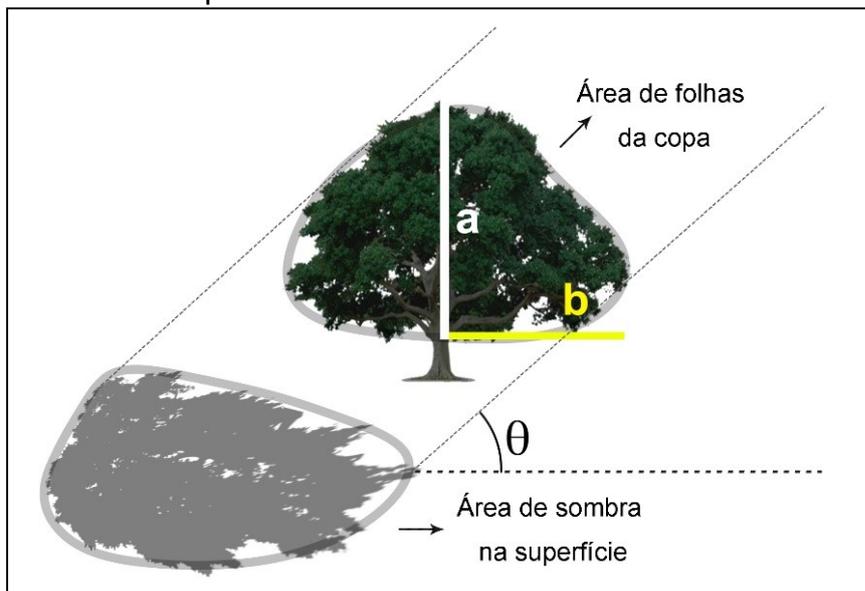
$$k = \frac{0,5}{\text{sen } \varnothing} \quad (8)$$

Em que:

k representa o coeficiente de extinção luminosa médio da copa

\varnothing representa o ângulo de elevação solar

Figura 45- Eixos vertical e horizontal de projeção e áreas consideradas para k



Fonte: Luiza Barbosa Marques, Alba Valéria S. Mascarello e Eleonora Sad de Assis, 2017.⁷

Nota: Ilustração elaborada por Luiza Barbosa Marques.

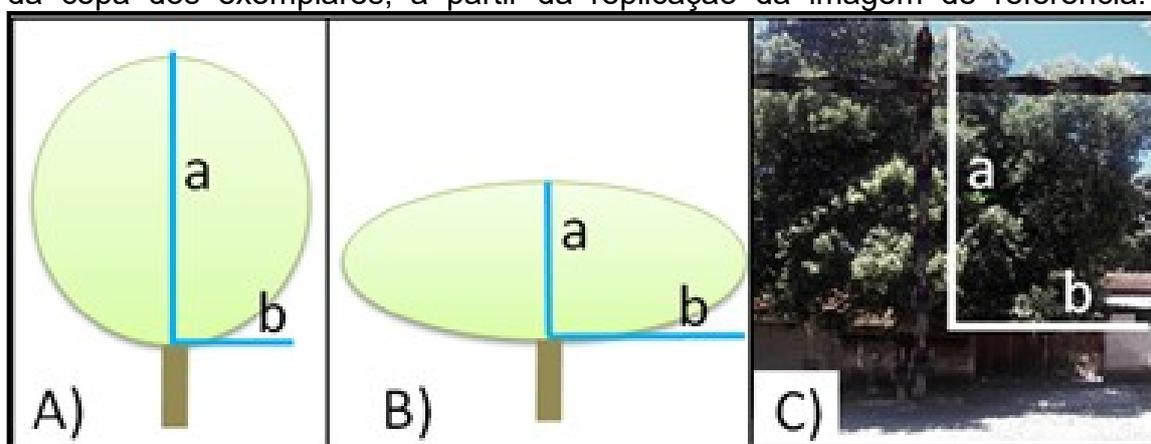
Para o estudo realizado em Pará de Minas foi adotado a seguinte premissa: quando o raio horizontal (b) é demasiado extenso e não mensurável, como em agrupamentos aglomerados, visto em áreas de controle e de mata nativa, adotou-se $k=1$, que segundo Campbell (1986, pág. 319) é o valor encontrado quando x tende ao infinito para uma copa horizontal. Monteith e Unsworth (1990, pág. 64) consideram que a área da copa representa uma figura geométrica, que, como supracitada, pode desempenhar o papel de um elipsoide, uma esfera ou uma pirâmide. Dependendo do ângulo de elevação solar a projeção da sombra ocorre de uma determinada forma, e esta projeção está relacionada aos eixos verticais e horizontais da copa.

Assim o cálculo da extinção da radiação é feito considerando também o *gap fraction*, que por meio do IAF prediz a configuração das folhas e galhos na passagem da radiação.

⁷ Trabalho de autoria de Luiza Barbosa, Alba Valéria S. Mascarello Marques e Prof^a Eleonora Sad de Assis, apresentado no 4º FÓRUM HABITAR, realizado em Belo Horizonte/MG de 08 a 10/11/2017. Ilustração fornecida pelos autores.

Como a copa dos espécimes estudados não eram uniformes foi determinado dois valores para x , um com os maiores raios e outro com os menores raios, considerando para efeito de cálculo de K a média dos x encontrados. Quando x se aproxima de ∞ $K=1$, como é o caso das áreas controle do estudo, em que as copas se encontram, sendo de difícil mensuração de b . A topografia não foi considerada. (FIGURAS 45 e 46)

Figura 46- A) Eixo vertical (a) e eixo horizontal (b) considerado; B) Eixo vertical (a) e eixo horizontal (b) considerado e C) Exemplo de como foi medida o eixo a da copa dos exemplares, a partir da replicação da imagem de referência.



Fonte: Elaborado pela autora

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cartogramas Programa Surfer®

Diante dos dados de Temperatura, Umidade Relativa e Velocidade do ar levantados, foram gerados os cartograma a seguir, agrupados por área de estudo, cada uma em três dias diferentes (24/02, 11/03 e 26/04) e em dois horários (um pela manhã, antes do sol nascer e outro à tarde, no horário mais quente e seco, segundo referências do INMET para o período).

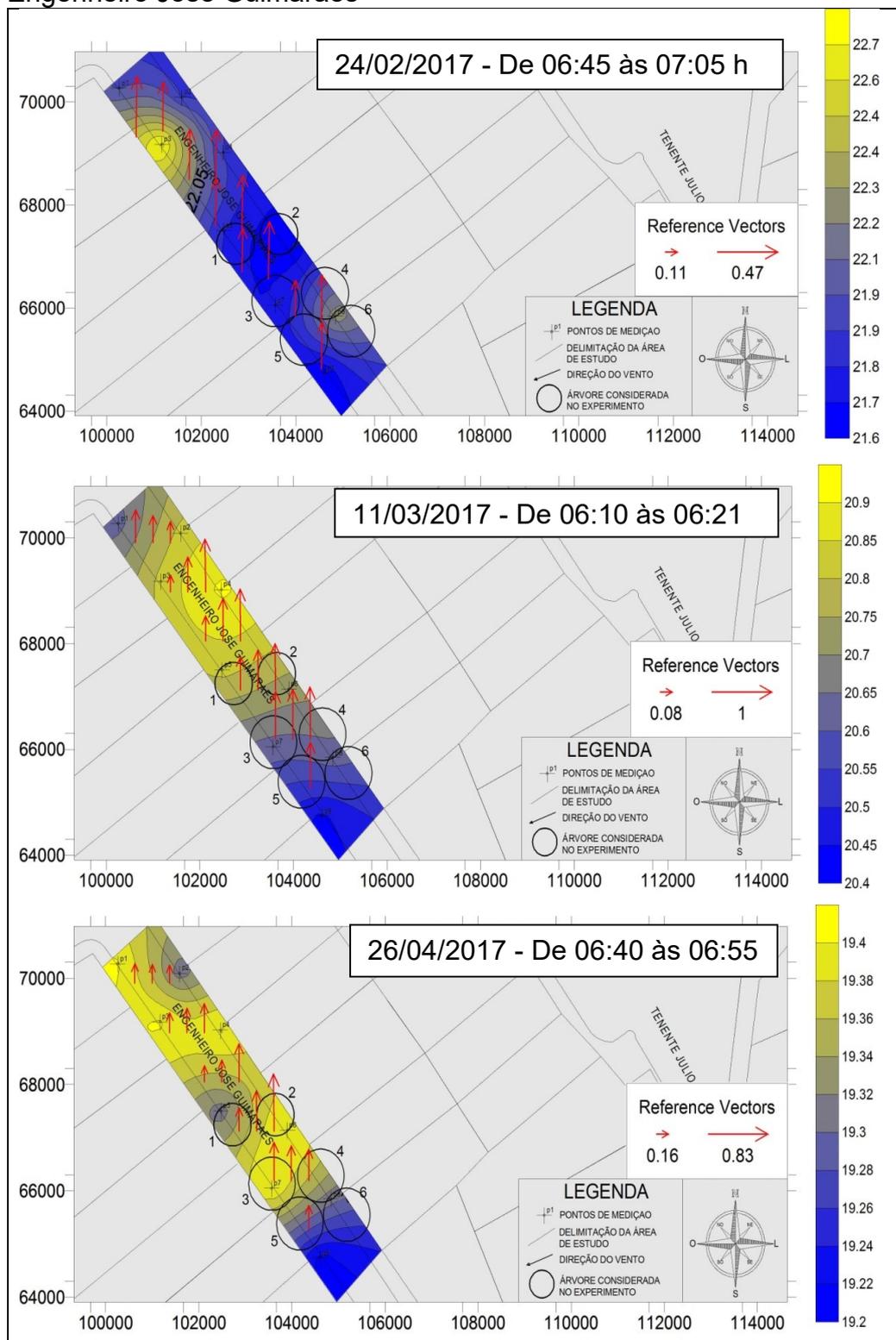
Nesta segunda etapa de medições, as imagens modeladas, que podem ser vistas nas figuras 47 a 59 abaixo, se restringiram ao espaço da via, incluindo-se os passeios, por ser esta a área relevante ao presente estudo.

Nelas se confirma a tendência da diminuição da Temperatura e aumento da umidade do ar nas áreas arborizadas.

Pode-se perceber também, especialmente nas figuras 55, 57, 59 e 61 na modelagem do dia 24/02, que a direção do vento, parece carregar essa capacidade de diminuição da Temperatura e aumento da Umidade do ar promovida pelas árvores para a área não arborizada. Essa influência da direção do vento parece ser determinante, visto que o mesmo não ocorre nos dias 11/03 e 26/04, quando ela aponta em outra direção.

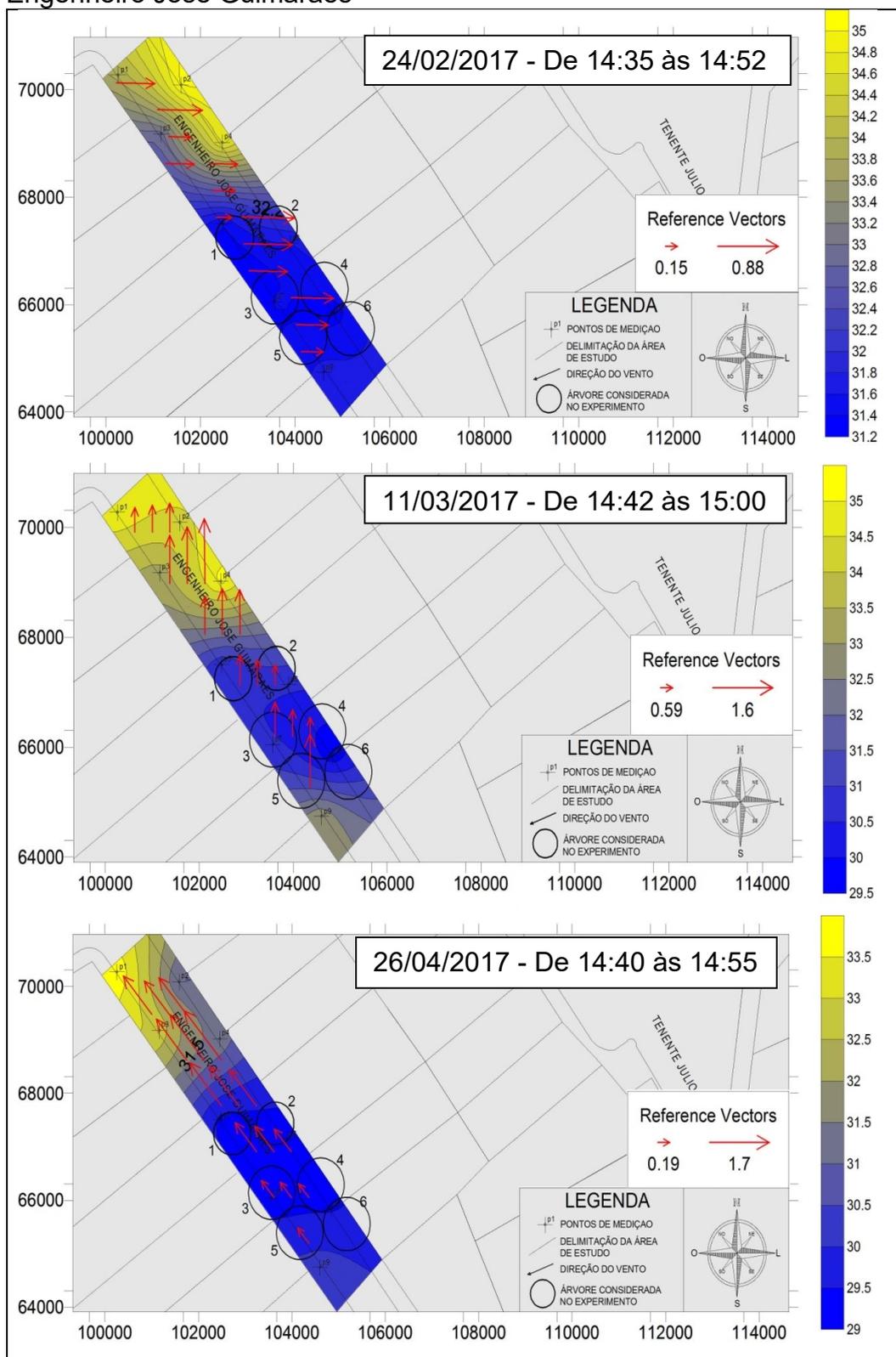
4.1.1 Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães

Figura 47- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães



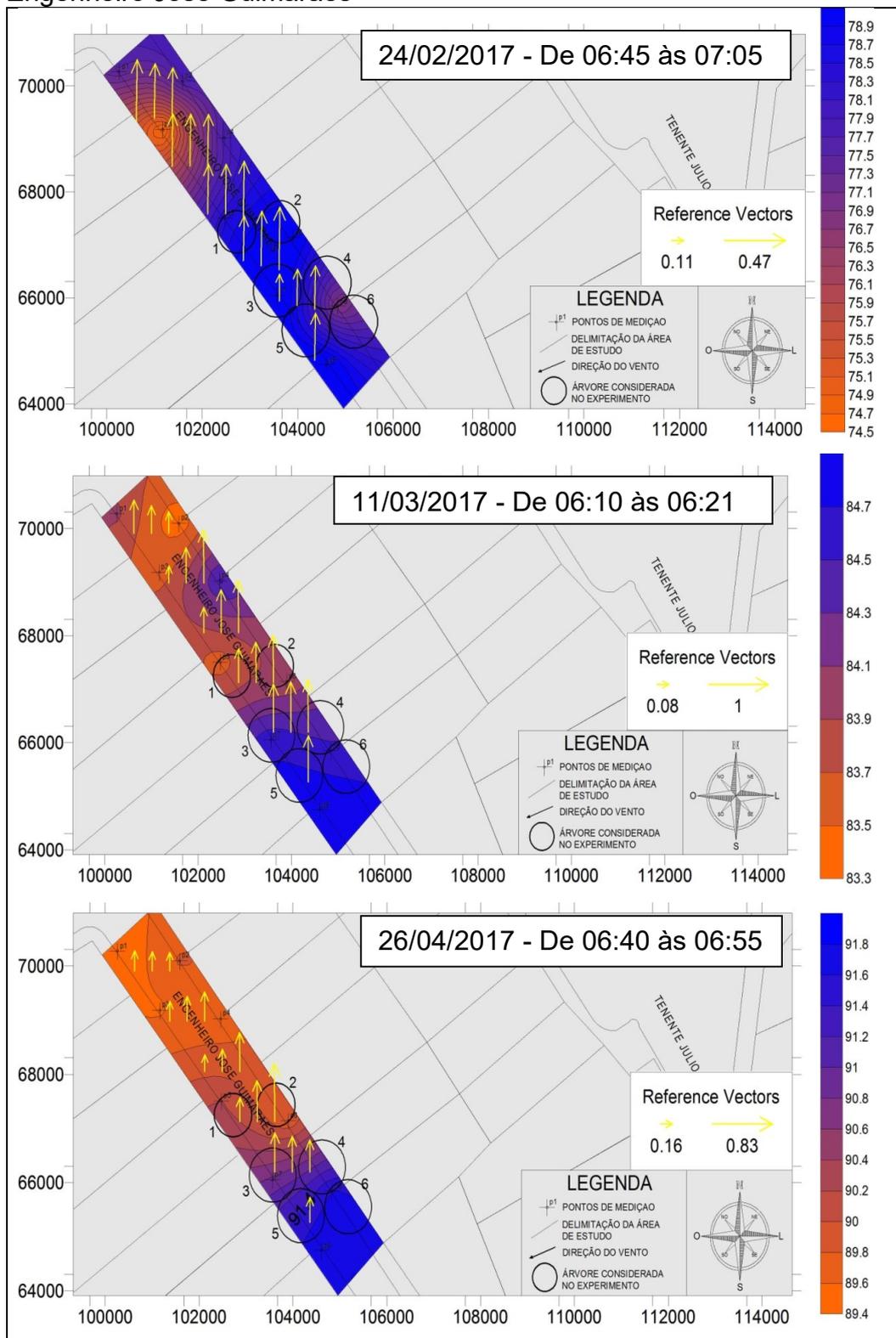
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 48- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães



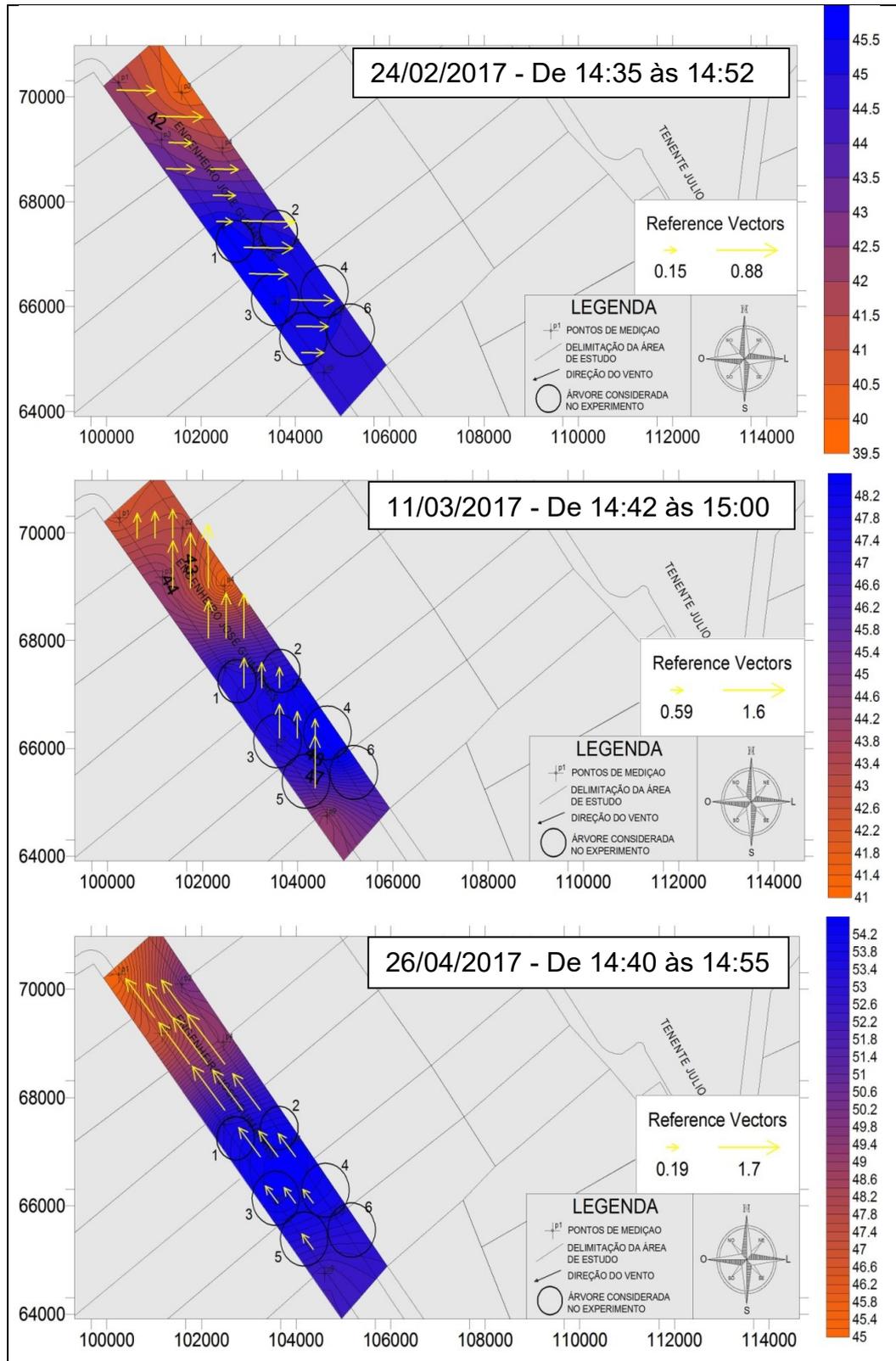
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 49- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães



Fonte: Desenho da autora. 2017.

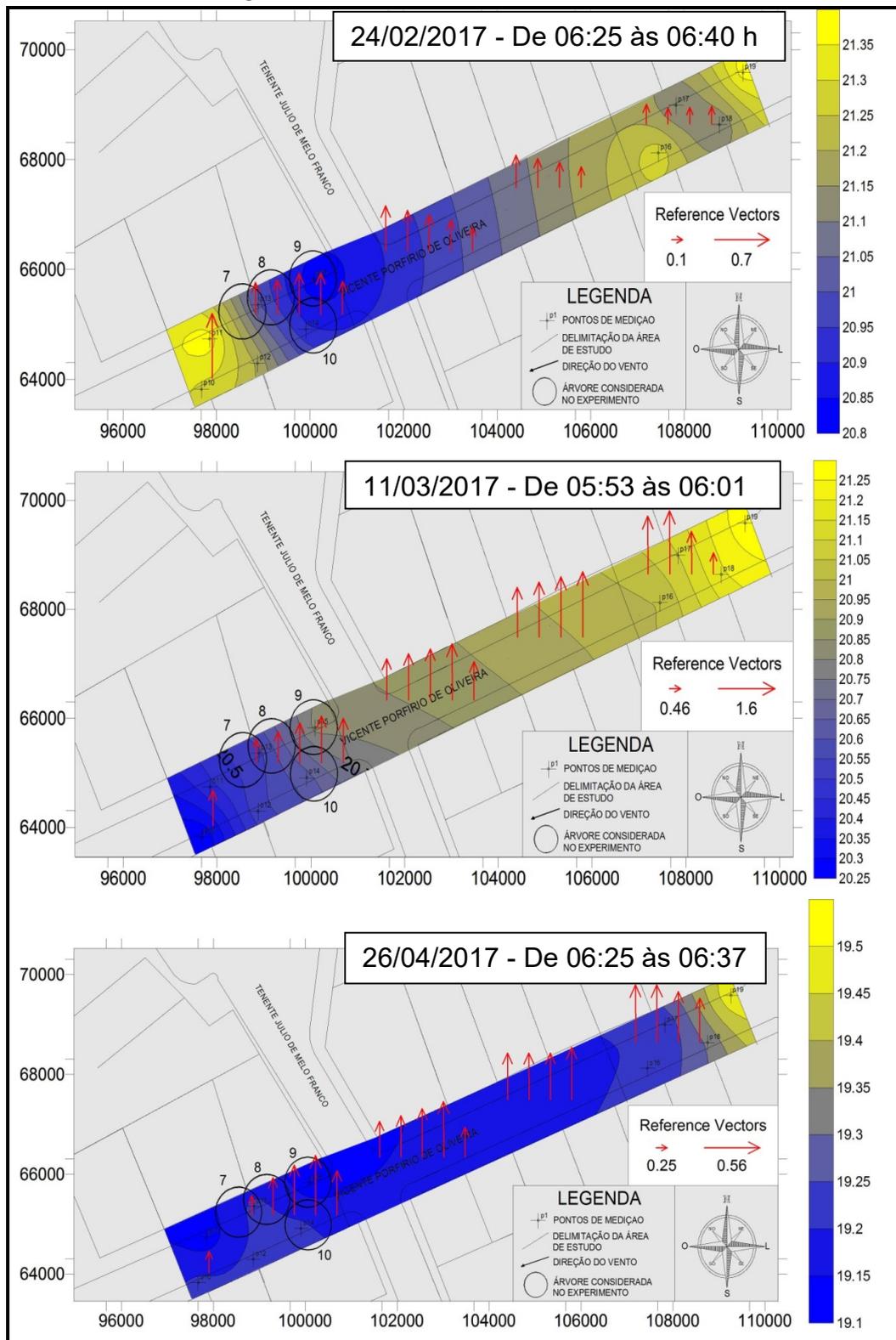
Figura 50- Cartograma de Umidade do Ar (2): TARDE. Área 1 - Rua Engenheiro José Guimarães



Fonte: Desenho da autora. 2017.

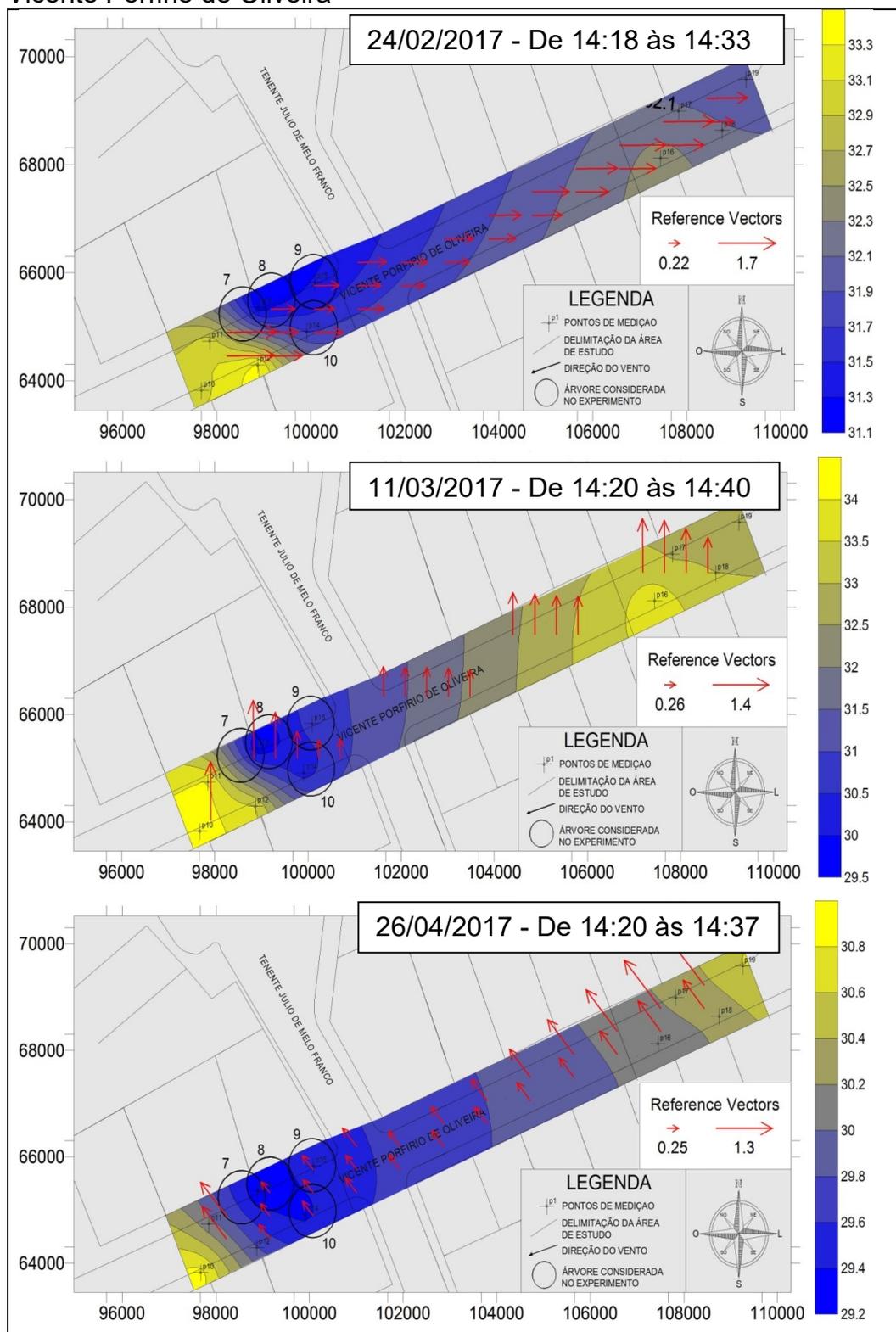
4.1.2 Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira

Figura 51- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira



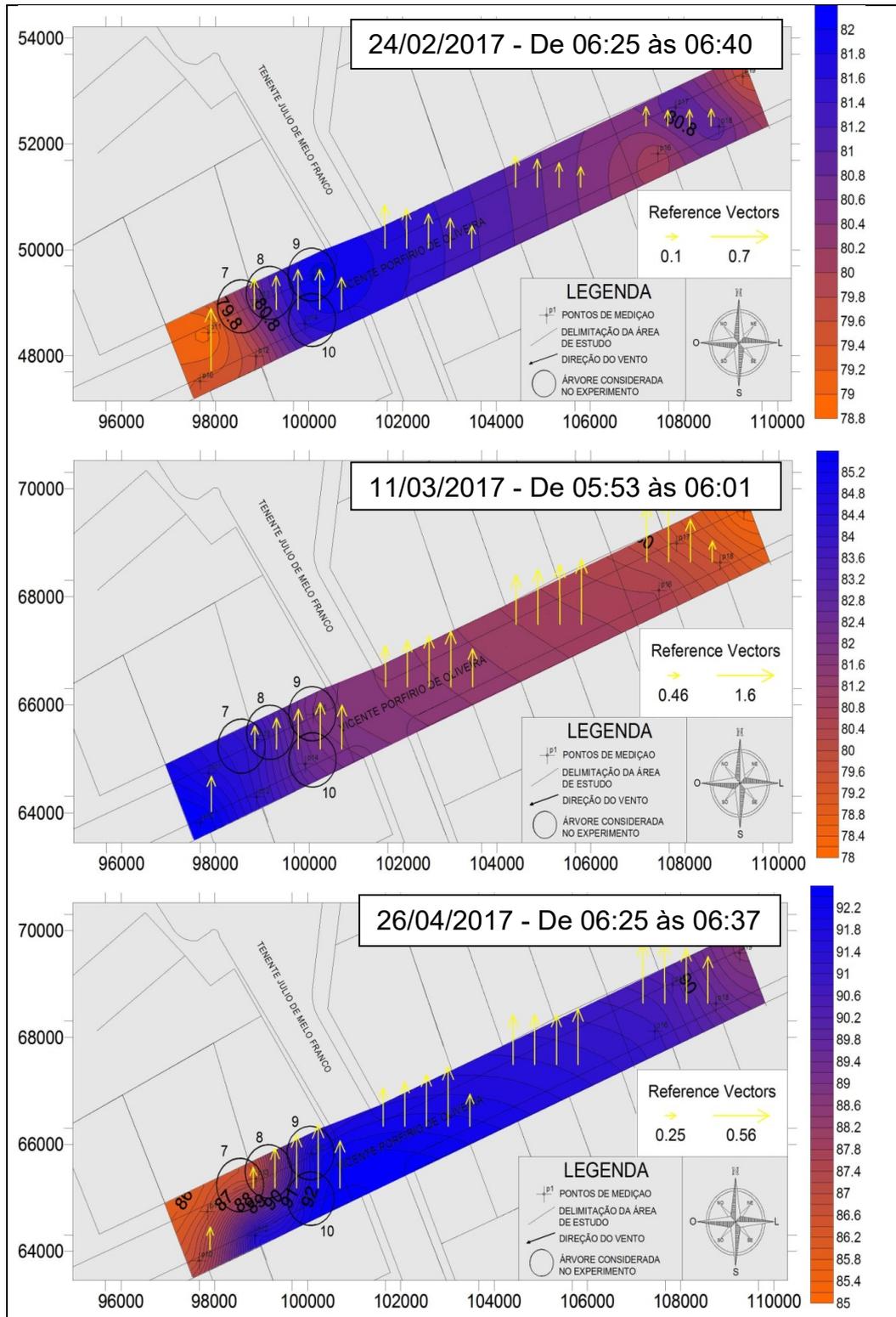
Fonte: Desenho da autora. 2017

Figura 52- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira



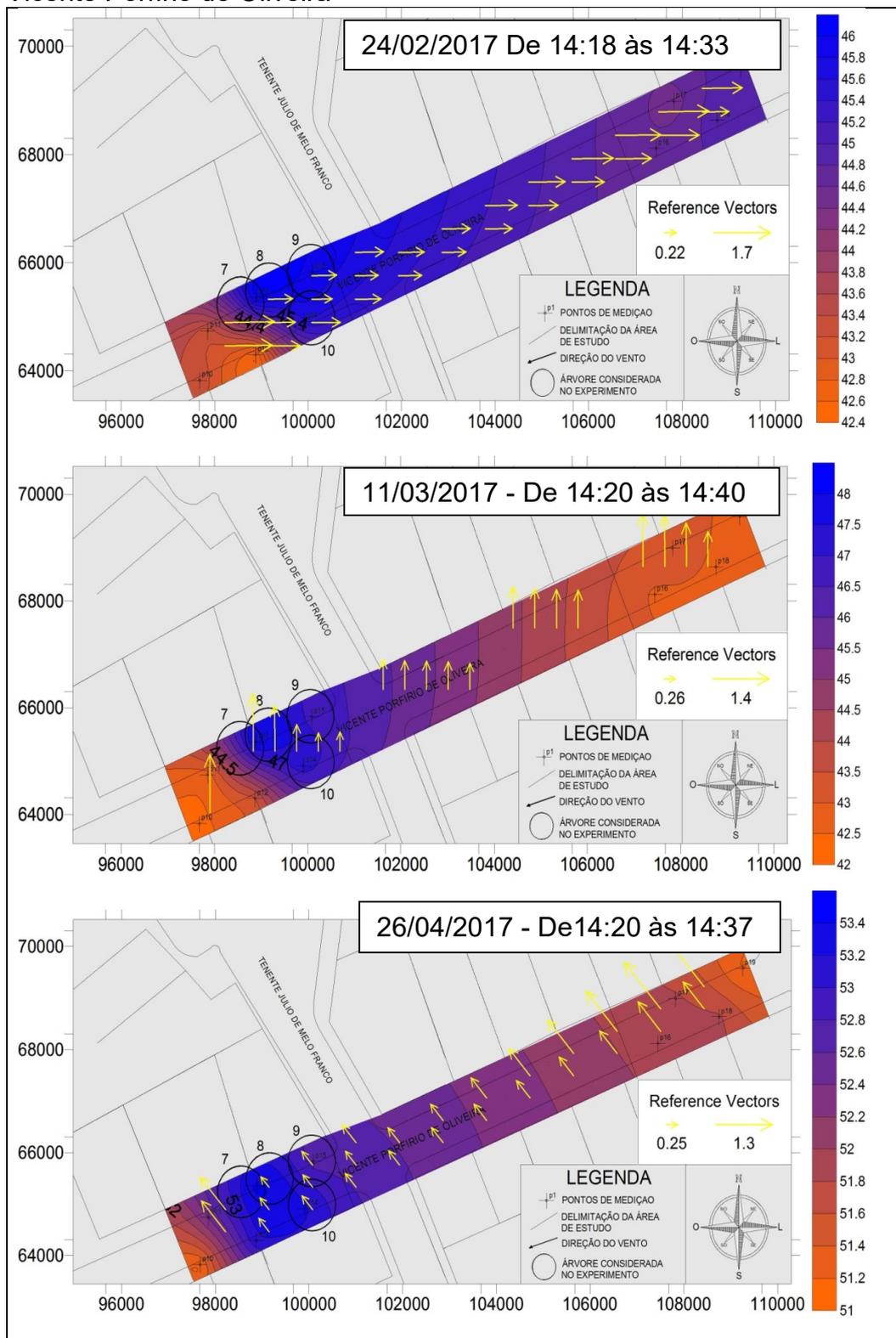
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 53- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira



Fonte: Desenho da autora. 2017.

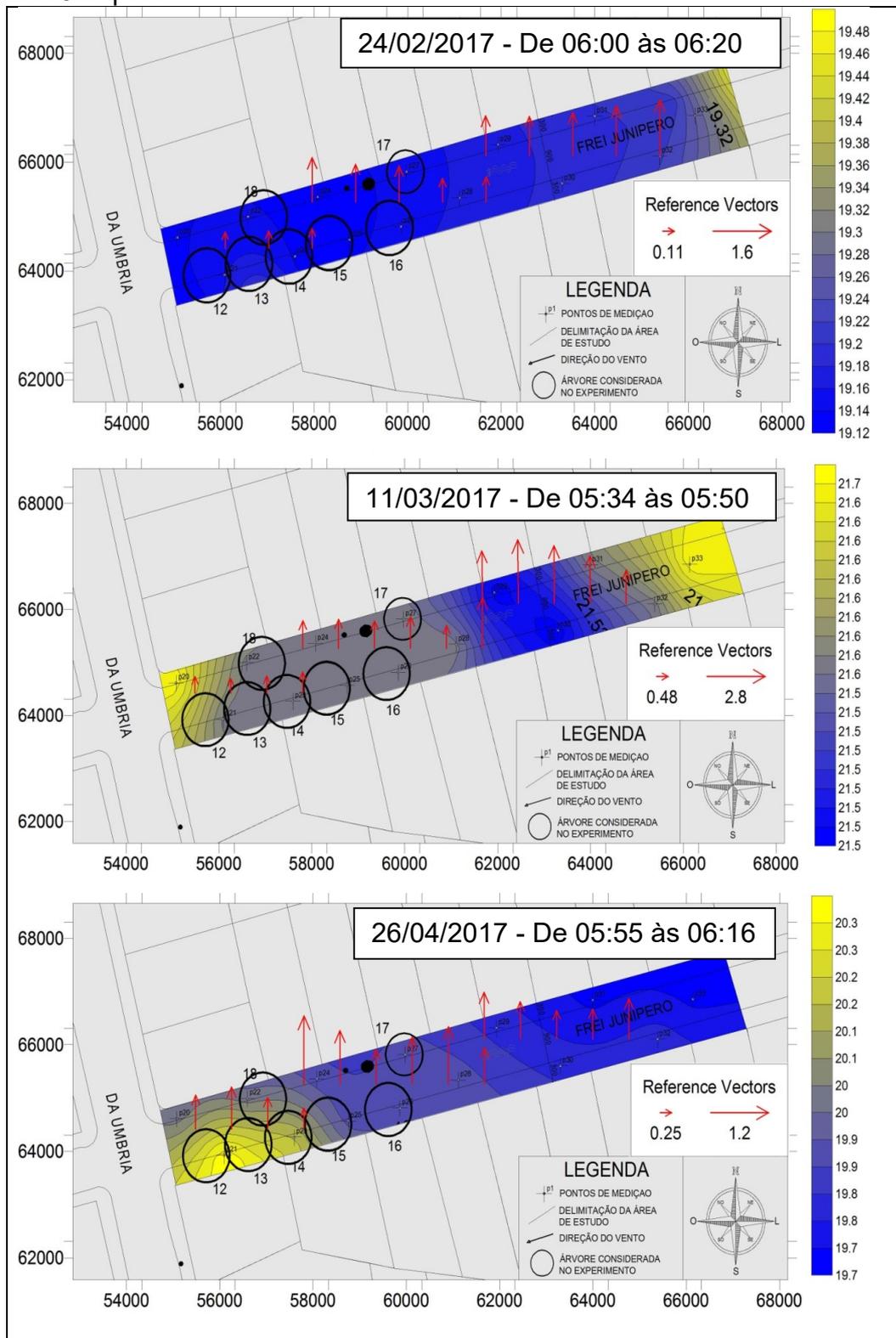
Figura 54- Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 2 - Rua Vicente Porfírio de Oliveira



Fonte: Desenho da autora. 2017.

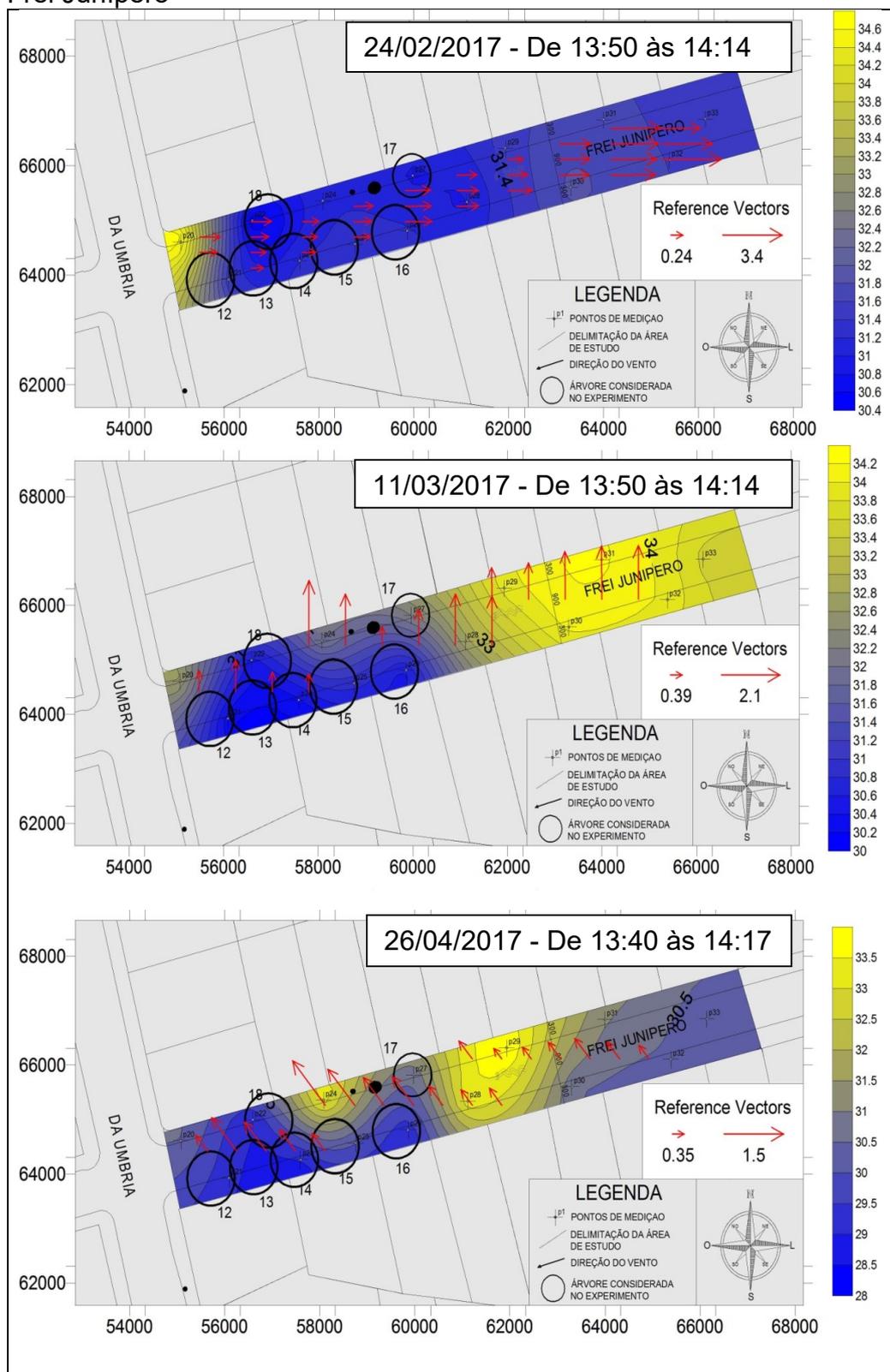
4.1.3 Área 3 _ Rua Frei Junípero

Figura 55- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 3 - Rua Frei Junípero



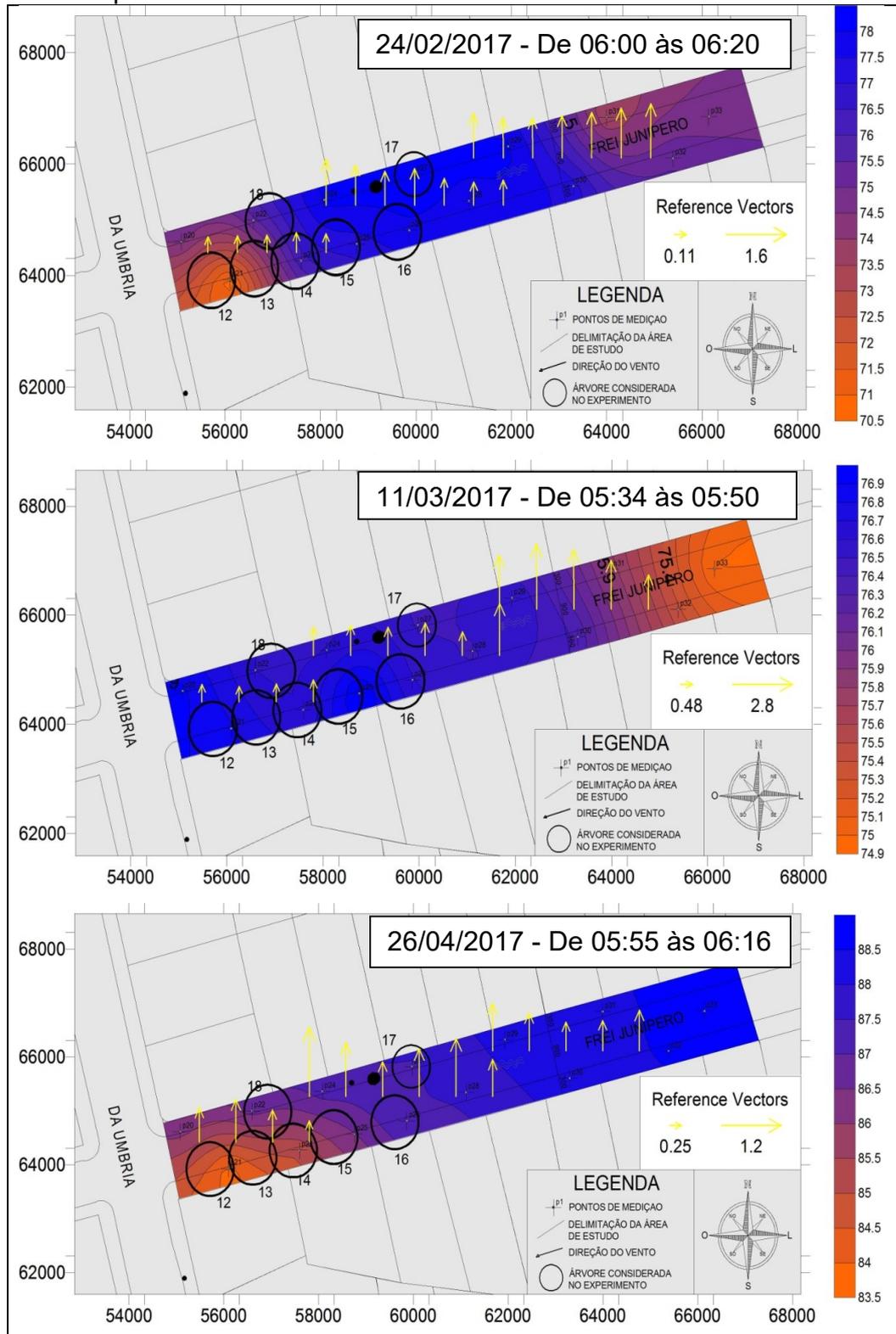
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 56- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 3 - Rua Frei Junípero



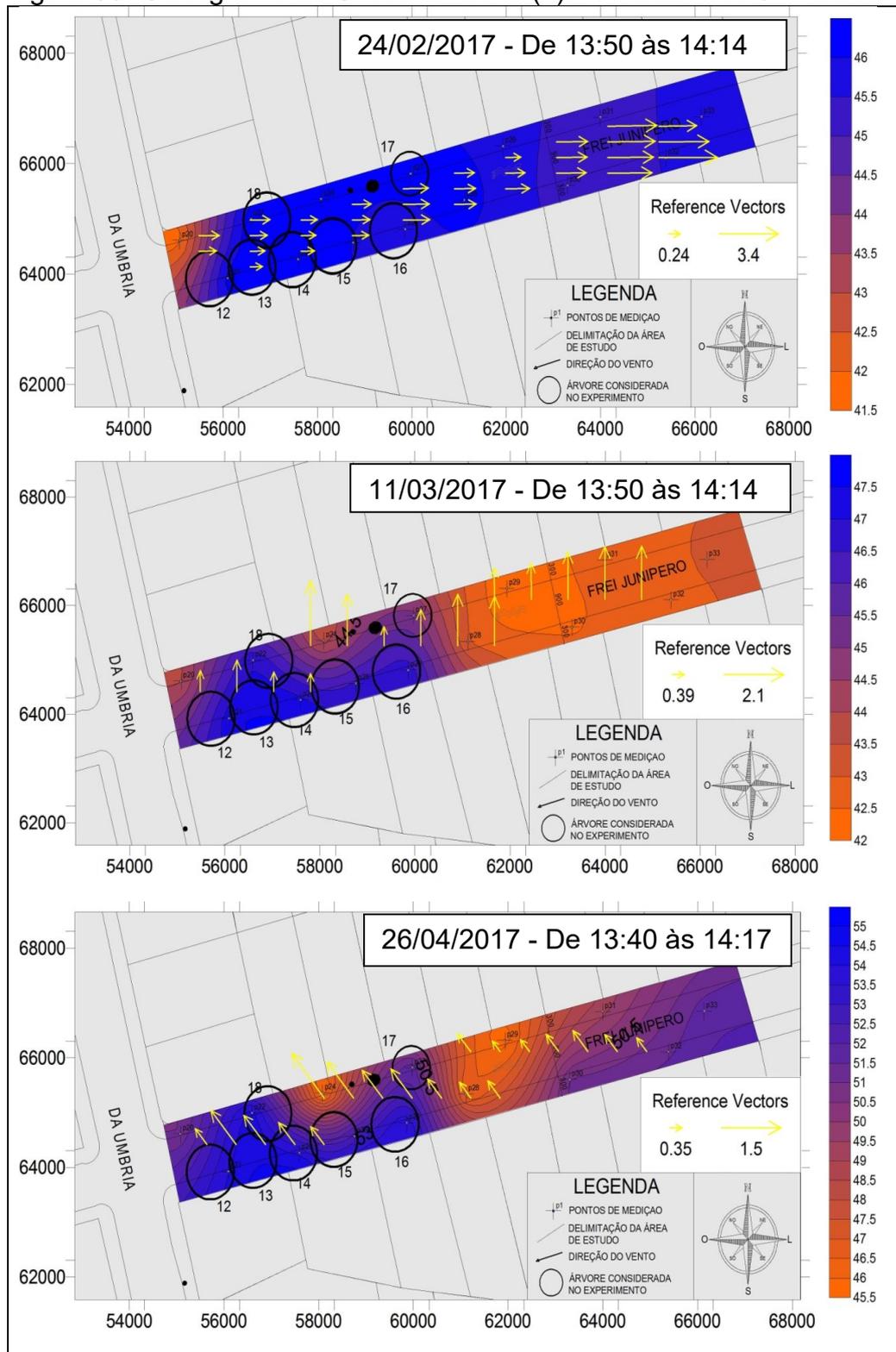
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 57- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 3 - Rua Frei Junípero



Fonte: Desenho da autora. 2017.

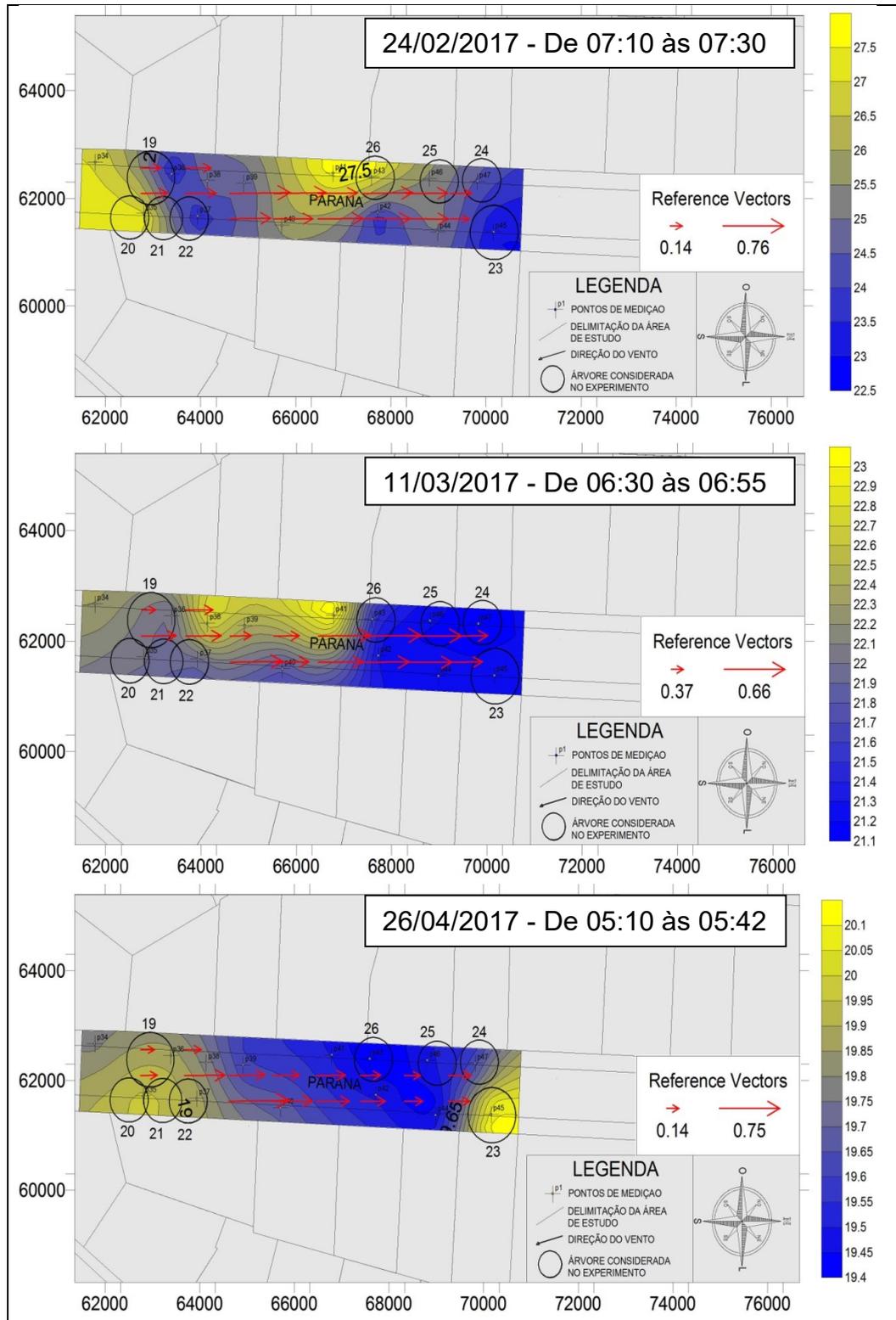
Figura 58- Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 3 - Rua Frei Junípero



Fonte: Desenho da autora. 2017.

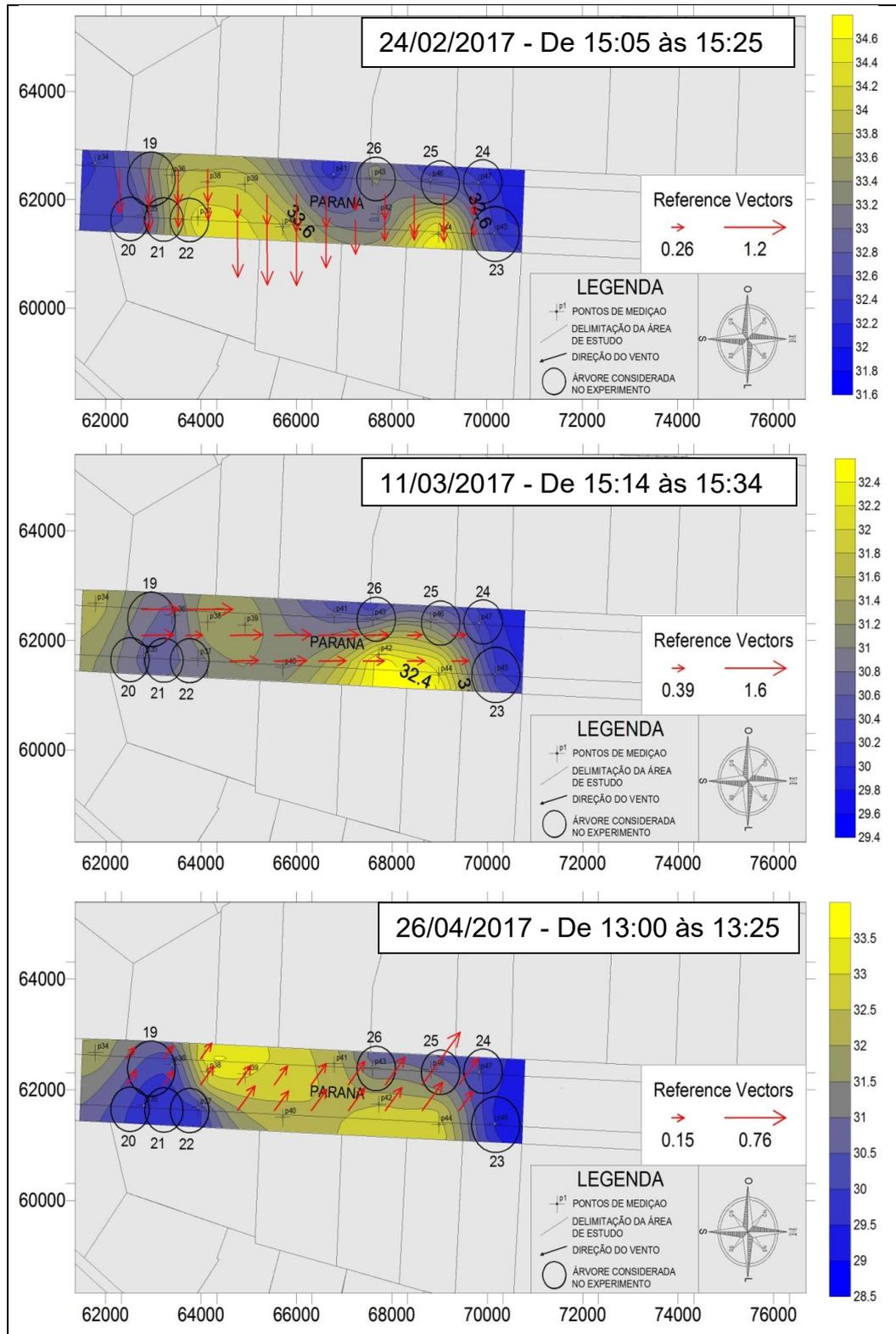
4.1.4 Área 4 _ Rua Paraná

Figura 59- Cartograma de Temperatura do ar (1): MANHÃ. Área 4 - Rua Paraná



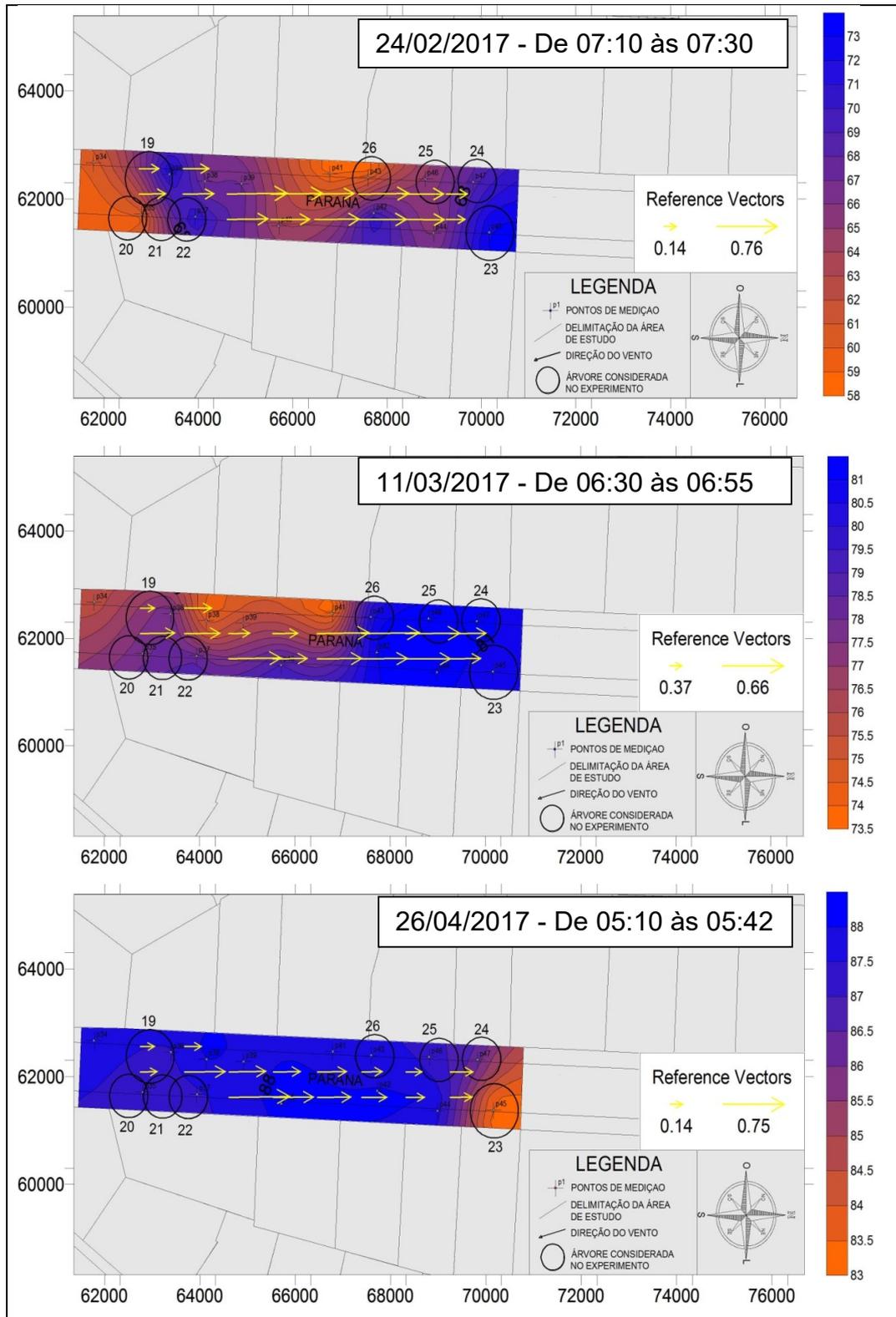
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 60- Cartograma de Temperatura do ar (2): TARDE. Área 4 - Rua Paraná



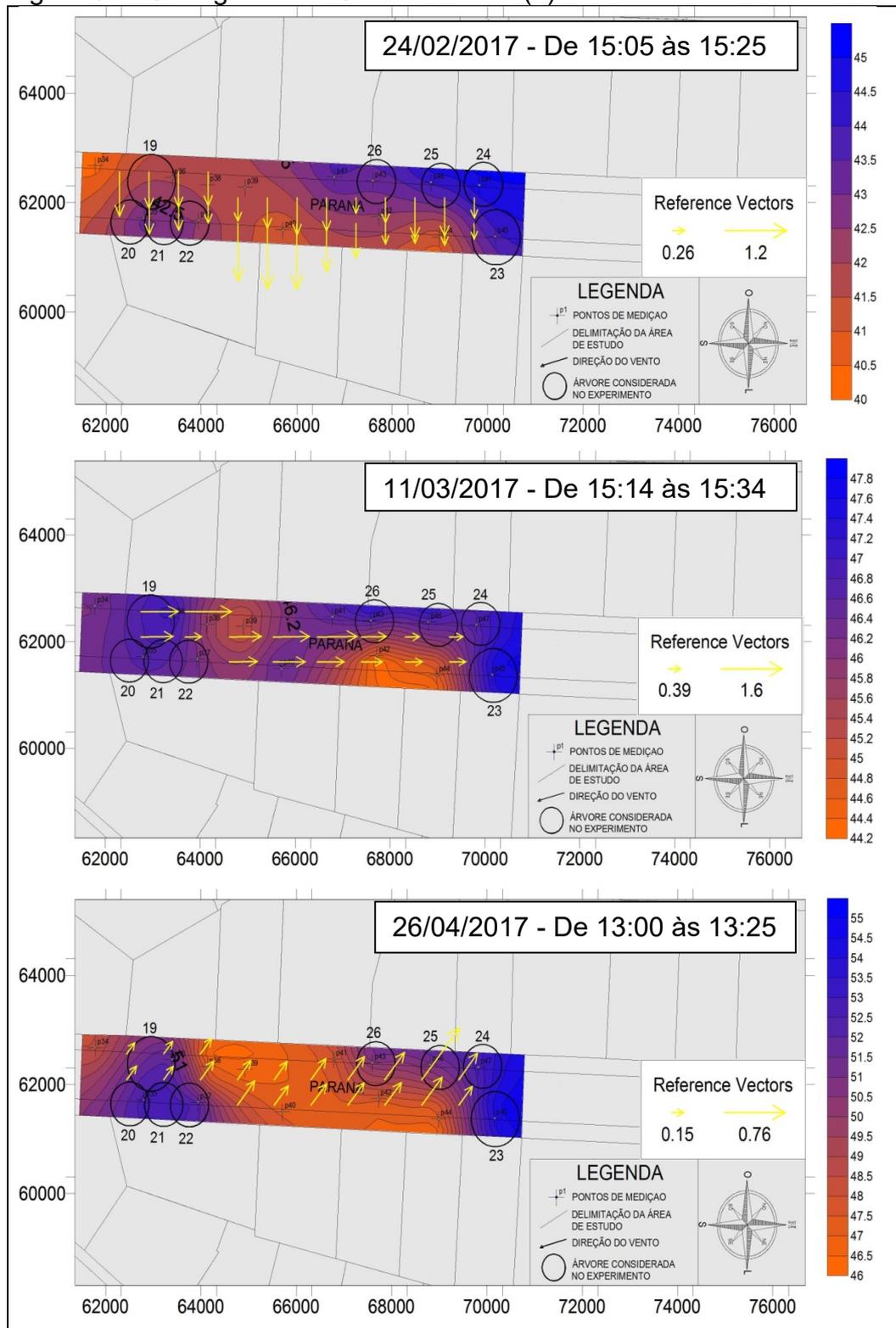
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 61- Cartograma de Umidade do ar (1): MANHÃ. Área 4 - Rua Paraná



Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 62 - Cartograma de Umidade do ar (2): TARDE. Área 4 - Rua Paraná



Fonte: Desenho da autora. 2017.

Como mostram os mapas Surfer e os (FIGURAS 47 a 62) e os gráficos globais (8 a 13) nota-se que a velocidade do vento (TABELA 2), as temperaturas (TABELA3) e a umidade (TABELA 4) sofrem variação durante o tempo das medições, principalmente no período da tarde.

Tabela 2– Velocidade do vento – Quadro comparativo

VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO m/s (metros por segundo)			
ÁREA		MANHÃ	TARDE
Área 1	Rua Engenheiro José Guimarães	0,08 a 1,00	0,15 a 1,70
Área 2	Rua Vicente Porfírio de Oliveira	0,10 a 1,60	0,22 a 1,70
Área 3*	Rua Frei Junípero	0,11 a 2,80	0,24 a 3,40
Área 4**	Rua Paraná	0,14 a 0,76	0,15 a 1,60
VARIAÇÃO DA VELOCIDADE NO PERÍODO		0,08 a 2,80 m/s	0,14 a 3,40 m/s

* Área de maior altitude
** Área de menor altitude

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Tabela 3– Temperatura do ar– Quadro comparativo

VARIAÇÃO DE TEMPERATURA °C								
MANHÃ								
DATA	Área 1	‡	Área 2	‡	Área 3*	‡	Área 4**	‡
24/fev	21,6 a 22,7	1,1	20,8 a 21,4	0,6	19,2 a 19,5	0,3	22,5 a 27,5	5
11/mar	20,4 a 20,9	0,5	20,3 a 21,3	1	21,5 a 21,7	0,2	21,1 a 23	1,9
26/abr	19,2 a 19,4	0,2	19,1 a 19,5	0,4	19,7 a 20,3	0,6	19,4 a 20,1	0,7
TARDE								
DATA	Área 1	‡	Área 2	‡	Área 3*	‡	Área 4**	‡
24/fev	31,2 a 35	3,8	31,1 a 33,3	2,2	30,4 a 34,6	4,2	31,6 a 34,6	3
11/mar	29,5 a 35	5,5	29,5 a 34	4,5	30 a 34,2	4,2	29,4 a 32,4	3
26/abr	29 a 33,5	4,5	29,2 a 30,8	1,6	28 a 33,5	5,5	28,5 a 33,5	5

* Área de maior altitude
** Área de menor altitude

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Tabela 4– Umidade relativa do ar– Quadro comparativo

VARIAÇÃO DE UMIDADE RELATIVA %								
MANHÃ								
DATA	Área 1	‡	Área 2	‡	Área 3*	‡	Área 4**	‡
24/fev	74,5 a 78,9	4,4	78,8 a 82	3,2	70,5 a 78	7,5	58 a 73	15
11/mar	83,3 a 84,7	1,4	78 a 85,2	7,2	74,9 a 76,9	2	73,5 a 81	7,5
26/abr	89,4 a 91,8	2,4	85 a 92,2	7,2	83,5 a 88,5	5	83 a 88	5
TARDE								
DATA	Área 1	‡	Área 2	‡	Área 3*	‡	Área 4**	‡
24/fev	39,5 a 45,6	6,1	42,4 a 46	3,6	41,5 a 46	4,5	40 a 45	5
11/mar	41 a 48,2	7,2	42 a 48	6	42 a 47,5	5,5	44,2 a 47,8	3,6
26/abr	45 a 54,2	9,2	51 a 53,4	2,4	45,5 a 55	4,5	46 a 55	9

* Área de maior altitude
** Área de menor altitude

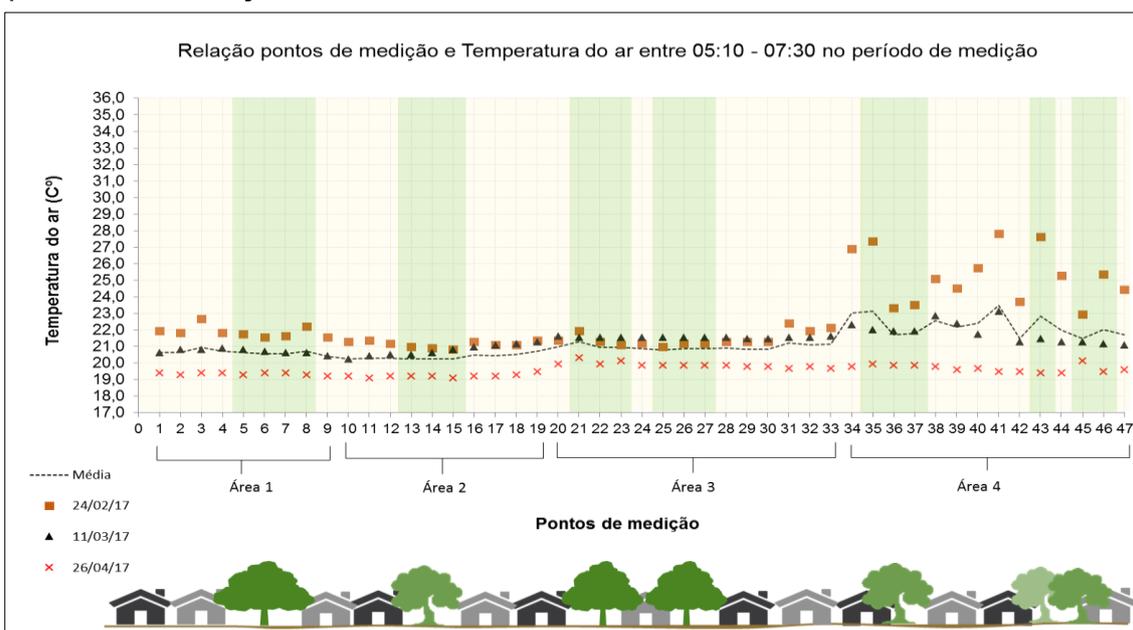
Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

4.2 Gráficos Globais: Temperatura, Umidade Relativa e Velocidade do Vento

Os gráficos 8 a 13 a seguir apresentam as variáveis consideradas na pesquisa (Temperatura, Umidade Relativa e Velocidade do ar) na totalidade dos pontos medidos e nas três datas de medições. Eles representam uma visão panorâmica da situação de conforto encontrada nas áreas observadas. Nota-se a diminuição da temperatura do ar no decorrer dos dias de medição, sendo o primeiro dia (24/02) com temperaturas mais altas, acompanhado do segundo (11/03) e do terceiro dia (26/04) com as temperaturas mais baixas. Apesar de localizarem-se relativamente próximas, o tempo do deslocamento da pesquisadora, necessário entre uma e outra área, distanciou a hora de medição em cada uma. Talvez por esta razão, a área 4, por ter sido a última a ter tomadas de variáveis (dia 24/02 de 07:00 as 07:30 e dia 11/03, de 06:30 as 06:55) obteve as maiores temperaturas, tanto nos locais de presença quanto de ausência arbórea.

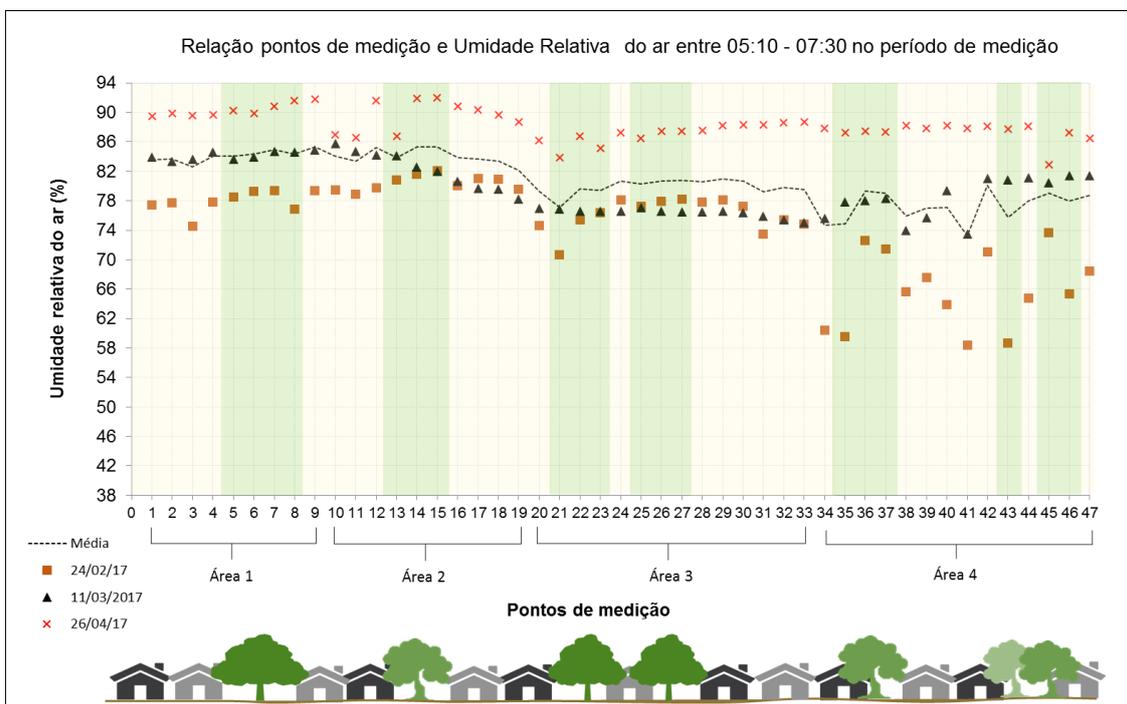
Esse quadro, que para o período (fevereiro a abril) se mostra bastante homogêneo poderia sofrer alguma alteração se fossem feitas análises em período mais prolongado, de janeiro a dezembro, em função da sazonalidade do comportamento do sol na superfície da Terra e conseqüente aumento das temperaturas no verão.

Gráfico 8– Pontos medidos e variáveis: Temperatura do Ar na parte da manhã no período de medição



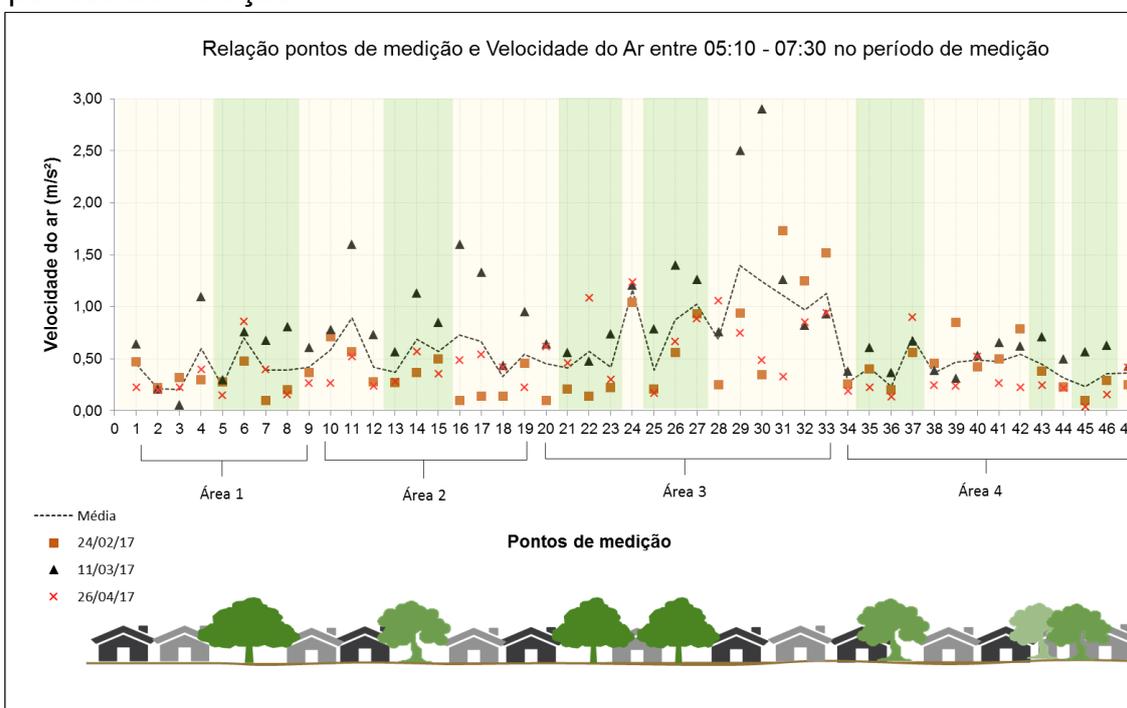
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017.

Gráfico 9- Pontos medidos e variáveis: Umidade Relativa do ar na parte da manhã no período de medição



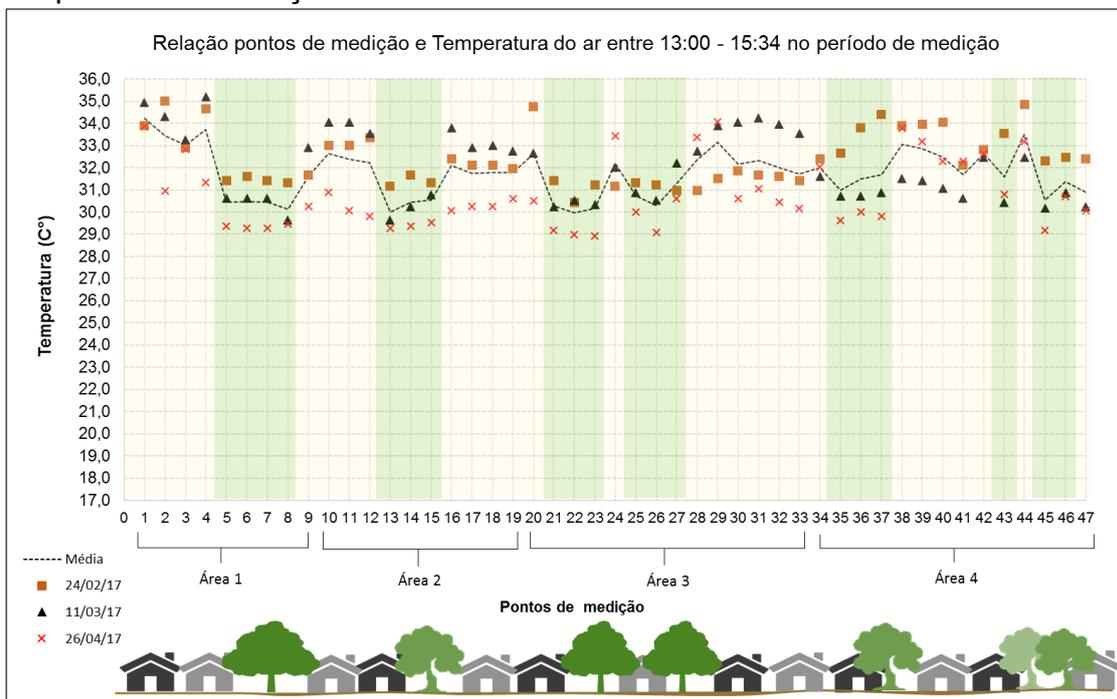
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 10– Pontos medidos e variáveis: Velocidade do Vento na parte da manhã no período de medição



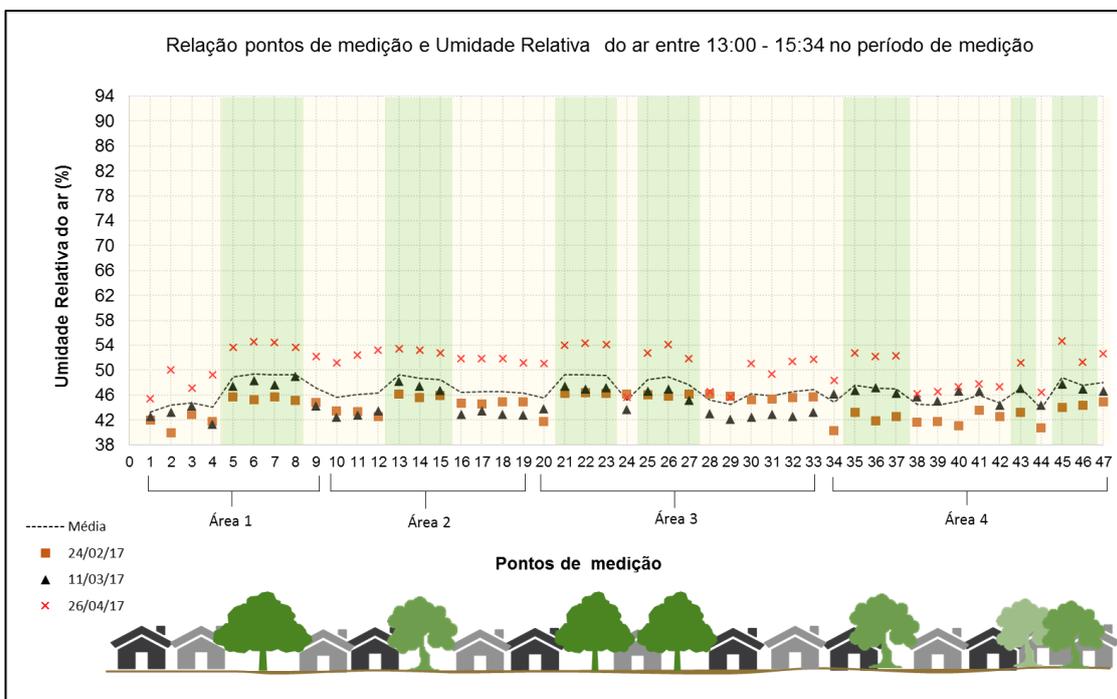
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 11- Pontos medidos e variáveis: Temperatura do Ar na parte da tarde no período de medição



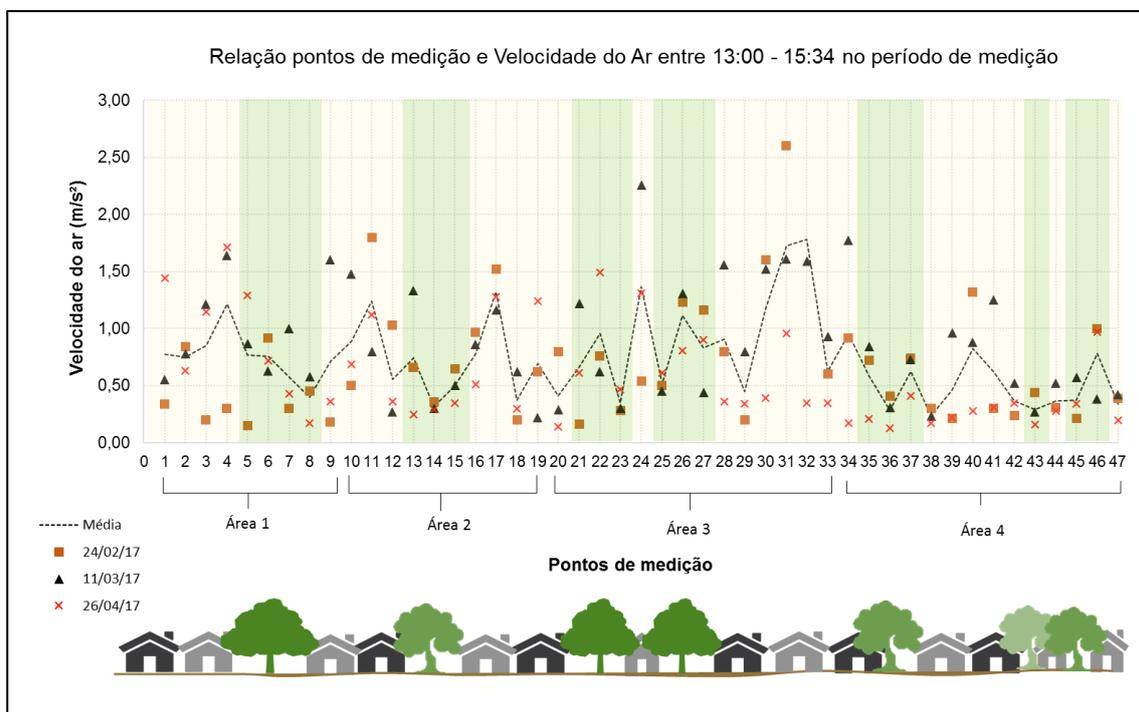
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 12– Pontos medidos e variáveis: Umidade Relativa do ar na parte da tarde no período de medição



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 13- Pontos medidos e variáveis: Velocidade do Vento na parte da tarde no período de medição



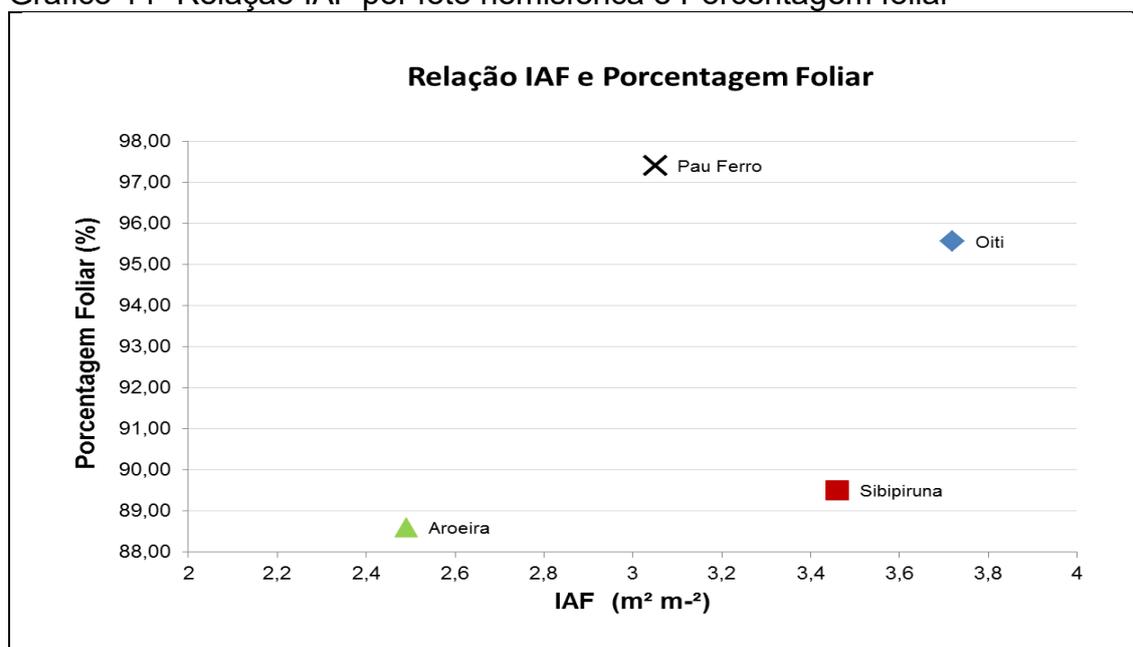
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

4.3 Gráficos comparativos: desempenho das espécies arbóreas analisadas

Nas análises comparativas apresentadas nos gráficos 14 a 22 abaixo, que apresentam o desempenho das espécies arbóreas analisadas – Oiti, Sibipiruna, Pau-ferro e Aroeira - observa-se que:

A espécie Oiti, quando avaliada isoladamente, foi a que demonstrou melhor desempenho quando comparados o IAF por foto hemisférica e a porcentagem foliar por foto plana (GRÁFICO 14)

Gráfico 14- Relação IAF por foto hemisférica e Porcentagem foliar



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

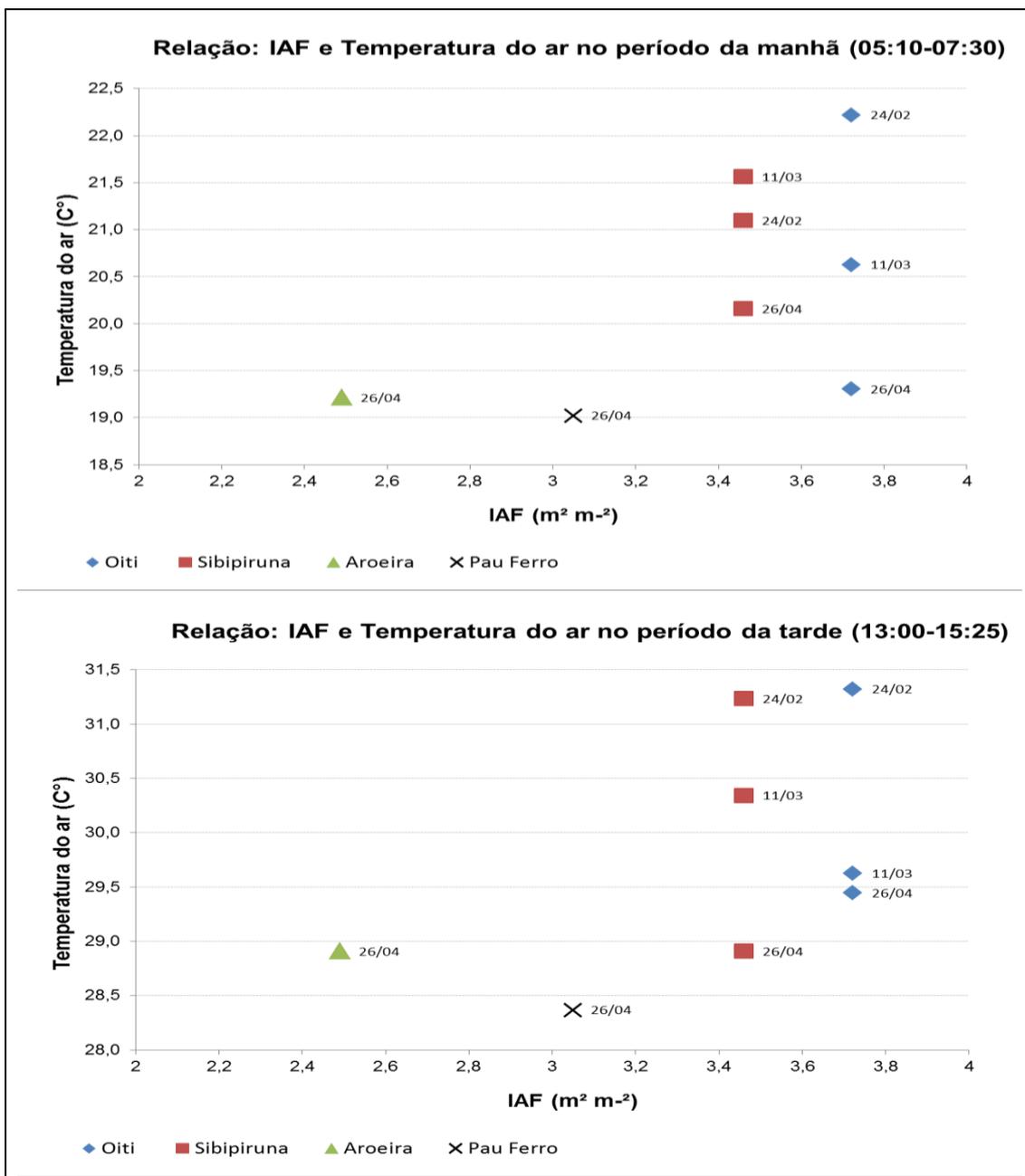
A espécie Oiti demonstrou melhor desempenho na diminuição da temperatura do ar em dois dos três dias analisados, o mesmo não ocorrendo no dia 24/02, possivelmente em função da direção do vento nas Áreas 1 e 4, onde esta espécie se apresenta (FIGURAS 47 a 50 e 59 a 62). A direção do vento também parece ser determinante para o desempenho da espécie Sibipiruna na manutenção da temperatura mais baixa no dia 26/04, período da tarde (FIGURAS 54 e 56) possivelmente porque ele bata nas edificações do entorno e permaneça na área vegetada, não carregando o frescor para outro local.

Quando se compara o IAF, tanto aquele obtido por foto hemisférica quanto o obtido por foto plana, à umidade relativa do ar, tanto a espécie Oiti (IAF=3,72) quanto a espécie Sibipiruna (IAF=3,46) demonstram desempenho semelhante e ligeiramente abaixo das espécies Pau-ferro (IAF=3,05) e Aroeira (IAF=2,49) das áreas de controle e também sofrem maior influência da velocidade do vento, principalmente no período da manhã. O contraste é visível na espécie Aroeira que tem a menor PC (88,61%) e ainda assim mantém baixa a temperatura no seu entorno. Possivelmente isso se deva ao fato de que o conjunto arbóreo das áreas de controle se localizam em áreas vegetadas mais densas e protegidas, sugerindo que esse resultado se deva ao local onde os indivíduos se encontram, uma vez que se sabe que indivíduos presentes em áreas de áreas de mata nativa, ao contrário daqueles dispostos no ambiente urbano,

tendem a ficar menos expostos a fatores de stress, como poluição ambiental, solo impermeabilizado, baixa disponibilidade hídrica, podas frequentes e, às vezes, mutiladoras e interferência do efeito de borda - quando a vegetação sofre maior exposição a ventos, altas temperaturas e baixa umidade. (GRÁFICOS 15 a 22).

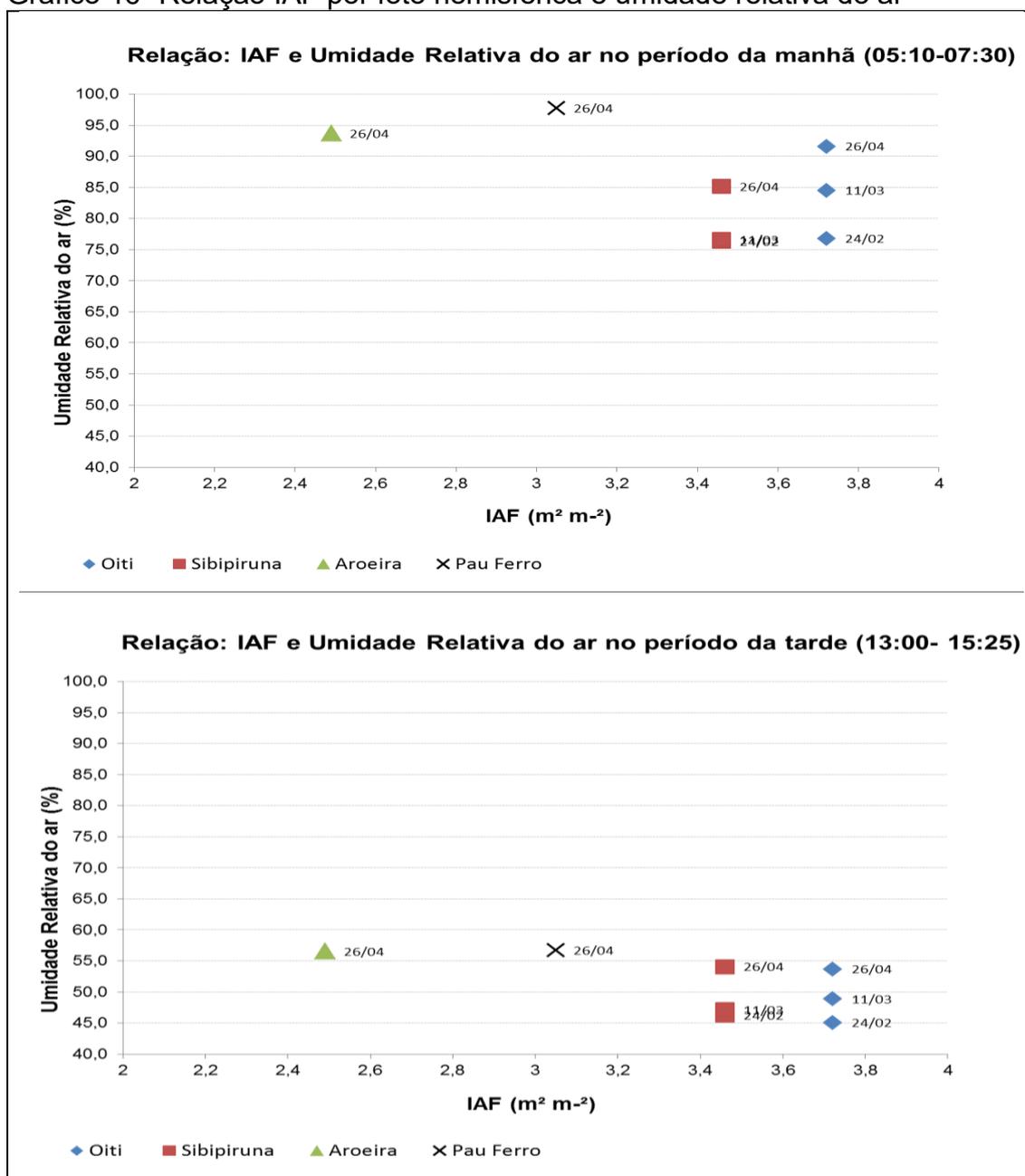
A questão do vento é especialmente relevante neste estudo comparativo, pois sabe-se que nos ambientes urbanos, especialmente nas vias, ocorre a canalização do fluxo de ar, formando verdadeiros corredores de vento, especialmente nos cruzamentos (esquinas) das ruas e avenidas. Tal fato não existe, ou existe em muito menor escala, nas áreas mais densas de mata nativa.

Gráfico 15- Relação IAF por foto hemisférica e Temperatura do ar



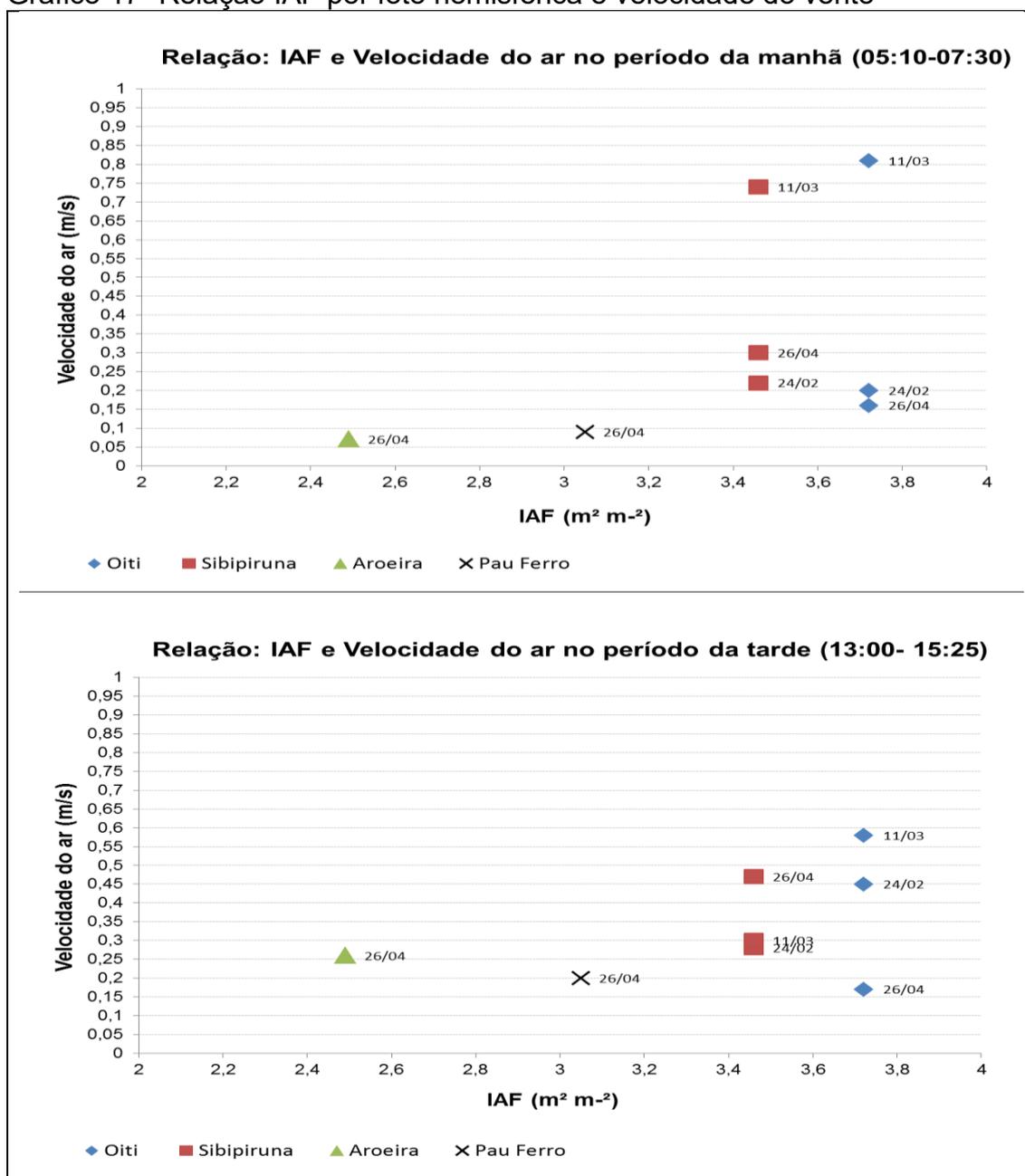
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 16- Relação IAF por foto hemisférica e umidade relativa do ar



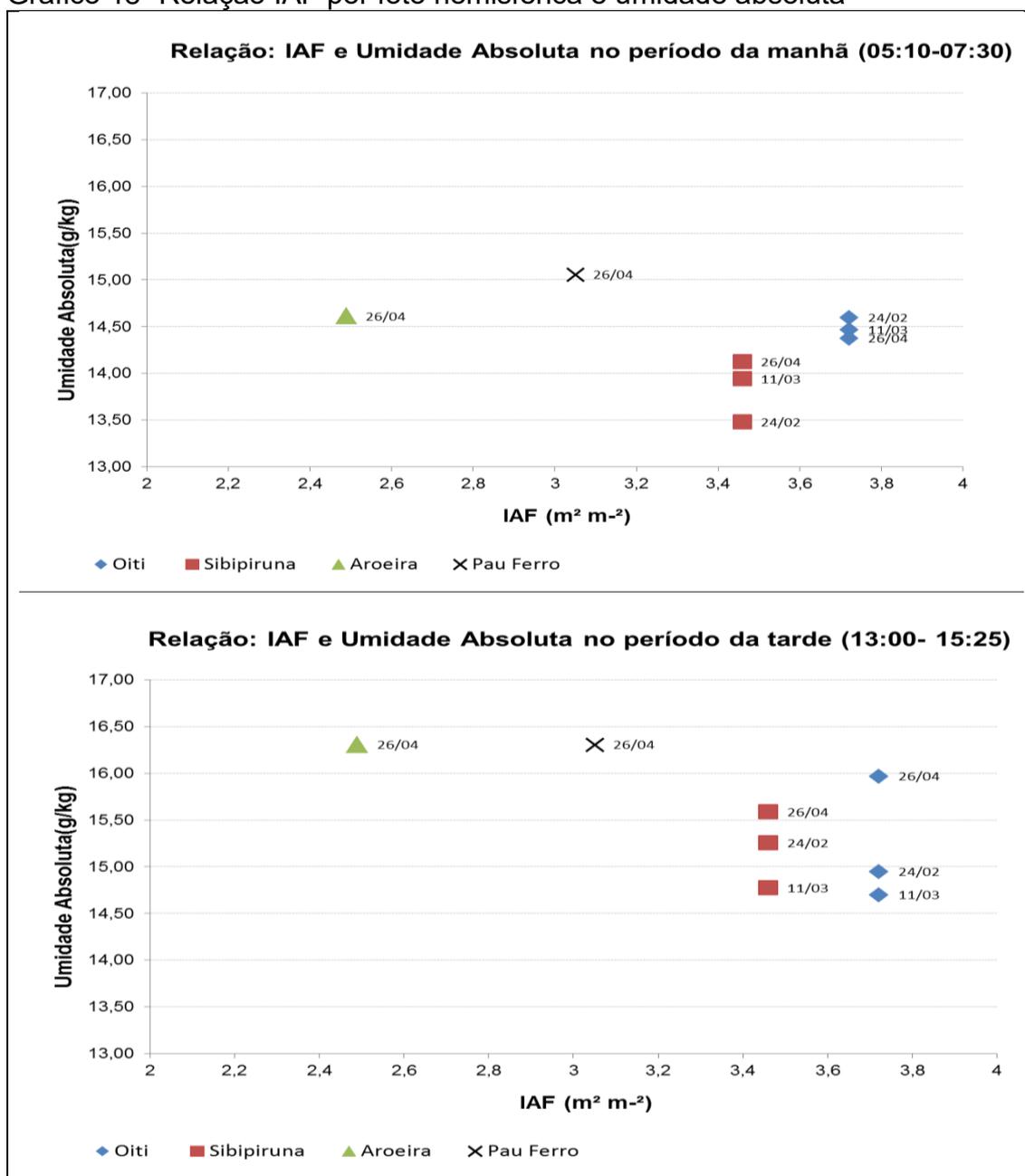
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 17- Relação IAF por foto hemisférica e velocidade do vento



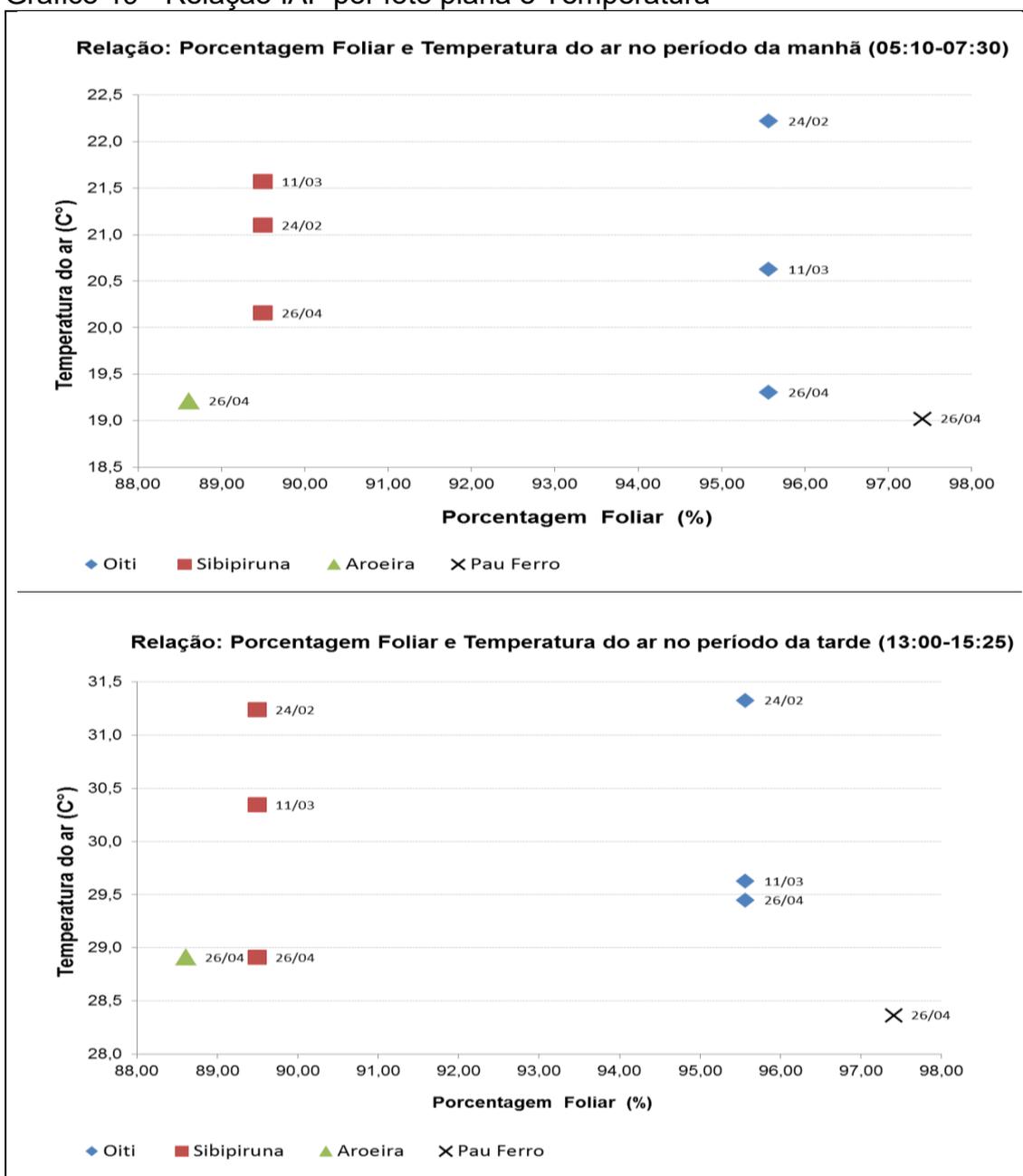
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 18- Relação IAF por foto hemisférica e umidade absoluta



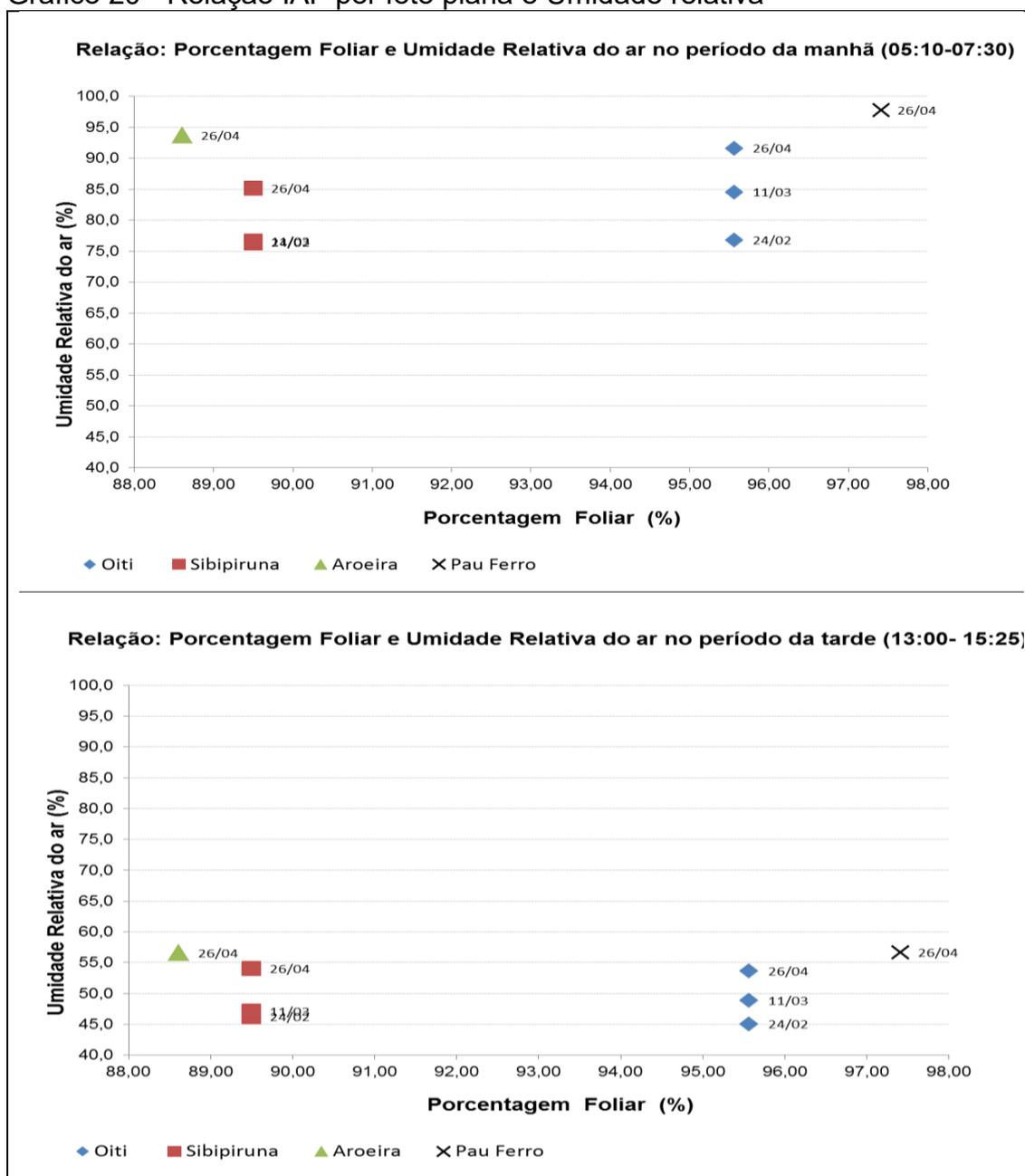
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 19 - Relação IAF por foto plana e Temperatura



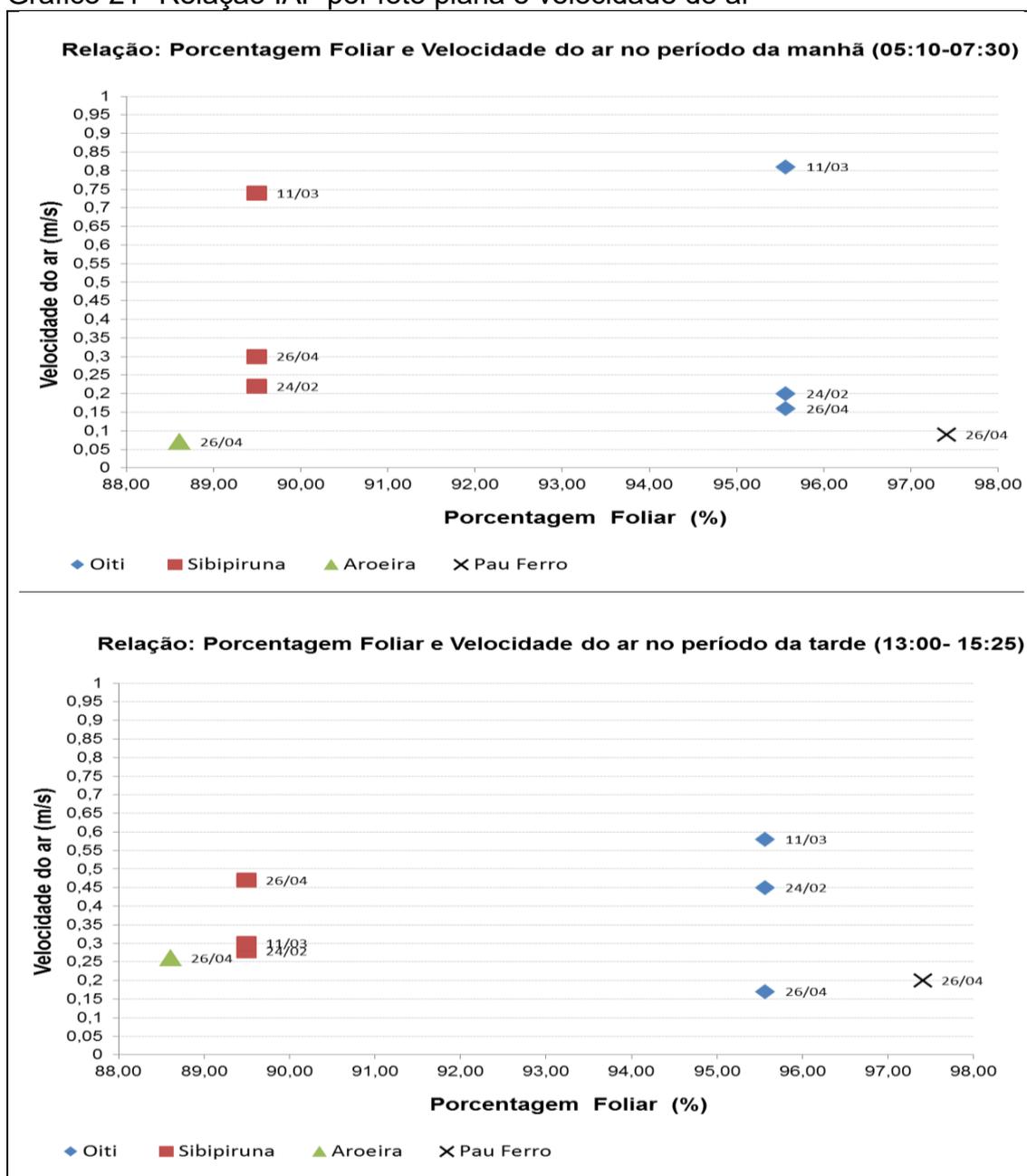
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 20 - Relação IAF por foto plana e Umidade relativa



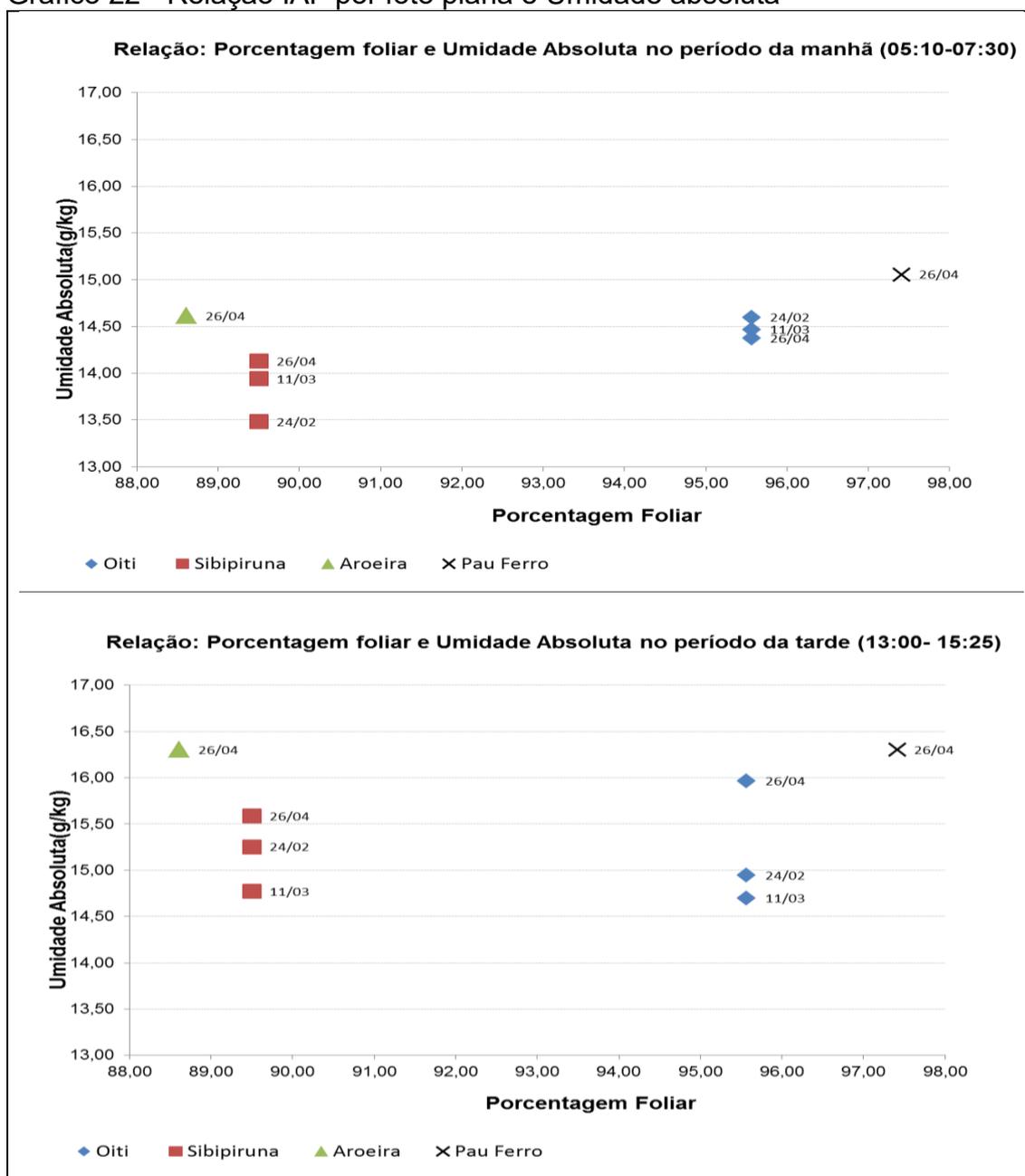
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 21- Relação IAF por foto plana e velocidade do ar



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 22 - Relação IAF por foto plana e Umidade absoluta



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

4.4 Gráficos comparativos: variáveis X distribuição espacial dos indivíduos arbóreos

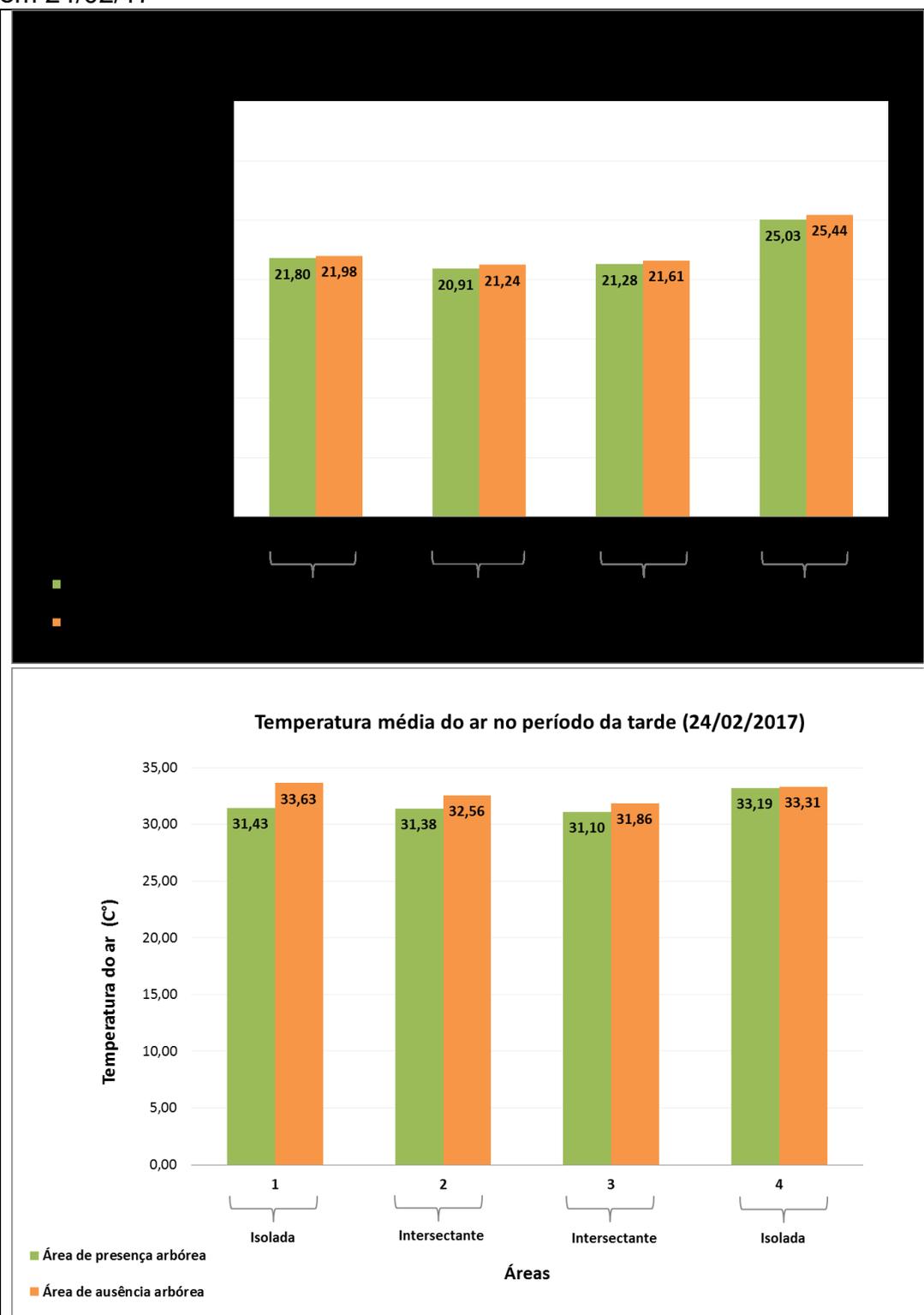
Conforme ilustrado na figura 4 do item 2.4.2. (página 37) acima Peixoto et al (1995) apud Labaki et al (2011), propõem que existe no meio urbano diferentes arranjos onde os indivíduos arbóreos costumam ocorrer quanto à disposição e densidade de seus elementos o que pode alterar o resultado relativo ao conforto. Nesta pesquisa foram apontadas duas das modalidades sugeridas quanto á disposição dos indivíduos: a isolada e a Intersectante.

Os gráficos que seguem comparam as variáveis temperatura e umidade absoluta, nas quatro áreas estudadas, nos três dias de medições nas zonas de presença e de ausência arbórea. Percebe-se que eles apontam ligeiro aumento da temperatura média do ar nas zonas não arborizadas no período da tarde, e que esta permanece quase inalterada no período da manhã (GRÁFICOS 23 a 25).

A mesma observação se faz em relação à umidade absoluta (GRÁFICOS 26 a 28) o que causa certa surpresa, pois ela se mostra ligeiramente mais elevada nas zonas não arborizadas no período da tarde, onde se esperaria o contrário, pela interferência das árvores na manutenção da umidade. Tal fato pode ter ocorrido pela direção e velocidade do vento que carrearia a umidade para as zonas desprovidas de vegetação.

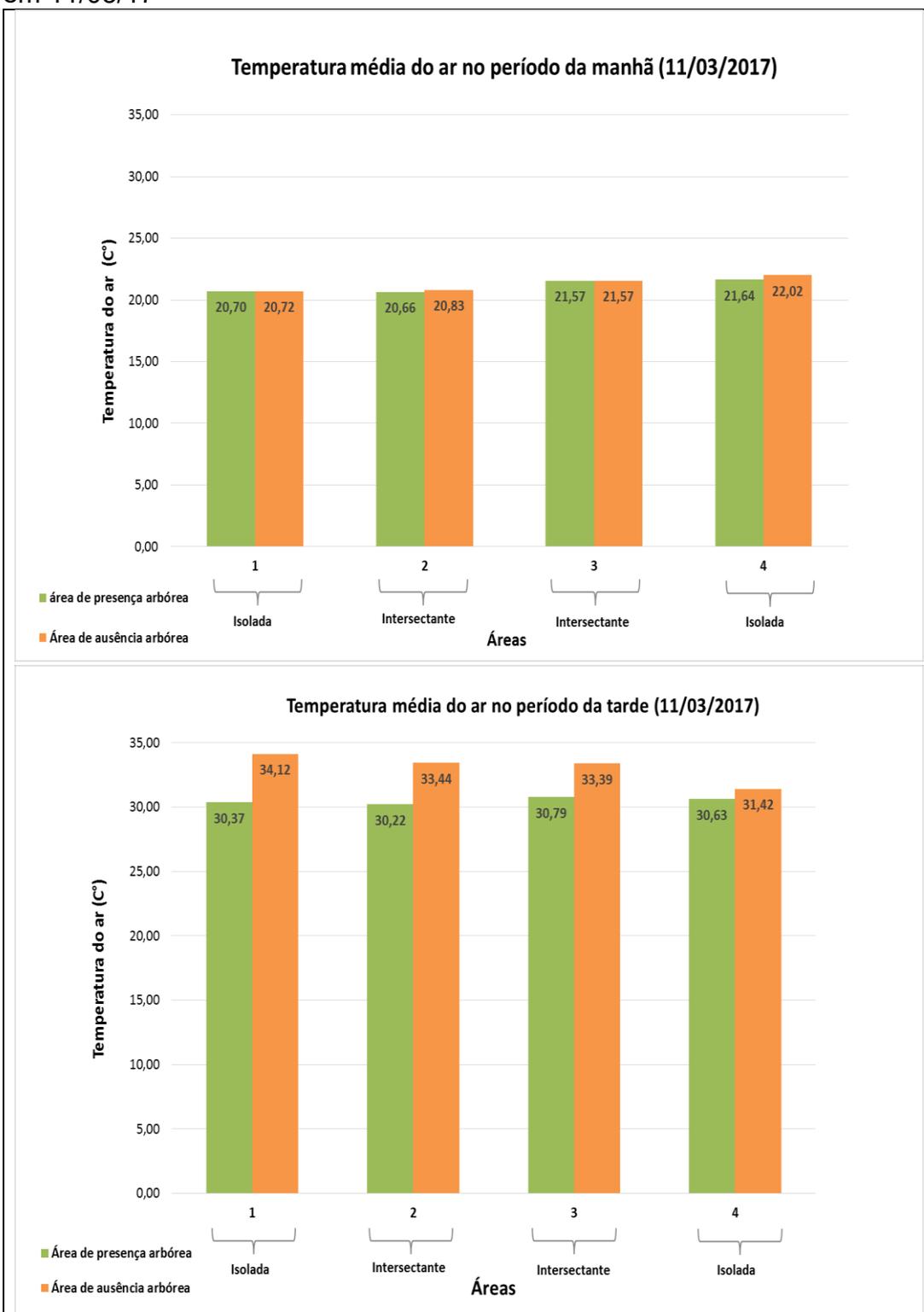
Não houve diferenças significativas, tanto na temperatura média do ar quanto na umidade absoluta, quanto á distribuição espacial (isolada e Intersectante) dos indivíduos e também nas áreas de controle, em mata nativa.

Gráfico 23– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 24/02/17



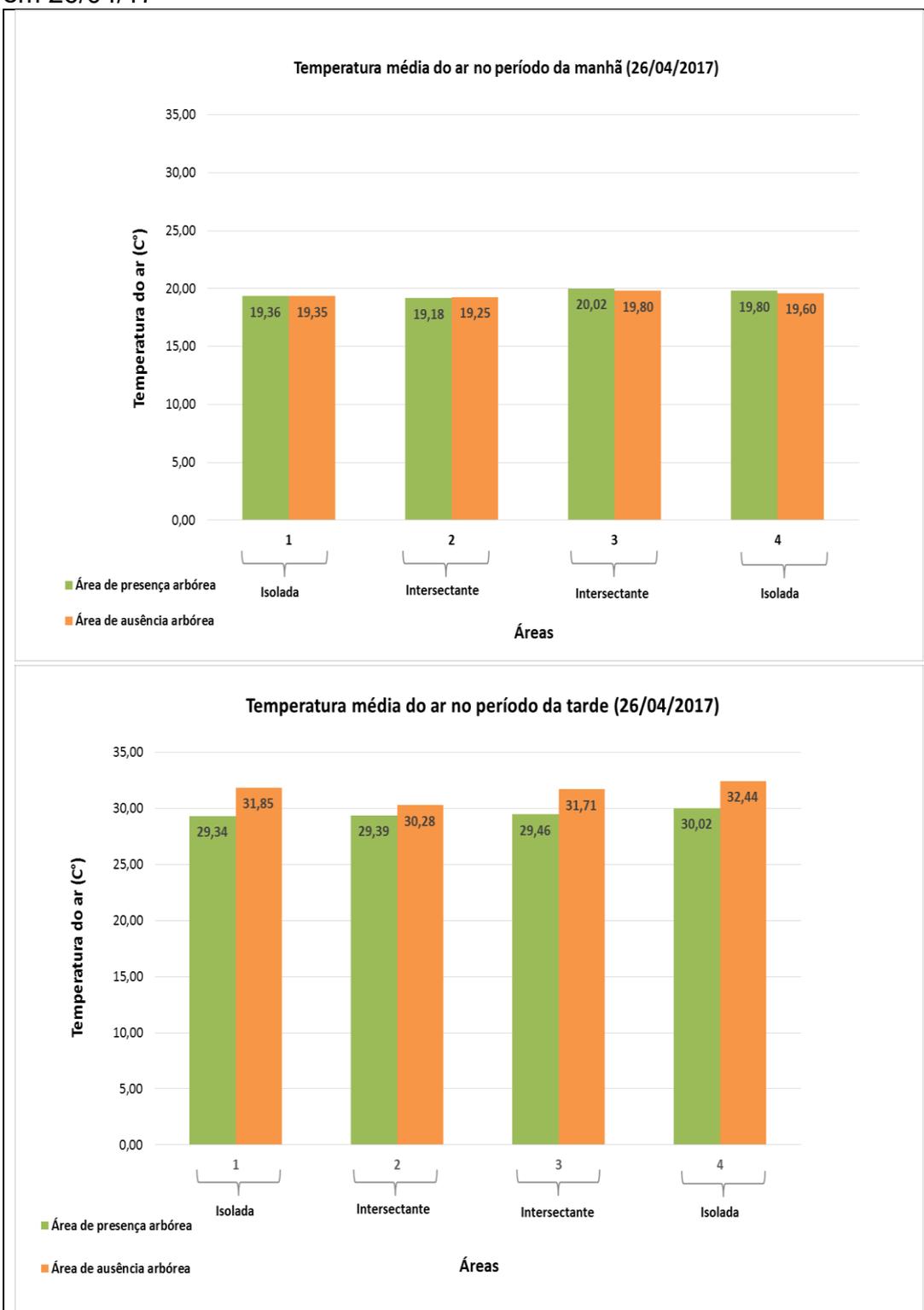
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 24– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 11/03/17



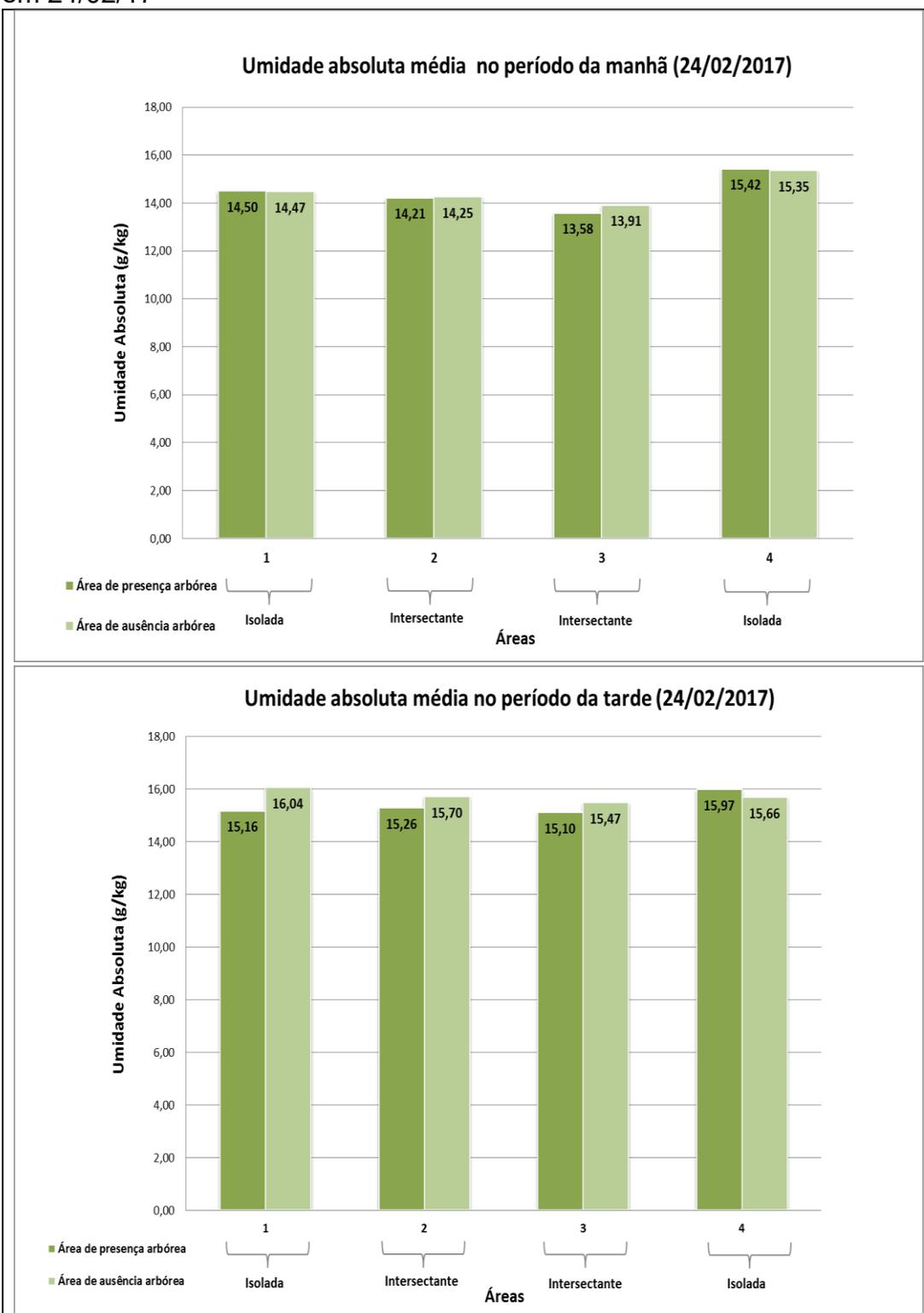
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 25– Temperatura do ar nas áreas de presença e ausência arbórea em 26/04/17



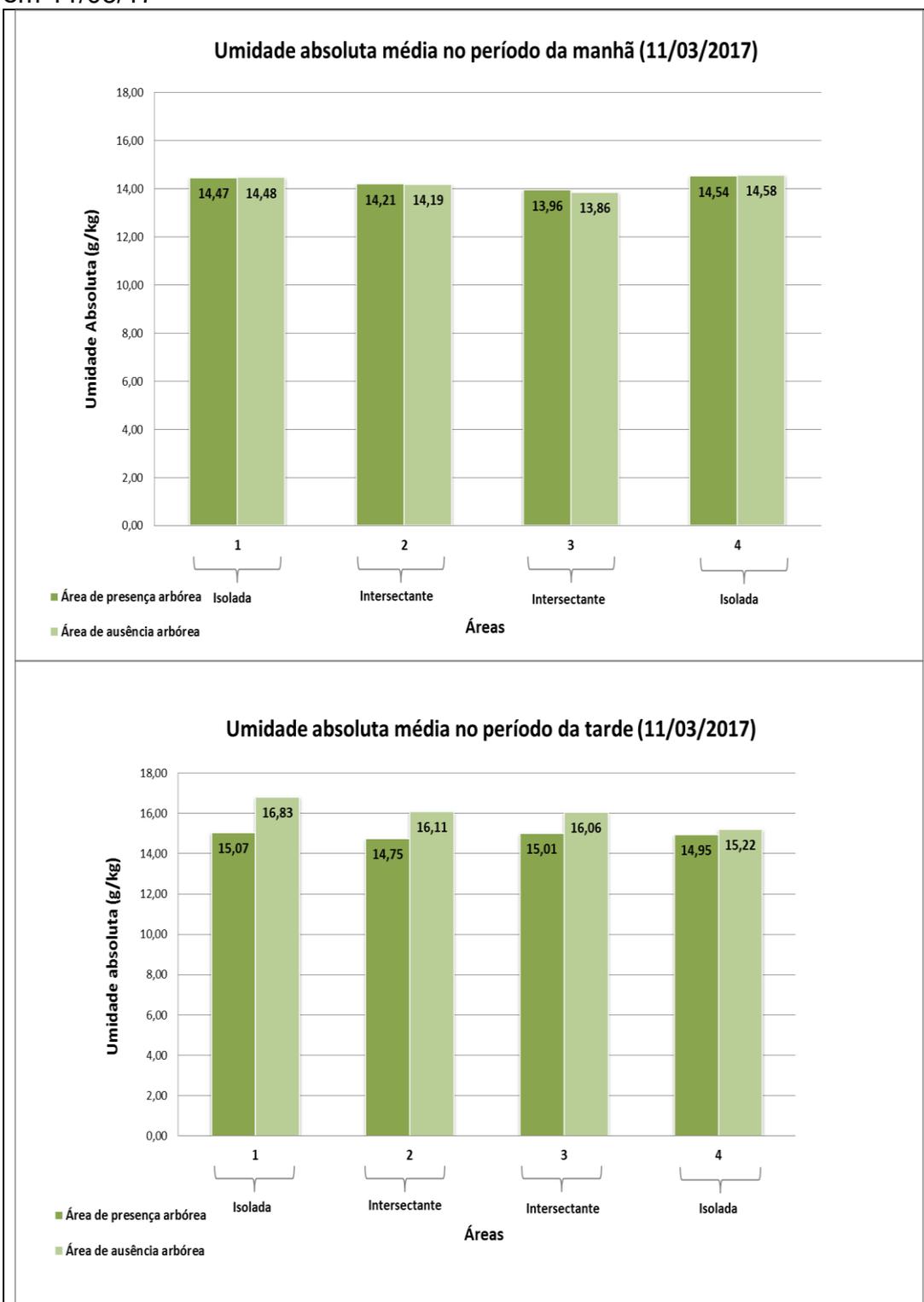
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 26– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 24/02/17



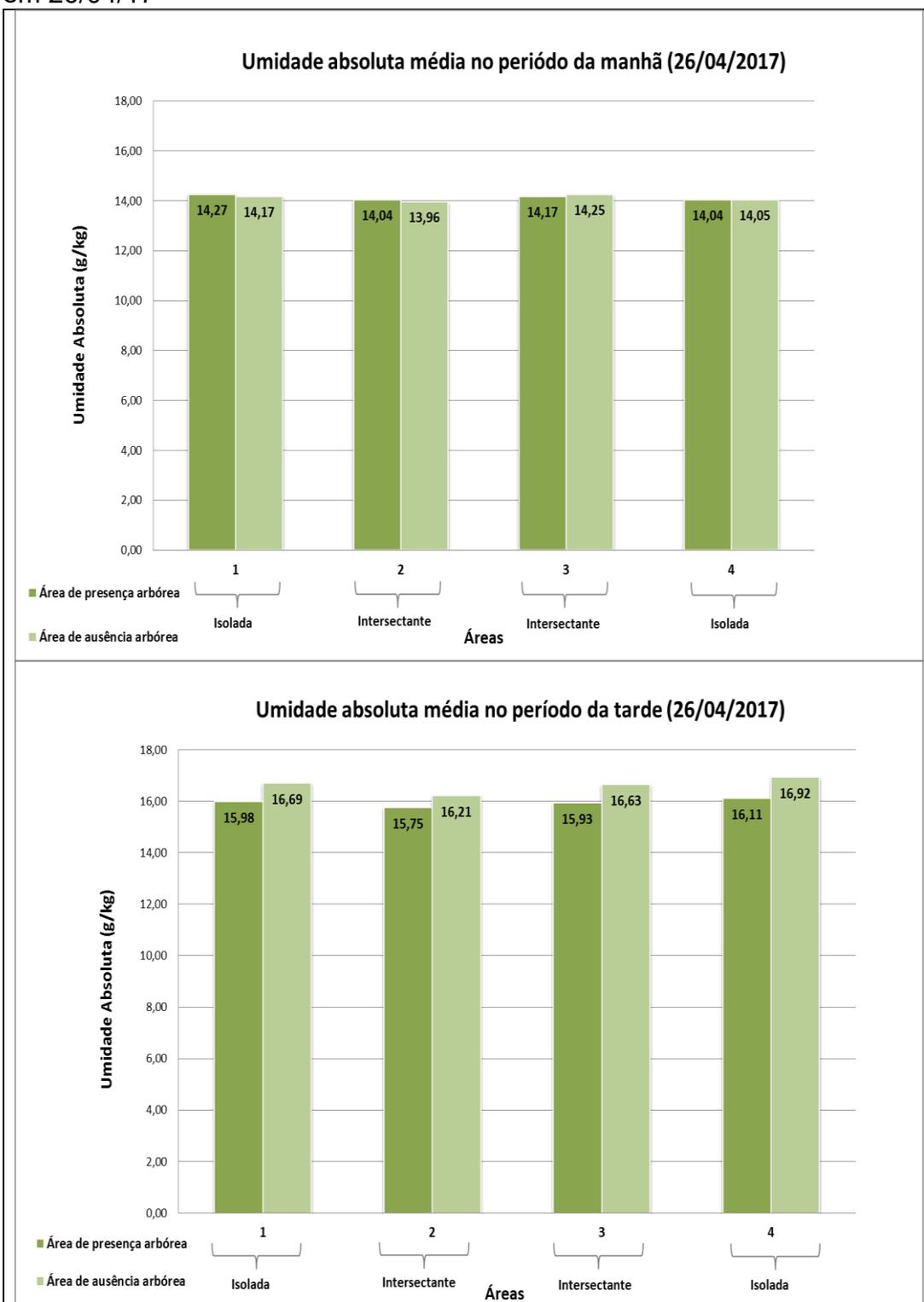
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 27– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 11/03/17



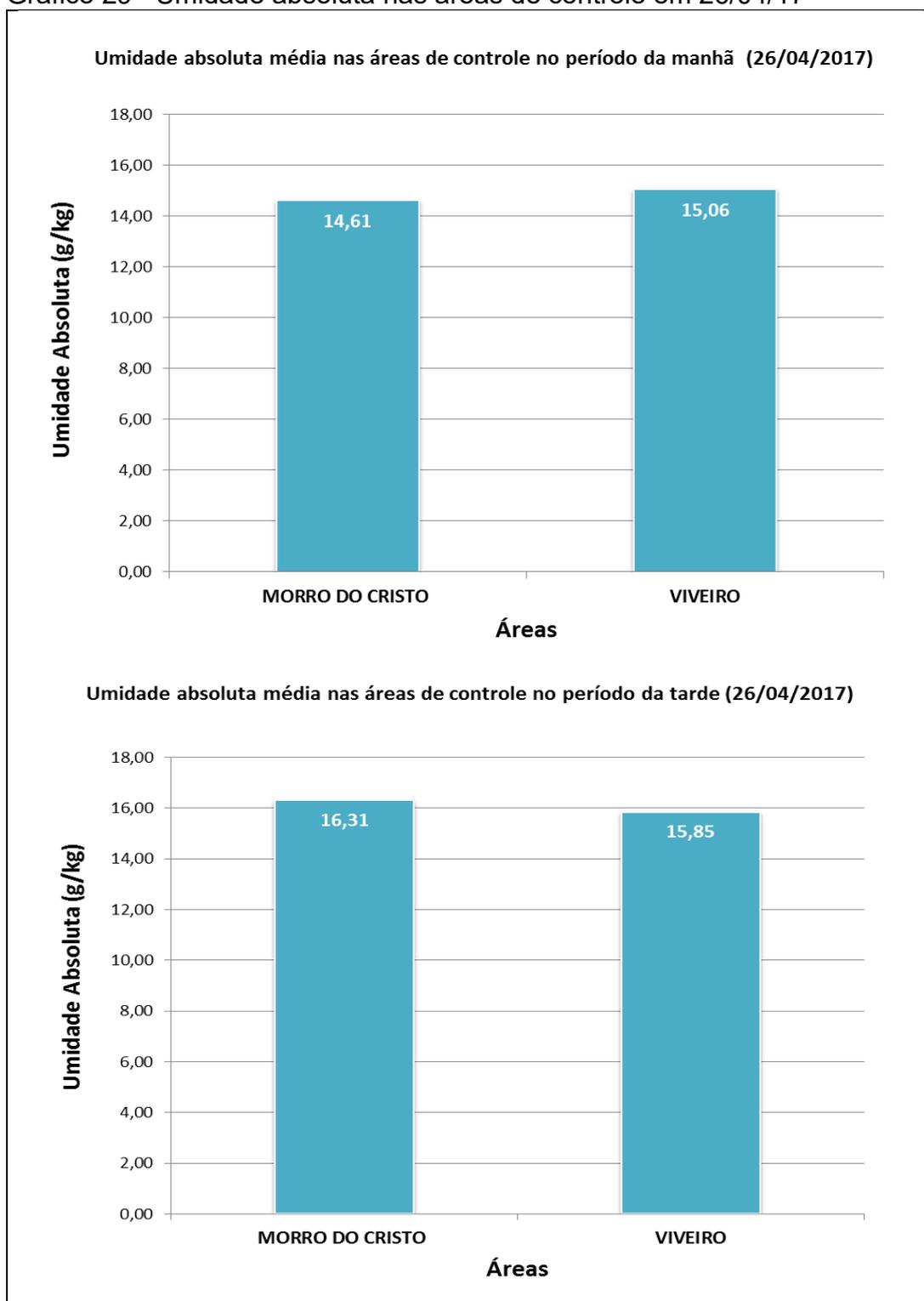
Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 28– Umidade absoluta nas áreas de presença e ausência arbórea em 26/04/17



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

Gráfico 29– Umidade absoluta nas áreas de controle em 26/04/17



Fonte: Gráfico elaborado pela autora. 2017

4.5 Índice de Sombreamento Arbóreo - ISA X distribuição espacial dos indivíduos arbóreos

Relacionando-se o Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA com as categorias de distribuição espacial dos indivíduos arbóreos, classes isolada e intersectante, mapeadas nas figuras 63 a 66 a seguir, nota-se, conforme indicado na tabela 5, que a modalidade intersectante das áreas de pesquisa 2 (ISA=34,58%) e 3 (ISA=30,97%), ambas com a presença da espécie Sibipiruna, foi a que mostrou melhor resultado de sombreamento do ambiente quando comparadas às áreas 1 (ISA=26,60%) e 4 (ISA=23,99%) com a presença da espécie Oiti.

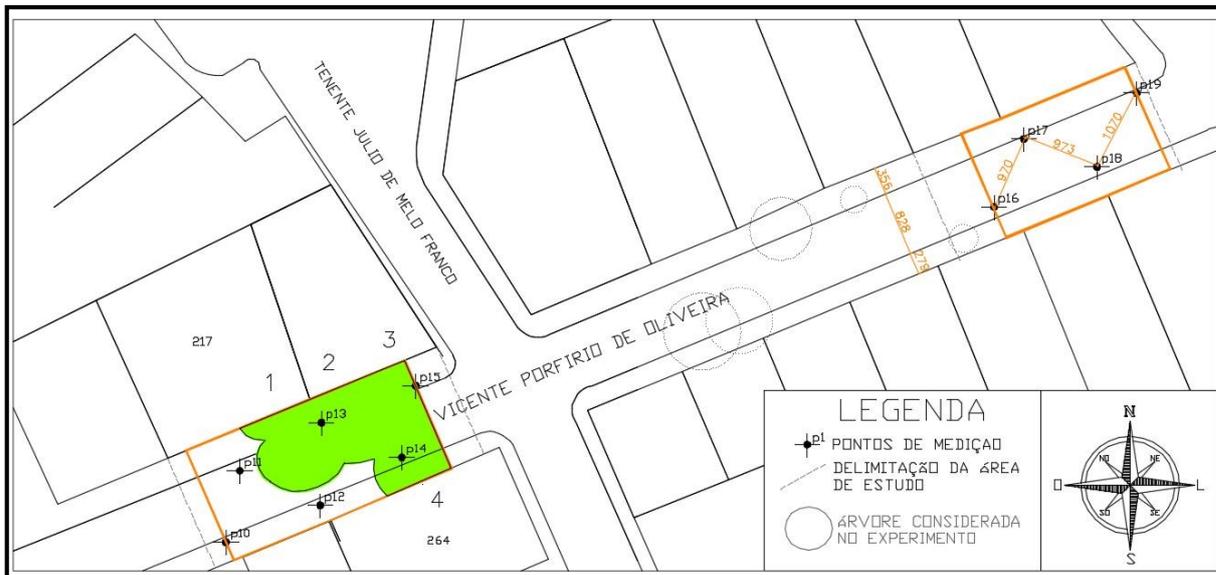
Considerando que o Oiti demonstrou melhor desempenho na diminuição da temperatura do ar em dois dos três dias analisados (GRÁFICO 15), esse resultado parece indicar que a configuração espacial intersectante, com massa arbórea mais expressiva, com indivíduos entrecruzados e mais próximos entre si, pode ser a melhor forma de disposição da arborização urbana viária.

Figura 63 - Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 1_Classe 1 Isolada



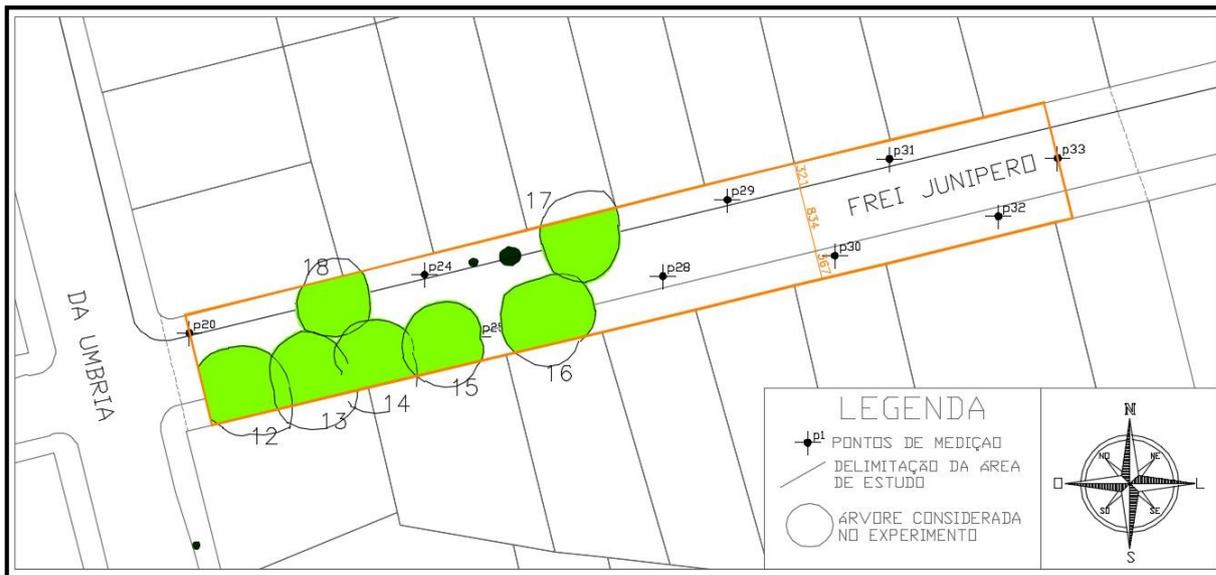
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 64 - Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 2_Classe 2 Intersectante



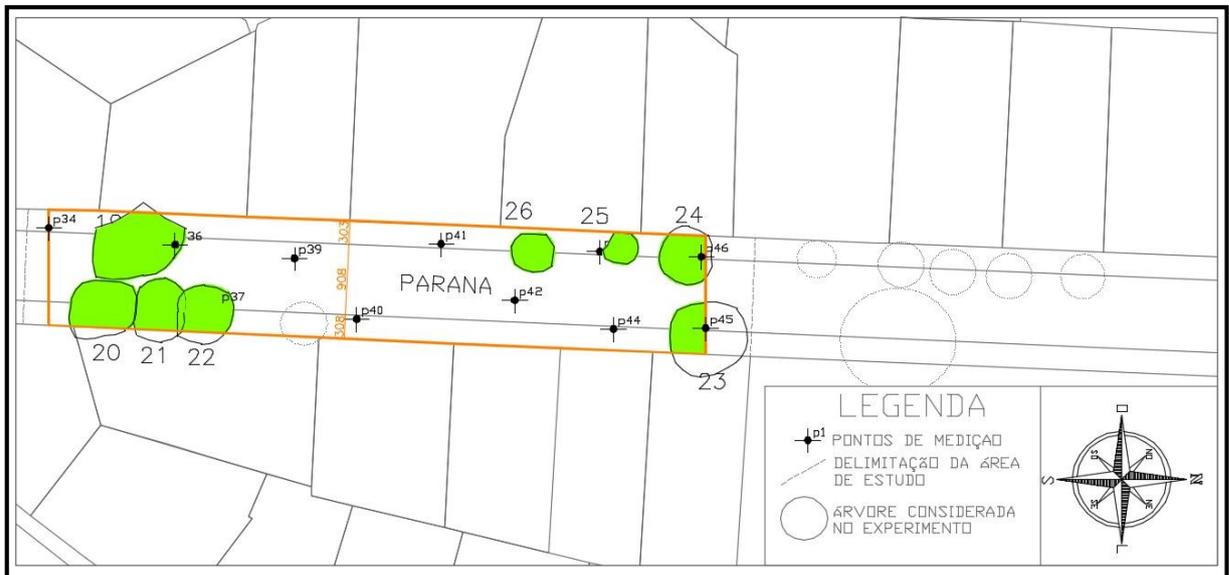
Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 65- Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 3_Classe 2 Intersectante



Fonte: Desenho da autora. 2017.

Figura 66- Cartograma ISA - Índice de Sombreamento Arbóreo_Área 4_Classe 1 Isolada



Fonte: Desenho da autora. 2017.

Tabela 5– Cálculo ISA – Índice de Sombreamento Arbóreo

Área 1_ Engenheiro José Guimarães		CLASSE: 1 - ISOLADA			
Nº indivíduo arbóreo	Espécie	ISA de CLASSE	Área total considerada/ m²	Área total do CONJUNTO ARBÓREO/ m²	Metro Linear considerado
1					
2					
3					
4	Oiti	26,60%	996,88	265,13	<u>111,37</u>
5					
6					
Área 2 _ Vicente Porfíro de Oliveira		CLASSE: 2 - INTERSECTANTE			
7					
8					
9	Sibipiruna	34,58%	780,81	270,02	<u>70,11</u>
10					
Área 3_ Frei Junípero		CLASSE: 2 - INTERSECTANTE			
12					
13					
14					
15	Sibipiruna	30,97%	1689,91	523,41	<u>234,22</u>
16					
17					
18					
Área 4_ Paraná		CLASSE: 1 - ISOLADA			
19					
20					
21					
22					
23	Oiti	23,99%	1274,29	305,7	<u>186,26</u>
24					
25					
26					

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

4.6 Índice de Área Foliar - IAF obtido por fotos hemisféricas

Figura 67- IAF - Índice de Área Foliar por foto hemisférica

IAF - Índice de Área Foliar por foto hemisférica			
Espécie	IAF	Estado	Localização
Oiti (indivíduo 6)	3,72	levemente podada	Área 1
Sibipiruna (indivíduo 14)	3,46	levemente podada	Área 3
Aroeira	2,49	Nativa - sem poda	Área Controle 1
Pau Ferro	3,05	Nativa - sem poda	Área Controle 2

Exemplar Oiti _ Área 1_ indivíduo 6		Exemplar Sibipiruna _ Área 3_ indivíduo 14	
% Sky Area:	64,75%	% Sky Area:	52,75%
% Mask Area:	25,25%	% Mask Area:	47,25%
% Canopy Openness:	16,49%	% Canopy Openness:	18,21%
% Site Openness:	6,86%	% Site Openness:	3,06%
LAI 4 Ring:	3,72	LAI 4 Ring:	3,46
LAI 5 Ring:	2,91	LAI 5 Ring:	2,81

Área Controle 1_ Morro do Cristo		Área Controle 2_ Horto Florestal	
% Sky Area:	100%	% Sky Area:	100%
% Mask Area:	0	% Mask Area:	0
% Canopy Openness:	12,44%	% Canopy Openness:	17,60%
% Site Openness:	12,44%	% Site Openness:	17,60%
LAI 4 Ring:	2,49	LAI 4 Ring:	3,05
LAI 5 Ring:	2,28	LAI 5 Ring:	2,85

% Sky Area: Percentual do hemisfério do céu encontrada acima do horizonte.
 % Mask Area: Área percentual do hemisfério do céu que é obstruída pela máscara (máscara em azul).
 % Canopy Openness: Porcentagem de céu aberto vista sob um dossel da floresta, calculada apenas a partir da fotografia hemisférica. Não leva em consideração a influência da topografia circundante.
 % Site Openness: Porcentagem de céu aberto vista sob um dossel da floresta. Influência adicional de um horizonte efetivo menor que 90° (sombreamento topográfico).
 LAI 4 Ring: Índice efetivo da área foliar integrado nos ângulos zênites 0 a 60°.
 LAI 5 Ring: Índice efetivo da área foliar integrado sobre o ângulo zênite 0 a 75°.

Fonte:

Elaborado pela autora. 2017

Conforme mostrado na figura 70 acima, as espécies Oiti (IAF 3,72) e Sibipiruna (IAF 3,46) apresentaram índices de área foliar semelhantes, sendo o Oiti ligeiramente superior, mesmo considerando-se que o indivíduo tenha sido podado e, portanto, não se encontre no seu pleno potencial de área de copa íntegra. A mesma comparação pode ser feita nas figuras 71 e 72 abaixo, que demonstram a mesma prevalência da espécie Oiti (95,56%) sobre a espécie Sibipiruna (89,50%).

Tais resultados apontam a semelhança de resultados nos procedimentos metodológicos de tomada do IAF seja por foto hemisférica, seja por foto plana, o que tornaria o segundo método (por foto plana), mais simplificado, uma boa opção nos casos onde possa inexistir a possibilidade de se realizar a tomada das fotos hemisféricas, uma vez que, para elas, se faz necessário equipamento não usual (a lente olho-de-peixe). Considera-se que a análise dos resultados aqui obtidos é mais simplificada no procedimento de IAF por foto plana, uma vez que se utiliza de recurso computacional amplamente conhecido e utilizado corriqueiramente (software Photoshop). Tal procedimento se encontra detalhado no item 3.4.8. e pode ser comparado ao método convencional de cálculo do IAF por foto hemisférica (3.4.7).

4.7 Simulação da sombra projetada pela arborização no ambiente urbano - Imagens Sketchup®

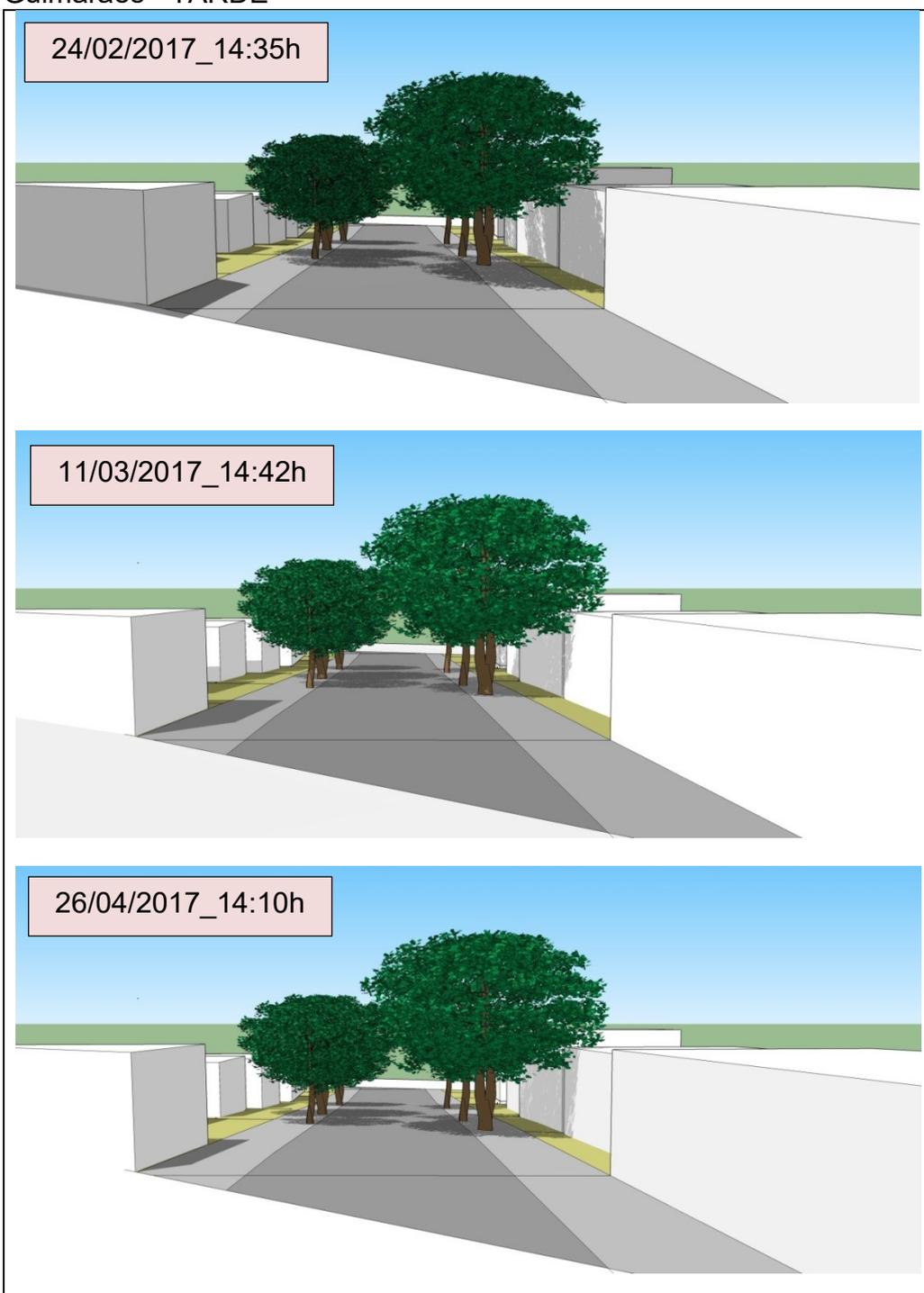
Como pode ser observado nas figuras 74 a 81 a seguir, a projeção da sombra dos indivíduos arbóreos permanece quase que inalterada nos três dias de medições na parte da manhã em função da ausência, total ou parcial, da presença da luz solar e se evidencia no período da tarde, com discretas alterações provocadas pela mudança de inclinação da incidência solar em função das datas em que foram observadas (fevereiro a abril). Isso parece indicar a constância da capacidade de sombreamento desses indivíduos. Ainda assim, esse quadro talvez pudesse sofrer alguma alteração se fossem feitas análises num período mais prolongado, de janeiro a dezembro, uma vez que uma das espécies estudadas, a Sibipiruna é semidecídua, o que indica que ela pode perder parte da folhagem da copa em algumas épocas do ano.

Figura 68- Projeção de sombra - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães – MANHÃ



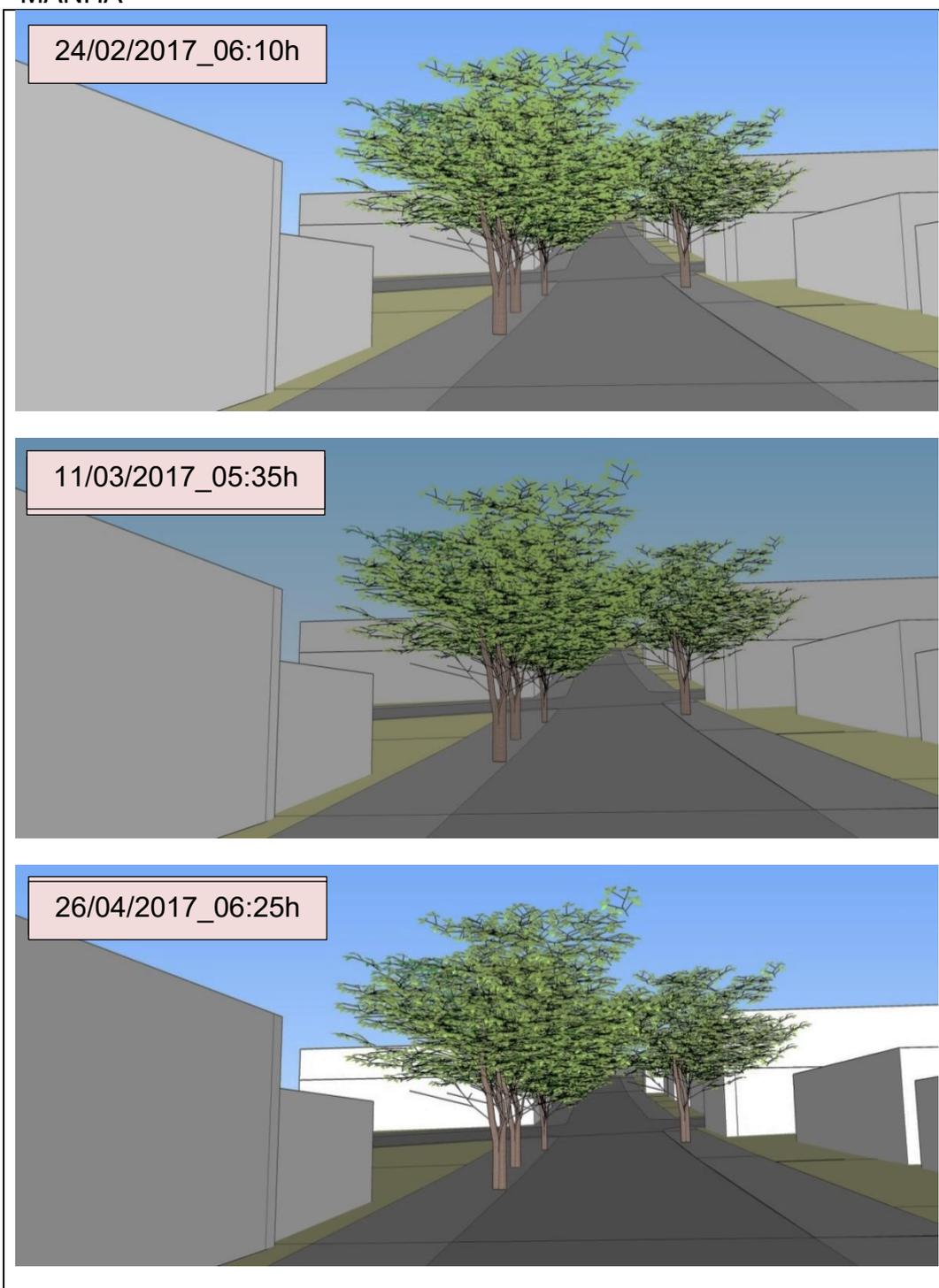
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 69- Projeção de sombra - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães - TARDE



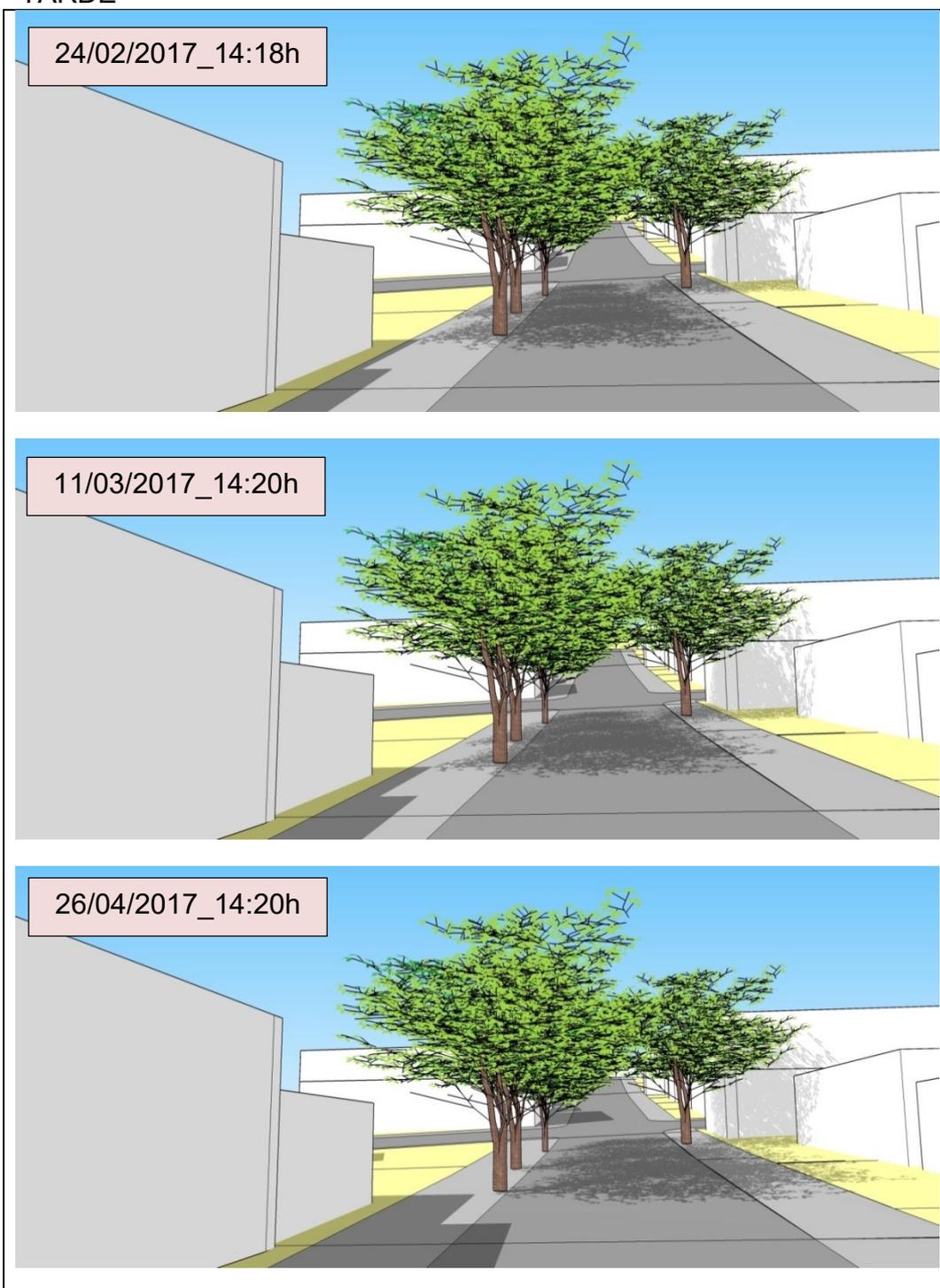
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 70- Projeção de sombra - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira
- MANHÃ



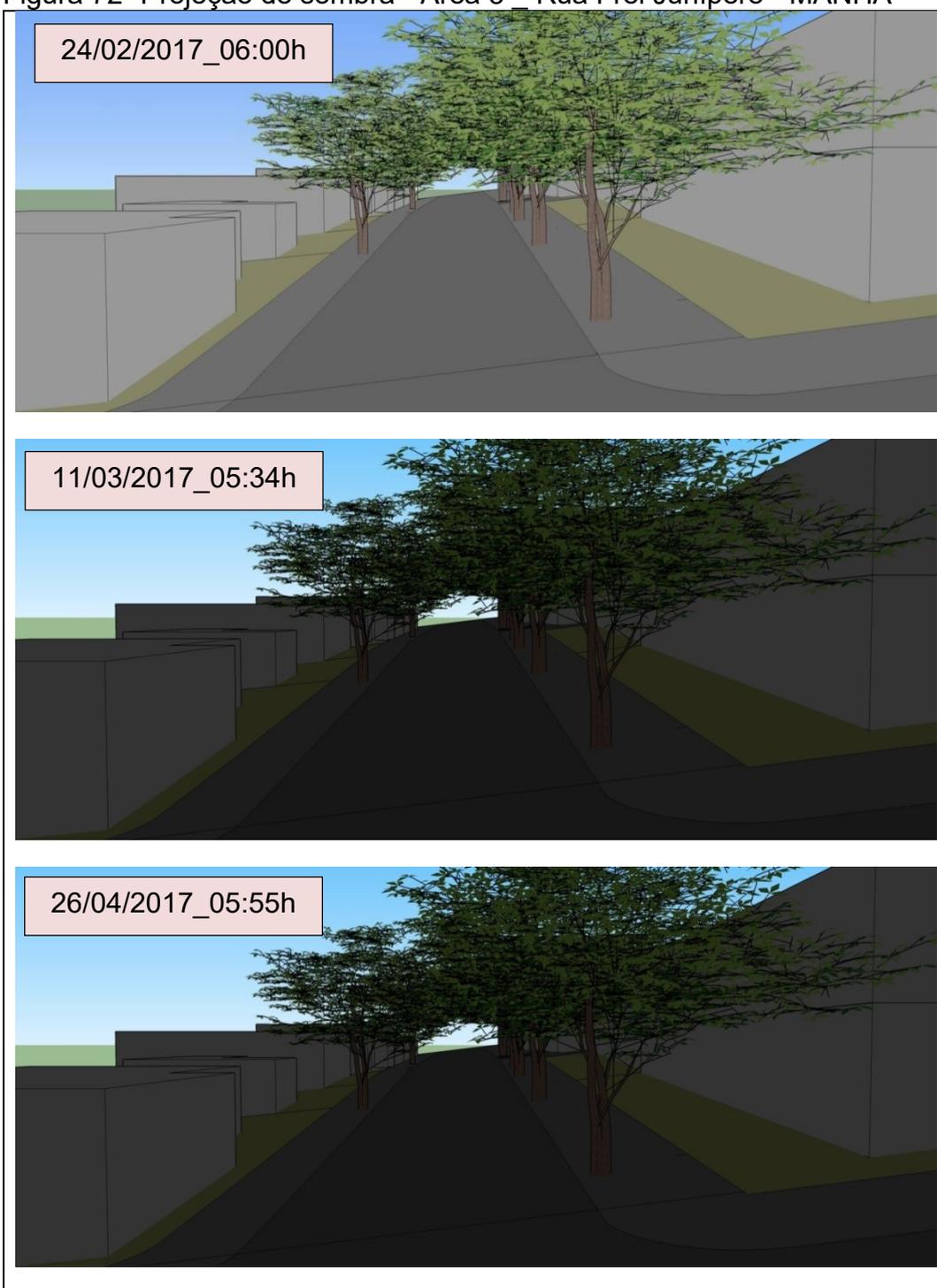
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 71- Projeção de sombra - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira
- TARDE



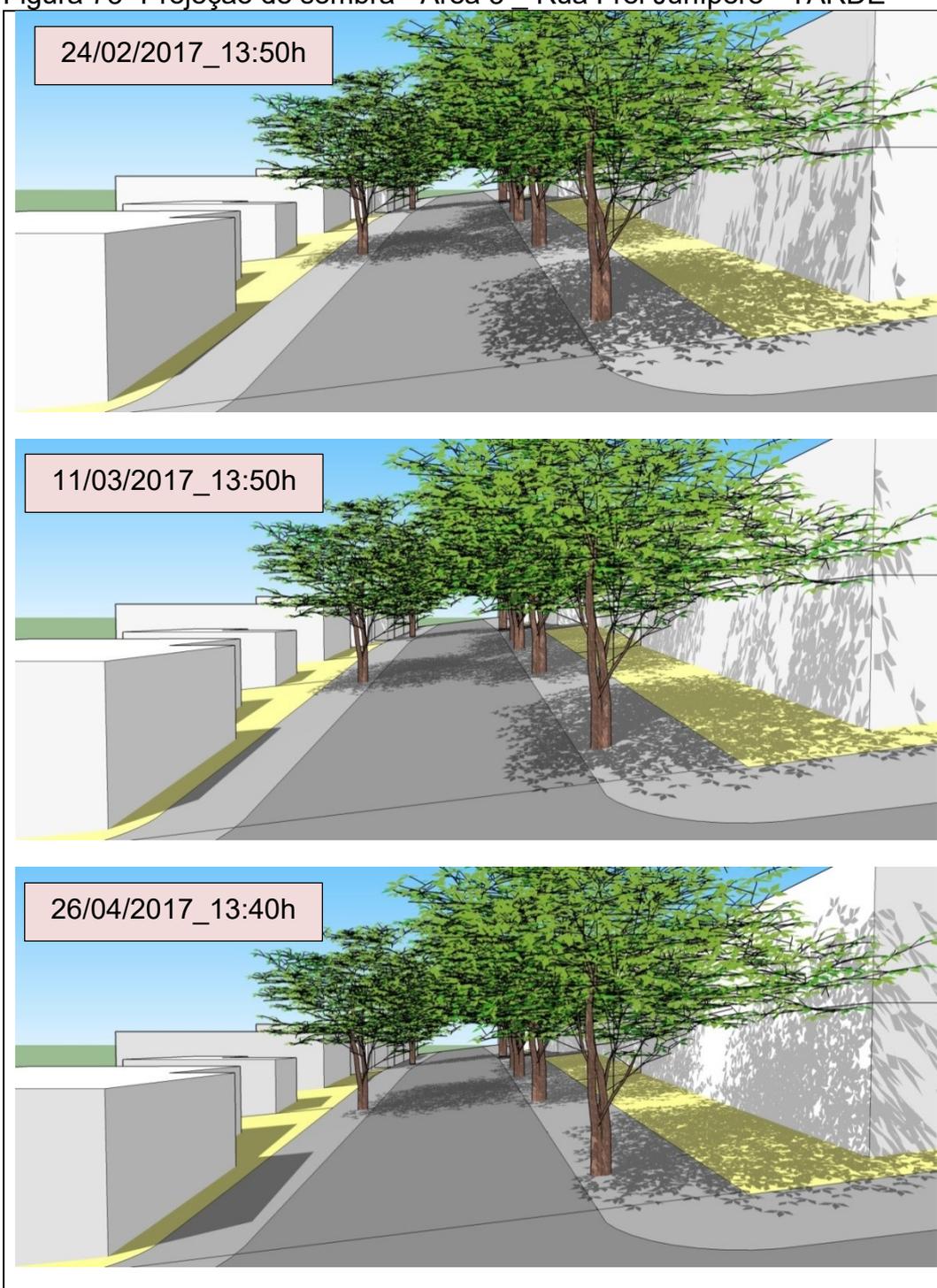
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 72- Projeção de sombra - Área 3 Rua Frei Junípero - MANHÃ



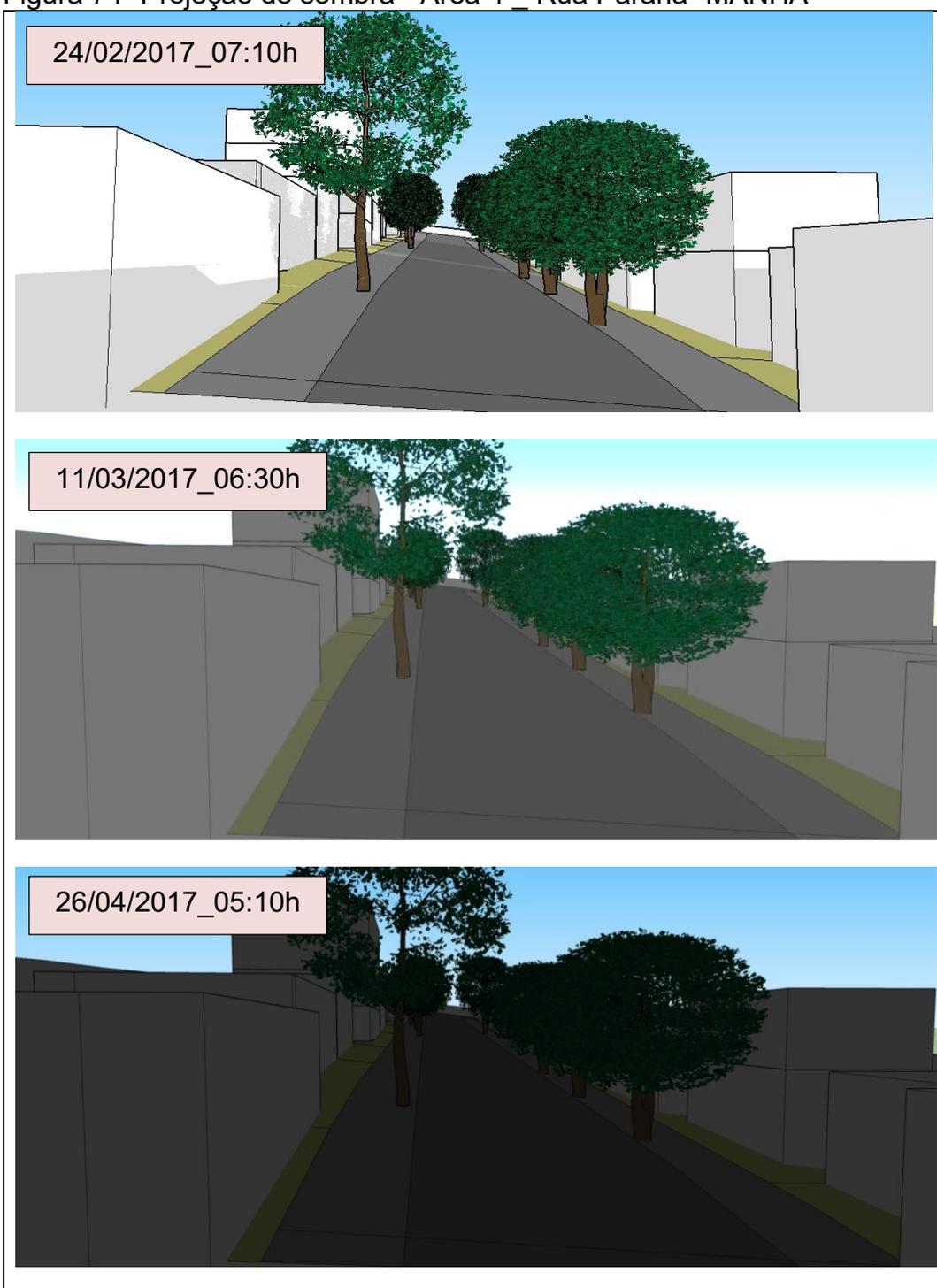
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 73- Projeção de sombra - Área 3 Rua Frei Junípero - TARDE



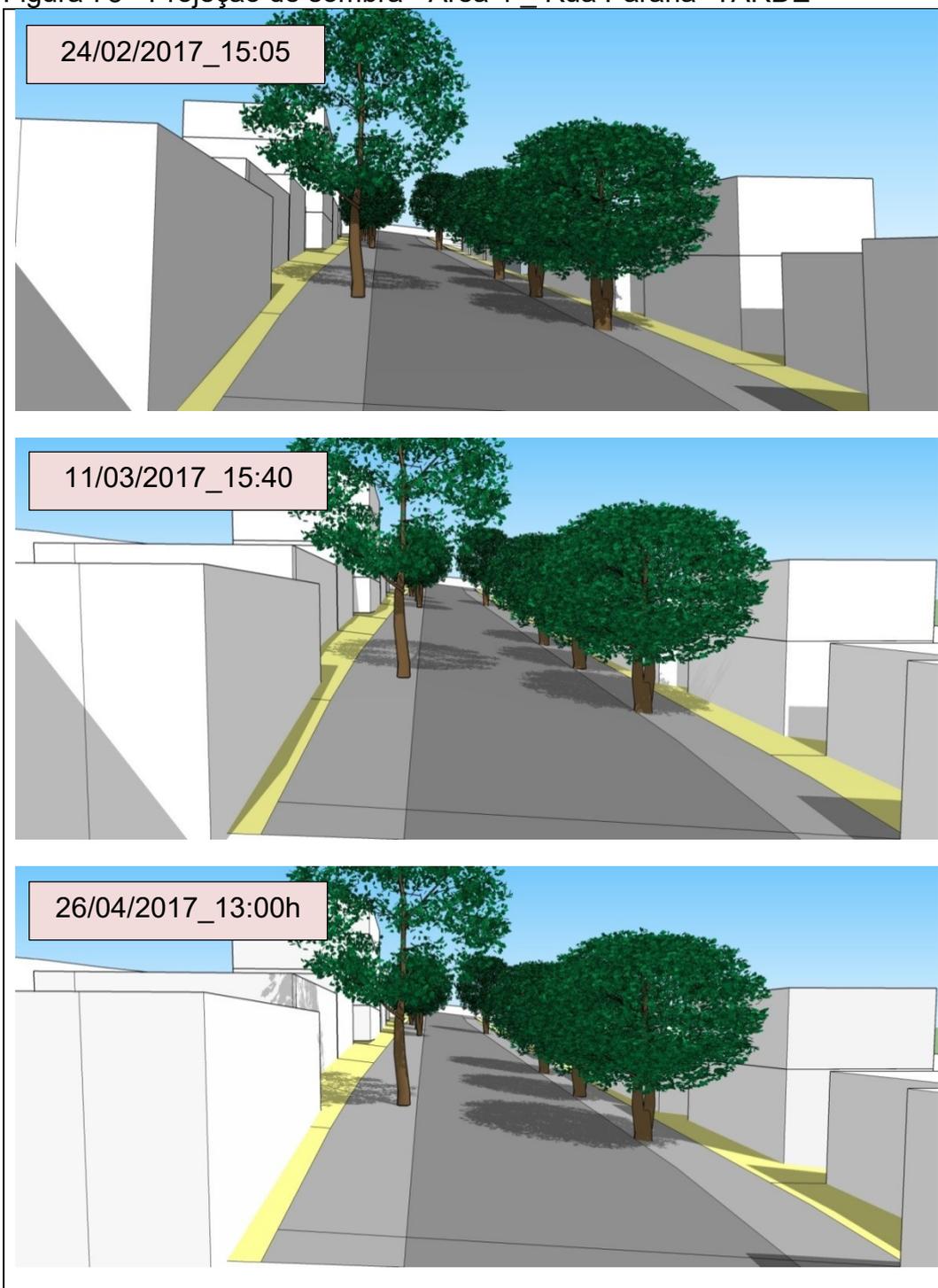
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 74- Projeção de sombra - Área 4 _ Rua Paraná- MANHÃ



Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 75 - Projeção de sombra - Área 4 _ Rua Paraná- TARDE



Fonte: Elaborado pela autora. 2017

4.8 Índice PET nas áreas avaliadas

Serão apresentados a seguir os resultados obtidos nas áreas analisadas na pesquisa de campo, conforme descrição dos procedimentos metodológicos citados nos itens 3.4.10 e 3.4.11 acima. (TABELAS 7 A 11)

Optou-se por apresentar aqui os resultados do cálculo do índice PET com e sem a variável 'fator de extinção' (PET 3 e PET 2, respectivamente), o que demonstra diferenças consideráveis nos resultados obtidos.

Os resultados comparativos apontam claramente a grande contribuição da arborização para a diminuição da temperatura e melhoria das condições de conforto nos ambientes urbanos, especialmente nos horários mais quentes do dia. Isso mesmo considerando-se que a pesquisa de campo foi realizada em período do ano onde as temperaturas não são tão elevadas.

Tabela 6 - Índice PET - Área 1 _ Rua Engenheiro José Guimarães

Pré-teste: 12/05/2016			24/02/2017			11/03/2017			26/04/2017		
PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários
13,8	16.4	Presença arbórea (06:00 às 06:40)	24,2	17,5	Presença arbórea (06:45 às 07:00)	17.7	16	Presença arbórea (06:10 às 06:21)	23.3	17.8	Presença arbórea (06:40 - 06:55)
17.1	17.1	Ausência arbórea (06:00 às 06:40)	24,4	24,4	Ausência arbórea (06:45 às 07:00)	18.1	18.1	Ausência arbórea (06:10 às 06:21)	24.1	24.1	Ausência arbórea (06:40 - 06:55)
37,8	28.9	Presença arbórea (14:00 às 14:40)	39.5	30,4	Presença arbórea (14:35 às 14:52)	37.6	28.1	Presença arbórea (14:42 - 15:00)	38.1	28.9	Presença arbórea (14:40 - 14:55)
40.8	40.8	Ausência arbórea (14:00 às 14:40)	42.3	42.3	Ausência arbórea (14:35 às 14:52)	41.6	41.6	Ausência arbórea (14:42 - 15:00)	39.7	39.7	Ausência arbórea (14:40 - 14:55)

PET 1 (°C) REFERÊNCIA - PERCEPÇÃO TÉRMICA - (Calibrado para Belo Horizonte - HIRASHIMA, 2010)

Até 30,5 °C	De 30,5°C a 35°C	Acima de 35°C
Confortável	Calor	Muito calor

PET 2 (°C) encontrado para a data do gráfico

PET 3 (°C) encontrado para a data do gráfico, cosiderando o fator de extinção da radiação.

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Os dados apresentados para a Área 1 (TABELA 7) indicam que houve uma diferença média de 12,03°C, no horário mais quente do dia entre as zonas de presença e de ausência arbórea. Essa diferença sobe para 13°C na Área 2 (TABELA 8), 13,17°C na Área 3 (TABELA 9) e 13,27°C na Área 4 (TABELA 10). Esses valores demonstram claramente a relevância da presença da vegetação arbórea na redução das temperaturas e consequente melhoria no conforto térmico nos ambientes urbanos arborizados. Nas Áreas Controle, como não há zonas de ausência arbórea por se tratar de mata nativa, esse contraste não pode ser estabelecido.

Tabela 7– Índice PET - Área 2 _ Rua Vicente Porfírio de Oliveira

Pré-teste: 12/05/2016			24/02/2017			11/03/2017			26/04/2017		
PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários
13,8	16.4	Presença arbórea (06:00 às 06:40)	18.8	16	Presença arbórea (06:25-06:40)	17.7	15.3	Presença arbórea (05:53 - 06:01)	23.3	17.3	Presença arbórea (06:25 - 06:37)
14	17.1	Ausência arbórea (06:00 às 06:40)	19.6	19.6	Ausência arbórea (06:25 - 06:40)	18.1	16.4	Ausência arbórea (05:53-06:01)	24.1	18.4	Ausência arbórea (06:25 - 06:37)
37,8	28.9	Presença arbórea (14:00 às 14:40)	43.5	30,7	Presença arbórea (14:18 - 14:33)	37.6	28.7	Presença arbórea (14:20 - 14:40)	38.1	30.1	Presença arbórea (14:20 - 14:37)
40.8	40.8	Ausência arbórea (14:00 às 14:40)	43.8	43.8	Ausência arbórea (14:18 - 14:33)	44.2	44.2	Ausência arbórea (14:20 - 14:40)	41.6	41.6	Ausência arbórea (14:20 - 14:37)

PET 1 (°C) REFERÊNCIA - PERCEPÇÃO TÉRMICA (Calibrado para Belo Horizonte - HIRASHIMA, 2010)

Até 30,5 °C
Confortável

De 30,5°C a 35°C
Calor

Acima de 35°C
Muito calor

PET 2 (°C) encontrado para a data do gráfico

PET 3 (°C) encontrado para a data do gráfico, considerando o fator de extinção da radiação.

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Tabela 8– Índice PET - Área 3 _ Rua Frei Junípero

Pré-teste: 12/05/2016	24/02/2017			11/03/2017			26/04/2017		
	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários
Não foi realizado o Pré-teste nesta área.	13,8	16.3	Presença arbórea (06:00 - 06:20)	19.2	16.2	Presença arbórea (05:34 às 05:50)	18.1	17.2	Presença arbórea (05:55 às 06:16)
	17.7	17.7	Ausência arbórea (06:00 - 06:20)	16.7	16.7	Ausência arbórea (05:34 às 05:50)	17.1	17.1	Ausência arbórea (05:55 às 06:16)
	37,8	30.2	Presença arbórea (13:50 às 14:14)	42.2	29	Presença arbórea (13:50 às 14:14)	40.2	29.2	Presença arbórea (13:40 às 14:17)
	41.2	41.2	Ausência arbórea (14:00 às 14:40)	42.4	42.4	Ausência arbórea (14:00 às 14:40)	44.3	44.3	Ausência arbórea (13:40 às 14:17)
	PET 1 (°C) REFERÊNCIA - PERCEPÇÃO TÉRMICA (Calibrado para Belo Horizonte - HIRASHIMA, 2010)								
Até 30,5 °C Confortável			De 30,5°C a 35°C Calor			Acima de 35°C Muito calor			
PET 2 (°C) encontrado para a data do gráfico									
PET 3 (°C) encontrado para a data do gráfico, cosiderando o fator de extinção da radiação.									

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Tabela 9 – Índice PET - Área 4 _ Rua Paraná

Pré-teste: 12/05/2016	24/02/2017			11/03/2017			26/04/2017		
	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários
Não foi realizado o Pré-teste nesta área.	27.5	20.8	Presença arbórea (07:10 - 07:30)	17.7	17.2	Presença arbórea (06:30 - 06:55)	18.4	18.4	Presença arbórea (05:10 - 05:42)
	27	27	Ausência arbórea (07:10 - 07:30)	24.3	24.3	Ausência arbórea (06:30 - 06:55)	18.2	18.2	Ausência arbórea (05:10 - 05:42)
	41.6	32.5	Presença arbórea (15:05 - 15:25)	37.6	28.6	Presença arbórea (15:14 às 15:34)	45.9	30.6	Presença arbórea (13:00 às 13:25)
	42	42	Ausência arbórea (15:05 - 15:25)	39.2	39.2	Ausência arbórea (15:14 às 15:34)	50.3	50.3	Ausência arbórea (13:00 às 13:25)

PET 1 (°C) REFERÊNCIA - PERCEPÇÃO TÉRMICA (Calibrado para Belo Horizonte - HIRASHIMA, 2010)

Até 30,5 °C
Confortável

De 30,5°C a 35°C
Calor

Acima de 35°C
Muito calor

PET 2 (°C) encontrado para a data do gráfico

PET 3 (°C) encontrado para a data do gráfico, cosiderando o fator de extinção da radiação.

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Tabela 10– Índice PET - Área Controle _ Morro do Cristo e Horto Florestal

Pré-teste: 12/05/2016	Morro do Cristo 26/04/2017			Horto Florestal 26/04/2017		
	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários	PET 2 (°C)	PET 3 (°C)	Áreas e horários
	26.1	20	07:06	25.9	19.6	07:45
Não foi realizado o Pré-teste nesta área.	0	0	0	0	0	0
	39.5	29.4	15:00	25.9	28.5	07:45
	0	0	0	0	0	0
PET 1 (°C) REFERÊNCIA - PERCEPÇÃO TÉRMICA (Calibrado para Belo Horizonte - HIRASHIMA, 2010)						
Até 30,5 °C Confortável		De 30,5°C a 35°C Calor		Acima de 35°C Muito calor		
PET 2 (°C) encontrado para a data do gráfico						
PET 3 (°C) encontrado para a data do gráfico, cosiderando o fator de extinção da radiação.						

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

Compara-se a seguir os resultados encontrados nesta pesquisa àqueles citados na Revisão da Literatura.

Quando aferido o Índice de Sombreamento Arbóreo – ISA da área de estudo, chegou-se ao que sugere Oliveira (2011), quanto à amenização da temperatura pela vegetação através do controle da radiação, confirmando-se que regiões mais arborizadas e com sombra densa, apresentam menores valores de temperatura superficial, quando comparados com aquelas não arborizadas como também que em ambientes urbanos as espécies de maior porte , não necessariamente de altura, mas de copa, são mais eficientes no controle e minimização dos efeitos do clima urbano, indo de encontro ao que Oliveira sugere em relação às características da forma do indivíduo, considerando-se que copas amplas, alta densidade de folhas, perenifólias

e de arquitetura arbórea aberta, caso da espécie Sibipiruna avaliada no presente estudo, resultam em maior conforto térmico.

Essa mesma percepção de qualidade climática, foi observada por Bartholomei (2003) e comprovada neste estudo além de confirmar-se que diferentes espécies arbóreas apresentam comportamentos distintos quanto à atenuação da radiação solar e sombreamento. Bartholomei estudou as espécies Cássia (*Senna spectabilis*), Aroeira salsa (*Schinus molle*), Pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*), Jambolão (*Cringium jambolana*), Sombreiro (*Ciitoria fairchildiana*), Cedro-rosa (*Cedrea fissilis*) e Ficus (*Ficus benjamina*), enquanto a presente pesquisa avaliou o Oiti (*Licania tomentosa*) e a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*).

Abreu (2008) sugere que diferentes espécies arbóreas se comportam de maneiras distintas no microclima urbano e verifica o raio de influência de determinados indivíduos arbóreos na melhoria dos microclimas urbanos e a implantação dos elementos arbóreos em diferentes arranjos (em disposição, densidade e forma diferenciadas). O presente trabalho confirma essa avaliação indicando que a configuração espacial intersectante, com massa arbórea mais expressiva, com indivíduos entrecruzados e mais próximos entre si, pode ser a melhor forma de disposição da arborização urbana viária como meio de otimizar os ganhos de conforto térmico através da vegetação. (Ver item 4.5).

Shinzato (2009) quantificando a intensidade e a distribuição espacial dos efeitos microclimáticos da vegetação conclui que o efeito da vegetação é local e não ocorre influência significativa muito além dos limites das áreas verdes e que a abrangência dos efeitos microclimáticos da vegetação urbana é limitada, sendo que a influência das árvores é sentida embaixo das copas e, no máximo, nas áreas de projeção das sombras. Da mesma forma, Oliveira (2011) aponta que o desempenho da arborização quanto à umidade que é liberada pela planta através de suas folhas é menos evidente e circunscrito ao entorno imediato da planta. Tais conclusões divergem, de certa maneira, dos resultados encontrados neste trabalho, pois conforme os dados analisados (Ver item 4.1) se confirma a tendência da diminuição da Temperatura e aumento da umidade do ar nas áreas arborizadas, porém percebe-se que a direção do vento, parece carregar essa capacidade de diminuição da Temperatura e aumento da Umidade do ar promovida pelas árvores para a área não arborizada. Essa

influência da direção do vento parece ser determinante no raio de abrangência da arborização quanto aos efeitos mitigadores do clima. Tal divergência pode se estabelecer em função do tema central de ambas as pesquisas, uma vez que Shinzato avalia a vegetação urbana como um todo, Oliveira analisa praças públicas e aqui avalia-se apenas a arborização urbana viária. As pesquisas concordam, porém quando sugerem que espécies com copas mais densas barram a passagem da radiação solar direta e resultam em menores temperaturas superficiais do solo abaixo da árvore, fato comprovado pelas análises do Índice PET considerando-se a extinção da radiação abaixo da copa (Ver item 4.8).

CONCLUSÃO

A presente pesquisa tratou do estudo da arborização urbana em geral e da arborização viária, em particular, buscando avaliar a possibilidade de melhoria do conforto térmico nos ambientes urbanos. Os resultados obtidos apontam claramente e sem margem de dúvidas para a grande contribuição da arborização urbana para a diminuição da temperatura e melhoria das condições de conforto e qualidade de vida nos ambientes urbanos, especialmente nos horários mais quentes do dia e confirmam a necessidade premente quanto à preservação, implantação e correta manutenção da arborização urbana viária nas cidades. Assim, considera-se plenamente atingido o objetivo a que se propôs este trabalho.

As duas espécies analisadas, Oiti (*Licania tomentosa*) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) demonstraram expressiva redução de temperaturas nas suas respectivas áreas de atuação, ambas indicando a percepção térmica considerada 'confortável' pelo índice PET, enquanto, ao mesmo tempo, na zona desprovida de arborização a percepção térmica foi de 'muito calor', com destaque para as diferenças significativas com grandes contrastes de valores de temperatura apresentados (Ver resultados no item 3.5.9).

As análises comparativas do índice PET, considerando a extinção da radiação, entre as zonas com presença arbórea e as zonas desprovidas de vegetação em cada área estudada, demonstram que as árvores oferecem um ótimo potencial de regulação do microclima no seu entorno imediato, sugerindo esse resultado que, no meio urbano e especialmente nas vias, os indivíduos arbóreos devam ser plantados num intervalo mais próximo, entre uns e outros, a fim de otimizar os benefícios do conjunto estabelecido. Tal fato é confirmado mediante as observações do ISA em relação à distribuição espacial dos indivíduos (Ver item 3.5.5). Os resultados sugerem que a configuração espacial formada com indivíduos mais próximos entre si e dispostos em ambos os lados da via pode ser a melhor forma de disposição da arborização urbana viária como meio de garantir os benefícios dela oriundos.

A escolha das espécies a serem plantadas no meio urbano é de importância crucial e pode ser determinante quanto aos benefícios auferidos pela arborização, uma vez

que, muitas delas podem causar grandes danos ao entorno edificado, conforme relatado no item 2.4.2. Da mesma forma, a escolha inadequada diminui o potencial de benefícios ambientais que podem ser proporcionados pela arborização, que não encontra nos meios urbanos as mesmas condições de pleno desenvolvimento que têm em seu meio original. Isso é especialmente importante no que se refere à escolha entre espécies nativas e exóticas, mesmo as consideradas adaptadas ao clima brasileiro, porque ainda assim serão sempre mais suscetíveis a problemas como stress hídrico, por excesso ou escassez de oferta de água, baixa resistência a pragas e doenças, poluição atmosférica, baixa resistência a rajadas de ventos, raízes com baixo potencial de estabilidade, etc. As espécies nativas, sempre serão mais resistentes a estes fatores adversos e devem ser, sempre, a primeira escolha dos planejadores da arborização urbana viária.

Percebeu-se que a legislação brasileira pertinente à arborização urbana é superficial, limitando-se, na Constituição a indicar que todo cidadão tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (ver item 2.7), mas não define de que forma isso poderá ser garantido, restringindo-se a conceitos genéricos e vagos. Dada a proporção do território brasileiro, a diversidade e importância da vegetação em caráter mais amplo, considerando-se as regulações termoclimáticas proporcionadas, considera-se que a legislação deveria ser mais clara, objetiva e detalhada quanto aos papéis dos diversos agentes envolvidos na preservação/implantação/manutenção da arborização urbana, sejam esses o poder público ou entidades privadas/particulares, contemplando além da vegetação implantada no espaço público, também aquela inserida no espaço privado, como meio de estabelecer a homogeneidade da vegetação e consequentemente garantir o aumento do ganho potencial com os benefícios prestados pela arborização. Sugere-se como meio legal de preservação/implantação/manutenção da vegetação urbana como um todo a elaboração de um Plano Geral de Arborização Urbana, de caráter obrigatório nos municípios, ajustados conforme particularidades locais/regional/climáticas. Tais planos já existem em algumas capitais e cidades de grande porte, em caráter voluntário, mas deveria ser obrigatório para a totalidade dos municípios brasileiros.

Ao longo do percurso transcorrido nesta pesquisa, tanto na parte teórica quanto na prática, percebeu-se a fundamental importância de um bom planejamento quanto à

arborização urbana. Se o Plano Diretor de Arborização Urbana fizesse parte do escopo de trabalho de todos os municípios brasileiros, contemplando não apenas a implantação, mas a correta manutenção e incentivo à conscientização da população urbana quanto a este tema, certamente todos os agentes envolvidos e principalmente o grande contingente populacional das cidades, colheriam grandes benefícios dessa convivência entre o homem e o meio ambiente.

Analisando-se os resultados obtidos nesta pesquisa, considerando-se que esse trabalho pretendia avaliar a eficácia da vegetação urbana, especialmente a arborização viária, quanto à sua participação na melhoria de condições de conforto térmico dos habitantes da cidade e conseguiu-se comprovar plenamente essa tendência.

Considerou-se de vital importância o conhecimento acerca dos aspectos biológicos das plantas e suas particularidades, como meio de se determinar a importância da sua participação efetiva na garantia da qualidade de vida nas cidades (ver item 2.1.1). Tal conhecimento indica, por exemplo, quão limitada e insuficiente tem sido a área mantida permeável no solo urbano, restringindo consideravelmente o pleno potencial da vegetação por ocasionar severas restrições na absorção hídrica das plantas urbanas, sem contar os danos causados por alagamentos, enchentes e inundações maximizadas pela intensa impermeabilização do ambiente construído, o que também compromete severamente o ciclo hidrológico da natureza. Vê-se, portanto, que a preservação/implantação/manutenção da vegetação urbana tem o potencial de mitigar a atual crise hídrica que atinge grande parte do território brasileiro. Essa parceria, arquitetos/planejadores/biólogos/engenheiros agrônomos reforça a importância da interdisciplinaridade na aquisição do conhecimento relativo ao tema, o que pode maximizar os ganhos ambientais proporcionados pela vegetação urbana (Ver item 2.3).

Considerou-se nesse trabalho o papel determinante da arborização urbana, quando corretamente implantada, na mitigação dos efeitos danosos das atuais mudanças climáticas que o mundo enfrenta, especialmente na manutenção da oferta hídrica (citada no item acima) e na redução das temperaturas nas cidades, reduzindo a formação das Ilhas de Calor Urbanas, contribuição direta à qualidade de vida dos habitantes (Ver item 2.2).

A tecnologia tem favorecido em grande medida a agilidade nas pesquisas de campo relativas ao conhecimento sobre como a vegetação contribui para melhorar os índices de conforto dos habitantes das cidades, o que pode ser melhor compreendido nos itens 2.3.1, 3.4.3 e nos procedimentos metodológicos (3.4.4 a 3.4.11).

Após a exaustiva pesquisa de campo realizada, por três dias consecutivos, em três etapas diferentes nos meses de fevereiro/março/abril, em quatro áreas distintas, somando-se a elas duas áreas de controle de vegetação em mata nativa, os resultados poderiam ser pífios caso não se considerasse a radiação extinta, como pode ser observado em detalhes no item 3.5.9. A autora considera ser este o ponto mais importante e relevante deste trabalho.

No decorrer da pesquisa, esbarrou-se em algumas dificuldades que ocasionaram significativo atraso na sua finalização:

Na revisão da literatura (Item 2) encontrar trabalhos acadêmicos consistentes que pudessem nortear a pesquisa. Muitos se mostraram vagos – não fornecendo a segurança necessária para serem levados em conta, ou não replicáveis, devido às condições heterogêneas entre os sítios citados e o desta pesquisa;

A inexistência de inventário arbóreo do município consolidado. O que se encontrou foi um levantamento com informações conflitantes quanto à localização e características dos indivíduos arbóreos distribuídos ao longo das vias;

Escolher a metodologia mais adequada ao propósito da pesquisa, como meio de otimização do trabalho de campo. Muitos dos equipamentos disponíveis, apesar de eficientes na acuidade dos resultados, se mostraram obsoletos no sentido da agilidade de manuseio e lançamento de dados (item 3.4.3);

Encontrar as áreas de estudo adequadas, que tivessem características semelhantes, como meio de se obter condições homogêneas e menor variabilidade nos resultados (item 3.2);

Aguardar o momento em que as condições meteorológicas fossem favoráveis, uma vez que não poderia estar chovendo nos dias de medições e nem até três dias antes, para que a umidade proveniente das chuvas não maculassem os resultados de

temperatura e umidade relativa do ar. Esse foi o fator que impôs maior atraso na finalização da pesquisa;

Grande parte dos indivíduos arbóreos analisados (11 de 26) apresentavam podas severas causadas pela companhia de energia local em função de se localizarem sob a fiação elétrica, o que não permite a avaliação absolutamente fidedigna das suas condições e características em relação às variáveis medidas no local (temperatura, umidade e vento) nem aos índices IAF, ISA, etc. Esse fato pode ter comprometido a avaliação final da espécie estudada, considerando-se, portanto, que a contribuição daquele indivíduo poderia ser maior se ele estivesse íntegro.

Em contrapartida, outros fatores facilitaram o trabalho da pesquisa como a contribuição de setores da Prefeitura Municipal de Pará de Minas no fornecimento dos dados existentes, imagens aéreas das áreas estudadas, acesso ao pré-levantamento da população arbórea da área urbana do município, o acompanhamento de técnicos em arborização, do setor de meio ambiente, no primeiro momento de identificação das áreas estudadas (na fase do pré-teste) e informações quanto ao estado geral da arborização urbana na cidade; a aceitação da população local, residente nas áreas estudadas, no sentido da manutenção da demarcação dos pontos de medição – após solicitação feita por escrito e deixada nas caixas de correio dos mesmos ou em solicitação verbal quando observavam o trabalho sendo feito; o auxílio do INMET-MG quanto ao fornecimento de dados e aferição de equipamentos nas instalações do Instituto, sem a qual os resultados não seriam fidedignos; a participação efetiva, intensa e absolutamente relevante na segunda fase da pesquisa de campo, da bolsista de Iniciação Científica Luiza Barbosa Marques, que contribuiu enormemente tanto na tomada de dados in loco quanto na posterior elaboração de gráficos, tabelas, cartogramas, etc, apresentados ao longo do trabalho.

Recomenda-se para trabalhos futuros:

Estender a pesquisa de campo, aqui realizada de fevereiro a abril, para todos os meses do ano, como forma de se ter uma visão mais ampla do comportamento da vegetação arbórea nos meios urbanos.

Realizar levantamentos das espécies mais utilizadas na arborização urbana nas diversas regiões brasileiras, delimitadas pelos biomas correspondentes. Assim, ter-

se-ia um panorama geral das condições existentes no país, para depois tratar-se das condições ideais.

Trabalho acadêmico que contemple a elaboração de um Plano Geral de Arborização Urbana, cuja implantação pode vir a ser de caráter obrigatório nos municípios, com posterior ajuste às realidades individuais, conforme particularidades locais/regional/climáticas. Tais planos são comuns em algumas capitais e algumas cidades de grande porte. Dever-se-ia priorizar a implantação de tais medidas nas cidades de pequeno e médio porte, que oferecem melhores condições de adaptabilidade às medidas necessárias para a preservação/implantação/manutenção da arborização urbana.

Realização de pesquisa qualitativa junto à população do município como meio de se conhecer a percepção das pessoas quanto ao tema arborização urbana, e a partir daí, sugerirem-se as posturas adequadas para tornar a população uma aliada no processo de preservação/implantação/manutenção da arborização urbana.

Estudo sobre possíveis mudanças na legislação brasileira referente à vegetação urbana como um todo, em todos os níveis: federal/estadual/municipal, como meio de fornecer suporte mais consistente para as diretrizes pontuais relativas ao tema. Tais mudanças na legislação poderiam contemplar além da vegetação implantada no espaço público, também aquela inserida no espaço privado, como meio de estabelecer a homogeneidade da vegetação e conseqüentemente garantir o aumento do ganho potencial com os benefícios prestados pela arborização.

Desenvolvimento de trabalhos voltados para a educação ambiental de forma ampla, contemplando-se as escolas em todos os níveis nos seus respectivos currículos escolares, agremiações de bairro, campanhas de esclarecimento aos cidadãos, etc como forma de conscientização da população quanto aos benefícios da arborização urbana.

Este trabalho, considerando-se suas limitações acima mencionadas, obteve resultados satisfatórios e julga-se que possa ser aplicado na análise e/ou conhecimento dos procedimentos metodológicos que se mostraram mais eficientes nas pesquisas de campo sobre a arborização, uma vez que aqui procurou-se descrevê-los com o máximo de detalhamento possível; diretrizes de

escolha/implantação de espécies arbóreas adequadas aos meios urbanos em elaboração de manual prático de arborização urbana e como parâmetro para pesquisas futuras sobre o tema *arborização urbana viária*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.703: degradação do solo: terminologia. [Rio de Janeiro], 1989. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sga/legislacao-ambiental-downloads-para-links/NBR%2010703%201989%20Degradacao%20do%20Solo.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

ABREU, L. V. de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. Dissertação. (Mestrado em Arquitetura e Construção). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ABREU, L. V. de., LABAKI, C. **Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas**: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. 2010. Scielo. Ambiente construído, vol.10, n.4, pp.103-117. ISSN 1678-8621. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000400008>>.

ADAM, R. S.. **Princípios do ecoedifício**: interação entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

ARBÓREO. Como controlar a erva-de-passarinho. c2012. Disponível em <<http://www.arboreo.net/2012/11/como-controlar-ervas-de-passarinho.html>>.

Acesso em: 30 jun. 2016

ÁRVORES URBANAS DO DISTRITO FEDERAL. **Oiti**: *Licania tomentosa* (Benth) Fritsch. [201-?]. Disponível em: <<http://www.arvoresdf.com.br/especies/exoticas/oiti.htm>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

ASSIS, E.S, *et al.* **Análise da Percepção de variáveis climáticas urbanas por residentes da cidade de Belo Horizonte, Brasil**. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 7, 2016, Maceió, *Anais eletrônicas...* Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2016. Disponível em: <<http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper1308.pdf>> . Acesso em: 26 fev. 2017

BARCELLOS, A. B.*et al.* **Manual para elaboração do plano municipal de arborização urbana**. Curitiba: Ministério Público do Estado do Paraná, Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Proteção ao Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivo>. Acesso em: 14 jul. 2016

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. Tese. (Doutorado em Saneamento e Ambiente). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, [200-]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm> Acesso em: 14 de jul. de 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. **Panorama municipal segundo Censo Demográfico 2010**. [Brasília], [201-]. Disponível em: <<http://aplicacoes.mds.gov.br/sagi-data/METRO>>. Acesso em: 1 jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em 28 jun. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Ciclo hidrológico**. [Brasília], [200-?]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

CAMPBELL, G. S. **Extinction coefficients for radiation in plant canopies calculated using an ellipsoidal inclination angle distribution**. Agricultural and Forest Meteorology, [S.l.] v.36, n.4 1986, p. 317-321. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168192386900109#!>>. Acesso em :23 out.2017

CEMIG. **Manual de arborização**. 2011. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/ptbr/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf> Acesso em: 30 jan. 2017.

CEMIG. **Manual de arborização**. Edição da Superintendência de Comunicação Social e Representação. Belo Horizonte. 1996.

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS. **Morfologia externa e interna das folhas**. [201-?]. Disponível em: <<http://profaerica-ciencias.blogspot.com.br/2016/03/a-folha-e-o-orgao-da-planta-onde-se.html>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

CLICK MUDAS. **Muda pau ferro: C. ferrea - 40/60cm - 290ml**. c2017. Disponível em: <<https://www.clickmudas.com.br/muda-40a60-pau-ferro-290ml.html>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

COSTA, Ennio C. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo, Ed. E. Blücher, 1982

CROCE, C. G. G. **Implantação de arborização em via pública**: aspectos fenológicos, locacionais e sociais. 2010. Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu – SP, 2010.

DOBBERT, L. Y. *et al.* **Avaliação da interferência da cobertura arbórea no desempenho térmico por meio de simulação computacional**. Anais ENCAC 2015

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **[Definição, arborização urbana]**. [200-]a. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br/conteudo/uf/mg.html>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Boletim**. [200-]b. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim18_19/baggio.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2007.

GALVANI, Emerson; LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Fotografias Hemisféricas em Estudos Microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações**. Ciência e Natura, [s.l.], v. 36, n. 3, p.215-221, 31 out. 2014. Universidad Federal de Santa Maria. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/13216/pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

GOOGLEMAPS. **[Pará de Minas]**. 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>> Acesso em: 15 jul. 2016.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP)**. 2003. Artigo. Caminhos de Geografia – Revista On Line. Disponível em: www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15319/8618. Acessado em: 13 jun. 2016.

HERRMANN, C. R. A. **A Qualidade do Sombreamento de Espécies Arbóreas e Sua Influência no Microclima do Entorno Imediato em Ambientes Urbanos**. 2008. (Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira. **Calibração do Índice de Conforto Térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte**. 2010. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

INMET. 2016. **Consulta Dados da Estação Automática: Florestal (MG)**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014**. c2016a. Nota técnica. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf>>. Acesso em 07 jul. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. [Rio de Janeiro]: IBGE, c2016b. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php>>. Acesso em: 5 jul. 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS. **Mapa de Pará de Minas e região**. Belo Horizonte: IBGE/ICA-MG, 2010. Escala 1: 1.200.000.

JONES, Hamlyn.G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2th ed. New York, New York (EUA). Cambridge University Press, 1992.

LIVING IN CARMONE, SEVILLE (ES). [**Cestrum nocturnum**] 2016. Blog desenvolvido por Joane Artaud. Disponível em: <<http://livingincarmonaseville.com/>>. Acesso em: jul. 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000.

MASCARELLO, A.V. S; BARBOSA, L.; ASSIS, E.S. **Efeitos da vegetação viária no conforto térmico urbano**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2017, Balneário Camboriú. Anais eletrônicos...Balneário Camboriú: ANTAC, 2017. P 367-376. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2017/topico2artigo24.pdf>>. Acessado em: 23 out. 2017.

MASTER AMBIENTAL. **Uma impressionante renovação em Seul**. Londrina - PR, 2014. Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/noticias/cidades-sustentaveis/uma-impressionante-renovacao-urbana-em-seul>>. Acesso em 13 jul. 2016.

MATOS, F. J. de A. *et al.* **Plantas tóxicas**. Estudo de fitotoxicologia química de plantas brasileiras. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011.

MEU CANTINHO VERDE. **Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*)**. c2015. Disponível em: <<http://www.meucantinhoverde.com/2011/09/sibipiruna-caesalpinia-peltophoroides.html>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

MOISÉS, A. **Cidade de Pará de Minas/MG vista do Cristo Redentor**. 2008. Fotografia. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/photo/23232648>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

MONTEITH, J. Lennox; UNSWORT, M. **Principles of Environmental Physics**. 2th ed. [S.l.]. Arnold, 1990.

ODUM, E. **Fundamentos de ecologia**. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1976.

OLIVEIRA, A. S. de; **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. Tese. (Doutorado em Física Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2011.

OLIVEIRA, A. S. de. *et al.* **Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil**. Artigo. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2013.

PÁDUA, J. A. **Aventura e Predação**. PISEAGRAMA. Belo Horizonte. n. 6. p.24-29, janeiro 2013.

PARÁ DE MINAS. **Plano Diretor de Pará de Minas**. Lei complementar 4658/2006. Pará de Minas, 2006a.

PARÁ DE MINAS. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Acervo fotográfico e de imagens aéreas**. Pará de Minas, 2016.

PARÁ DE MINAS. Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Econômico e Urbano. **Banco de Dados Integrados – BDI**. Pará de Minas, 2006b.

PEIXOTO, M. C.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. Conforto térmico em cidades: o efeito da arborização no controle da radiação solar. ENTAC 95 - Tecnologia e Qualidade na Habitação. **Anais...** Rio de Janeiro, 1995. p. 629-634 *apud* LABAKI, Lucila Chebel *et al.* Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v.4, n.1, 23-42, 2011. Disponível em: <http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/viewFile/12/11>. Acesso em: 22 ago. 2017.

PIVETTA, K. F. L. e SILVA FILHO, D. F. da. **Arborização urbana**. Boletim acadêmico. UNESP/FCAV/FUNEP. Jaboticabal, SP - 2002

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001.

PROJETO VERDE. **Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium*)**. [2015]. Disponível em: <<https://appverde.wordpress.com/2015/11/05/goncalo-alves-astronium-fraxinifolium/>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003

ROWE, P. G. Os resultados e a história do projeto de restauração do Cheonggyecheon, em Seul, que derrubou uma via expressa elevada e propôs um espaço de lazer em torno ao córrego. **Arquitetura e Urbanismo**, [São Paulo], n. 234, set. 2013. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/234/restauracao-do-cheonggyecheon-seul-coreia-do-sul-296126-1.aspx>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

RUANO, M. **Ecourbanismo: entornos urbanos sostenibles - 60 proyectos**. Barcelona: Ed. GG, 1998.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SHINZATO, Paula. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. 2014. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SHINZATO, P; YOSHIDA, Daniel F. O.; DUARTE, Denise H. S. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos: estimativa do índice de área foliar - IAF pelo método de fotos hemisféricas**. Anais ENCAC 2015

SIMPLESMENTE FASCINANTE: o quanto nossa criatividade é capaz!. **Brunfelsia Uniflora...vulgo Manacá de Cheiro**. 2010. Disponível em: <<http://simplesmentefascinante.blogspot.com.br/2010/08/brunfelsia-unifloravulgo-manaca-de.html>> . Acesso em: jul. 2016.

SILVA FILHO, D. F. da, et al. **Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução**. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br>. Acesso em 15/10/2015.

SODRÉ, J. B.; SILVEIRA, A. C.. **Arborização: árvores e palmeiras**. Belo Horizonte: INAP/CEAP Design, 2016. Apostila. Curso de pós-graduação *latu sensu*. Paisagismo e Revitalização Ambiental. Grupos vegetais I.

URBAN FOREST ECOSYSTEMS INSTITUTE. **[Nerium oleanderflowers Pink]**San Luis Obispo, CA: California Polytechnic State University, 2012. Disponível em:<<https://selectree.calpoly.edu/>>. Acesso em: jul. 2016.

VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento sustentável** – o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2005. WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. **Pará de Minas**. 2001. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Par%C3%A1_de_Minas>. Acesso em: 1 jul. 2016

WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. **Pará de Minas**. 2001a. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Par%C3%A1_de_Minas>. Acesso em: 1 jul. 2016a

WONG, E. et al. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics**.2008 EPA - United States Environmental Protection Agency. Disponível em:<<http://www.epa.gov/heatisland/resources/pdf/BasicsCompendium.pdf>>. Acesso em 24 jun. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro das Espécies Arbóreas Citadas

Figura 76 - Quadro das Espécies Arbóreas

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO
Aroeira	<i>Astronium fraxinifolium</i>
Aroeira salsa	<i>Schinus molle</i> L.
Calistemo ou escova de garrafa	<i>Lagerstroemia indica</i>
Cássia	<i>Senna spectabilis</i>
Cedro-rosa	<i>Cedrea fissilis</i> Vell.
Chuva de Ouro	<i>Senna siamea</i> L.
Dama da Noite	<i>Cestrum nocturnum</i>
Espirradeira	<i>Nerium oleander</i>
Ficus	<i>Ficus benjamina</i>
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>
Flamboyant-mirim	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
Ipê branco	<i>Tabebuia roseoalba</i>
Ipê-Amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i> Mart. Ex DC. Standl.),
Ipê-mirim	<i>Tecoma stans</i>
Jacarandá	<i>Jacaranda mimosaefolia</i> D. Don.
Jambolão	<i>Syzygium jambolanum</i>
Magnólia	<i>Magnolia champaca</i>
Manacá	<i>Brunfelsia uniflora</i>
Manacá-da-serra	<i>Tibouchina mutabilis</i>
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>
Palmeira Imperial	<i>Roystonea regia</i>
Palmeira Licuri	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
Pata-de-vaca	<i>Bauhinia forficata</i> Link
Resedá ou escumilha	<i>Lagerstroemia indica</i>
Pau-ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i>
Sibipiruna	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard

Fonte: SODRÉ; SILVEIRA, 2016

APÊNDICE B

Aferição do equipamento CompuFlow / INMET

Temperatura do Ar e Umidade Relativa do ar entre 01/06/2017 - 08/062017

Figura 77 - Aferição do equipamento CompuFlow / INMET

Aferição Temperatura do Ar e Umidade Relativa do ar entre 01/06/2017 - 08/062017					
Fórmulas de correção:					
Temperatura:	$y = -0,0022x^2 + 1,027x + 1,1561$				
Umidade Relativa:	$y = 25,937e^{0,0141x}$				
Temperatura do ar (C°)			Umidade Relativa do ar (%)		
CompuFlow	INMET	Cfcor	CompuFlow	INMET	Cfcor
27,9	27,7	28,1	46,2	50	49,8
27,6	27,9	27,8	45,7	46,7	49,4
27,1	27,4	27,4	46,8	50	50,2
26,6	26,8	26,9	49	51,9	51,8
26,1	26,3	26,5	50,8	52,6	53,1
25,4	25	25,8	53,1	55	54,8
24,3	24,3	24,8	56,7	58,3	57,7
22,9	23,1	23,5	62,2	64,2	62,3
22,3	23,2	23,0	65	64,3	64,9
22,7	23,3	23,3	63,8	63,6	63,8
22,5	23,2	23,1	64,1	63,9	64,0
22	22,2	22,7	65,9	68,2	65,7
21,2	21,9	21,9	69,2	71,8	68,8
20,6	21	21,4	73	75	72,6
20	20,9	20,8	75,8	76,9	75,5
19,6	20,1	20,4	76,9	80	76,7
18,8	19,8	19,7	79,9	83,4	80,0
18,6	19	19,5	82	80,9	82,4
20,2	23,1	21,0	77,3	67,9	77,1
22,7	24,2	23,3	63,4	58,9	63,4
23,9	25	24,4	55,5	57	56,7
25	26,2	25,5	53,9	54,7	55,5
26	26,9	26,4	50,6	53,2	52,9
26,6	27,7	26,9	51,2	53,7	53,4
27	28,2	27,3	49,8	50	52,3
28	28,8	28,2	45	48,6	48,9
27,6	27,9	27,8	41,7	45,9	46,7
26,4	27,2	26,7	45	49,8	48,9
24,7	25,7	25,2	48,1	49,9	51,1
23,2	23,5	23,8	49,7	50,4	52,3
21,9	22,8	22,6	51,2	52,7	53,4

Fonte: Acervo da autora

Figura 78 - Aferição do equipamento CompuFlow no abrigo meteorológico - INMET



Fonte: Acervo da autora

APÊNDICE C

Medições corrigidas

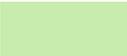
Legenda

Área 1 – Rua Engenheiro José Guimarães

Área 2 – Rua Vicente Porfírio de Oliveira

Área 3 – Rua Frei Junípero

Área 4 – Rua Paraná

 Ponto de presença arbórea

 Ponto de ausência arbórea

Figura 79- - Medições corrigidas após a aferição do equipamento para o dia 26/04/2017 - Área Controle

<i>Dia 26/04/2017</i>							
Área Controle							
T1				UR1			
Morro do Cristo Início 07:06 - 07:17				Morro do Cristo Início 15:00 - 15:15			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
Morro Cristo	0,07	19,21	93,71	Morro Cristo	0,26	28,91	56,57
Viveiro Início 07:45 - 07:55				Viveiro Início 15:45 - 15:56			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
Viveiro	0,09	19,02	97,76	Viveiro	0,2	28,37	56,73

Fonte: Acervo da autora

Figura 80 - Medições corrigidas após a aferição do equipamento para o dia 24/02/2017

Dia 24/02/2017															
				T1	UR1					T2	UR2				
Área 1				Início 06:45 - 07:00				Área 1				Início 14:35 - 14:52			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
1	0,47	21,9	77,5	1	0,34	33,9	42,0	1	0,34	33,9	42,0	1	0,34	33,9	42,0
2	0,22	21,8	77,7	2	0,84	35,0	39,9	2	0,84	35,0	39,9	2	0,84	35,0	39,9
3	0,32	22,7	74,6	3	0,2	32,9	42,8	3	0,2	32,9	42,8	3	0,2	32,9	42,8
4	0,3	21,8	77,8	4	0,3	34,7	41,8	4	0,3	34,7	41,8	4	0,3	34,7	41,8
5	0,28	21,8	78,5	5	0,15	31,4	45,7	5	0,15	31,4	45,7	5	0,15	31,4	45,7
6	0,48	21,6	79,2	6	0,92	31,6	45,2	6	0,92	31,6	45,2	6	0,92	31,6	45,2
7	0,1	21,7	79,3	7	0,3	31,4	45,7	7	0,3	31,4	45,7	7	0,3	31,4	45,7
8	0,2	22,2	76,8	8	0,45	31,3	45,1	8	0,45	31,3	45,1	8	0,45	31,3	45,1
9	0,37	21,6	79,3	9	0,18	31,7	44,8	9	0,18	31,7	44,8	9	0,18	31,7	44,8
Área 2				Início 6:25 - 06:40				Área 2				Início 14:18 - 14:33			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
10	0,71	21,3	79,5	10	0,5	33,0	43,4	10	0,5	33,0	43,4	10	0,5	33,0	43,4
11	0,57	21,4	78,9	11	1,8	33,0	43,3	11	1,8	33,0	43,3	11	1,8	33,0	43,3
12	0,28	21,2	79,8	12	1,03	33,4	42,5	12	1,03	33,4	42,5	12	1,03	33,4	42,5
13	0,27	21,0	80,8	13	0,66	31,1	46,1	13	0,66	31,1	46,1	13	0,66	31,1	46,1
14	0,37	20,9	81,6	14	0,36	31,7	45,6	14	0,36	31,7	45,6	14	0,36	31,7	45,6
15	0,5	20,8	82,1	15	0,65	31,3	45,9	15	0,65	31,3	45,9	15	0,65	31,3	45,9
16	0,1	21,3	80,0	16	0,97	32,4	44,6	16	0,97	32,4	44,6	16	0,97	32,4	44,6
17	0,14	21,1	81,0	17	1,52	32,1	44,5	17	1,52	32,1	44,5	17	1,52	32,1	44,5
18	0,14	21,1	80,9	18	0,2	32,1	45,0	18	0,2	32,1	45,0	18	0,2	32,1	45,0
19	0,46	21,4	79,6	19	0,62	31,9	45,0	19	0,62	31,9	45,0	19	0,62	31,9	45,0
Área 3				Início 6:00 - 6:20				Área 3				Início 13:50 - 14:14			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
20	0,1	21,4	74,7	20	0,8	34,8	41,7	20	0,8	34,8	41,7	20	0,8	34,8	41,7
21	0,21	21,9	70,7	21	0,16	31,4	46,2	21	0,16	31,4	46,2	21	0,16	31,4	46,2
22	0,14	21,3	75,4	22	0,76	30,4	46,4	22	0,76	30,4	46,4	22	0,76	30,4	46,4
23	0,22	21,1	76,4	23	0,28	31,2	46,2	23	0,28	31,2	46,2	23	0,28	31,2	46,2
24	1,04	21,2	78,1	24	0,54	31,1	46,2	24	0,54	31,1	46,2	24	0,54	31,1	46,2
25	0,21	21,0	77,2	25	0,5	31,3	46,0	25	0,5	31,3	46,0	25	0,5	31,3	46,0
26	0,56	21,2	77,9	26	1,23	31,2	45,8	26	1,23	31,2	45,8	26	1,23	31,2	45,8
27	0,93	21,2	78,2	27	1,16	31,0	46,2	27	1,16	31,0	46,2	27	1,16	31,0	46,2
28	0,25	21,3	77,8	28	0,8	31,0	46,2	28	0,8	31,0	46,2	28	0,8	31,0	46,2
29	0,94	21,3	78,1	29	0,2	31,5	45,8	29	0,2	31,5	45,8	29	0,2	31,5	45,8
30	0,35	21,3	77,2	30	1,6	31,9	45,2	30	1,6	31,9	45,2	30	1,6	31,9	45,2
31	1,73	22,4	73,4	31	2,6	31,7	45,3	31	2,6	31,7	45,3	31	2,6	31,7	45,3
32	1,25	21,9	75,4	32	3,4	31,6	45,5	32	3,4	31,6	45,5	32	3,4	31,6	45,5
33	1,52	22,1	74,8	33	0,6	31,4	45,7	33	0,6	31,4	45,7	33	0,6	31,4	45,7
Área 4				Início 7:10 - 07:30				Área 4				Início 15:05 - 15:25			
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
34	0,26	26,9	60,4	34	0,92	32,4	40,2	34	0,92	32,4	40,2	34	0,92	32,4	40,2
35	0,4	27,4	59,5	35	0,72	32,7	43,2	35	0,72	32,7	43,2	35	0,72	32,7	43,2
36	0,2	23,3	72,6	36	0,41	33,8	41,8	36	0,41	33,8	41,8	36	0,41	33,8	41,8
37	0,56	23,5	71,5	37	0,74	34,4	42,5	37	0,74	34,4	42,5	37	0,74	34,4	42,5
38	0,46	25,1	65,6	38	0,3	33,9	41,7	38	0,3	33,9	41,7	38	0,3	33,9	41,7
39	0,85	24,5	67,6	39	0,21	34,0	41,8	39	0,21	34,0	41,8	39	0,21	34,0	41,8
40	0,42	25,7	63,9	40	1,32	34,1	41,1	40	1,32	34,1	41,1	40	1,32	34,1	41,1
41	0,5	27,8	58,4	41	0,3	32,1	43,6	41	0,3	32,1	43,6	41	0,3	32,1	43,6
42	0,79	23,7	71,1	42	0,24	32,8	42,5	42	0,24	32,8	42,5	42	0,24	32,8	42,5
43	0,38	27,6	58,7	43	0,44	33,5	43,1	43	0,44	33,5	43,1	43	0,44	33,5	43,1
44	0,23	25,3	64,8	44	0,31	34,8	40,7	44	0,31	34,8	40,7	44	0,31	34,8	40,7
45	0,1	23,0	73,6	45	0,21	32,3	43,9	45	0,21	32,3	43,9	45	0,21	32,3	43,9
46	0,29	25,4	65,3	46	1	32,5	44,4	46	1	32,5	44,4	46	1	32,5	44,4
47	0,25	24,4	68,4	47	0,39	32,4	45,0	47	0,39	32,4	45,0	47	0,39	32,4	45,0

Fonte: Acervo da autora

Figura 81 - Medições corrigidas após a aferição do equipamento para o dia 11/03/2017

Dia 11/03/2017															
				T1	UR1			T2	UR2						
Área 1				Início 06:10 - 06:21				Área 1				Início 14:42- 15:00			
<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>					<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>				
1	0,64	20,6	83,9					1	0,55	34,9	42,5				
2	0,21	20,8	83,4					2	0,78	34,3	43,2				
3	0,06	20,8	83,6					3	1,21	33,3	44,2				
4	1,1	20,9	84,5					4	1,64	35,2	41,3				
5	0,3	20,8	83,6					5	0,87	30,6	47,4				
6	0,76	20,7	83,9					6	0,63	30,6	48,2				
7	0,68	20,6	84,7					7	1	30,6	47,6				
8	0,81	20,6	84,5					8	0,58	29,6	48,9				
9	0,61	20,4	84,9					9	1,6	32,9	44,3				
Área 2				Início 5:53- 06:01				Área2				Início 14:20-14:40			
<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>					<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>				
10	0,78	20,3	85,7					10	1,48	34,1	42,4				
11	1,6	20,4	84,7					11	0,8	34,1	42,7				
12	0,73	20,5	84,2					12	0,27	33,5	43,4				
13	0,57	20,5	84,1					13	1,33	29,6	48,2				
14	1,13	20,6	82,5					14	0,3	30,3	47,4				
15	0,85	20,8	82,0					15	0,5	30,8	46,8				
16	1,6	21,0	80,6					16	0,86	33,8	42,9				
17	1,33	21,1	79,7					17	1,16	32,9	43,4				
18	0,44	21,2	79,6					18	0,62	33,0	42,9				
19	0,95	21,3	78,2					19	0,22	32,7	42,7				
Área 3				Início 05:34- 05:50				Área 3				Início 13:50 -14:14			
<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>					<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>				
20	0,64	21,7	76,9					20	0,29	32,7	43,8				
21	0,56	21,6	76,8					21	1,22	30,3	47,4				
22	0,48	21,6	76,6					22	0,62	30,5	47,0				
23	0,74	21,6	76,6					23	0,3	30,3	47,2				
24	1,21	21,6	76,6					24	2,26	32,0	43,6				
25	0,79	21,6	77,0					25	0,45	30,9	46,6				
26	1,4	21,6	76,6					26	1,31	30,5	46,9				
27	1,26	21,6	76,5					27	0,44	32,2	45,1				
28	0,76	21,6	76,5					28	1,56	32,7	43,0				
29	2,5	21,5	76,6					29	0,8	33,9	42,1				
30	2,9	21,5	76,4					30	1,52	34,1	42,4				
31	1,26	21,6	75,8					31	1,61	34,2	42,8				
32	0,82	21,6	75,4					32	1,59	34,0	42,5				
33	0,93	21,7	75,0					33	0,93	33,5	43,1				
Área 4				Início 06:30 - 6:55				Área 4				Início 15:14- 15:34			
<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>					<i>Ponto</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Temp (C°)</i>	<i>Umi (%)</i>				
34	0,38	22,3	75,6					34	1,77	31,6	46,2				
35	0,61	22,0	77,8					35	0,84	30,7	46,7				
36	0,37	21,9	78,0					36	0,31	30,7	47,2				
37	0,67	21,9	78,3					37	0,73	30,9	46,2				
38	0,39	22,9	73,9					38	0,23	31,5	45,7				
39	0,31	22,4	75,7					39	0,96	31,4	45,0				
40	0,53	21,8	79,3					40	0,88	31,1	46,6				
41	0,66	23,1	73,4					41	1,25	30,6	46,6				
42	0,62	21,3	81,0					42	0,52	32,5	44,3				
43	0,71	21,5	80,8					43	0,27	30,4	47,0				
44	0,5	21,3	81,2					44	0,52	32,5	44,3				
45	0,57	21,3	80,5					45	0,57	30,2	47,7				
46	0,63	21,2	81,4					46	0,38	30,9	47,0				
47	0,43	21,1	81,4					47	0,42	30,3	46,6				

Fonte: Acervo da autora

Figura 82 - Medições corrigidas após a aferição do equipamento para o dia 26/04/2017

Dia 26/04/2017															
T1				UR1				T2				UR2			
Área 1 Início 06:40- 06:55								Área 1 Início 14:40- 14:55							
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
1	0,23	19,4	89,4	1	1,44	33,9	45,4	10	0,69	30,9	51,2	10	0,69	30,9	51,2
2	0,2	19,3	89,8	2	0,63	31,0	50,0	11	1,12	30,1	52,4	11	1,12	30,1	52,4
3	0,23	19,4	89,6	3	1,15	32,8	47,2	12	0,36	29,8	53,2	12	0,36	29,8	53,2
4	0,4	19,4	89,7	4	1,71	31,3	49,2	13	0,25	29,3	53,5	13	0,25	29,3	53,5
5	0,15	19,3	90,2	5	1,29	29,4	53,6	14	0,29	29,4	53,2	14	0,29	29,4	53,2
6	0,86	19,4	89,8	6	0,72	29,3	54,5	15	0,35	29,5	52,7	15	0,35	29,5	52,7
7	0,4	19,4	90,8	7	0,43	29,3	54,5	16	0,51	30,1	51,9	16	0,51	30,1	51,9
8	0,16	19,3	91,6	8	0,17	29,4	53,7	17	1,28	30,3	51,8	17	1,28	30,3	51,8
9	0,27	19,2	91,7	9	0,36	30,3	52,2	18	0,3	30,3	51,8	18	0,3	30,3	51,8
Área 2 Início 6:25- 06:37								Área2 Início 14:20-14:37							
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
10	0,27	19,2	87,0	10	0,69	30,9	51,2	20	0,14	30,5	51,0	20	0,14	30,5	51,0
11	0,52	19,1	86,6	11	1,12	30,1	52,4	21	0,61	29,2	54,0	21	0,61	29,2	54,0
12	0,24	19,2	91,6	12	0,36	29,8	53,2	22	1,49	29,0	54,3	22	1,49	29,0	54,3
13	0,28	19,2	86,7	13	0,25	29,3	53,5	23	0,47	28,9	54,1	23	0,47	28,9	54,1
14	0,57	19,2	91,9	14	0,29	29,4	53,2	24	1,31	33,4	45,7	24	1,31	33,4	45,7
15	0,36	19,1	92,0	15	0,35	29,5	52,7	25	0,61	30,0	52,8	25	0,61	30,0	52,8
16	0,49	19,2	90,8	16	0,51	30,1	51,9	26	0,81	29,1	54,1	26	0,81	29,1	54,1
17	0,54	19,2	90,3	17	1,28	30,3	51,8	27	0,9	30,6	51,8	27	0,9	30,6	51,8
18	0,42	19,3	89,7	18	0,3	30,3	51,8	28	0,36	33,4	46,5	28	0,36	33,4	46,5
19	0,23	19,5	88,7	19	1,24	30,6	51,2	29	0,34	34,1	45,7	29	0,34	34,1	45,7
Área 3 Início 05:55- 06:16								Área 3 Início 13:40-14:17							
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
20	0,62	20,0	86,2	20	0,14	30,5	51,0	30	0,39	30,6	51,1	30	0,39	30,6	51,1
21	0,46	20,3	83,8	21	0,61	29,2	54,0	31	0,96	31,1	49,3	31	0,96	31,1	49,3
22	1,09	20,0	86,7	22	1,49	29,0	54,3	32	0,35	30,4	51,4	32	0,35	30,4	51,4
23	0,3	20,2	85,1	23	0,47	28,9	54,1	33	0,35	30,2	51,8	33	0,35	30,2	51,8
24	1,24	19,9	87,2	24	1,31	33,4	45,7								
25	0,17	19,9	86,5	25	0,61	30,0	52,8								
26	0,67	19,9	87,5	26	0,81	29,1	54,1								
27	0,89	19,9	87,5	27	0,9	30,6	51,8								
28	1,06	19,9	87,6	28	0,36	33,4	46,5								
29	0,75	19,8	88,2	29	0,34	34,1	45,7								
30	0,49	19,8	88,3	30	0,39	30,6	51,1								
31	0,33	19,7	88,3	31	0,96	31,1	49,3								
32	0,85	19,8	88,6	32	0,35	30,4	51,4								
33	0,94	19,7	88,7	33	0,35	30,2	51,8								
Área 4 Início 05:10 - 5:42								Área 4 Início 13:00- 13:25							
Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)	Ponto	Vel (m/s)	Temp (C°)	Umi (%)
34	0,19	19,8	87,8	34	0,17	32,0	48,3	40	0,28	32,3	47,4	40	0,28	32,3	47,4
35	0,23	20,0	87,2	35	0,21	29,6	52,8	41	0,31	32,3	47,8	41	0,31	32,3	47,8
36	0,14	19,9	87,5	36	0,13	30,0	52,2	42	0,35	32,7	47,3	42	0,35	32,7	47,3
37	0,9	19,9	87,3	37	0,41	29,8	52,3	43	0,16	30,8	51,2	43	0,16	30,8	51,2
38	0,25	19,8	88,2	38	0,17	33,8	46,2	44	0,28	33,2	46,4	44	0,28	33,2	46,4
39	0,24	19,6	87,8	39	0,22	33,2	46,5	45	0,34	29,2	54,7	45	0,34	29,2	54,7
40	0,52	19,7	88,2	40	0,22	33,2	46,5	46	0,97	30,7	51,3	46	0,97	30,7	51,3
41	0,27	19,5	87,8	41	0,28	32,3	47,4	47	0,2	30,1	52,6	47	0,2	30,1	52,6
42	0,23	19,5	88,1	42	0,31	32,3	47,8								
43	0,25	19,4	87,7	43	0,35	32,7	47,3								
44	0,22	19,4	88,1	44	0,16	30,8	51,2								
45	0,04	20,2	82,9	45	0,28	33,2	46,4								
46	0,16	19,5	87,2	46	0,34	29,2	54,7								
47	0,42	19,6	86,5	47	0,97	30,7	51,3								

Fonte: Acervo da autora

APÊNDICE D

Procedimentos alternativo - Índice de Área Foliar - IAF por fotos planas

Visando aprimorar as análises de dados das fotografias hemisféricas, procurou-se o Prof. Dr. Alexandre C. Leão⁸, coordenador do iLab – Escola de Belas Artes - UFMG que considerou alguns pontos importantes no que diz respeito a captura de imagens digitais e seu posterior tratamento, indicando que as imagens capturadas por câmeras fotográficas é uma forma de representação da realidade podendo esconder, mascarar ou distorcer informações. Buscando-se uma imagem mais realista deve-se levar em conta fatores como: exposição de luminosidade, balanço de branco, ISO e nivelamento da lente utilizada. Apesar de existirem inúmeros softwares de tratamento de imagens existem configurações que só podem ser feitas no ato fotográfico, e uma delas é o ajuste a luminosidade, que dependendo da cena pode exigir o seu aumento ou sua diminuição. No caso da pesquisa em questão, em uma cena, por exemplo, de super exposição de luz, com os raios solares incidindo diretamente na folhagem arbórea, algumas informações podem ser geradas de forma distorcida, comprometendo a interpretação entre o céu e as folhas.

No caso deste estudo, por se tratar de análise tanto de imagens hemisféricas quanto de imagens planas, Leão atenta a respeito da distorção da imagem, que dependendo da distância focal da objetiva fotográfica usada e nivelamento entre câmera e solo podem interferir na fidedignidade dos fatos, considerando que a imagem plana seria mais honesta em relação às informações capturadas, pois, por se tratar de uma captura predominantemente em ângulo reto, produzindo distorção na borda da imagem. Essa distorção é criada na foto hemisférica, por exemplo, que ao distorcer as bordas da imagem e aproximar o centro da imagem cria-se o denominado efeito barril. Mesmo com softwares específicos, como o GLA, algumas informações da imagem hemisférica podem estar ocultas pelo próprio ângulo em que foi gerada a fotografia, podendo por exemplo ocorrer casos em que, devido ao ângulo de captura, uma folhagem se sobrepõe a outra, mesmo que esta na realidade se apresente como

⁸ LEÃO, Alexandre C. **[Análise fotográfica]**. iLAB (Laboratório de Imagem Científica), da Escola de Belas Artes, UFMG. Belo Horizonte, jun. 2017. Entrevista concedida à autora.

local de passagem de luz. Além disso não é possível mensurar qual a área exata que a lente hemisférica é capaz de capturar.

Leão considera que na foto plana, por haver menores distorções é possível delimitar a área exata e analisar os dados a partir de um comparativo de maior veracidade, considerando-se outros fatores como o tipo de compressão do arquivo sendo uma boa alternativa o tipo Formato JPEG compressão Fine, em que a resolução será melhor e as informações mais nítidas. O horário mais indicado, segundo o Leão, para se obter na imagem o céu com tonalidade azul é quando o sol está a 90°.

Leão alerta que câmera deve estar bem posicionada, se possível com o auxílio de um tripé nivelado e lente da câmera também nivelada, evitando-se tremer o aparelho no momento das tomadas. Quando se tem pouco conhecimento sobre fotografias digitais, o ideal é que se selecione o modo de imagem P, Programado, assim a câmera será capaz de controlar automaticamente a entrada de luz na cena através da autoregulagem de seu diafragma. Caso seja necessário um controle mais específico é possível controlar a exposição de luz através do recurso Compensação da Exposição (EV +/-). Outro detalhe a se considerar se refere ao ISO: quanto menor (a numeração), melhor qualidade da imagem em termos de ruído digital. Para se ter um melhor controle na hora de capturar as imagens pode-se utilizar o recurso timer, em que se programa um tempo específico para o disparo é possível se afastar da câmera e o disparo ser feito sem nenhum tremor, comum ao controle manual.

Ao analisar as imagens para esse tipo de estudo geralmente é usado o recurso de visualiza-las em preto & branco, sendo os pixels pretos referentes a elementos como folhas / galhos e os pixels brancos os referentes ao céu. Para transformar a imagem em preto & branco para análise o indicado é selecionar um canal de cor, no caso deste estudo, o azul, e a partir de seu Limiar (Threshold em inglês) diferenciar os elementos da imagem a partir de uma “linha de corte”. O limiar distingue a partir dessa linha de corte os pixels que serão pretos e os que serão brancos: o histograma de uma imagem tem seu brilho variando entre 0 a 255 , em uma imagem digital com profundidade de 8bits; com o recurso Limiar é possível estipular um corte no brilho no número 150, por exemplo, assim todos os pixels que estão abaixo desta linha de corte estarão com a tonalidade preta e os que estiverem acima dela terão a tonalidade branca, em que ‘0’ significa preto e ‘255’, o branco. Tem-se uma boa comparação do que de fato acontece

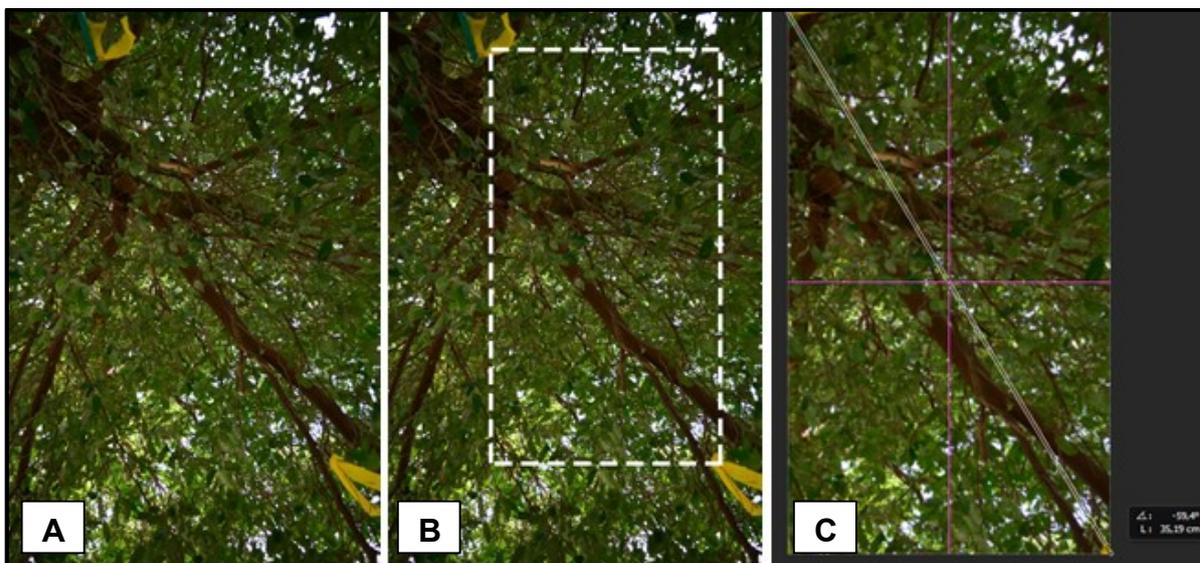
, em relação ao que é galho/folha e céu, ao se comparar lado a lado a foto original e a foto preto e branco, pois é possível regular o limiar por comparação visual na foto original, sendo possível dessa forma identificar pequenos pontos que se referem a céu e folhas. (FIGURA 45)

Em relação ao objetivo principal desse método, buscando-se com as fotografias o percentual de sombreamento projetado pelas árvores, Leão indica que o ideal seria a captura das sombras das folhas, sendo esse método próximo do verdadeiro a respeito das lacunas de passagem de luz, pois a sombra ocorre em linha reta em relação à fonte de luz, já a captura da lente, mesmo em fotos planas, abrange diferentes ângulos de visão, fazendo com que ocorra pequenas distorções na imagem. A grande dificuldade de se executar isso seria o procedimento experimental em si. Ele sugere que uma opção seria a captura da imagem da sombra projetada sobre uma lona branca (configurando uma superfície mais uniforme), com o auxílio de drones, desta forma a imagem da cena seria tomada de cima para baixo, identificando-se uma área mais exata do que em fotografias feitas de baixo para cima, como até então são feitas. Esse novo método poderia ser melhor estudado e viabilizado em experimentos futuros.

Diante desses esclarecimentos, os mesmos espécimes analisados através da fotografia hemisférica e pelo software GLA foram também analisados por fotos planas, encontrando-se diferentes porcentagens para folhas/galhos e para céu em uma área conhecida dentro da imagem. Para a fotografia foram usadas duas demarcações com tecido colorido (amarelo), formando uma diagonal, na copa de cada espécime. Feito as demarcações mediu-se a distância entre elas por meio de uma trena. A fotografia foi retirada a 1,20m do solo com a câmera Nikon D5100 posicionada em um tripé nivelado.

Registradas as imagens estas foram repassadas ao software Photoshop, em que foram cortadas respeitando a diagonal de cada imagem. Através desse corte e sabendo-se a medida da diagonal foi possível através da ferramenta 'linha' do software medir ponto a ponto da diagonal formada pelas demarcações. Através de regra de três e medindo a largura/ comprimento da imagem no software foi possível encontrar as outras medidas, resultando assim no cálculo final da área de análise de cada imagem (FIGURA 85 e seguintes).

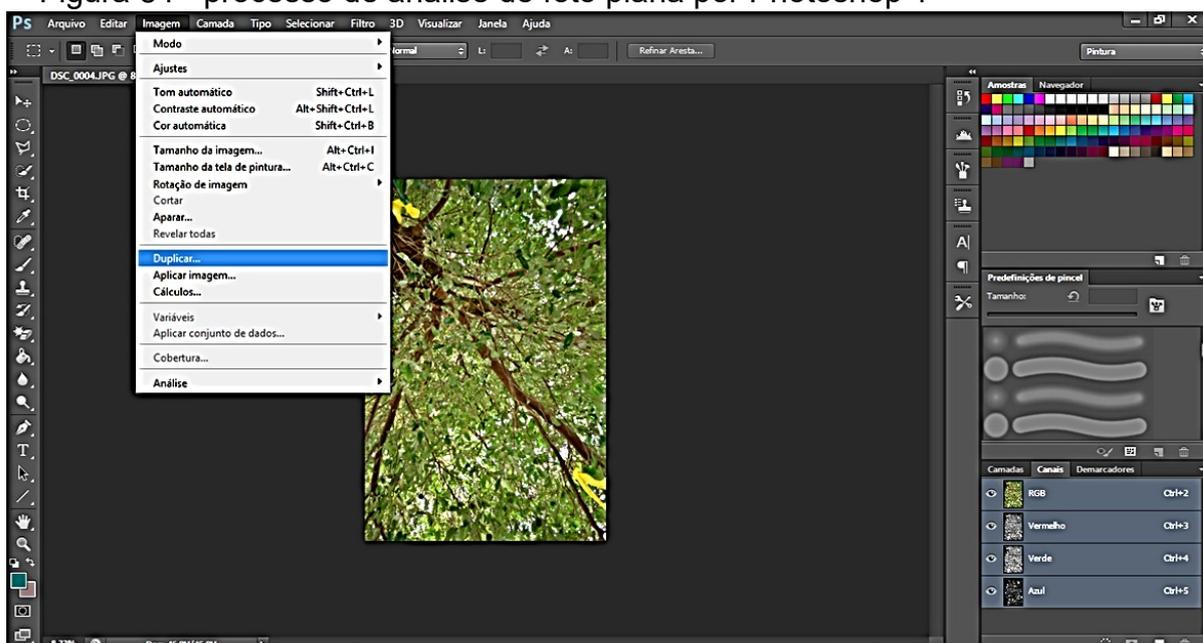
Figura 83 - Foto plana - (A) Imagem original, (B) delimitação de área para corte e (C) medida das distâncias.



Fonte: Acervo da autora.

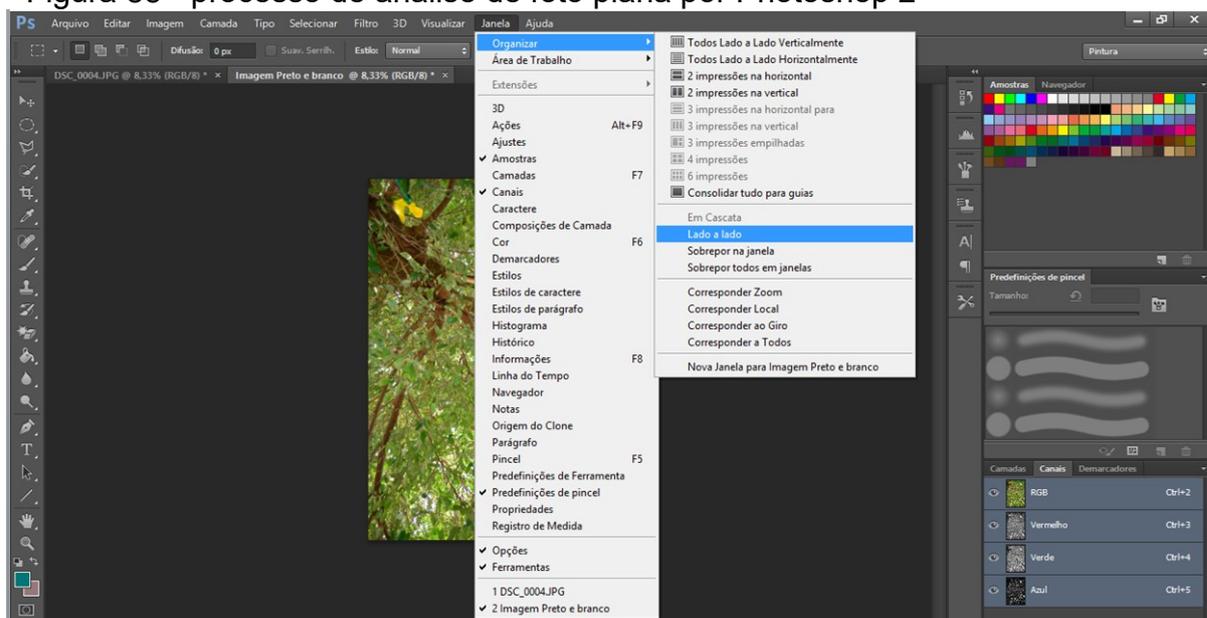
Feito isso, duplicou-se a imagem posicionando a original e duplicado lado a lado na tela para comparação. A imagem original figurou como imagem referência, já a imagem duplicada foi a imagem de análise. Na imagem duplicada foi selecionado o canal azul, assim como nas imagens hemisféricas, foi regulado o seu nível, sempre comparando com a original e por fim foi feita a calibração do limiar da imagem / *Threshold* . Por último, através de seu histograma, foi possível identificar, no canal azul, a porcentagem de pixels pretos e pixels brancos na imagem.

Figura 84 - processo de análise de foto plana por Photoshop 1



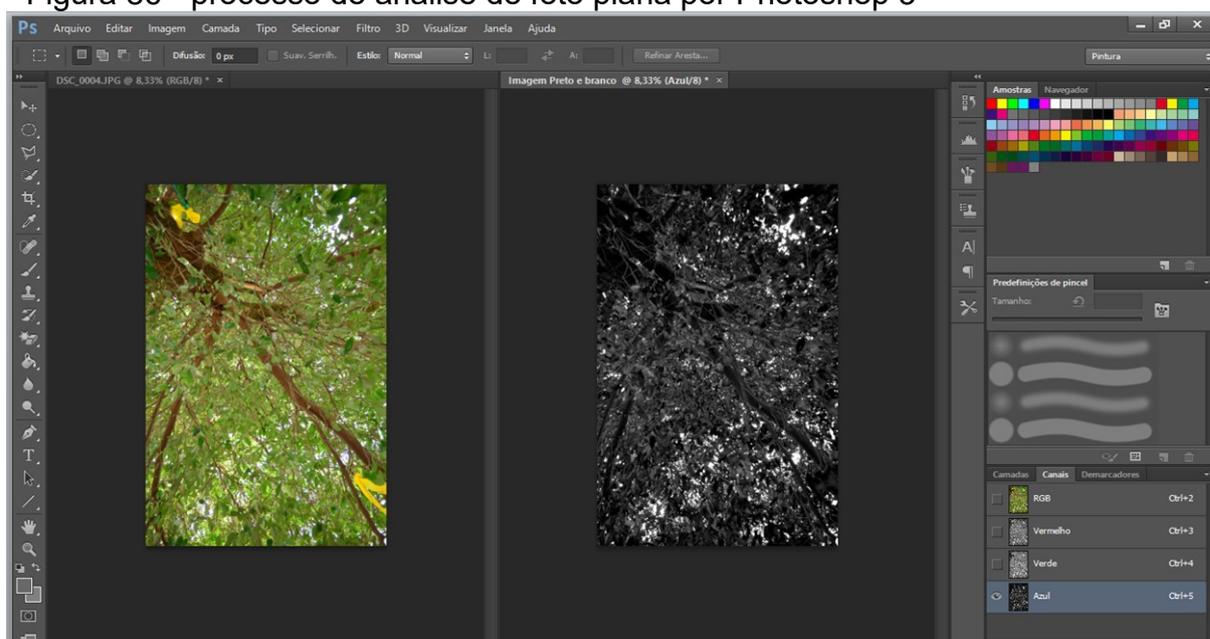
Fonte: Acervo da autora.

Figura 85 - processo de análise de foto plana por Photoshop 2



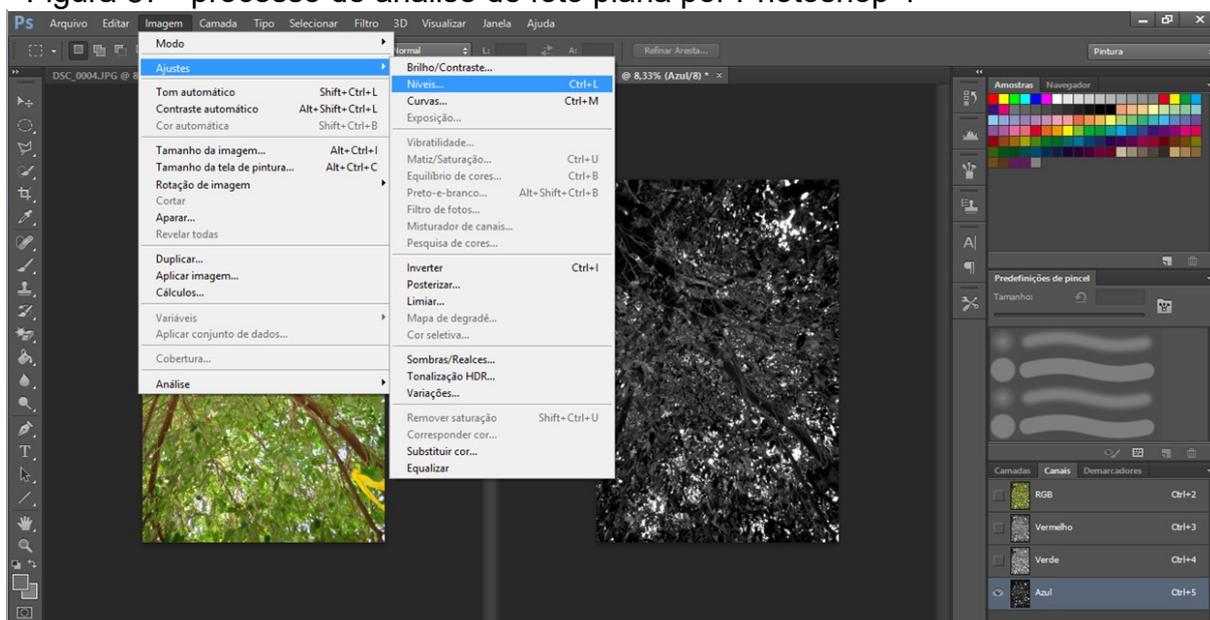
Fonte: Acervo da autora.

Figura 86 - processo de análise de foto plana por Photoshop 3



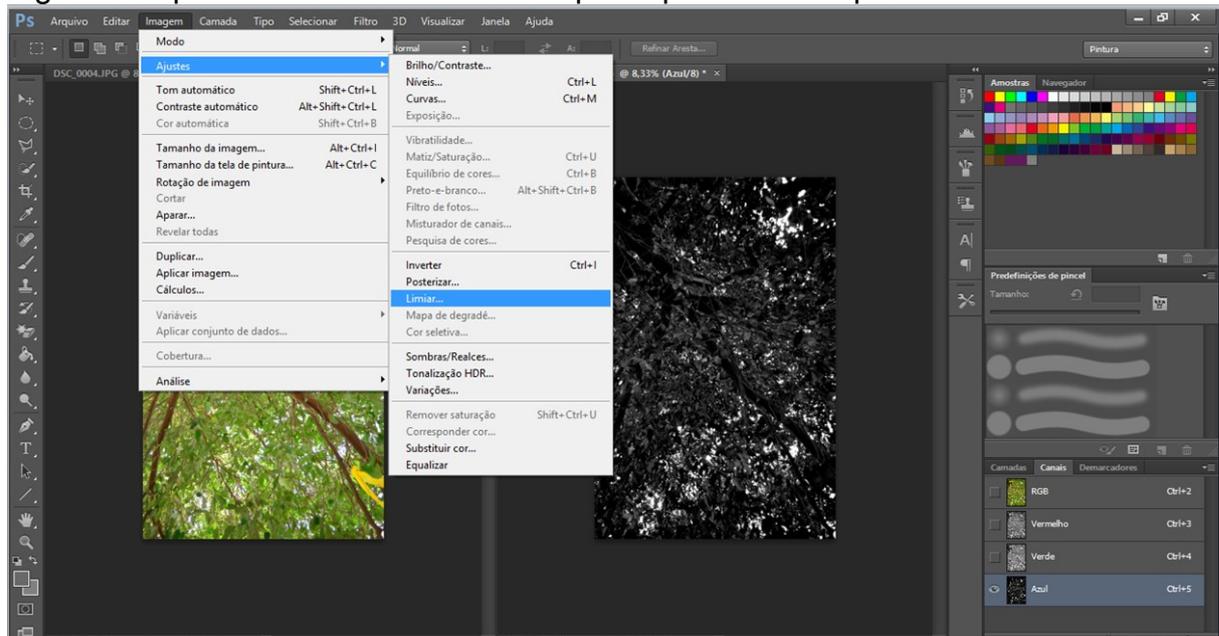
Fonte: Acervo da autora.

Figura 87 - processo de análise de foto plana por Photoshop 4



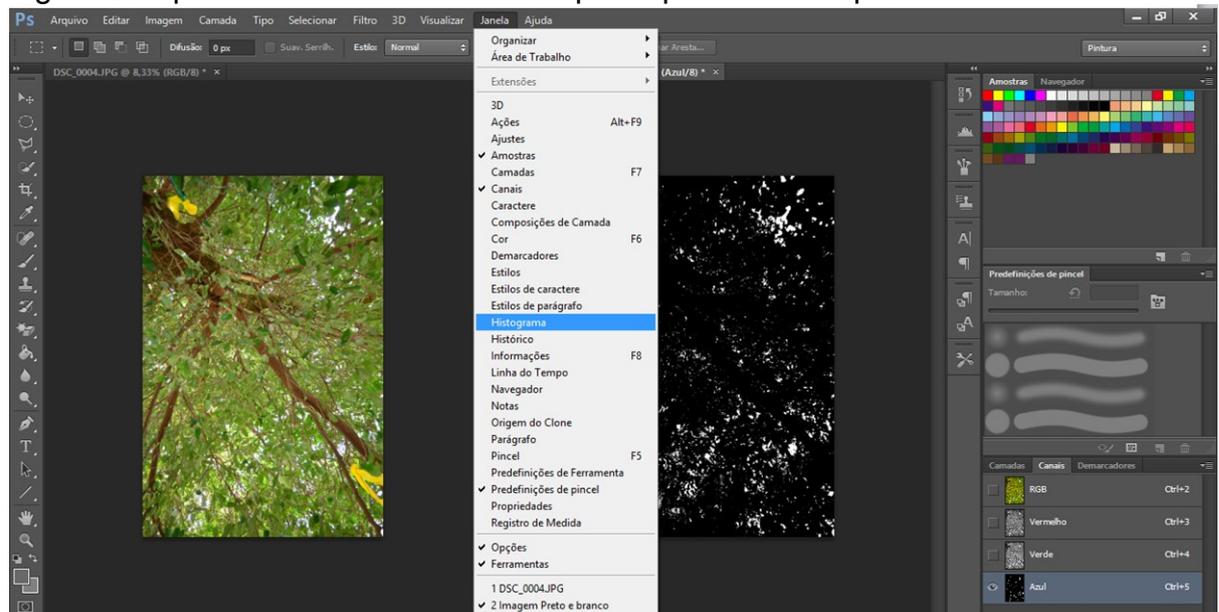
Fonte: Acervo da autora.

Figura 88 - processo de análise de foto plana por Photoshop 5



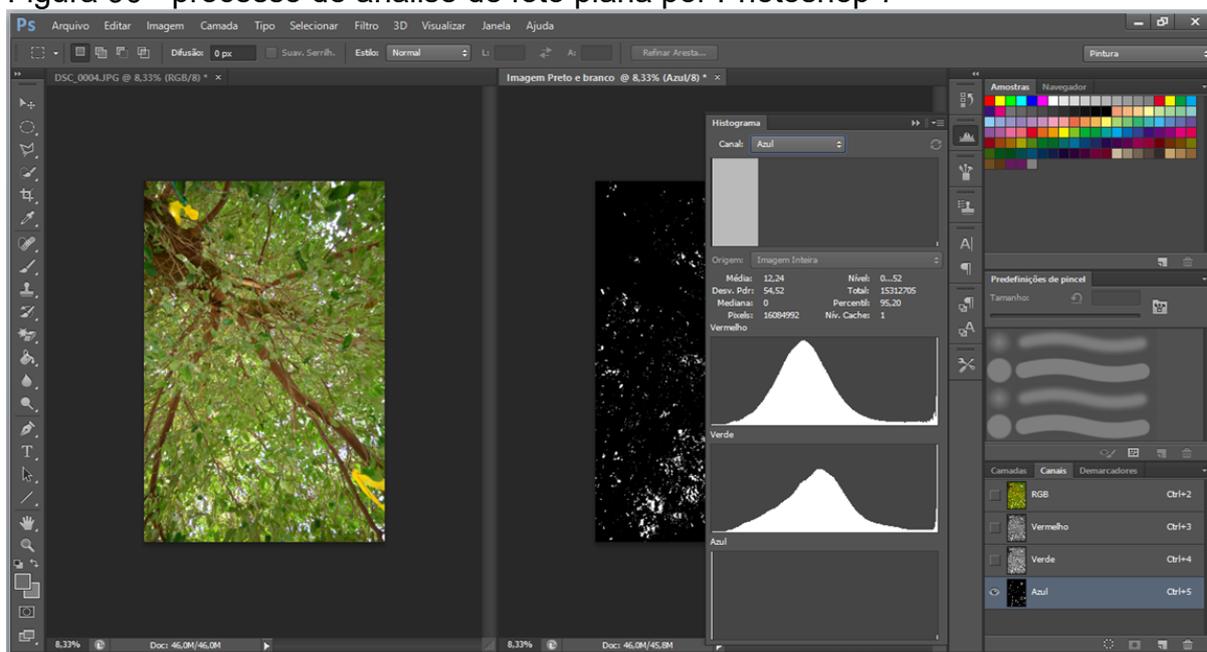
Fonte: Acervo da autora.

Figura 89 - processo de análise de foto plana por Photoshop 6



Fonte: Acervo da autora.

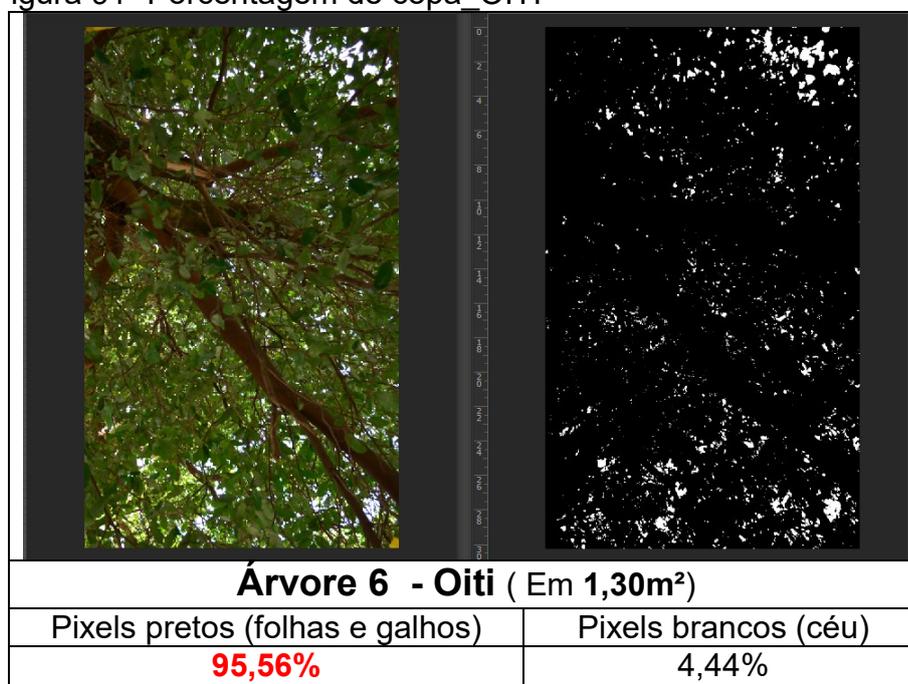
Figura 90 - processo de análise de foto plana por Photoshop 7



Fonte: Acervo da autora.

Resultados obtidos - Índice de Área Foliar - IAF obtido por fotos planas

Figura 91- Porcentagem de copa OITI



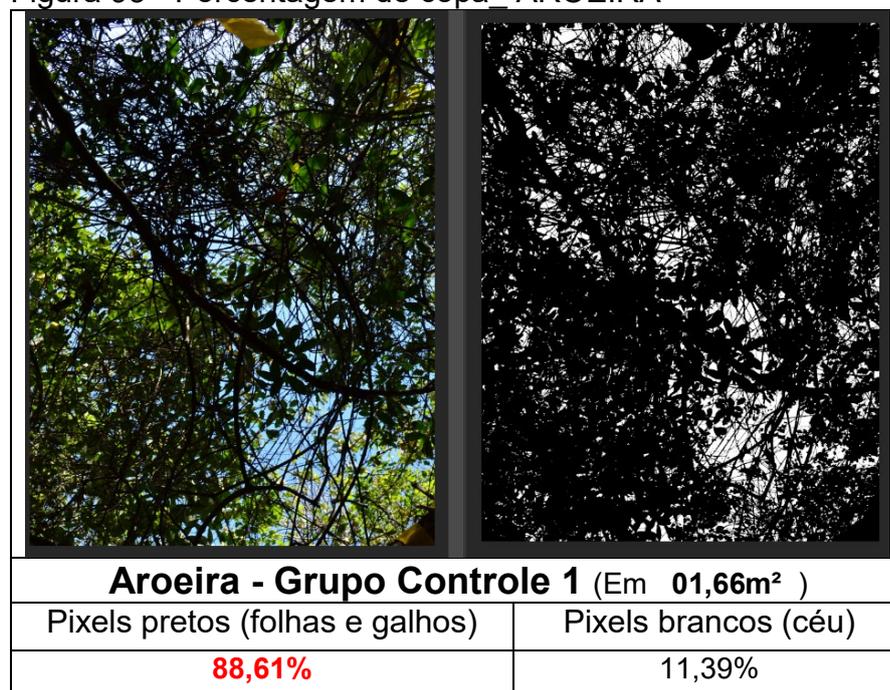
Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 92- Porcentagem de copa SIBIPIRUNA



Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 93 - Porcentagem de copa AROEIRA



Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Figura 71 - Porcentagem de copa PAU-FERRO



Fonte: Elaborado pela autora. 2017

Os dados compilados na tabela 6 a seguir relacionam o IAF obtido por foto hemisférica (Item 3.5.6) e o IAF obtido por cálculo de porcentagem foliar (Item 3.5.7) , como métodos de obtenção do desempenho da capacidade do elemento arbóreo (especialmente a copa como um todo – folhas, galhos e ramificações) e também podem ser comparados nos gráficos 19 a 22 do item 3.5.3 acima, nos gráficos comparativos de desempenho das espécies arbóreas analisadas.

Tabela 11- Fotos planas - comparativo IAF - fotos hemisféricas X Porcentagem de Copa (galhos e folhas)

IAF - fotos hemisféricas X Porcentagem de Copa - fotos planas										
Exemplar	Método		Variáveis							
	GLA - Foto hemisférica	Photoshop Foto plana	Temperatura*		Umidade Relativa*		Umidade Absoluta *		Velocidade do vento*	
	IAF	% de copa	MANHÃ	TARDE	MANHÃ	TARDE	MANHÃ	TARDE	MANHÃ	TARDE
Oiti ¹	3,72	95,56%	20,72	30,13	84,32	49,23	14,52	15,23	0,39	0,4
Sibipiruna ²	3,46	89,50%	20,94	30,16	79,37	49,15	13,87	15,24	0,42	0,35
Aroeira ³	2,49	88,61%	19,21	28,91	93,71	56,57	14,61	16,31	0,07	0,26
Pau Ferro ⁴	3,05	97,41%	19,02	28,37	97,76	56,73	15,06	15,85	0,09	0,2

¹ Oiti _Área 1 _Rua Engenheiro José Guimarães _individuo 6

² Sibipiruna _Área 3 _Rua Frei Junípero _individuo 14

³ Aroeira_Área controle 1: Morro do Cristo

⁴ Pau Ferro_Área controle 2: Horto Florestal

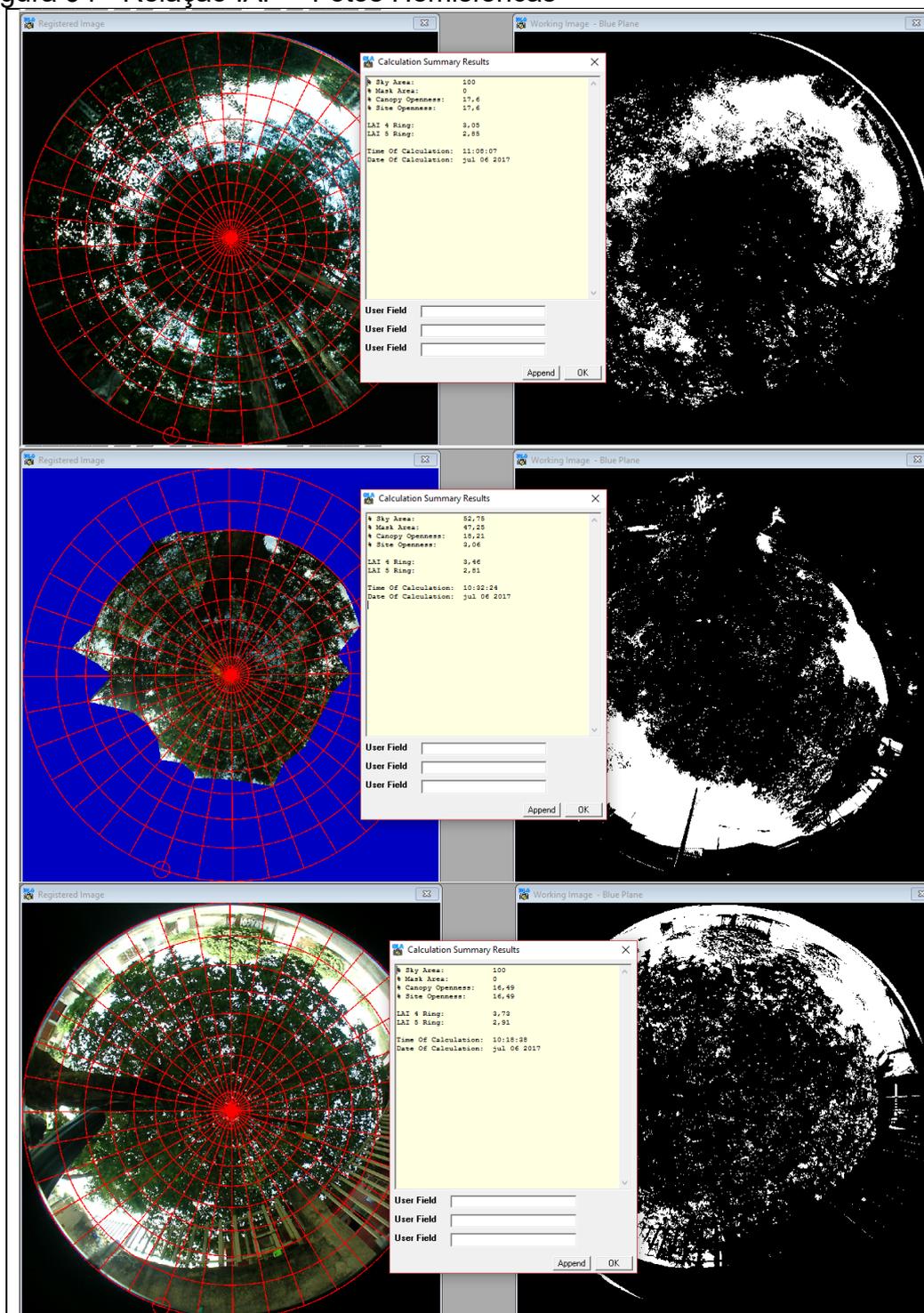
* Médias

Fonte: Tabela elaborada pela autora. 2017

APÊNDICE E

RELAÇÃO IAF – FOTOS HEMISFÉRICAS

Figura 94 - Relação IAF – Fotos Hemisféricas



Fonte: Acervo da autora.