

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE  
TECNOLOGIAS  
METRADO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA**

**JÔ VINÍCIUS BARROZO CHAVES**

**DESENVOLVIMENTO DE NÓ-SENSOR DE BAIXO CUSTO PARA  
AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ÁREAS  
VERDES URBANAS**

**CAMPINAS**

**2021**

**JÔ VINÍCIUS BARROZO CHAVES**

**DESENVOLVIMENTO DE NÓ-SENSOR DE BAIXO CUSTO PARA  
AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ÁREAS  
VERDES URBANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, do Centro de Ciência Exatas, Ambientais e de Tecnologias, da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Orientadora: Profa. Dra. Lia Toledo Moreira Mota

Coorientadora: Profa. Dra. Regina Márcia Longo

**PUC-CAMPINAS**

**2021**

Ficha catalográfica elaborada por Vanessa da Silveira CRB 8/8423  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

631.4  
C512d

Chaves, Jô Vínicius Barrozo

Desenvolvimento de nó-sensor de baixo custo para avaliação de variáveis meteorológicas em áreas verdes urbanas / Jô Vínicius Barrozo Chaves. - Campinas: PUC-Campinas, 2021.

131 f.: il.

Orientador: Lia Toledo Moreira Mota; Coorientador: Regina Márcia Longo.

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Solo - Uso. 2. Monitoramento Ambiental. 3. Detectores. I. Mota, Lia Toledo Moreira. II. Longo, Regina Márcia III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. IV. Título.

CDD - 22. ed. 631.4

**JÔ VINÍCIUS BARROZO CHAVES**

**DESENVOLVIMENTO DE NÓ-SENSOR DE BAIXO  
CUSTO PARA AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS  
METEOROLÓGICAS EM ÁREAS VERDES URBANAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Área de Concentração: Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Lia Toledo Moreira Mota.

Co-orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Regina Márcia Longo.

Dissertação defendida e aprovada em 29 de janeiro de 2021 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



---

Profa. Dra. Lia Toledo Moreira Mota  
Orientadora da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



---

Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



---

Prof. Dr. Gerson Medeiros  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha família por ter me apoiado, incentivado e acreditado em mim e em minhas escolhas ao longo da minha vida.

Também agradeço à Pontifícia Universidade Católica de Campinas por todo suporte dado ao longo desses dois anos e disponibilizado a Bolsa de estudo.

À professora e orientadora Lia Toledo Moreira Mota por toda a dedicação, empenho e suporte ao longo do desenvolvido do projeto.

À Regina Márcia Longo por ter me motivado a ingressar no programa de pós-graduação e por se disponibilizar a me assistir na execução do projeto

Aos técnicos Daniel e José Ricardo do laboratório de elétrica (LabEI) por terem se empenhado na execução prática do projeto.

Às professoras doutoras Cláudia Pezzuto e Renata Kelly Valente, aos técnicos do laboratório de Conforto Ambiental e de Química por cederem o espaço do laboratório, equipamentos e seus conhecimentos.

Ao professor Marcius Fabius Carvalho por ter agregado ao projeto com seu conhecimento de pesquisa operacional.

E à minha companheira e amiga Ludmila que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todas as dificuldades.

Com meu sincero agradecimento a todos vocês, obrigado!

## RESUMO

CHAVES, Jô Vinícius Barrozo. **Desenvolvimento de nó-sensor de baixo custo para avaliação de variáveis meteorológicas em áreas verdes urbanas.** 2021. 131 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2021).

Este trabalho analisa e discute a contribuição das áreas verdes sobre variáveis meteorológicas, a partir de uso de sensores integrados a nós-sensores desenvolvidos para esse estudo, visando, dessa forma, a qualidade ambiental no meio urbano. Nesse sentido, foi proposto e implementado nós-sensores para o monitoramento em uma área próxima a uma APP abrangendo pontos de coleta nos municípios de Paulínia (SP) e Campinas (SP), dentro dos limites da bacia do Rio Anhumas. Ambos os nós-sensores foram compostos por um microprocessador, sensor (DHT22 ou MG811), bateria, adaptador de cartão de memória e cartão SD. Os parâmetros a serem estudados a partir desses sensores foram os de temperatura do ar e da umidade relativa do ar com o DHT22, e concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) com MG811. Diante dos resultados obtidos observou-se a necessidade do encapsulamento e proteção dos mesmos, visando a contenção de possíveis impactos da radiação direta sob os sensores. Atestam, também, que a APP contribuiu de forma efetiva, na parcela estudada em Campinas, enquanto para o município de Paulínia, pode-se observar pouca influência da APP em decorrência de sua distância em relação a região estudada em Paulínia. Além dessas interações, identificou-se influências no ambiente exercidas por áreas de vegetação e com atividades agrícolas, podendo aumentar ou reduzir o nível de CO<sub>2</sub> na região, e contribuir para boas médias de temperatura e umidade do ar.

**Palavras-Chave:** Uso e Ocupação do Solo; Monitoramento Ambiental; Áreas Verdes; Rede de Sensores.

## ABSTRACT

CHAVES, Jô Vinícius Barrozo. **Development of low-cost sensor node for evaluation of meteorological variables in urban green areas.** 2021. 131f. Master's Theses (Master in Urban Infrastructure Systems) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2021.

The aim of this study is analyzing and discuss the contribution of green areas on meteorological variables, from the application of sensors integrated to sensors node developed for this study, thus aiming at environmental quality in the urban environment. Seen in this way, sensor nodes were proposed and implemented for monitoring in an area close to a preserved vegetation area covering collection points in the municipalities of Paulínia (SP) and Campinas (SP), within the limits of the Anhumas watershed. Both sensor nodes were composed of a microprocessor, sensor (DHT22 or MG811), battery, memory card adapter and memory card. The parameters to be studied from these sensors were air temperature and relative humidity with DHT22, and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentration with MG811. In view of the results obtained, it was observed the need for encapsulation and protection of the same, aiming at containing possible impacts of direct radiation under the sensors. They also attest that the APP contributed effectively, in the plot studied in Campinas, while for the municipality of Paulínia, it can be observed little influence of preserved vegetation area due to its distance in relation to the region studied in Paulínia. In addition to these interactions, influences on the environment exerted by vegetation areas and agricultural activities were identified, and may increase or reduce the CO<sub>2</sub> level in the region, and contribute to good average air temperature and humidity.

**Keywords:** Land Cover; Environmental Monitoring; Green Areas; Sensor Network.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ilustração do funcionamento de uma RSSF em conjunto com VANT .....	24
<b>Figura 2</b> - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da microescala e UCL. ....	32
<b>Figura 3</b> - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da escala local. ....	32
<b>Figura 4</b> - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da mesoescala. ....	33
<b>Figura 5</b> - Exemplo de arquitetura de uma RSSF. ....	41
<b>Figura 6</b> - Mapa de localização da área de estudo.....	44
<b>Figura 7</b> - Mapa de Localização na Bacia do Anhumas .....	45
<b>Figura 8</b> - Curvas de nível da área de estudo .....	46
<b>Figura 9</b> - Área de interesse de estudo dividida por macrozonas.....	47
<b>Figura 10</b> - Mapa de uso e ocupação do solo da área estudada.....	48
<b>Figura 11</b> - Mapa de localização das regiões utilizadas para avaliação da LCZ .....	50
<b>Figura 12</b> - Mapa final de caracterização da área de estudo .....	52
<b>Figura 13</b> - Mapa de distribuição dos pontos de coleta na área de estudo.....	54
<b>Figura 14</b> - Cronologia dos testes e coletas de campo. ....	55
<b>Figura 15</b> – Nó-sensor para coletas de Temperatura e Umidade do Ar .....	57
<b>Figura 16</b> – Nó-sensor para coleta de dados de concentração de CO <sub>2</sub> .....	58
<b>Figura 17</b> - Gráfico exemplo para curvas de temperatura sobre influência do calor de um automóvel .....	59
<b>Figura 18</b> - Foto do experimento utilizado para testes de validação com o sensor MG811.....	60
<b>Figura 19</b> - Gráfico de teste de temperatura sem pausa para a ativação do sensor .....	65
<b>Figura 20</b> - Gráfico de teste de umidade do ar sem pausa para a ativação do sensor .....	65
<b>Figura 21</b> - Gráfico de teste de temperatura com pausa de 3 minutos para a ativação do sensor.....	66

<b>Figura 22</b> - Gráfico de teste de umidade do ar com pausa para a ativação do sensor .....	66
<b>Figura 23</b> - Gráfico de comportamento de exposição de sensor ao sol .....	67
<b>Figura 24</b> - Gráfico de Concentração de CO <sub>2</sub> - teste em laboratório sem agitador .....	68
<b>Figura 25</b> - Gráfico de Concentração de CO <sub>2</sub> – teste em laboratório com agitador .....	68
<b>Figura 26</b> - Mapa de distribuição dos pontos de coleta .....	69
<b>Figura 27</b> - 18 de julho de 2019 – Matutino.....	70
<b>Figura 28</b> - 18 de julho de 2019 - Vespertino .....	71
<b>Figura 29</b> - 19 de julho de 2019 - Matutino .....	71
<b>Figura 30</b> - 19 de julho de 2019 – Vespertino .....	72
<b>Figura 31</b> - 27 de agosto de 2019 – Matutino. ....	72
<b>Figura 32</b> - Mapas de temperatura do ar da parcela localizada em Campinas	74
<b>Figura 33</b> - Mapas de temperatura do ar na região do parque Industrial em Paulínia.....	78
<b>Figura 34</b> - Mapas de umidade relativa do ar da parcela localizadas em Campinas .....	82
<b>Figura 35</b> - Mapas de umidade relativa do ar da parcela localizada sobre o parque Industrial, em Paulínia. ....	86
<b>Figura 36</b> - Mapas de Concentração de CO <sub>2</sub> da parcela localizada sobre o residencial Terras do Barão, em Campinas .....	90
<b>Figura 37</b> - Gráficos Box Plot de concentração de CO <sub>2</sub> no período matutino de 18 de julho de 2019, em Campinas .....	91
<b>Figura 38</b> - Gráficos Box Plot de concentração de CO <sub>2</sub> no período vespertino de 18 de julho, em Campinas.....	91
<b>Figura 39</b> - Mapa de Concentração de CO <sub>2</sub> da parcela localizado sobre o Parque Industrial, em Paulínia .....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Tabela de sensores utilizados por Pioppi et al., (2020) .....	23
<b>Tabela 2</b> - Resultados da classificação da LCZ .....	51
<b>Tabela 3</b> - Classificação final e suas características .....	51
<b>Tabela 4</b> - Características locais dos pontos de coleta .....	53
<b>Tabela 5</b> - Resultados de coletas de temperatura do ar em Campinas.....	73
<b>Tabela 6</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 18 de julho de 2019 em Campinas.....	75
<b>Tabela 7</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 19 de julho de 2019 em Campinas.....	77
<b>Tabela 8</b> - Resultados de coletas de temperatura do ar em Paulínia.....	78
<b>Tabela 9</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 27 de agosto de 2019 em Paulínia.....	80
<b>Tabela 10</b> - Resultados de coletas de umidade relativa do ar em Campinas ...	81
<b>Tabela 11</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de Umidade Relativa do Ar realizadas no dia 18 de julho de 2019 em Campinas.....	83
<b>Tabela 12</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de Umidade relativa do Ar realizadas no dia 19 de julho de 2019 em Campinas.....	85
<b>Tabela 13</b> - Resultados de coletas de umidade relativa do ar em Paulínia.....	86
<b>Tabela 14</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de umidade relativa do ar realizadas no dia 27 de agosto de 2019 em Paulínia.....	88
<b>Tabela 15</b> - Resultados de coletas de concentração de CO <sub>2</sub> em Campinas ....	89
<b>Tabela 16</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO <sub>2</sub> realizadas no dia 18 de julho em Campinas .....	92
<b>Tabela 17</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO <sub>2</sub> realizadas no dia 19 de julho em Campinas. ....	93
<b>Tabela 18</b> - Resultados de coletas de concentração de CO <sub>2</sub> em Paulínia.....	93
<b>Tabela 19</b> - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO <sub>2</sub> realizadas no dia 19 de julho em Paulínia. ....	94
<b>Tabela 20</b> - Correlação de Spearman para Temperatura do Ar e Distância da APP.....	95

<b>Tabela 21</b> - Correlação de Spearman para Umidade Relativa do Ar e Distância da APP. ....	96
<b>Tabela 22</b> - Correlação de Spearman para Concentração de CO <sub>2</sub> e Distância da APP.....	97
<b>Tabela 23</b> – Relação de preços dos nós sensores usados para coleta de dados .....	98
<b>Tabela 24</b> - Relação de preços entre diferentes medidores de Temperatura e Umidade do Ar. ....	99
<b>Tabela 25</b> - Relação de preços entre diferentes medidores de Concentração de CO <sub>2</sub> .....	99
<b>Tabela 26</b> - Dados de temperatura do ar no período matutino de 18 de julho. ....	113
<b>Tabela 27</b> - Dados de temperatura do ar no período vespertino de 18 de julho .....	114
<b>Tabela 28</b> - Dados de temperatura do ar no período matutino de 19 de julho ..	115
<b>Tabela 29</b> - Dados de temperatura do ar no período vespertino de 19 de julho .....	116
<b>Tabela 30</b> - Dados de temperatura do ar no período matutino de 27 de agosto .....	117
<b>Tabela 31</b> - Dados de temperatura do ar no período vespertino de 27 de agosto .....	118
<b>Tabela 32</b> - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 18 de julho .....	120
<b>Tabela 33</b> - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 18 de julho .....	121
<b>Tabela 34</b> - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 19 de julho .....	122
<b>Tabela 35</b> - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 19 de julho .....	123
<b>Tabela 36</b> - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 27 de agosto .....	124
<b>Tabela 37</b> - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 27 de agosto .....	125

<b>Tabela 38</b> - Dados de concentração de CO <sub>2</sub> no período matutino de 18 de julho .....	127
<b>Tabela 39</b> - Dados de concentração de CO <sub>2</sub> no período vespertino de 18 de julho .....	128
<b>Tabela 40</b> - Dados de concentração de CO <sub>2</sub> no período matutino de 19 de julho .....	129
<b>Tabela 41</b> - Dados de concentração de CO <sub>2</sub> no período vespertino de 19 de julho .....	130
<b>Tabela 42</b> - Dados de concentração de CO <sub>2</sub> no período matutino de 27 de agosto .....	131

# Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	15
<b>1.1. Objetivos</b> .....	17
<b>1.1.1. Objetivo Geral</b> .....	17
<b>1.1.2. Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>1.2. Organização do Trabalho</b> .....	17
<b>2. Revisão Bibliográfica</b> .....	19
<b>2.1. Métodos de monitoramento microclimático a partir do uso de sensores</b> ..	19
<b>2.2. Desenvolvimento e aplicações de sensores eletrônicos</b> .....	21
<b>2.3. Métodos de análise e monitoramento ambiental e climático a partir do sensoramento remoto e da interpolação de dados em mapas</b> .....	24
<b>2.4. Áreas verdes</b> .....	26
<b>2.5. Conclusão da Revisão</b> .....	27
<b>3. Fundamentação Teórica</b> .....	29
<b>3.1. As atividades antrópicas frente ao clima e a contribuição de áreas verdes.</b> .....	29
<b>3.1.1. O clima e as escalas climáticas</b> .....	29
<b>3.1.2. O clima e os impactos antrópicos</b> .....	33
<b>3.1.3. As áreas verdes e seu reflexo no meio urbano</b> .....	36
<b>3.2. Ferramentas de monitoramento ambiental.</b> .....	38
<b>3.2.1. O sensoramento remoto e o geoprocessamento</b> .....	39
<b>3.2.2. Rede de sensores e monitoramento ambiental</b> .....	40
<b>4. Metodologia</b> .....	43
<b>4.1 Caracterização da Área de Estudo</b> .....	43
<b>4.1.1 Localização da Área de Estudo</b> .....	43
<b>4.1.2. Caracterização e classificação do uso e ocupação do solo</b> .....	47
<b>4.2. Coleta de Dados</b> .....	52
<b>4.2.1. Distribuição dos pontos de coleta</b> .....	52

4.2.2. Método utilizado para coletar os dados.....	54
4.2.3. Sensor de Temperatura e Umidade Relativa do Ar – DHT22.....	57
4.2.4. Sensor de concentração de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) – MG811 .....	58
4.3 Testes de validação dos sensores .....	58
4.3.1. Teste 1 – DHT22.....	58
4.3.2. Teste 2 – MG811.....	60
4.4. Análise de Dados .....	61
4.4.1. Tratamento de <i>Outliers</i> .....	61
4.4.2. Método de análise dos dados.....	62
4.4.3 Método de interpolação de dados em mapas .....	63
5. Resultados e Discussão.....	64
5.1. Resultados dos testes .....	64
5.1.1. Teste 1 – DHT22.....	64
5.1.2. Teste 2 – MG811.....	67
5.2. Resultados das coletas de campo.....	69
5.2.1. Tratamento de <i>Outliers</i> .....	70
5.2.2. Temperatura do ar .....	72
5.2.3. Umidade Relativa do Ar.....	81
5.2.4. Concentração de CO <sub>2</sub> .....	88
5.2.5. A contribuição das áreas verdes à região estudada .....	95
5.3 Análise de Custo .....	98
6. Conclusão.....	101
7. Referências Bibliográficas .....	103
APÊNDICE I .....	112
APÊNDICE II .....	119
APÊNDICE III.....	126

## 1. Introdução

O mundo como se conhece hoje é resultado de diversas revoluções que proporcionaram avanços tecnológicos, mudanças de conceitos socioeconômicos e, conseqüentemente, alterações na cobertura do solo (CHOAY, 1965). No entanto, essas alterações não foram lentas, mas sim cada vez mais agressivas com o decorrer do crescimento econômico e populacional (FOLEY et al. 2005). Dessa forma, houve conseqüências ambientais que passaram a impactar na estabilidade climática, elevando o nível de poluição atmosférica, o qual é constituído pela geração excessiva de Gases de Efeito Estufa - GEE, desencadeando assim, o fenômeno do aquecimento global (HOUGHTON E HACKLER, 2001; ROSEIRO E TANKAYANAGUI, 2004).

Associando esse contexto às áreas urbanas, tem-se um ambiente com características ambientalmente mais agressivas, em decorrência de sua estrutura, sendo áreas nas quais, nos últimos séculos, puderam ser caracterizadas não só pela sua relevância industrial, mas também pela sua expansão desordenada, crescimento populacional e adensamento demográfico urbano intenso, além de serem constituídas por áreas altamente impermeabilizadas e com pouca vegetação (CHOAY, 1965). Diante desse cenário, os índices de qualidade do ar desse ambiente caracterizam-se, em decorrência do tráfego intenso de automóveis e poluição advinda de atividades econômicas, pela baixa qualidade do ar e com a constante emissão de poluentes na atmosfera. Identifica-se, também, seu impacto direto na alteração do clima local, como resultado de um ambiente altamente impermeabilizado e com baixo índice de vegetação (LANDSBERG, 1956; GEIGER, 1950).

Dentro dos limites do ambiente urbano, são observados impactos negativos em seu clima e conforto ambiental, devido às interferências climáticas comuns em ambientes altamente construídos e impermeabilizados. Dentre os eventos causadores de impactos negativos, encontram-se as ilhas de calor urbano (ICU) que consistem na elevação da temperatura da região construída em relação ao campo ou ao próprio limite urbano, seja numa cidade de grande, médio ou pequeno porte, (BALCHIN E PYE, 1946; STEWART E OKE, 2012). Outra influência no clima urbano decorre do armazenamento de calor, advindo da radiação solar em locais caracterizados por ruas cercadas por construções

em ambos os lados, o os denominados “Canyons” urbanos. Esses “Canyons” causam o aumento da temperatura da região, o que pode se estender pelo período noturno sem nenhuma interação direta com o Sol e sua radiação emitida (SAMPAIO *et al.*, 2007).

Diante desses impactos, medidas de mitigação e monitoramento ambiental urbano passaram a ser estudadas e implementadas, visando a melhoria da qualidade do ar e conforto ambiental urbano (WMO, 2018). A principal forma de mitigação dos impactos ambientais e microclimáticos consiste na utilização de áreas verdes, caracterizadas como áreas de espaços livres, vegetação nativa, áreas permeáveis, podendo auxiliar na reposição de aquíferos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP), parques, praças e unidades de conservação urbanas (BRASIL, 2006). As áreas verdes contribuem para o microclima urbano a partir do aumento de sombreamento local, taxa de reflexão da irradiação solar (albedo), fazendo com que o local retenha menos calor, diminuindo os níveis de temperatura local, aumentando a disponibilidade de umidade no ar (AMBRIZZI e ARAUJO, 2014). Além disso, a vegetação inserida no meio urbano corrobora com a absorção de CO<sub>2</sub>, reduzindo, assim, a emissão desse gás, causador do efeito estufa (BOWLER *et al.*, 2010)

Para otimizar e garantir o desenvolvimento das cidades, destaca-se a importância em tomar medidas no âmbito de planejamento e ordenamento desses centros. Portanto, torna-se necessário o monitoramento, também, de parâmetros de qualidade ambiental das regiões urbanas. Nesse sentido, o emprego de instrumentos e metodologias de aquisição de informação podem contribuir positivamente para tomada de decisões (LIU *et al.*, 2017. CASTALDO *et al.*, 2017).

Diante dos métodos de aquisição de informações climáticas e meteorológicas no contexto urbano, encontra-se o sensoriamento remoto, que consiste na geração de dados via mapeamento construído tanto por informações e imagens de satélite quanto por interpolação de dados, ambos tratados em softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que auxiliam na aquisição de dados (ALONZO *et al.*, 2016). Com relação às coletas microclimáticas, tem-se diferentes formas de aquisição de dados, dentre elas a partir de pontos fixos e coletas móveis com sensores de diversos tipos de parâmetros, como temperatura e umidade do ar, concentração de diferentes

gases, velocidade e direção do vento (LIU *et al.*, 2017; HÄB *et al.*, 2015).

Dentre as formas de coletas de informações em áreas urbanas, encontra-se o emprego de tecnologias de sensoriamento eletrônico, as quais têm ganhado destaque em decorrência do seu custo-benefício e da possibilidade de realização de medidas in-loco de forma simples. Nesse contexto, essa tecnologia também tem sido utilizada em coletas móveis em que é realizado um trajeto com os sensores, executando a coleta de variáveis meteorológicas e outros parâmetros de qualidade ambiental. (WMO, 2018; SOEIRA, 2018; PULIAFITO, 2013).

Frente a essas aplicações de monitoramento, estudos demonstram a necessidade de esforços que busquem a multidisciplinariedade para possibilitar a utilização de medidores, principalmente, os sensores eletrônicos, em estações meteorológicas, podendo proporcionar grande volume de dados e análises por períodos suficientes para compreensão do clima e do tempo de uma região (CARMINATI *et al.*, 2019; TUROLLA *et al.*, 2019).

Diante dessa necessidade, identifica-se, literatura, a constante busca pelo desenvolvimento de sensores e dispositivos de monitoramento. (PIOppi *et al.*, 2020; RASHID e REMANI, 2015).

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Desenvolver um nós-sensores que possibilitem o monitoramento e a avaliação de variáveis meteorológicas, em áreas verdes urbanas.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Propor e desenvolver um nós-sensores para coletar dados de umidade relativa do ar, temperatura do ar e concentração de CO<sub>2</sub>.
- Realizar testes com o nó-sensor na área de estudo;
- Realizar tratamentos dos dados coletados e discutir os resultados obtidos.

## **1.2. Organização do Trabalho**

A organização do trabalho encontra-se da seguinte forma.

O Capítulo 2 apresenta o levantamento bibliográfico feito para o estudo, envolvendo aspectos microclimáticos, formas de coleta de informações microclimáticas e aplicação de sensores eletrônicos em monitoramento ambiental.

O Capítulo 3 trata da fundamentação teórica, abordando os assuntos climáticos, impactos antrópicos, áreas verdes e métodos de monitoramento ambiental.

O Capítulo 4 descreve a área em que o estudo é realizado e a metodologia empregada neste trabalho.

No Capítulo 5 estão descritos os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita no Capítulo 4, bem como as análises e discussões sobre os mesmos.

Por fim, o Capítulo 6 aborda a conclusão do trabalho, com sugestões para trabalhos e aplicações futuros.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Métodos de monitoramento microclimático a partir do uso de sensores

Com relação a estudos climáticos e meteorológicos no meio urbano, identificam-se diversas similaridades entre as metodologias devido à padronização mundial de aplicações e de validação dos dados de monitoramento do clima e aplicações meteorológicas, realizados pela *World Meteorological Organization* (WMO). Dentre essas metodologias, destaca-se a realização de coletas móveis, a partir do uso de medidores acoplados a veículos de locomoção (HÄB *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2017; WMO, 2018; PULIAFITO *et al.*, 2013; SOEIRA, 2018). As referências indicam que essas coletas de parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar podem ser realizadas com diferentes tipos de veículos, fazendo-se a coleta em pontos de parada (com o veículo sem movimento) ou com uma velocidade constante, utilizando-se um Sistema de Posicionamento Global (GPS), para identificação e localização dos pontos, e um relógio digital marcar o tempo e ajudar na localização na distribuição dos pontos conforma a execução das rotas.

Para a formulação dos trajetos e identificação de ambientes com maior relevância para o clima local (pontos de coleta), verifica-se o constante uso de mapeamento do uso e ocupação do solo, principalmente a partir da aplicação da metodologia de *Local Climate Zones* – LCZ, a qual consiste em caracterizar e identificar as áreas com maior importância para parâmetros de qualidade do clima urbano (STEWART e OKE, 2012).

Com uma aplicação alternativa do monitoramento climático, Debiazi e Souza (2017) apresentaram uma forma de previsão de dados microclimáticos urbanos a partir de uma bateria de coleta de dados temperatura e umidade relativa do ar com pontos fixos e estabilizados ao longo do dia, visando compreender o clima de região. O estudo apresenta um método baseado em índices urbanísticos em pontos distintos na área sob monitoramento, assim, identificando e descrevendo o uso e ocupação urbanos da região. Diante das informações gerada pela estação meteorológica fixa e dos índices urbanísticos, emulou-se a partir de um *software* de redes neurais artificiais (RNA) o comportamento dos dados de microclimáticos e os índices que foram

caracterizados, assim, possibilitando a análise das condições climáticas do ambiente em estudo.

É possível, também, identificar a distribuição dos períodos de suas coletas, que se davam em três turnos, diurno com o início e maior radiação solar começando às 5:30hs e terminando às 12:00hs; no período da tarde, caracterizado como o horário mais quente do dia, em decorrência da saturação de calor da superfície urbana; por fim, ao anoitecer, representada por um esfriamento e liberação de calor sobre a superfície urbana. Outra coerência entre os trabalhos encontrados foi a da proteção e encapsulamento dos sensores com o uso de materiais com maior nível de refletância, ou seja, tendo menor índice de absorção de energia, com cores claras e que possam refletir ao máximo a radiação solar, assim, garantindo que os dados não sofram influência da exposição direta ao Sol. (LIU *et al.*, 2017; SOEIRA, 2018; PULIAFITO *et al.*, 2013; DEBIAZI E SOUZA, 2017; HÄB *et al.*, 2014).

Além das metodologias de monitoramento, torna-se importante destacar os medidores utilizados e quais tecnologias têm sido utilizadas. Nesse sentido, percebe-se o uso comum de variações dos dataloggers do modelo TESTO ou HOBO, os quais garantem qualidade na precisão de coleta de dados e permitem coletas aos longos dias sem interrupção (HÄB *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2017; DEBIAZI e SOUZA, 2017). Além desses medidores, observa-se o início de uso e testes de sensores eletrônicos apresentados como novas tecnologias. Para aplicação desses sensores, identifica-se a necessidade de calibração sempre sendo feita junto a uma estação meteorológica de instituições de monitoramento climático e dataloggers, procurando assegurar a precisão dos sensores (SOEIRA, 2018).

No âmbito do tema de aplicação de novas tecnologias para monitoramento ambiental urbano, a inserção dos sensores em estudos microclimáticos tem sido atual, possibilitando a redução do tamanho de estações meteorológicas, podendo proporcionar novas metodologias e estratégias de monitoramento. Por exemplo, no estudo de Pioppi *et al.* 2020 encontra-se o objetivo de redução das dimensões da estação meteorológica, possibilitando a realização de coletas móveis com uso de bicicleta com a estação meteorológica e de qualidade do ar acoplada a um capacete.

Nesse mesmo sentido, aplicações como a de Castaldo *et al.* (2017) têm procurado construir aparatos com sensores de parâmetros de qualidade do clima e de dióxido de carbono junto a antenas de rádio, visando a aquisição de dados remotamente. No entanto, pouco sobre essas aplicações tem sido encontrado em decorrência da dificuldade da aplicação de redes de sensores sem fio em ambientes urbanos (RASHID e REHMANI, 2015).

## **2.2. Desenvolvimento e aplicações de sensores eletrônicos**

No sentido de avanços tecnológicos visando a aplicação de sensores eletrônicos em monitoramento urbano, juntamente à telecomunicação, identifica-se o fomento da criação de novas estratégias e abordagens de monitoramento. Esses avanços podem, também, aproximar o desempenho de sensores eletrônicos a medidores tradicionais como dataloggers, porém, mais baratos, assim, possibilitando investimento em diferentes aplicações e estratégias de monitoramento (MOUAPI e HAKEM, 2018; LIM *et al.*, 2019; MALAVER *et al.*, 2015).

Diante desse assunto, identifica-se diversas tecnologias com o desenvolvimento de Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) no meio urbano. O método consiste no desenvolvimento de nó-sensores em conjunto com rádios e antenas, dessa forma, possibilitando o recebimento de dados remotamente. Ainda que o desenvolvimento desses projetos tenha sido amplamente implementado em diversos setores, têm-se observado que a implantação dos nós-sensores em meio urbano têm sofrido dificuldades em decorrência das interferências na comunicação de dados que ocorrem no ambiente, devido à presença de edificações, estruturas, árvores e automóveis, deteriorando a comunicação entre os rádios dos nó-sensores (RASHID e REMANI, 2015).

No âmbito das aplicações de monitoramento ambiental remoto, encontram-se diferentes propostas. Por exemplo, CROFT *et al.* (2010) apresentam uma metodologia baseada em um *tablet* para a realização da coleta dos dados. Os nó-sensores trabalhados foram implantados no Campus da Universidade de Kean, sendo realizado o monitoramento de temperatura do ar, umidade do ar e concentração de CO<sub>2</sub>. No mais, o desenvolvimento da metodologia se resumiu à coleta simples, tendo como resultado a identificação de alterações de temperatura.

Já no estudo de Thepvilojanapong *et al.* (2010), foi abordada outra proposta de sensoriamento em redes, tendo o mesmo objetivo de coleta dados de temperatura do ar no ambiente urbano. A área de estudo era de 250m x 430m, sendo inteiramente impermeabilizada e com construções altas e com diversos andares. Para realizar o estudo, foram implantados 200 sensores em prédios na região. Dessa forma os sensores realizavam as coletas, enviavam para um receptor, o qual enviava os dados coletados a um servidor, onde, ao final, os dados eram carregados em um website, possibilitando o acesso pelo computador.

Em outra proposta de monitoramento ambiental, Silva (2013) emulou em laboratório (ambiente controlado) uma rede de nó-sensores com comunicação sem fio para monitoramento ambiental. Para isso, o autor utilizou sensores para medir os parâmetros de pressão barométrica, umidade relativa do ar e temperatura do ar para compor o nó-sensor e emular a estação meteorológica. A metodologia se baseava no processo de coleta de dados, envio para uma base/receptor que armazenava e enviava esses dados para uma plataforma web. Nesse sentido, as conclusões estabelecidas apontaram bons resultados com relação a temperatura do ar. No entanto, são enfatizadas algumas sugestões, como a necessidade de encapsulamento do nó-sensor e a adição de novos sensores ao nó, por exemplos medidores de dióxido de carbono.

Ainda com relação a sensores inseridos em redes de comunicação remota para monitoramento, Ahonen *et al.* (2014) elaboraram uma metodologia voltada para aplicação em estufas de plantio. Os parâmetros avaliados e analisados estavam relacionados ao efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Diante disso, foram utilizados, no nó-sensor, os sensores de SHT75 para umidade relativa do ar e temperatura e o sensor TAOS TSL262R para luminosidade. O sensor TGS4161 para concentração de CO<sub>2</sub> também foi utilizado, mas não compôs o nó-sensor junto com os demais sensores. Dessa forma, em sua conclusão, os autores indicam a necessidade da implementação de uma rede com o medidor de dióxido de carbono incorporado ao nó-sensor.

Por fim, em relação a aplicação de RSSF para monitoramento microclimático, seguindo os padrões do WMO, Castaldo *et al.* (2017) apresentam um estudo utilizando sensores de dióxido de carbono, velocidade e direção do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Carminati *et al.* (2019) abordam que ainda há a necessidade de esforços multidisciplinares para assegurar a aplicação de sensores eletrônicos no monitoramento ambiental urbano. Dentre os possíveis ramos para monitoramento, os autores ainda citam aplicações para monitoramento da qualidade do ar e da água.

Diante de diversas aplicações envolvendo o uso de sensores eletrônicos para estudos ambientais, vem sendo observada a busca pela miniaturização desses medidores, possibilitando o monitoramento de tubulações de água e seus parâmetros físicos (CARMINATI *et al.*, 2019; TUROLLA *et al.*, 2019). No âmbito de monitoramento microclimático, como já citado anteriormente, a redução do tamanho dos sensores viabilizou a construção de uma miniestação meteorológica, com grupo de sensores descrita na **Tabela 1**, para a realização do monitoramento por bicicleta no trabalho de Pioppi *et al.* (2020).

**Tabela 1** - Tabela de sensores utilizados por Pioppi *et al.*, (2020)

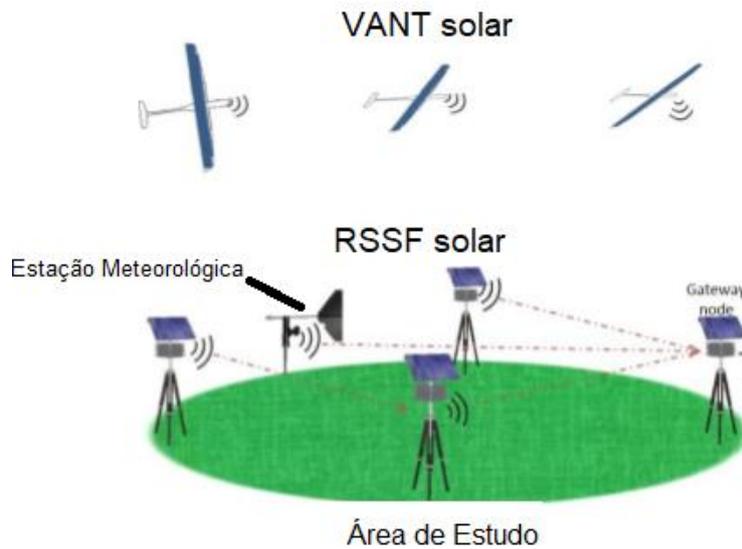
Parâmetros do Monitoramento	Modelo de Sensores	Precisão
Temperatura do Ar	BME 280	±0.5°C
Umidade Relativa do Ar	BME 280	±3%
Pressão Atmosférica	BME 280	±0.25%
Radiação Solar	SP-215	±5%
Velocidade / Direção do Vento	LCJ-CAPTEURS-CV7-OEM	±0.13 m/s e 1
Concentração de CO2	DYNAMENT MSH-P-CO2/NC	±2%
Concentração de COV	FIGARO TGS 8100 Response time (T90)	Response time (T90) ≤ 15s

COV: composto orgânicos volátil.

Fonte: Adaptado de Pioppi *et al.* (2020)

Para aplicações aéreas, observa-se o embarque dos sensores eletrônicos em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) e em conjunto com aplicações de telecomunicações, incorporando a RSSF dados coletados em diferentes escalas (CASTELLINI *et al.*, 2014). Por exemplo, aplicações envolvendo monitoramento de gases em área rural a partir do voo do VANT se comunicando diretamente com nós-sensores terrestres fixos em uma área rural e repassando os dados para uma estação receptora (MALAVER *et al.*, 2015). No trabalho de Alves (2017), realiza-se o monitoramento de temperatura e umidade do ar de remanescente florestal, utilizando sensores eletrônicos com comunicação por rádio com a base receptora de dados. Esse processo de comunicação encontra-se ilustrado na **Figura 1**, onde, o avião representa o VANT e tripés os nós-sensores, ambos em comunicação direta entre si.

. **Figura 1** - Ilustração do funcionamento de uma RSSF em conjunto com VANT



Fonte: Adaptado de Malaver *et al.*, (2015)

### **2.3. Métodos de análise e monitoramento ambiental e climático a partir do sensoriamento remoto e da interpolação de dados em mapas**

As tecnologias de sensoriamento remoto são, atualmente, aplicadas para monitoramento de diversos ambientes, como para análises de interferência demográfica, cadastros de loteamentos e glebas, planejamento e gestão urbana, condições culturais e previsões de safras para áreas rurais, aplicações ecológicas para controle de desmatamento, mapeamento de florestas e, também, aplicações por interpolação de dados (NOVO, 2010).

Por exemplos dados provenientes de satélites possibilitam estudos no âmbito de aplicações para geração de dados de precipitação, a partir da utilização do sistema *Tropical Rainfall Measuring Mission* - TRMM, o qual disponibiliza informações de precipitação que podem aprimorar avaliação, previsões e análises (PASSOW, 2010). Nesse seguimento, Seixas (2014) aborda uma metodologia também utilizando o TRMM para analisar precipitação, porém, no âmbito do impacto do desflorestamento da mata amazônica, onde constata-se alterações nas chuvas.

Trazendo a aplicação de sensoriamento remoto para o ambiente urbano, identificam-se objetivos de mapeamento de estruturas, funções e distribuições de áreas verdes. Junto a essas informações de satélite, o emprego de *softwares*, estatísticas e/ou estimativas a partir de índices são muito comuns, visando atingir o objetivo de compreensão da função ambiental. No entanto, para o

desenvolvimento de trabalhos a partir dessas informações para a finalidade do estudo de um espaço, não se deve descartar a validação dessas informações in-loco, para assim, garantir a veracidade dos dados gerados e analisados (ALONZO *et al.*, 2016).

As informações de dados espaciais em questão não são representadas apenas por informações advindas de satélites, mas também por interpolação ou integração de informações em mapas, as quais são manipuladas e integradas em softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (YAMAMOTO e LANDIM, 2013; STANGANINI E LOLLO, 2018).

No trabalho de Nesbitt *et al.* (2018), apresenta-se um estudo no âmbito de vegetação urbana, tendo como objetivo compreender a distribuição e o acesso a essas vegetações. Nesse estudo, os autores utilizaram dados e índices dos censos demográficos socioambientais, variáveis de vegetação urbana e a relação de cobertura vegetal por região de estudo, composta por 10 cidades nos Estados Unidos da América (EUA). Dessa forma, mapas temáticos foram produzidos a partir de ferramentas SIG, tornando possível a comparação e análises sobre os índices estudados. Os dados gerados possibilitaram a conclusão de que a distribuição das vegetações se encontra de forma desigual. Onde as áreas com maiores níveis de vegetação, conseqüentemente com maior acesso, foram identificadas em ambientes com população com melhor desempenho educacional. Enquanto para a população com menor nível de escolaridade, foi identificado o acesso a uma vegetação urbana mais escassa e depredada.

Com relação a estudos de expansão urbana e do avanço da degradação ambiental, Stanganini e Lollo (2018) apresentaram um estudo no período de 2010 a 2015 na cidade de São Carlos, São Paulo. O método consistia na montagem de mapas que ilustravam a vegetação, área urbana e solo exposto, a partir de imagens de satélite. Dessa forma, o resultado pode ilustrar que as políticas públicas de desenvolvimento sustentável da região têm sido válidas e que áreas degradadas e de solo exposto não têm recebido incentivo.

Diante do assunto de mapeamento urbano, Stewart e Oke (2012) apresentaram um método de caracterização de área urbana das formas de uso e ocupação do solo para estudos relacionados às ilhas de calor. Essas divisões e formas de caracterização, chamadas de *Local Climate Zone* (LCZ), são

apresentadas com diferentes configurações de uso e ocupação, cada uma representando uma LCZ. Diante disso, para validar essas zonas, são executados cálculos de fator de visão do céu, rugosidade e porcentagem de território permeável e impermeável.

A metodologia LCZ tem se apresentado cada vez mais como uma aplicação padrão em caracterização de uso e ocupação em trabalhos de monitoramento climático local ou microclimático. A identificação de cada zona possibilita a distribuição de pontos de coleta de forma mais objetiva, visando a garantia da compreensão climática de uma área com comportamento homogêneo ou heterogêneo no sentido da morfologia urbana (PULIAFITO *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2017; YANG, 2019).

Outro procedimento comum envolvendo o mapeamento de dados para monitoramento ambiental urbano identificado foi a interpolação de dados. Esse procedimento envolve cálculos/ferramentas de geoestatística em *softwares* SIG para execução do procedimento de interpolação de dados (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). A inserção de dados como temperatura do ar, umidade relativa do ar e de concentração de gases comuns é comum na construção de mapas temáticos, os quais possibilitam visualização de plumas e comportamento de determinado parâmetro de qualidade ambiental ao longo da área de estudo. Dentro os métodos comuns utilizados estão a interpolação via krigagem e a do peso pelo inverso da distância (IDW). (SOEIRA, 2018; DEBIAZI e SOUZA, 2017; LIU *et al.*, 2017; CROFT *et al.*, 2010).

## **2.4. Áreas verdes**

A literatura aponta a influência das áreas verdes no microclima. Nesse sentido, as referências (SOEIRA, 2018; LIU *et al.*, 2017; CASTALDO *et al.*, 2017) identificaram uma possível atenuação de calor em decorrência das áreas verdes nos pontos de calor nas regiões urbanas, assim, melhorando qualidade do conforto ambiental em decorrência do maior índice de vegetação.

Ao analisar os estudos voltados para as áreas verdes e seu comportamento no período noturno, identificou-se diferentes aspectos importantes. Por exemplo, quando o nível de vegetação não é tão elevado e denso, a perda de calor é mais acelerada, principalmente após o pôr-do-sol, em que as áreas verdes contribuem de forma efetiva para o resfriamento noturno da

área urbana (SPROKEN-SMITH E OKE, 1998). Nesse sentido, ao visualizar os momentos de resfriamento em ambientes com maior índice de vegetação e com maior densidade da mesma, observou-se comportamentos de lentidão no resfriamento da região. Essa reação ocorre pelo armazenamento de calor interno de um conjunto denso de árvores, formando assim uma barreira, produzida pelas copas das árvores, a qual reduz o nível de saída de ondas longas de calor da superfície urbana (PULIAFITO *et al.*, 2013).

Nesse contexto, Pulifiato *et al.*, (2013) identificaram essa distinção do resultado no período noturno, utilizando a metodologia de medidas móveis com o uso de um veículo automotivo. No sentido dessas análises, Monteiro *et al.* (2016) demonstraram diversos resultados do comportamento das áreas verdes em uma análise feita em Londres. O objetivo do estudo era analisar o comportamento de resfriamento noturno em diversas regiões que acomodavam parques, jardins e praças na cidade de Londres e em uma região caracterizada como um ambiente com características de uma urbanização adensada. Sendo assim, o seu método consistiu na distribuição de sensores de temperatura ao redor das áreas verdes, compondo uma malha para estudar e realizar um entendimento do espraiamento da influência da área verde. Nesse sentido, os resultados apontaram que a contribuição das áreas verdes para o resfriamento no meio urbano está relacionada à extensão e densidade vegetada de uma área verde, levando em conta, também, a copa das árvores no local.

## **2.5. Conclusão da Revisão**

Nesta revisão, foram abordados os trabalhos desenvolvidos nos últimos anos no âmbito de monitoramento ambiental, monitoramento climático, estudos meteorológicos, desenvolvimento de sensores, RSSF para monitoramento ambiental e, por fim, as interações de áreas verdes no meio urbano.

Dessa forma, pôde-se observar abordagens diferentes dos pesquisadores que desenvolveram projetos com o intuito de otimizar e tornar mais acessível do ponto de vista financeiro o monitoramento ambiental e climático, para os autores que realizam aplicação e estudos detalhados totalmente voltado para o monitoramento urbano, não apresentaram muito rigor no momento de detalhar as tecnologias utilizadas, seja para o desenvolvimento de um nó-sensor para compor a estação meteorológica quanto para a apresentação de um

procedimento de RSSF. Enquanto, ao observar trabalhos realizados por autores que desenvolvem tecnologias, identifica-se um detalhamento rico do desenvolvimento da tecnologia como RSSF e de sensores de baixo custo para mensurar parâmetros microclimáticos, no entanto, ao visualizar a parte da metodologia não se identifica os cuidados necessários nas estratégias de monitoramento e nem seguindo padrões internacionais qualidade dos medidores, como a calibragem, exposição e proteção.

Outra questão importante de abordar é que a utilização dos sensores com custos mais baixos do que medidores convencionais passou a se destacar e ter aplicações frequentes em áreas urbanas nos últimos anos.

Por fim, pode-se observar a importância do mapeamento no âmbito de monitoramentos exercidos sobre o ambiente urbano. Nesse sentido, constata-se que o mapeamento pode aparecer como importante ferramenta de caracterização de uma área, auxiliando, assim, a delimitar áreas de estudos e tomadas de decisões. Além dessa utilidade, identifica-se grande potencial da interpolação de dados, quando utilizada juntamente à geoestatística, possibilitando a visualização dos dados e previsões de comportamento em áreas em que não foi realizada nenhuma forma de aquisição de dados. Sendo assim, as ferramentas de mapeamento e os *softwares* de SIG foram evidenciados como um recurso importante para estudos climáticos e meteorológicos.

### **3. Fundamentação Teórica**

Nesse Capítulo, encontra-se descrita a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento deste trabalho.

#### **3.1. As atividades antrópicas frente ao clima e a contribuição de áreas verdes.**

Nesse item, são apresentados os temas que englobam as interações climáticas, impactos antrópicos e as áreas verdes.

##### **3.1.1. O clima e as escalas climáticas**

Como conceito base para estudos climáticos, é importante diferenciar as interações do clima e tempo. Sendo assim, as interações do tempo se definem por eventos momentâneos e que não devem perdurar por longas semanas, mas que continuam sendo importantes para análises de longo prazo e compreensão dos retornos desses eventos, podendo auxiliar na caracterização do clima local. Por sua vez, a caracterização do clima, além de perdurar por períodos longos de, aproximadamente, 30 anos (WMO, 1983), é também detalhada por diversos fatores, não apenas por eventos climáticos, mas por um conjunto de informação como a temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e tem suas variações por regiões devido às influências da altitude e da latitude (SORRE, 1953 *apud* SETTE E RIBEIRO, 2011; REBOITA *et.al*, 2012).

Para se estudar o clima e as relações que englobam o assunto, é necessário entender que o clima é a consequência de fatores meteorológicos que se encontram em diversas camadas que distribuem a partir da superfície da Terra até níveis atmosféricos em extensões distintas de uma determinada região. Para isso, há necessidade de enquadramento dessas escalas para facilitar o entendimento das interações e variações dos parâmetros climáticos espacial e temporalmente em consequência de diferentes níveis de influência e características destes parâmetros em cada camada das divisões escalares. Nesse sentido, essas escalas encontram-se divididas em dois grupos, as escalas horizontais, subdivididas em macroescala, mesoescala e microescala, e as verticais, caracterizadas pela camada do limite urbana (*Urban Boundary Layer* - UBL) e a camada da superfície urbana (*Urban Canopy Layer* - UCL) (OKE, 2006; MASCARÓ, 1996; RIBEIRO, 1993).

Nesse contexto, a macroescala se caracteriza por se relacionar com a Terra em sua maior amplitude e nos movimentos atmosféricos de grandes proporções, tendo como principais parâmetros a radiação solar, vento, latitude, longitude, altitude e massas de água e terra. Em especial, a radiação solar é a responsável pelo aumento da temperatura do ar em decorrência da interferência da radiação na superfície da Terra e na atmosfera. Nesse sentido, a localização (latitude, longitude e altitude) da região interfere no aspecto climático da mesma. Por exemplo, a proximidade do nível do mar tende a reduzir a temperatura do ar em virtude das partículas líquidas no ar. Além desses parâmetros, os ventos têm seu devido destaque em razão da sua direção e intensidade, influenciando diferentes zonas, equilibrando o diferencial da temperatura do ar. Por fim, as massas de água e terra, interagem no âmbito da capacidade de armazenamento de calor, podendo maximizar ou amenizar a temperatura no seu entorno (RIBEIRO, 1993; ROMERO, 2000 *apud* MIYAMOTO, 2011).

A mesoescala é caracterizada pelo fato de ser influenciada pela topografia, vegetação e ações antrópicas, como a emissão de partículas poluentes e calor na atmosfera. É facilmente impactada pela superfície urbana em extensões de 10 a 100 quilômetros de largura e variando de 1.200 a 2.000 metros de altura com relação a superfície urbana, portanto, sendo um ambiente possível de mensurar. No entanto, é necessária a utilização de múltiplas estações meteorológicas para representar a coleta do ambiente (RASEIRA *et al.*, 2014; RIBEIRO, 1993; PILLAR, 1995; OKE, 2006).

Uma subdivisão da mesoescala, estando mais próxima da superfície terrestre, é a topo-escala, também conhecida como escala local. Essa região está sob influência da cobertura da superfície, tamanho e espaço de áreas construídas, topografia e atividade inseridas na região. No entanto, exclui parâmetros que são encontrados no microclima. Nesse sentido, sua área de influência não é tão grande quanto a da mesoescala, variando a sua extensão de 0,5 a 5 Km e com altura máxima de 100 m (OKE, 2006, LAZAROTTO, 2015).

Encerrando as escalas horizontais, a microescala é caracterizada por ter maior proximidade com a superfície urbana e por ser influenciada por parâmetros de uma área pequena, com extensões de até 100 metros (RASEIRA *et al.*, 2014; JUNIOR E NETO, 2012). Sendo assim, segundo Oke (1982), é uma região

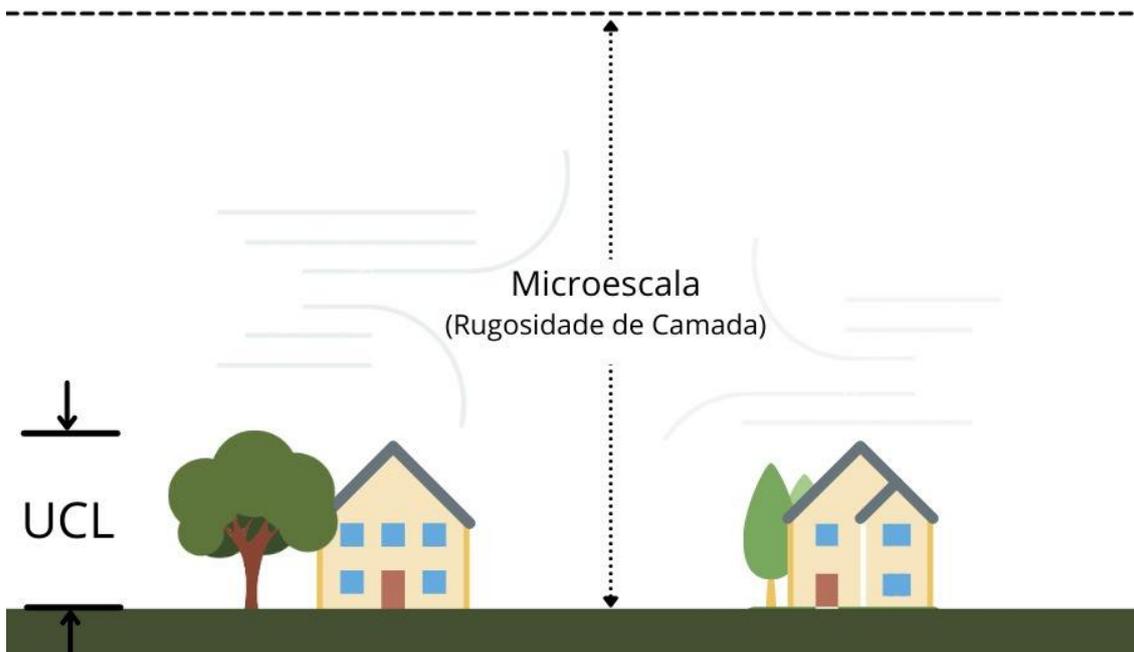
extremamente sensível, podendo ter alterações nos parâmetros (temperatura do ar, umidade do ar, intensidade do vento, etc.) em pequenas distâncias e em curtos espaços de tempo, seja em ambiente urbano ou rural, pois pode ser influenciada pelo tipo da vegetação no local, pavimentação, tipos de construção, densidade urbana, solo exposto, etc.

Com relação às camadas verticais, a camada do limite urbano (*Urban Boundary Layer* – UBL) localizada dentro da mesoescala, é caracterizada por estar acima de uma cidade, sendo um dos ambientes de mais difícil acesso à pesquisa e para geração de informação, mas que contém grande importância para estudos climáticos em decorrência da sua região e do aumento de cidades em conjunto com a elevação dos níveis de poluição e temperatura (pluma urbana), impactando diretamente no conforto urbano e na saúde da população local (OKE, 1982; BARLOW, 2014).

Além da UBL, em contato direto com a superfície urbana, situa-se a camada da superfície urbana (*Urban Canopy Layer* – UCL), abrangendo o nível da altura de estruturas urbanas, vegetação, casas e outros componentes urbanos, compondo a camada com maior proximidade de superfície urbana e com contato direto com as emissões de poluentes, calor antrópico e retenção de calor, podendo resultar no aumento de temperatura e em ilhas de calor. Na UCL, identifica-se, também, o importante fenômeno de Canyon Urbano, que se dá pelas ruas asfaltadas situadas entre as edificações (que se configuram como barreiras de ventos) tendo como consequência o aprisionamento da radiação, reduzindo o processo de resfriamento da região (AMBRIZZI E ARAUJO, 2014; OKE, 2006; OKE 1982; GRIMMOND E OKE, 1999).

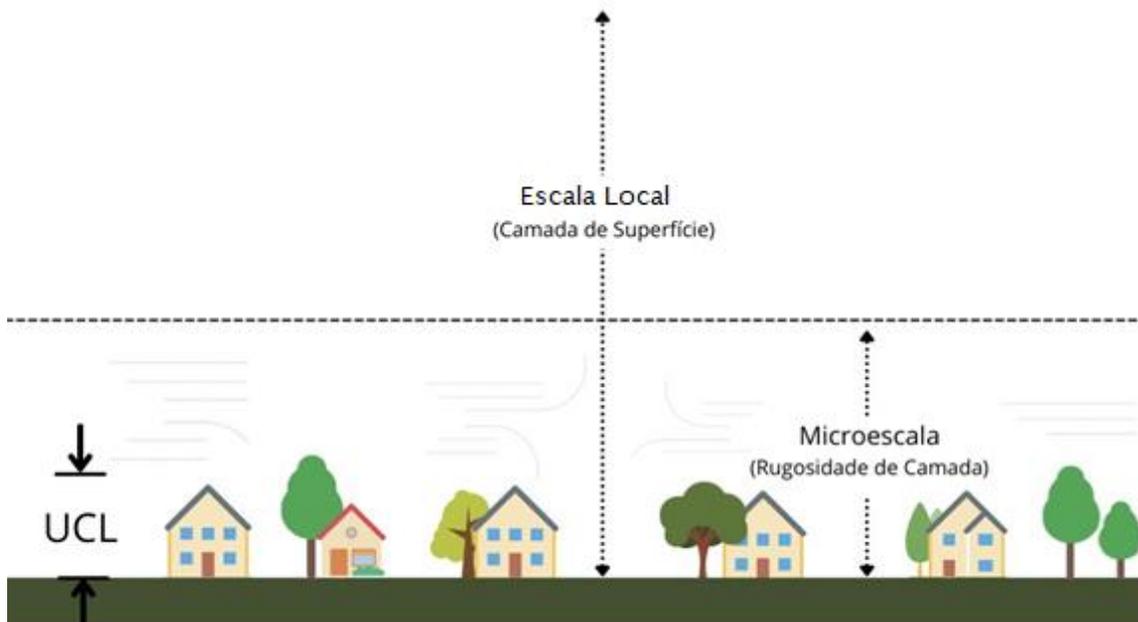
Na **Figura 2** encontram-se ilustradas as distribuições das escalas horizontais importantes para o estudo urbano no âmbito microclimático, onde ilustra de forma clara a abrangência da escala microclimática e da escala UCL. Na **Figura 3**, observa-se o mesmo esquema, porém ilustrando a área de interação da escala local. Por fim, a **Figura 4** ilustra a área de interação com a camada horizontal mesoescalar, camada vertical UBL e o comportamento da pluma urbana e rural de calor.

**Figura 2** - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da microescala e UCL.



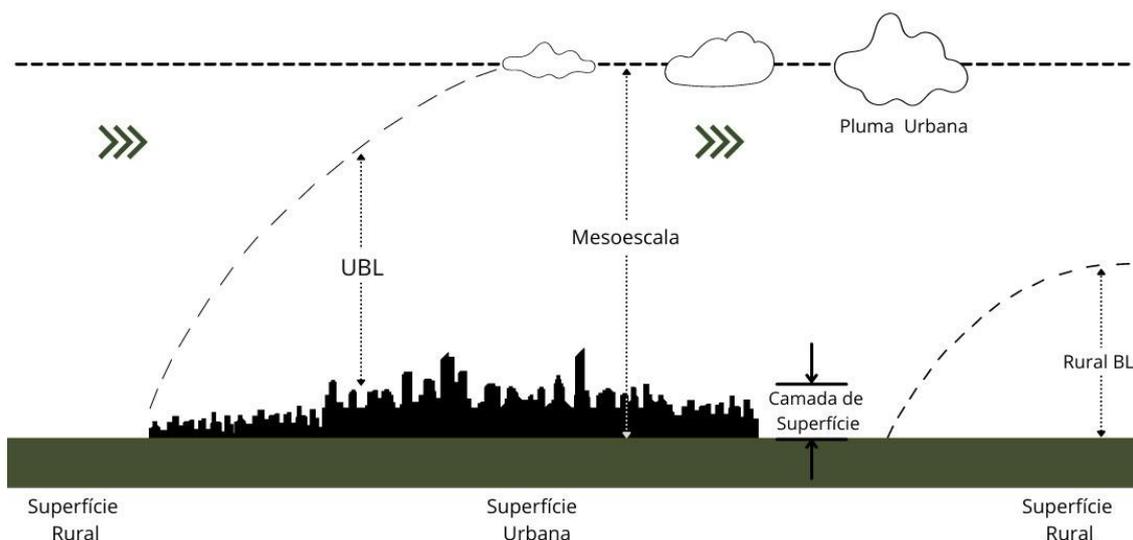
Fonte: Adaptado de OKE, 2006

**Figura 3** - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da escala local.



Fonte: Adaptado de OKE, 2006

**Figura 4** - Ilustração das escalas verticais e horizontais no âmbito da mesoescala.



Fonte: Adaptado de OKE, 2006

### 3.1.2. O clima e os impactos antrópicos

O clima é influenciado por diversas variáveis. Além das interações naturais como o vento, radiação solar, diferenças de pressão na atmosfera, região e altitudes, tem-se, também, os efeitos de forte impacto gerados de forma não natural, mas em decorrência de atividade humanas exercidas no meio ambiente, como por exemplo, por extração de recursos naturais para produção como a troca do solo. Esse tipo de impacto é denominado de impacto antrópico. Nesse sentido, eventos naturais, fenômenos naturais somados aos impactos antrópicos, passaram a gerar impactos no clima, tendo como consequências emissões de gases de efeito estufa (GEEs) em larga escala, desencadeando a preocupação com o fenômeno do aquecimento global (AMBRIZZI E ARAUJO, 2014; JIA *et al.*, 2019).

O processo de degradação do meio ambiente e desmatamento da vegetação de forma mais agressiva teve seu início no período da primeira revolução industrial, quando alterações do solo passaram a ser mais agressivas e em maior proporção, devido ao nível de atividades de produção ter aumentado e, conseqüentemente, o adensamento e espraiamento de regiões urbanas. Em função dessas mudanças, em 1850, as curvas de concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) passaram a se elevar. Até esse momento, a concentração de CO<sub>2</sub> se mantinha em 280 partes por milhão (ppm), mas com o passar do desenvolvimento do novo sistema econômico, exploração dos recursos e

aumento considerável da emissão de poluentes, a concentração de CO<sub>2</sub> passou a uma média atual de cerca de 385 ppm na atmosfera (NORMILE, 2009; HOUGHTON E HACKLER, 2001; FOLEY *et al.*, 2005).

Com a o uso e ocupação do solo sendo alterado em decorrência das atividades caracterizadas pela agropecuária, altos níveis de impermeabilização do solo e emissões de poluentes em zonas urbanas, mineração e dentre outras atividades empregas pelos humanos, identificou-se tipos de impactos diferentes para cada atividade (STANGANINI E LOLLO, 2015).

Na agropecuária, pôde-se identificar problemas, primeiramente, vinculados à transformação de vegetação alta em áreas rasteiras e em solos expostos, modificando todo o funcionamento do ambiente. Como consequência, tem-se o solo exposto que sofre com a produção de sulcos em decorrência dos impactos das chuvas pela falta da vegetação (responsável por atenuar o impacto e evitar acúmulo de água), formando sulcos que podem resultar em assoreamentos de rio, voçorocas, deterioração da qualidade do solo e até corroborar para a eutrofização de corpos d'água, principalmente, quando há o uso de fertilizantes químicos. Além desses processos, há também o crescente nível de emissão de CO<sub>2</sub> que pode ser emitido juntamente ao metano (CH<sub>4</sub>), a partir da decomposição da biomassa, devido à alteração da vegetação nativa por ambientes de agricultura ou pastagem (SAMBUICHI *et. al.*, 2012; AMBRIZZI E ARAUJO, 2014). Além disso, há os processos naturais de decomposição de elementos do solo, principalmente pós colheita, quando o solo se encontra na temperatura e umidade ideais para a proliferação de microrganismos decompositores (KONONOVA, 1975; TAVARES, 2014).

No âmbito das atividades de mineração, os impactos se diferem, pois há diversas atividades envolvendo a queima de mercúrio metálico, que afeta tanto a biosfera, atmosfera e hidrosfera, poluindo corpos d'água e resultando no aumento da taxa de mortalidade da ictiofauna. Além desses problemas, há também os problemas com queimadas, desflorestamento, alterações nos regimes hidrológicos e compactação do solo de grandes áreas para disponibilidade da atividade minerária, tendo como consequência, maior exposição e retenção da radiação solar, emissão de CO<sub>2</sub> e metano (FARIAS, 2002; IPT, 1992 *apud* FARIAS, 2002).

Em áreas urbanas, encontram-se formas de uso de ocupação e impactos ao meio ambiente que diferem, radicalmente, das outras formas de ocupação. O avanço da expansão da área urbana descaracteriza a versão natural da superfície terrestre, impermeabilizando o solo, canalizando/tampando/extinguindo rios, lagos e nascentes. Sobre essa camada do solo, encontram-se prédios, casas, indústrias e outras atividades antrópicas exercidas. Diante dessas alterações, encontram-se fenômenos que ocorrem devido às características urbanas, por exemplo o “Canyon” Urbano, que retém a radiação solar, e também a produção de calor por carros e corpos humanos. Em decorrência desses fatores, os ambientes que proporcionam o Canyon Urbano concentram uma temperatura maior e um baixo índice de ventos no local. Sendo assim, os Canyons passam a contribuir para as Ilhas de Calor Urbano (ICU), que são resultantes da absorção de calor pelas estruturas (prédios, casas, asfalto, veículos, etc.) e obstrução do fluxo dos ventos, tendo como consequência a elevação de temperatura e redução da umidade relativa do ar da região, destoando do clima local (BLAKE et al., 2011 *apud* AMBRIZZI E ARAUJO, 2014; STEWART E OKE, 2012; CASTALDO, 2017). Também se encontra nos meios de transporte de carga e de mobilidade, a emissão de CO<sub>2</sub>, metano e entre outros gases poluentes para atmosfera, em decorrência do uso e da queima de combustíveis fósseis (STANGANINI E LOLLO, 2015; MARICATO, 1996).

A razão pela ênfase que se deu aos efeitos colaterais no ambiente, influenciada pela alteração em larga escala sob a cobertura do solo e no modelo de sociedade, tendo como consequência o impacto no clima, causando variações na temperatura em escalas regionais. Isso passou a ocorrer devido à redução de evapotranspiração e menor coeficiente de reflexão da radiação solar (albedo), assim, corroborando para a absorção da radiação pelo solo do ambiente (AMBRIZZI E ARAUJO, 2014; SAMPAIO *et.al*, 2007). Além dessas relações, há o problema com a queima e/ou decomposição da biomassa, que geram, principalmente, a produção de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> que são gases que contribuem, diretamente, para a intensificação do efeito estufa e para o fenômeno do aquecimento global (STOKERS *et. al*, 2013; SELLERS *et. al*, 1997; LIU *et. al*, 2015).

Com relação às emissões de gases de efeito estufa, a alteração da cobertura do solo se destacou como um dos importantes fatores para o aumento

da concentração de gases, causando cerca de 35% das emissões nos últimos séculos (HOUGHTON e HACKLER, 2001). No mesmo sentido, a área urbana, é indicada como o ambiente com maior parcela de emissão de CO<sub>2</sub>, alcançando 70% das emissões de GEE (BIROL, 2010). Isso se deve às diversas atividades que se encontram no limite urbano que, muitas vezes, têm o seu funcionamento promovendo incompatibilidades com a sustentabilidade. Por exemplo, a necessidade de manutenção das produções industriais, o uso de combustível fóssil por automóveis, os lixões a céu aberto e outras atividades, que se convertem, direta e indiretamente, em impactos negativos na qualidade de vida da população (OLMO, 2010, GOUVEIA, 1999).

Nesse contexto, essa pauta passou a ser apresentada e tratada com grande preocupação e com frequência em congressos e cúpulas mundiais, que se converteram em metas para redução de emissão de poluentes e em atitudes de atividades econômicas, monitoramento e em formas de mitigação dos efeitos colaterais das atividades antrópicas (GOUVEIA, 1999; ROSEIRO E TANKAYANAGUI, 2004). Nesse sentido, houve a proposta de aumento da vegetação em áreas urbanas, de agricultura de precisão, de estudos para agricultura urbana e de outras formas de mitigação e de atividades sustentáveis, que passaram a ser citadas e tomar espaço nas discussões econômicas e políticas. Essas ideias se tornam necessárias, principalmente, pelo contínuo aumento populacional no mundo, refletindo em aumento de áreas urbanas, o que traria ainda mais complicações nas escalas macro, meso, topo e micro no sistema climático, podendo impactar na segurança alimentar e na qualidade de vida humana (JIA *et al.*, 2019; HARTMANN *et al.* 2013).

### **3.1.3. As áreas verdes e seu reflexo no meio urbano**

A área verde, como já citado, é um importante meio de mitigação e atenuação dos impactos e efeitos colaterais promovidos pelo ambiente urbano. Nesse sentido, é necessário entender o significado e o conceito de áreas verdes e tratar como prioritários os serviços ecossistêmicos reproduzidos por essas áreas, e visualizar que existe alta demanda de suas contribuições no meio urbano, seja ela em escala local, regional ou global (NOWAK E DWYER, 2007 *apud* MUÑOZ E FREITAS, 2016).

O Ministério do Meio Ambiente, caracteriza as áreas verdes como:

“Cobertura vegetal, arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. Essas áreas verdes estão presentes numa enorme variedade de situações: em áreas públicas; em áreas de preservação permanente (APP); nos canteiros centrais; nas praças, parques, florestas e unidades de conservação (UC) urbanas; nos jardins institucionais; e nos terrenos públicos não edificados” (MMA, 2020).

Nesse sentido, há diversas Leis que definem, regulamentam e classificam os formatos de vegetação, seja ela intraurbana ou não como, por exemplo, a Lei Nº 12.651, de maio de 2012, também conhecida por código florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Nessa Lei, é definida, dentre as variadas formas de preservação, a Área de Preservação Permanente (APP), citada pelo MMA. A APP é definida como:

“II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Dentre outras formas de áreas verdes, encontram-se caracterizadas as Unidades de Conservação (UC) que, normalmente, são identificadas dentro do limite urbano como UCs de uso sustentável (UC-US) devido as suas atribuições serem compatíveis entre a conservação e uso sustentável dos recursos da região integrada à UC. No grupo de UC-US identificam-se as formas de conservação como as Áreas de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico, Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas, Reservas de Fauna, Reservas de Desenvolvimento Sustentável e as Reservas Particulares de Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

Diante de outros modelos de áreas verdes, parte de sua definição fica reservada à regulamentação do município, considerando-se o formato, o dimensionamento e o ordenamento da conservação de áreas vegetadas, em decorrência dessas terras estarem inteiramente interligadas e, muitas vezes, estarem relacionadas a projetos privados e loteamento, com o objetivo de

preservar e garantir o bem estar social, lazer, espaços públicos e praças (BRASIL, 2001; BRASIL, 1979).

Frente a essa responsabilidade, o município de Campinas traz em seu Plano Diretor, publicado em 2018, diversas diretrizes no âmbito do assunto das áreas verdes, promovendo o incentivo de áreas verdes na região, em busca da proteção de mananciais, emprego das áreas verdes para função socioambiental, ecológica, lazer e saúde da população (CAMPINAS, 2018).

Ainda sobre as áreas verdes em Campinas, para haver o emprego e reconhecimento de uma determinada área verde a partir de um critério mais rigoroso, o município de Campinas utiliza como parâmetro a Lei Complementar N°213, de 22 de maio de 2019, que dispõe sobre o Banco de Áreas Verdes (BAV) do município de Campinas, que estabelece a área verde a partir de:

“Consideram-se áreas verdes os espaços que garantam as funções ecológicas e sociais, cuja área permeável ocupe, no mínimo, 70% (setenta por cento) de sua área total, possuindo vegetação de qualquer porte (herbácea, arbustiva e/ou arbórea), em áreas públicas ou privadas, rurais ou urbanas” (CAMPINAS, 2019).

É importante destacar a relevância dos serviços ecossistêmicos propiciados pelas áreas verdes, contribuindo para o bem-estar social da população urbana. Dentre os seus benefícios, encontram-se a proteção e redução de pressão em recursos hídricos, controle da poluição sonora, principalmente, quando localizada próxima de vias expressas. Além desses pontos, as áreas verdes também promovem a absorção de CO<sub>2</sub> e auxiliam no conforto térmico, corroborando para evitar o aumento da temperatura do ar, a redução a umidade relativa do ar, o aumento da reflexividade (albedo) na região, reduzindo a radiação solar direto na superfície terrestre, podendo tornar uma determinada região mais resistente a impactos microclimáticos (NOWAK E DWYER, 2007 *apud* MUÑOZ E FREITAS, 2016; CASTALDO *et al.*, 2017; BOWLER *et al.*, 2010).

### **3.2. Ferramentas de monitoramento ambiental.**

Esse item aborda a fundamentação teórica relacionada aos métodos de medição e mapeamento.

### **3.2.1. O sensoriamento remoto e o geoprocessamento**

A coleta de dados para monitoramento ambiental pode ser realizada a partir da utilização de ferramentas como o sensoriamento remoto, juntamente com as geotecnologias, como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podendo auxiliar em processos de planejamento, investigação e análises de uma região, a partir da produção de mapas com informações pertinentes a uma possível área a ser monitorada (STANGANINI e LOLLO, 2015; MANGANHOTTO *et al.*, 2017; MENDONÇA, 2011).

O sensoriamento remoto tem seu conceito descrito por Novo (2010) como uma forma de se entrar em contato com alguma matéria que não seja de forma física. As aplicações desse incluem, por exemplo, o uso de sensores sonares ou acústicos que reproduzem um material a partir do retorno e alteração da onda sonora. No âmbito das tecnologias espaciais, é considerado como sistema já estabelecido e adotado a aquisição de informações espaciais a partir da alteração e mensuração impostas sobre o campo magnético. A sua aplicação, é realizada a partir de pulsos de radiação eletromagnética, tendo maior confiabilidade devido a essa abordagem de sensoriamento não se restringir a meios de propagação como por meio de ondas sonoras, que propagam o som e recepciona os ecos para a geração de dados sensoriais, podendo não ser efetivos para aplicações de mapeamento e identificação da morfologia do solo e/ou características urbanas. O sistema descrito pelo autor, sensoriamento por ondas eletromagnéticas, pode auxiliar em aplicações para áreas urbanas, agrícolas, geológicas, ecológicas, florestais, cartográficas, oceanográficas, hidrográficas, principalmente, como atuação de monitoramento e análises temporais.

No sentido das aplicações e estudos espaciais, são apresentadas diversas aplicações de geoprocessamento no meio ambiente. Sendo assim, encontram-se destacadas algumas ideias fundamentais de termos e ferramentas utilizados no âmbito de aplicações de métodos de mapeamento e análises espaciais, conforme segue (Silva e Zaidan, 2010).

- Geoprocessamento: é o processamento de dados geográficos para aplicações que envolvam manipulação de dados georreferenciados com mapas de satélite, dados vetoriais e

informações coletadas em um meio estudado para geração de produtos com informações para análise.

- Base de Dados Georreferenciados: são dados que envolvem a localização de uma região de estudo que circundam informações simples junto a elas e que estejam localizadas de forma precisa em mapas. Por exemplo, limite urbano do município de Campinas, que se encontra delimitada de forma precisa, representando e ilustrando todo o perímetro do município.
- Mapas de Análise de Apoio / Mapas Temáticos: são produtos de um processamento realizados em *softwares* de SIG, que resultam em informações da região que podem ser utilizadas para a realização de análises, confirmações de hipóteses e até para auxiliar na delimitação e construção de caminhos a serem seguidos em estudo espaciais e de uma região.

Por fim, os SIGs, são apontados como ferramentas metodológicas frequentemente utilizadas para aplicações de métodos de investigação, monitoramento ambiental e estudos terrestres. Por exemplo, as referências (Xavier da Silva, 2001; ZAIDAN, 2010) destacam a relevância da identificação e caracterização do ambiente e suas relações funcionais para trabalhar com o meio. Nesse sentido, a ferramenta SIG torna-se importante para procedimentos de geração de dados espaciais em virtude da sua facilidade de incorporação de dados, transformação e modelagem de dados, visualização, investigação análise de dados e tudo isso sendo gerado como dados georreferenciados, ou seja, indicando de forma precisa e confiável a localização e o comportamento de cada informação nos produtos georreferenciados gerados (BONHAM-CARTER, 1996 *apud* SILVA E ZAIDAN, 2010).

### **3.2.2. Rede de sensores e monitoramento ambiental**

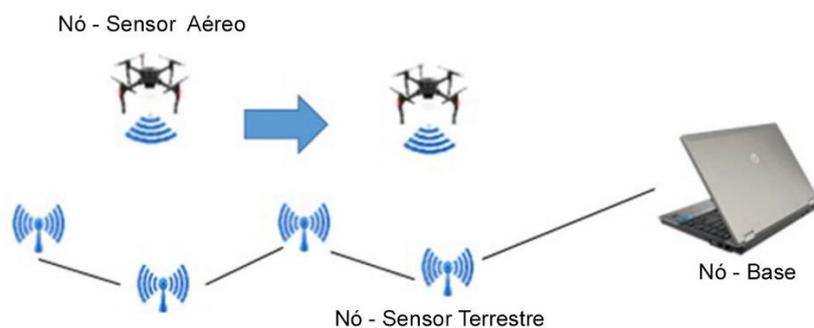
Diante dos métodos de monitoramento ambiental, encontra-se a aplicação de sensores para a obtenção de dados voltados a parâmetros de qualidade ambiental, climáticos e de conforto ambiental. Esses sensores são, muitas vezes, utilizados dentro de uma arquitetura de rede, configurando redes de

sensores sem fio (RSSF) ou redes de sensores cabeadas (TEIXEIRA, 2017; NUNES, 2008).

Nesse sentido, as redes de sensores cabeadas são estruturas que têm como função a aplicação para coleta de dados em ambientes, como medições de parâmetros físicos de um ambiente. É composta por pelo menos um nó-sensor com a função de realizar a coleta de dados e enviá-los, via cabo, para o nó-base, que tem a função de receber os dados e armazenar os dados coletados (SONG *et al.*, 2012).

Diante das RSSF, identifica-se um sistema que tem sido a principal forma de atualização e otimização sobre as redes de sensores cabeadas que sofriam com problemas de espaço e logística (GUIMARÃES, 2004 *apud* NUNES, 2008; CHANDRAMOHAN E CHRISTENSEN, 2002; CORREIA, 2017). Nesse sentido, as RSSF são caracterizadas por ser uma forma de realizar a coleta de dados remotamente e sem a utilização de cabos para essa instalação. Assim como a estrutura cabeada, a RSSF é composta por nó-sensores e nó-base com a mesma função. No entanto, em cada nó (base e sensor) se adiciona componentes como rádios e antenas, dessa forma, possibilitando a realização de comunicação via radiofrequência (CORREIA, 2018; PASSO *et al.*, 2016). A **Figura 5** ilustra um exemplo de RSSF, contendo 4 nós-sensores térreos, 2 nós-sensores aéreos, representado por drones e por fim o nó-base, representado pelo laptop.

**Figura 5** - Exemplo de arquitetura de uma RSSF.



Os nós-sensores são, basicamente, constituídos por um microprocessador, memória, bateria e sensores, podendo ser incorporados mais de um sensor para gerar medições de mais de um parâmetro. Ainda que seja intuitivo, é interessante especificar o funcionamento de cada um desses dispositivos. O sensor é um dispositivo com sensibilidade para detecção de

algumas formas de energia, convertendo-as em estímulos físicos ou químicos, sendo importante para medidas de variáveis ambientais, como a pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, etc. (THOMAZINI, 2011 *apud* CORREIA, 2017); SILVA, 2013). A bateria é a responsável pela alimentação de todo o sistema (OLIVEIRA, 1998 *apud* CORREIA, 2017). O microprocessador é o elemento encarregado pelo processamento dos dados e execução de tarefas (LOUREIRO *et al.*, 2003)

## 4. Metodologia

Neste Capítulo, serão apresentados a área de estudo, sua caracterização, os métodos utilizados para a coleta e análise de dados e os testes realizados.

### 4.1 Caracterização da Área de Estudo

Nesse item, será realizado o detalhamento da localização da área selecionada para estudo e sua caracterização. Os dados geoespaciais em questão foram construídos a partir de uma imagem produzida pelo satélite CBERS 4A. Para a montagem das imagens, foi necessária a utilização de quatro bandas fornecidas pelo satélite, sendo as bandas 3, 2 e 1, assim, compondo a formação vermelha (R), verde (G) e azul (B). A quarta banda, pancromática, é representada pela banda 0, sendo utilizada na formulação da imagem de satélite com o intuito de aperfeiçoar e otimizar a qualidade do produto final gerado, assim, possibilitando com que a imagem em questão alcance a resolução de 2 metros por pixel.

A manipulação da imagem, criação de mapas temáticos e interpolação de informações foram trabalhadas no *software* de SIG ArcGIS 10.3.1, tanto para manipulação da imagem de satélite quanto para inserção e interpolação de dados externos às informações. Para o desenvolvimento, precisão e assegurar o processo de manipulação das informações no *software*, foi utilizado, como padrão, em todos os tipos de arquivos (vetores e rasters) o Datum SIRGAS 2000 e zona UTM 23 Sul.

#### 4.1.1 Localização da Área de Estudo

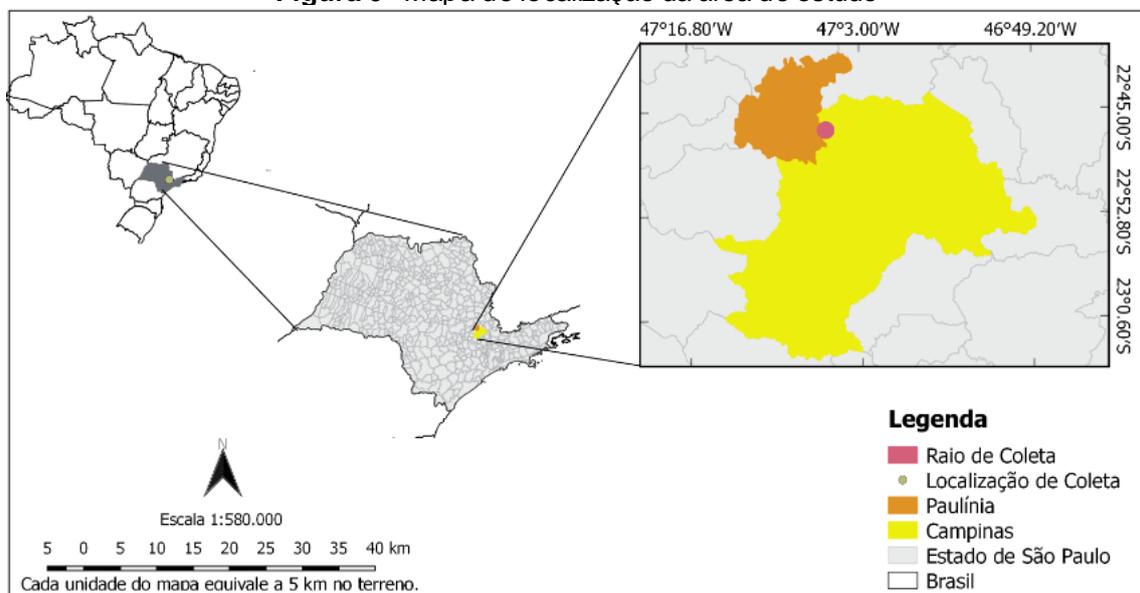
A área de estudo deste trabalho corresponde à Área de Preservação Permanente (APP), localizada na Divisa dos municípios de Campinas e Paulínia, estando ao Noroeste de Campinas, na região de Barão Geraldo, próxima ao Residencial Terras do Barão e ao Sudeste de Paulínia, na região do Parque das Indústrias, ao lado do Residencial Paineiras. Na **Figura 6**, encontra-se a ilustração de um mapa de localização da área de estudo nos municípios de Campinas e Paulínia, na escala de 1:580.000.

A região em questão encontra-se situada a noroeste dos limites da Bacia hidrográfica do rio Anhumas, próxima à foz do rio Atibaia e em uma região de

transição entre o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica, contendo terrenos compostos por argissolos com influência de diabásio, fragmentos de Mata Atlântica e extensa ocupação urbana (GOMES *et al.*, 2004 *apud* FRANCISCO, 2006). A ilustração da localização da área de estudo sobre a Bacia do Anhumas encontra-se na **Figura 7**.

O clima local é representado pelas características típicas de zonas tropicais de baixa altitude, inverno seco e verão chuvoso. Sendo assim, a temperatura local tende para valores abaixo de 18°C no inverno, com o mês de junho sendo o mais frio, e valores acima de 24°C no verão, assim, identificando-se o clima da região com a característica mesotérmica de inverno seco (Cwa), segundo a classificação de Köppen-Geiger (FRANCISCO, 2006; JACOMAZZI, 2015).

**Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo**

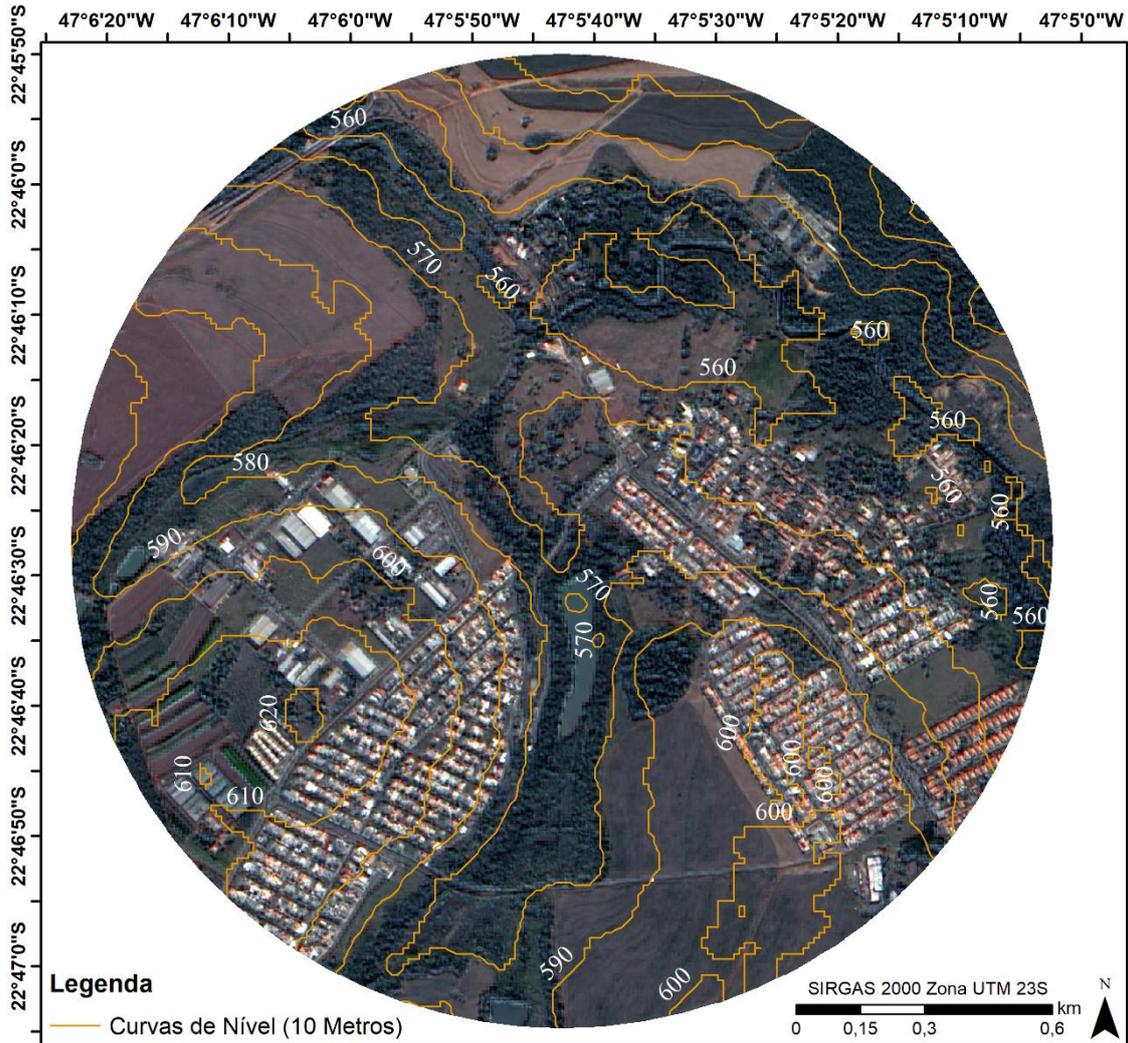


Uma vez descritas as características de localização da área de estudo, é de grande importância compreender como encontra-se o uso e ocupação do solo na região. Para isso, é importante compreender como os Planos Diretores das duas cidades (Campinas e Paulínia) se apresentam para a região estudada.



Na **Figura 8** encontra-se ilustra a elevação do terreno na área de estudo, sendo destacado em laranja pelas curvas de nível da região extraídas a partir da dados de imagens da manda MDE (Modelo Digital de Elevação) do satélite ALOS. Como apresenta a **Figura 8**, também, é possível identificar as áreas mais elevadas que circundam os residenciais e áreas agrícolas, alcançando cotas de 600 a 610 metros. Quando as áreas com desníveis foram identificadas próximas a áreas vegetadas e possíveis corpos d'água.

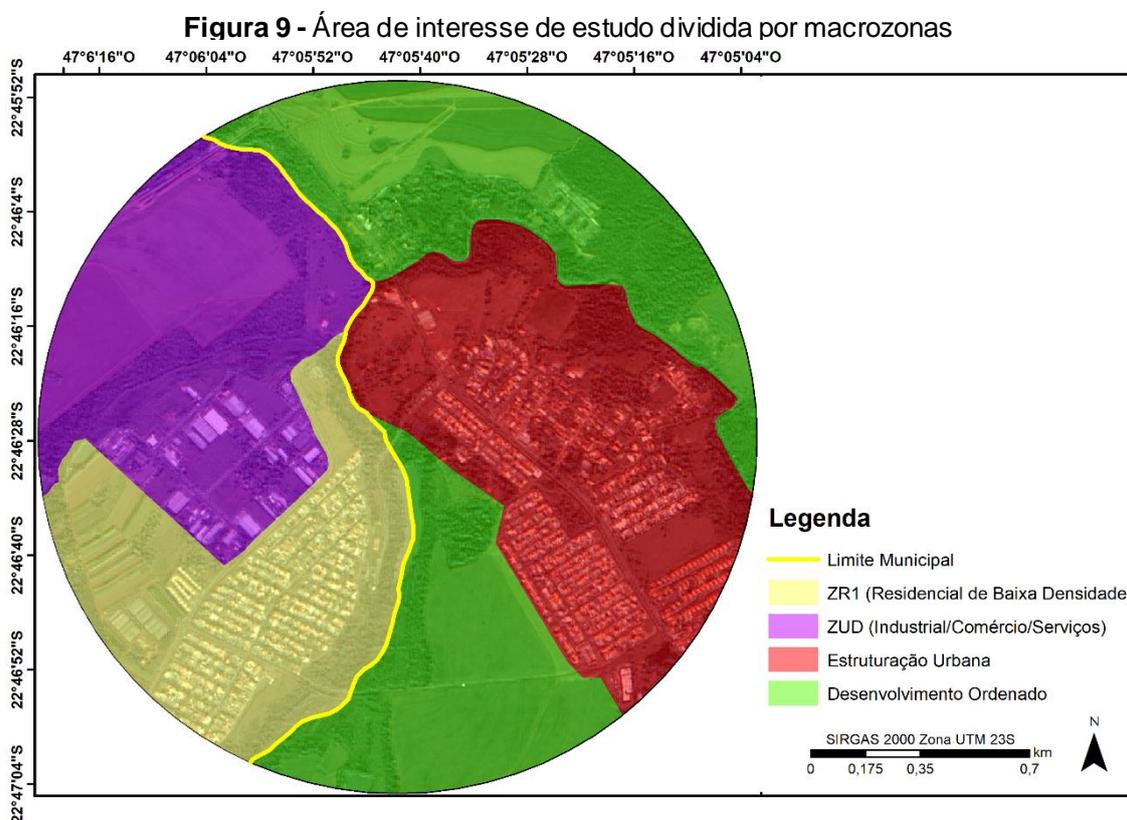
**Figura 8 -** Curvas de nível da área de estudo



Na parcela que se encontra situada nos limites do município de Campinas, identifica-se duas formas distintas de ocupação segundo o Plano Diretor, a macrozona de Estruturação Urbana e a de Desenvolvimento Ordenado, concentrando maior parcela do campo de estudo, como apresentado na **Figura 9**, ilustrando o limite de cada macrozona dentro da área de estudo. Nessa Figura, está destacada a área escolhida para estudo, com raio de 1150 metros a partir da APP como ponto central de referência e inserida entre as latitudes 22°45,8 e 22°47,1 Sul e longitudes 47°5,1 e 47°6,3 Oeste. Sua extensão é composta pelos zoneamentos de Estruturação Urbana (Vermelho), Desenvolvimento Ordenado (Verde), Zona Predominantemente Residencial (Amarelo) e a Zona Diversificada Industrial, Comércio e Serviços (Roxo) e a divisa entre os municípios de Campinas e Paulínia (Linha Amarela).

A macrozona de Estruturação Urbana é composta por áreas que são caracterizadas de forma integralmente urbana e não necessariamente consolidadas, podendo conter vazios urbanos e se caracterizando por regiões de baixa e média densidades. Sendo assim, a macrozona em questão tem como foco de políticas públicas o engajamento e promoção de ocupação desses vazios urbanos, fomentando a qualificação de áreas vulneráveis, seja no âmbito socioeconômico, urbanístico ou ambiental (CAMPINAS, 2018).

Na macrozona de Desenvolvimento Ordenado, identifica-se como o objetivo principal a garantia de melhoria de acesso ao escoamento de atividades agropecuárias, preservação sustentável do meio ambiente e fomentar o desenvolvimento sustentável da região. Sendo assim, a macrozona se caracteriza como zona rural, ou seja, com atividades agrícolas no local e poucos atributos urbanos (CAMPINAS, 2018).



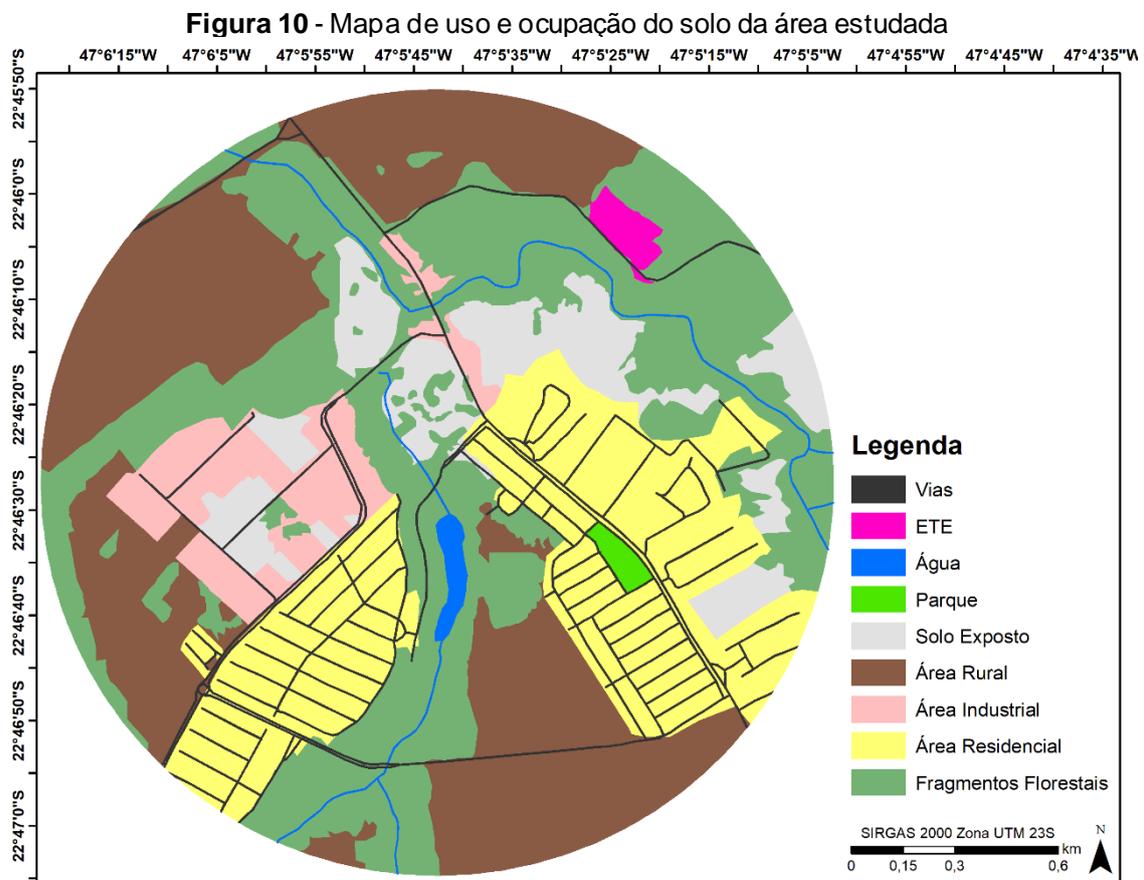
#### 4.1.2. Caracterização e classificação do uso e ocupação do solo

Ao analisar a região da área de interesse para o estudo, além das divisões por zoneamento, identificam-se diversos fragmentos florestais com ligações

entre si formando corredores, estando em contato direto com múltiplos tipos de uso e ocupação de solo, como ilustrado no mapa da **Figura 10**. Com aspectos de baixo índice de vegetação e solo exposto, encontram-se áreas que contemplam atividades agrícolas e áreas com características de vazio urbano, rodeadas por ambientes construídos.

As áreas construídas encontradas na região podem ser separadas por grupos de áreas residenciais, estruturas com até dois pavimentos e distribuídas em complexos residenciais com características de condomínios fechados. Com atributos diferentes, estruturas como galpões metálicos e complexos empresariais de até três pavimentos são encontrados em locais com características industriais e comerciais.

Diante dos aspectos apresentados, o mapa da **Figura 10** ilustra o uso e ocupação do solo na região.



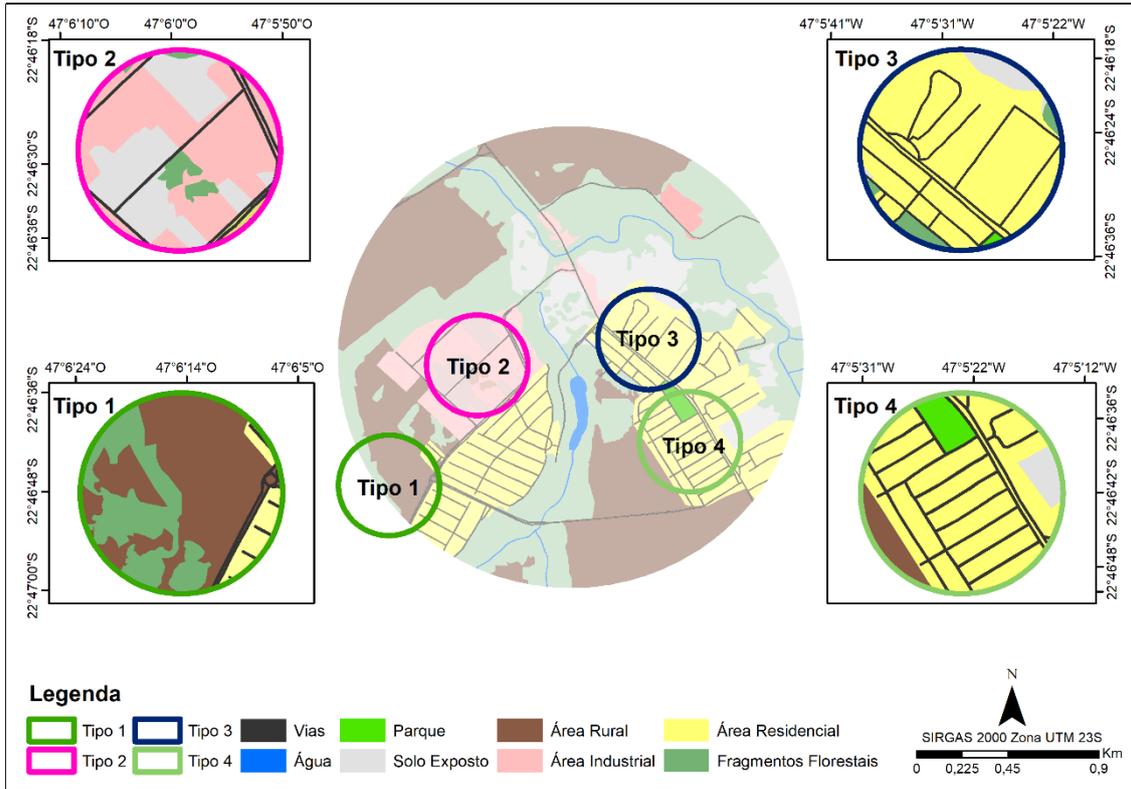
Para avaliar e validar o comportamento do uso e ocupação da região estudada, foi realizado um procedimento de caracterização e classificação da área a partir da metodologia proposta por Stewart e Oke (2012). O modelo proposto consiste na classificação do uso e ocupação do solo para estudos que

envolvam análises de temperatura, conforto e clima do meio ambiente. Diante disso, a metodologia consiste em uma avaliação do meio a partir de parâmetros como coeficientes de áreas permeáveis e impermeáveis, interpolação com dados de fatores de visão do céu e coeficiente de rugosidade. Sendo assim, a partir do resultado do cruzamento desses dados, enquadra-se a morfologia da área segundo os cenários estipulados Stewart e Oke (2012).

Dando início ao processo de caracterização da LCZ, foi necessário dividir em duas etapas a caracterização da área. Primeiramente, buscou-se entender o que poderia ser classificado sem entrar em contato direto com a área de estudo e, a partir dessas escolhas, delimitar raios de 250 metros para caracterização de cada uso e ocupação do solo em houve necessidade de contato direto com a área de estudo.

Dessa forma, foram identificadas áreas de vegetação com uma classificação do tipo A, floresta fechada, seguindo os enquadramentos de Stewart e Oke (2012) e para solo exposto, vazios urbanos e rural como tipos similares entre si, mas que ainda assim há a necessidade de contato direto a área de estudo para a realização de cálculos e enquadramentos. A partir disso, foram delimitadas 4 áreas com raios de 250m, para a realização da classificação das zonas que envolvam residenciais, áreas econômicas e interações com solo exposto ou ambiente não construído. Para ilustrar a distribuição dos mapas de forma clara, destaca-se cada região e seu tipo na **Figura 11**, onde os arcos estão ilustrados pelas cores verde escuro, rosa, azul escuro e verde claro, representando os tipos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

**Figura 11 - Mapa de localização das regiões utilizadas para avaliação da LCZ**

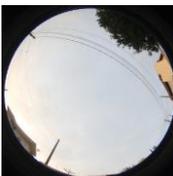


Diante das características expostas pelo mapa da **Figura 11**, foram realizados os cálculos de área construída, área permeável, área impermeável e a relação da altura ( $H$ ) pela largura da fachada ( $W$ ). Os resultados desses cálculos encontram-se descritos na **Tabela 2**. Para calcular os valores de fator de visão do céu (FVC) descritos na tabela, foi realizada uma seção de fotos utilizando uma câmera profissional que tivesse suporte para a lente olho de peixe, a qual possibilita fotos da abrangência do céu, assim, viabilizando o cálculo do FVC no *software* Rayman a partir das imagens resultantes.

Ainda na **Tabela 2**, encontram-se descritas as possíveis classificações de LCZ identificadas ao enquadrar os resultados na classificação de Stewart e Oke (2012). Onde, de forma geral, serão os itens que indicaram qual a forma de ocupação da região e suas principais características. A descrição de cada item classificado, encontra-se descrito na **Tabela 3**

Devido à proximidade e por conterem características similares, os tipos 1 e 2 foram utilizados como padrões de áreas com características residenciais. Para características de solo exposto, vazio urbano e áreas com atividades agrícola, optou-se por manter uma mesma classificação LCZ em decorrência de suas similaridades e importância para o clima de cada ambiente.

**Tabela 2 - Resultados da classificação da LCZ**

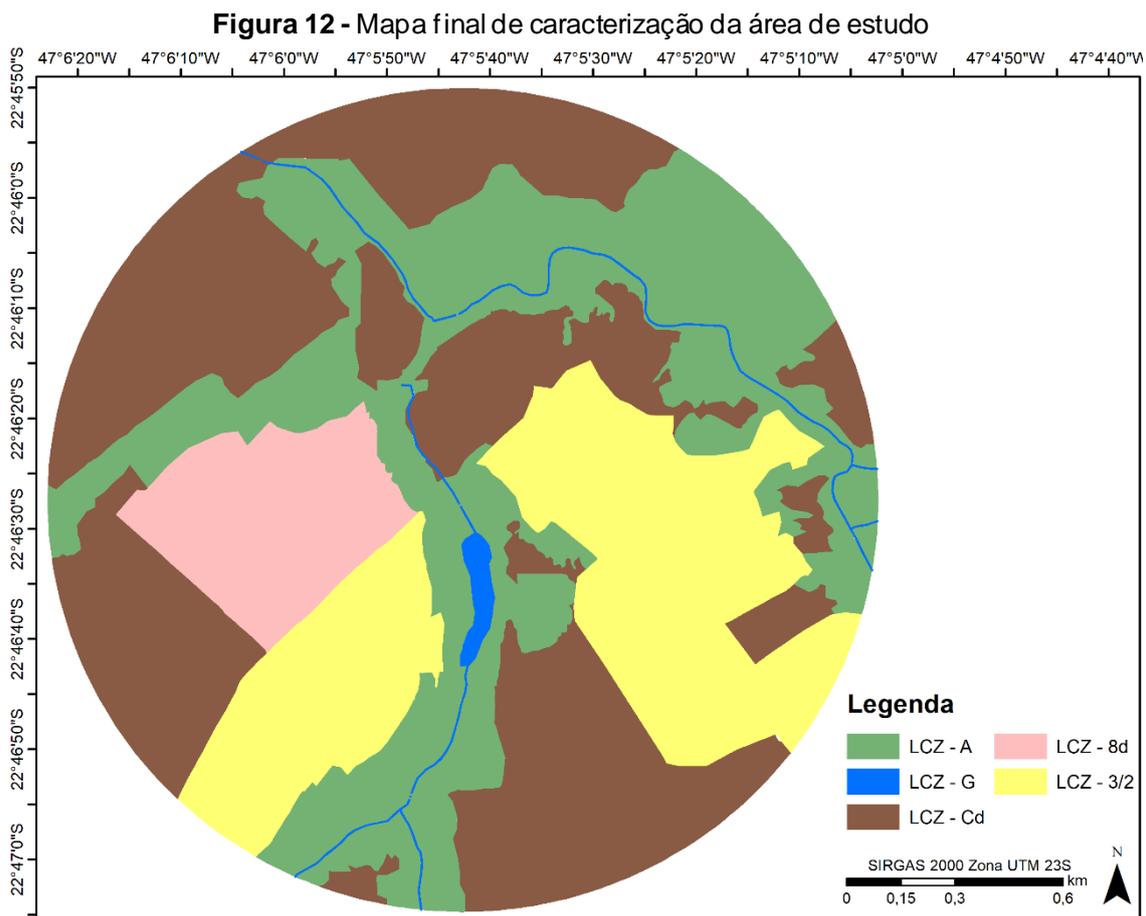
Tipo	Foto Visão do Céu	Fator de Visão do Céu	H/W	Área Construída	Área Impermeável	Área Permeável	Possíveis Classificações de LCZ
1		0,93	0,41	8%	11%	89%	C e D
2		0,93	0,54	59%	61%	39%	5, 6, 8 e 10
3		0,81	0,82	80%	90%	10%	2
4		0,85	0,82	70%	82%	18%	2 e 3

Diante das possibilidades identificadas, optou-se por manter um número total de 5 zonas climáticas, compostas por Solo exposto (C<sub>d</sub>), Atividades Comerciais e Industriais (8<sub>d</sub>), Residencial (3<sub>2</sub>), Floresta (A) e Corpo D'água (G). Na **Tabela 3**, são detalhadas as LCZ adotadas e para qual tipologia, sua nomenclatura segundo os autores da metodologia e as características principais de cada região.

**Tabela 3 - Classificação final e suas características**

Tipo	LCZ	Nomenclatura Stewart e Oke (2012)	Características
Solo Exposto	C <sub>d</sub>	C - Arbustos; D - Plantação rasteira.	Mescla de vegetação rasteira, atividade agrícola e arborização espaçada. A área pode conter características rurais e também de vazio urbano.
Atividades Comerciais e Industriais	8 <sub>d</sub>	8 - Estruturas baixas e espaçadas; D - Plantação Rasteira.	Mescla de ambiente construído com espaçamento entre estruturas e de altura de 15 metros, tendo contato com parcelas de solo exposto ou vegetação rasteira. Dessa forma, o ambiente é representado por barracões e prédios comerciais espaçados em áreas significativas de solo exposto ao redor das construções.
Residencial	3 <sub>2</sub>	3 - Construções baixas e densas; 2 - Construções de altura mediana e densas	Mescla de ambientes construídos com pouco espaçamentos e baixa largura de vias, tendo até dois pavimentos, somando de 7 a 8 metros de altura.
Floresta	A	A - Floresta densa	Mata com arborização fechada.
Corpo D'água	G	G - Água	Corpos d'água com características de rios e lagos.

A partir dos resultados obtidos e exibidos pela **Tabela 3** foi construído um novo mapeamento da área a partir dessas informações, onde encontram-se ilustrados pela **Figura 12**, a qual é apresentada como a ilustração do mapa final de uso e ocupação da área estudada. Nela já se encontra exibido na legenda a nova classificação construída a partir da caracterização da área de estudo abordando apenas as zonas delimitadas. Sendo assim, é possível a partir desse mapa, compreender que cada ambiente terá um comportamento diferente para cada região e suas áreas de transição podem apresentar comportamento físicos diferentes (STEWART E OKE, 2012; SOERIA, 2018).



## 4.2. Coleta de Dados

Nesse item, será apresentada a metodologia para a coleta de dados.

### 4.2.1. Distribuição dos pontos de coleta

A coleta de dados ocorreu parte na região de Campinas e parte no município de Paulínia com uma igual distribuição de quantidade de pontos de coleta, procurando formar um efeito de espelhamento. Nesse sentido, o Ponto 1

foi utilizado como ponto referência e comum para ambas as regiões, uma vez que se encontra localizado próximo à Área de Preservação Permanente. A distribuição desses pontos se estabeleceu de forma que cada um deles tivesse uma característica própria ou então, considerando sua distância com relação à APP.

Na **Tabela 4**, encontram-se os pontos distribuídos conforme o município e as características de suas proximidades.

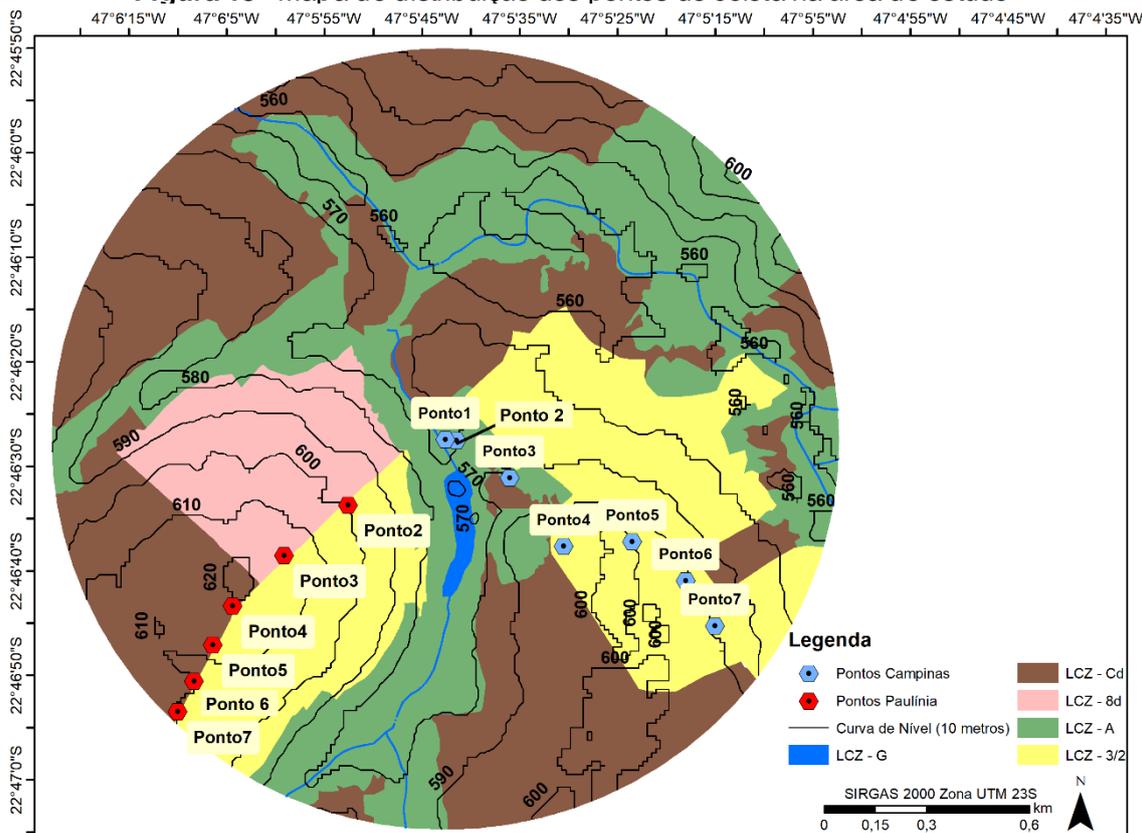
**Tabela 4 - Características locais dos pontos de coleta**

<b>Campinas</b>		<b>Paulínia</b>	
<b>P. Coleta</b>	<b>LCZ abrangido</b>	<b>P. Coleta</b>	<b>LCZ abrangido</b>
Ponto 1	Alto nível de vegetação	Ponto 1	Alto nível de vegetação
Ponto 2	Alto nível de vegetação	Ponto 2	Residencial + ZUD*
Ponto 3	Vegetação Espaçada	Ponto 3	Residencial + ZUD*
Ponto 4	Vegetação, Agricultura e Residencial	Ponto 4	Avenida e Agricultura
Ponto 5	Residencial e Parque	Ponto 5	Avenida, Agricultura e Residencial
Ponto 6	Estrada e Residencial	Ponto 6	Avenida, Agricultura e Residencial
Ponto 7	Estrada e Residencial	Ponto 7	Avenida, Agricultura e Residencial

\* ZUD - Zona de diversidade Industrial, Comercial e de Serviços

Na **Figura 13**, encontram-se ilustrados os pontos indicados pela **Tabela 4**. É importante salientar que os pontos 5, 6 e 7 são pontos importantes devido a sua localização próxima a estradas de fluxo maior de automóveis que nas demais localizações e sob as áreas mais altas da região, podendo apresentar diferentes interferências nos níveis de concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do ar. Quanto às áreas mais arborizadas e próximas à corpos d'água, identifica-se áreas com menores altitudes. Além de demonstrar a localização de cada ponto, é importante destacar que é possível visualizar as LCZ que estão interagindo com cada ponto de coleta da região, sendo assim, é possível observar as possíveis áreas de influência para cada ponto.

**Figura 13 - Mapa de distribuição dos pontos de coleta na área de estudo**



#### 4.2.2. Método utilizado para coletar os dados

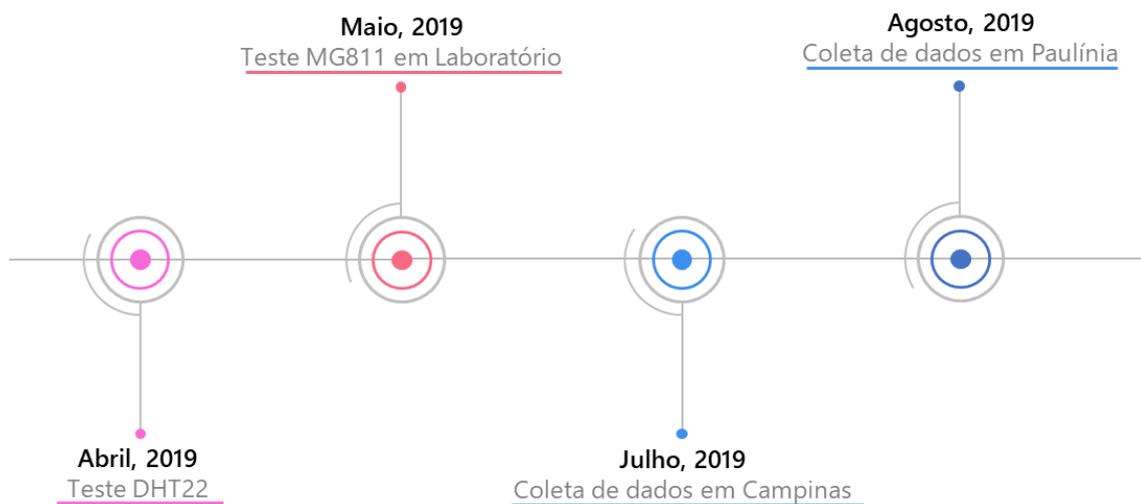
Tendo descrito a área selecionada e os pontos de interesse para coleta de dados, é importante determinar quais parâmetros de qualidade ambiental serão analisados na região para que seja possível a identificação da contribuição das áreas verdes. Nesse sentido, foram selecionados, para a realização da coleta, os parâmetros microclimáticos de umidade relativa do ar, a temperatura do ar e a concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que, mesmo não afetando o microclima, pode ser um parâmetro importante para identificar a intensidade de ações antrópicas na região próxima à APP.

Para realizar a coleta, optou-se pelo uso de sensores eletrônicos e comerciais como o sensor DHT22 para medições dos parâmetros de temperatura do ar e umidade relativa do ar, enquanto que para se obter dados de concentração de  $\text{CO}_2$ , foi selecionado o sensor MG811. Junto aos sensores, foram utilizadas placas *protoboard*, microprocessadores e adaptadores de cartão SD para armazenamento de dados e bateria para alimentar o sistema, desta forma, compondo o nó-sensor para coleta em campo.

Antes da aplicação dos sensores diretamente na área em estudo, foram realizados alguns testes e, posteriormente, o trabalho de campo. Esses testes foram necessários para entender o comportamento do sensor sob exposição dos parâmetros a serem estudados. Alguns cuidados na realização das coletas foram necessários, como manter ambos os nós-sensores sobre um caderno, evitando contato direto com meu corpo a uma altura de aproximadamente 1,5 metros e segurando afastado a 1 metro de distância do corpo com o braço esticado.

Na **Figura 14** é ilustrada a ordem cronológica com que foram realizados os testes e coletas de campo, destacando ano e mês de cada processo, desde a realização de testes com os sensores, como a realização de coletas de campo na área estudada.

**Figura 14** - Cronologia dos testes e coletas de campo.



Em abril de 2019, identificou-se a necessidade da realização da exposição do sensor DHT22 para compreender o seu comportamento com interação direta da radiação solar e em sua estabilização em transição de ambientes. Para esse teste, descrito no tópico 4.3.1, foi utilizado o ambiente de um carro como ambiente mais quente, enquanto, como um ambiente mais fresco, utilizou-se apenas o lado externo do automóvel, o qual estava estacionado em uma área aberta e sem sombra.

O segundo teste, realizado em maio de 2019, descrito no tópico 4.3.2, foi realizado visando expor o sensor MG811 a condições além dos limites indicados pelo fornecedor. Para tal feito, foi necessário o manuseio de agentes químicos em laboratório para emular a reação entre componentes que gerassem o dióxido de carbono. A partir dessa reação foi elaborado uma estrutura que fizesse com

que o sensor ficasse exposto diretamente ao gás produzido pela reação emulada.

Uma vez determinados os dados que deveriam ser coletados e realizados os testes necessários com os sensores, tornou-se necessário estipular um período para a realização da coleta. Optou-se por dois períodos distintos, sendo o primeiro das 10:00hs às 11:00hs em decorrência de ser o momento de maior irradiação solar. Como segundo período de coleta, estipulou-se o horário entre 14:00hs e 16:00hs para a realização de coletas no horário mais quente do dia em decorrência da saturação de calor do solo, que passa a liberar energia térmica, aumentando a temperatura (MOREIRA, 2015; LANDSBERG, 1956).

Tendo os horários e localizações definidos, se tornou necessário identificar a forma mais rápida de coleta dos dados para evitar a diferença de temperatura e umidade do ar do primeiro para o último ponto de coleta. Sendo assim, optou-se pela locomoção com o automóvel de um ponto ao outro, tornando-se necessária realizar paradas com o automóvel em cada um dos locais selecionados para a realização da coleta.

Para cada parada, era preciso sair do automóvel, esperar um tempo de, aproximadamente, três minutos para a estabilização do sensor, melhorando a confiabilidade dos dados. Sendo assim, o nó-sensor era ativado para iniciar as coletas. Para cada ponto de coleta, as medições duravam, aproximadamente, três minutos para que fosse possível executar todo o percurso (Ponto 1 ao Ponto 7) no menor tempo possível, permitindo que o resultado do início do percurso fosse condizente com o resultado do final do percurso.

As coletas na parcela de Campinas (rever **Figura 13**), localizada próximo ao Residencial do Terras do Barão, para avaliar a contribuição das áreas verdes, foram realizadas nos dias 18 e 19 de julho de 2019. Após a revisão dos resultados, verificou-se a necessidade da inclusão de um tempo de 3 minutos da ativação do sensor de temperatura e umidade do ar, pois foi o tempo que o sensor apresentou para estabilizar as suas medidas e gerar dados confiáveis, como apresentado no item 4.3.2 (Teste 2).

Para a compreensão da possível influência da APP ao meio estudado, identificou-se a necessidade da realização da coleta dados na parcela de Paulínia, criando uma forma de espelho. Para isso, a distribuição dos pontos de coleta foi realizada próximo da região do Parque das Indústrias de Paulínia

(**Figura 13**). Sendo assim, a coleta foi realizada em 27 de agosto de 2019, possibilitando uma visualização preliminar da contribuição da APP tanto para a parcela de Campinas à direita, quanto para a parcela de Paulínia à esquerda da **Figura 13**.

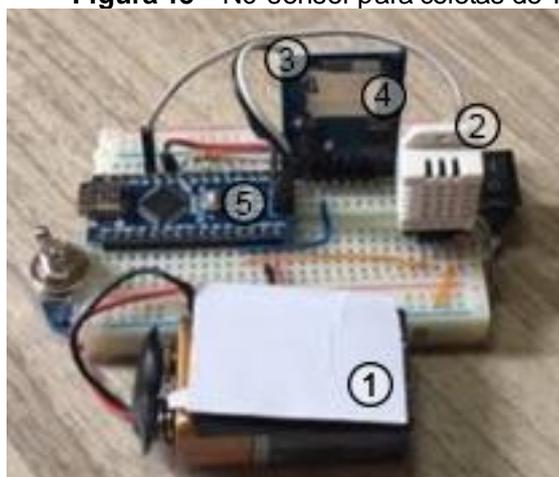
Após esses experimentos na área de estudo, observou-se, a partir dos resultados, a necessidade da aplicação de métodos estatísticos para a identificação de *outliers* (erros nas medições) e para melhor análise das medições realizadas. Nesse sentido, foram aplicados métodos de análise descritiva para inserir os dados nos gráficos a partir da média, mediana e pontos de máximo e mínimo das coletas. Para finalizar a análise a partir de métodos estatísticos, foi aplicado o teste da mediana de MOOD (MINITAB, 2020).

#### 4.2.3. Sensor de Temperatura e Umidade Relativa do Ar – DHT22.

O sensor DHT22 apresenta em suas especificações uma faixa de alcance de temperatura do ar entre -40 e 80 °C e, para umidade relativa do ar, o sensor opera na faixa de 0 a 100%. A precisão apontada pelos fornecedores é de  $\pm 0,5$  °C para temperatura e de  $\pm 2\%$  para a umidade (AOSONG ELECTRONICS, 2020)

Para a utilizar o sensor, foi necessário acoplá-lo em uma placa *protoboard* juntamente com um microprocessador Arduíno Nano, adaptador de cartão de SD para armazenamento das informações coletadas e uma bateria de 9V, configurando um nó sensor. Na **Figura 15**, encontra-se ilustrado o sensor DHT22 montado juntamente com todos os itens citados, configurando um nó sensor.

**Figura 15** – Nó-sensor para coletas de Temperatura e Umidade do Ar



- 1 - Bateria 9V
- 2 - Sensor DHT22
- 3 - Adaptador de SD
- 4 - Cartao SD (Armazenador de Dados)
- 5 - Microprocessador

#### 4.2.4. Sensor de concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – MG811

O sensor MG811 apresenta, em suas especificações, uma faixa de alcance de detecção de CO<sub>2</sub> de 0 a 10.000 ppm, podendo trabalhar em um ambiente com variações de -10 a 50°C. A sua sensibilidade é de nível alto, captando instantaneamente qualquer alteração de emissão de CO<sub>2</sub> no ambiente em que ele se encontra. Seu ajuste é feito a partir do processo de queima/aquecimento do sensor (deixar ligado até que aqueça) para poder executar a sua coleta (PARALLAX, 2010).

Para utilizar o sensor, assim como o DHT22, foi necessário acoplá-lo a uma placa *protoboard* juntamente com um microprocessador Arduíno Nano, adaptador de cartão de SD para armazenamento das informações coletadas e uma bateria Lipo de 11.1V com 1500 mAh e 30C para suportar o consumo de energia do sensor. Na **Figura 16** encontra-se ilustrado o sensor MG811 montado juntamente com todos os itens citados, configurando um nó-sensor.

**Figura 16** – Nó-sensor para coleta de dados de concentração de CO<sub>2</sub>



- 1 - Bateria 11.1V
- 2 - Sensor MG811
- 3 - Adaptador de Cartão SD
- 4 - Cartao SD  
(Armazenador de Dados)
- 5 - Microprocessador

### 4.3 Testes de validação dos sensores

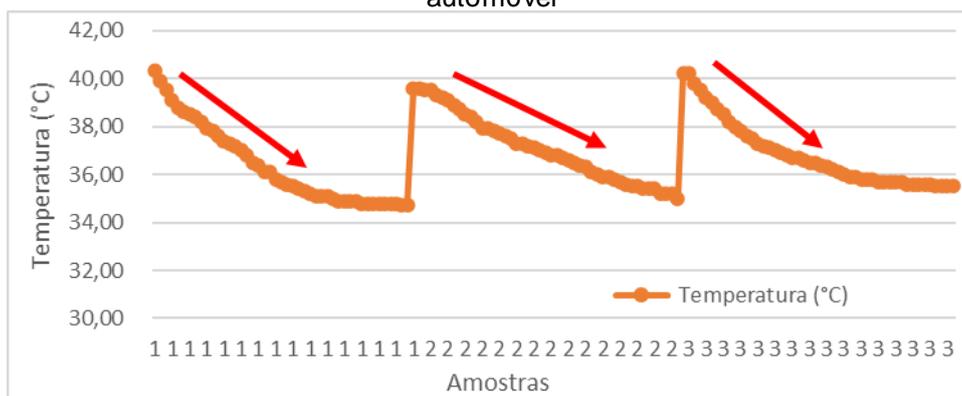
A seguir, encontram-se descritos os testes realizados para a validação dos sensores que foram empregados na coleta de dados na área em estudo.

#### 4.3.1. Teste 1 – DHT22

O teste 2 trata da validação do sensor de temperatura e umidade relativa do ar (DHT22) proposto para a realização da coleta de dados. A necessidade

desse teste ocorreu devido aos resultados obtidos na primeira coleta de dados. Os resultados obtidos nessa primeira coleta demonstraram que o sensor precisa de um tempo de estabilização das medidas para a realização das medições. A diferença, por exemplo, na temperatura do ar da primeira amostra para a última amostra, em um período de apenas 3 minutos, chegava a 4°C, mostrando que ocorria uma espécie de estufa produzida pelo ambiente interno do carro. Na **Figura 17**, são apresentadas amostras coletadas no dia 18 de julho de 2019 para ilustrar o problema detectado.

**Figura 17** - Gráfico exemplo para curvas de temperatura sobre influência do calor de um automóvel



Para analisar sua causa e corrigir esse problema, foi realizado um teste que consistiu em fazer três medições em um ambiente aberto após a retirada do sensor do carro. Ou seja, deixava-se o sensor dentro do automóvel por 3 minutos e, depois, retirava-se o sensor do automóvel e iniciava-se uma sequência de medições por 3 minutos, repetindo esse procedimento 3 vezes seguidas. Esse teste teve por objetivo detectar se o problema identificado era causado, realmente, pelo fato de o sensor estar dentro do carro (carro funcionando como uma espécie de estufa).

Esse experimento foi, então, repetido com uma alteração. Toda vez que se retirava o sensor do automóvel, fazia-se uma pausa de 2 minutos para que o sensor estabilizasse suas medições, por ter sofrido impacto de um efeito estufa de dentro do automóvel. Depois, iniciava-se a coleta, garantindo, assim, que todos os dados do sensor eram confiáveis.

### 4.3.2. Teste 2 – MG811

O Teste 1 teve por objetivo validar o sensor de CO<sub>2</sub> (MG811) proposto para ser utilizado na coleta de dados em campo. Nesse sentido, foi realizado um experimento no Laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas). Para a execução do experimento, foi necessário o auxílio de técnicos em Química para ajudar na montagem e nas precauções dentro de laboratório.

O experimento consistiu em reagir carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) com ácido clorídrico (HCl) para realizar a produção de CO<sub>2</sub> de forma rápida. A reação foi feita com a utilização de um Erlenmeyer ligado a uma mangueira, um agitador e uma bureta. O sistema funcionava da forma que a bureta gotejava o HCl dentro do Erlenmeyer sobre o CaCO<sub>3</sub>, resultando na produção de CO<sub>2</sub>. O produto, em forma de gás, era escoado pela mangueira que estava direcionada, diretamente, para a parte prateada do sensor, responsável pela captação do CO<sub>2</sub> mensurado, conforme ilustrado na **Figura 18**. O experimento foi executado duas vezes, a primeira com o agitador desligado, gerando uma produção de CO<sub>2</sub> mais lenta, enquanto na segunda vez, o agitador foi acionado, gerando a produção de CO<sub>2</sub> de forma mais rápida.

**Figura 18** - Foto do experimento utilizado para testes de validação com o sensor MG811.



#### LEGENDA

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| ① Bureta Graduada de 50 ml | ③ Agitador  |
| ② Erlenmeyer com Mangueira | ④ Sensor de Concentração de CO <sub>2</sub> (MG811) |

#### 4.4. Análise de Dados

Este item tem como objetivo abordar os métodos estatísticos aplicados sobre as medições realizadas em campo.

##### 4.4.1. Tratamento de *Outliers*

Após a coleta de dados, foi realizada uma filtragem para a eliminação de pontos que apresentam anomalias, denominados *outliers*. Para corrigir os dados e extrair os dados que poderiam interferir na informação gerada, aplicou-se sobre o banco de dados a formulação de uma linha limite, a qual foi construída a partir dos cálculos do primeiro Quartil e terceiro Quartil dos dados, assim, criando limites inferiores e superiores sobre a curva gráfica das informações.

Dessa forma, todo valor que ultrapassar os limites será um possível *outlier*, e será necessário analisar e definir se foi um erro do dispositivo/sensor utilizado ou um evento extraordinário produzido pelo meio estudado (CAMPOS, 2015).

A identificação de *outliers* utiliza as seguintes grandezas: Média (X), Desvio Padrão (DP), Número de Amostras (N) e valor da distribuição normal (Z). O valor de Z foi usado como padrão 3 justificar essa escolha.

A Eq. (1) apresenta o cálculo da média

$$X = \frac{a+b+c,\dots+n}{N} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde a, b, c, ..., n são os valores de amostras coletadas e N corresponde ao número total de amostras coletadas

O cálculo dos Quartis 1 e 3 foi realizado a partir das fórmulas fornecidas pelo *software* Excel utilizando os resultados da média das amostras (X). No entanto, para a definição do limite superior (Ss), inferior (Si), foram utilizadas as fórmulas: explicar o que é X nessas equações

$$Ss = X + (1,5 * (\text{Quartil } 3 - \text{Quartil } 1)) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$Si = X - (1,5 * (\text{Quartil } 3 - \text{Quartil } 1)) \quad \text{Eq. (3)}$$

#### **4.4.2. Método de análise dos dados**

Nesse item, serão apresentados os métodos estatísticos utilizados para analisar os dados coletados e possibilitar compreender os comportamentos dos parâmetros de forma mais clara.

##### **4.4.2.1. Mediana de Mood**

Este método de tratamento de dados é classificado como um método de estimação e de testes de hipóteses não paramétrico. Foi escolhido devido ao seu objetivo de determinar as diferenças entre as medianas de dois ou mais grupos que diferem entre si, satisfazendo a necessidade da análise comparativa entre os pontos de cada região e possibilitando visualizar quais pontos apresentam similaridades entre si. Outro fator que estimulou a utilização deste método deve-se aos dados não se enquadrarem a uma distribuição normal e não conterem amostras suficientes para serem manejados em testes paramétricos a partir do Teorema do Limite Central.

A aplicação deste método aos dados foi realizada após o tratamento dos *outliers* para reduzir o erro das interações que seriam produzidas pelos resultados do teste de MOOD. Após esse passo, inseriu-se as tabelas de dados no *software* XLSTAT que se encontra incorporado ao Excel.

##### **4.4.2.2. Método de análise dos parâmetros conforme a distância da Área de Preservação Permanente**

Visando analisar o comportamento dos parâmetros de concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade relativa do ar conforme se distancia da APP, utilizou-se o método estatístico do coeficiente da correlação de Spearman. Essa abordagem implica na identificação de similaridade entre os componentes utilizados ao serem comparados (NESBITT, 2019; BRINDLEY *et al.*, 2019).

Para isso, foi utilizado o *software* XLSTAT para inserir os dados e realizar os cálculos de forma automática. Em todos os cruzamentos de dados foram utilizados um grupo de cada vez para ser feito o teste da sua interação com a aumento da distância a partir da APP.

#### **4.4.3 Método de interpolação de dados em mapas**

Após todo o processo de coleta e tratamento dos dados, notou-se a necessidade de visualizar os resultados para auxiliar na interpretação dos dados. Para isso, optou-se pela utilização de métodos de interpolação de dados em mapas, a partir de ferramentas de geoprocessamento em *softwares* de SIGs.

Dadas as circunstâncias do modo de distribuição dos dados e o número de pontos de coleta, optou-se pela aplicação da interpolação via método de *Inverse Distance Weighting* (IDW), ponderação do inverso da distância, que é baseado na ideia de que os objetos mais próximos contêm maiores similaridades do que entre os objetos distantes entre si.

## 5. Resultados e Discussão

Este Capítulo apresenta os resultados obtidos, visando a análise da contribuição da APP nos parâmetros de qualidade ambiental já detalhados anteriormente. Esses resultados estão subdivididos em dois itens, sendo o primeiro, referente aos testes descritos no Capítulo 4 e, o segundo, referente às coletas de dados realizadas na área em estudo. No Apêndice 1, 2 e 3 estará descrito encontra-se detalhadamente em tabelas a relação de todos os dados que foram coletados em cada ponto, dia e período de coleta.

### 5.1. Resultados dos testes

#### 5.1.1. Teste 1 – DHT22

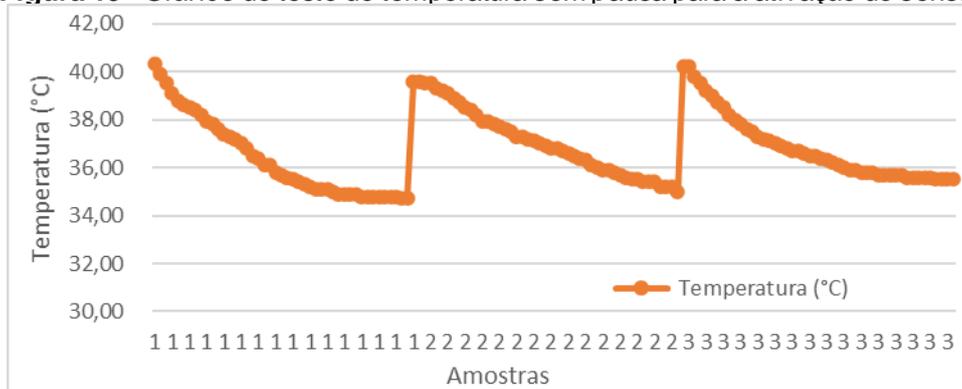
Nos resultados a seguir, são apresentadas as coletas realizadas com o sensor DHT22 exposto dentro do carro antes de iniciar as coletas no ambiente externo. Posteriormente, são apresentados os resultados das coletas, utilizando um tempo de espera de 2 minutos para a inicialização da coleta de dados e, por fim, a exposição do sensor ao sol e à sombra.

Nas Figuras a seguir, os números que aparecem no eixo das abscissas referem-se aos pontos de coleta. Assim, os números “1” na abscissa indicam amostras coletas no Ponto 1, e assim por diante.

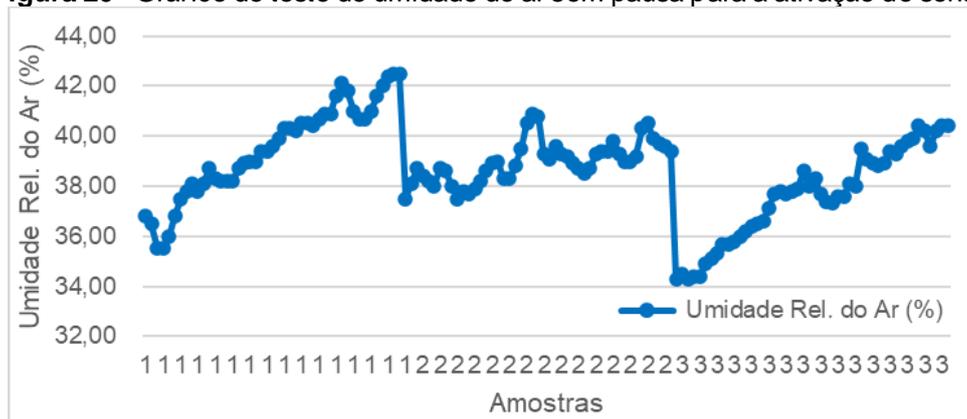
Na **Figura 19**, identificam-se as temperaturas do ar medidas sem uma pausa para iniciar a coleta, logo após a retirada do sensor de dentro do automóvel. Dessa forma, é possível visualizar uma curva que se inicia em cerca de 40°C e vai reduzindo de intensidade, ao longo de 3 minutos, até apresentar um final estável por volta dos 34 a 35°C (Ponto de Coleta 1). Esse mesmo comportamento se repete nos Pontos de Coleta 2 e 3.

É possível analisar o comportamento similar na curva de umidade relativa do ar, porém, não em sentido decrescente e sim crescente, com uma umidade do ar inicial de, aproximadamente, 34 a 36% e alcançando níveis de 42% (Ponto de Coleta 1). Esse mesmo comportamento se repete nos Pontos de Coleta 2 e 3., como ilustra a **Figura 20**.

**Figura 19** - Gráfico de teste de temperatura sem pausa para a ativação do sensor

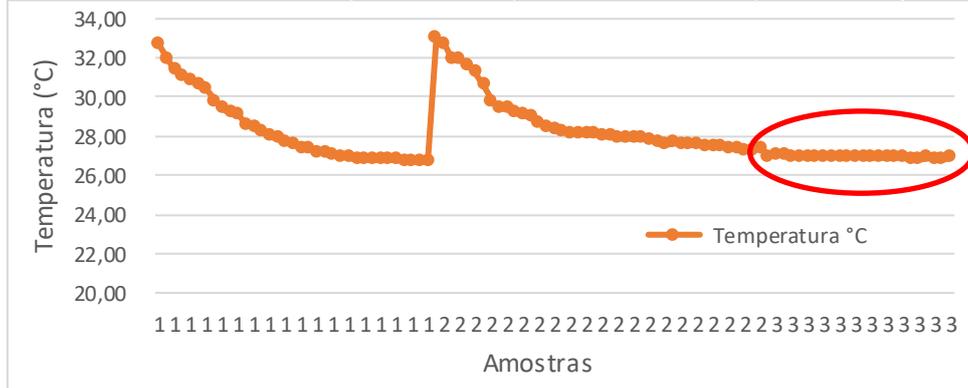


**Figura 20** - Gráfico de teste de umidade do ar sem pausa para a ativação do sensor

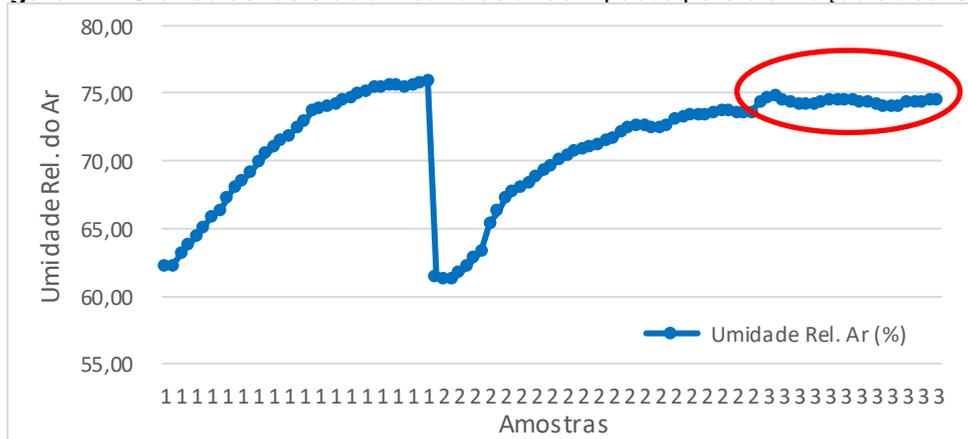


A partir desses resultados, identificou-se a necessidade de se refazer as medições, utilizando uma pausa (que, nesse trabalho, foi de 3 minutos) para, então, iniciar as medições. Dessa forma, pode-se observar nas **Figuras 21 e 22** a redução da variação acentuada do resultado e tendo seus dados de temperaturas iniciais menores que 34°C e com a umidade acima de 60%. Como já detalhado na metodologia, a não interação com o automóvel, como ilustrado na amostra 3 das **Figuras 21 e 22** (circulado em vermelho), confirma a necessidade de esperar um período após sair do carro e antes de ligar o sensor para fazer as medidas, assim reduzindo o erro de estabilização nas medidas.

**Figura 21** - Gráfico de teste de temperatura com pausa de 3 minutos para a ativação do sensor



**Figura 22** - Gráfico de teste de umidade do ar com pausa para a ativação do sensor

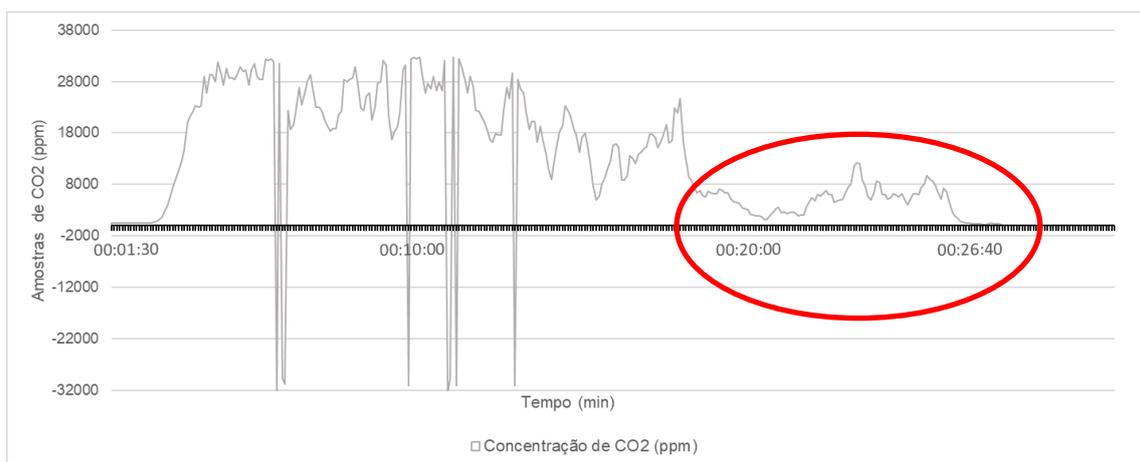


Finalmente, foram realizadas medições, com o sensor posicionado na sombra e, depois, totalmente exposto ao Sol, visando verificar a influência da incidência da radiação solar direta nas medições realizadas. Os seguintes resultados (**Figura 23**) mostram que a exposição do sensor à radiação solar influencia significativamente os dados coletados, sendo que a alteração dos valores medidos pelo sensor poderia gerar análises inadequadas, evidenciando-se a necessidade de realização das medições com o sensor à sombra, ou seja, evidenciou-se a necessidade de que o DHT22 esteja protegido do Sol para a realização das medições de forma adequada.



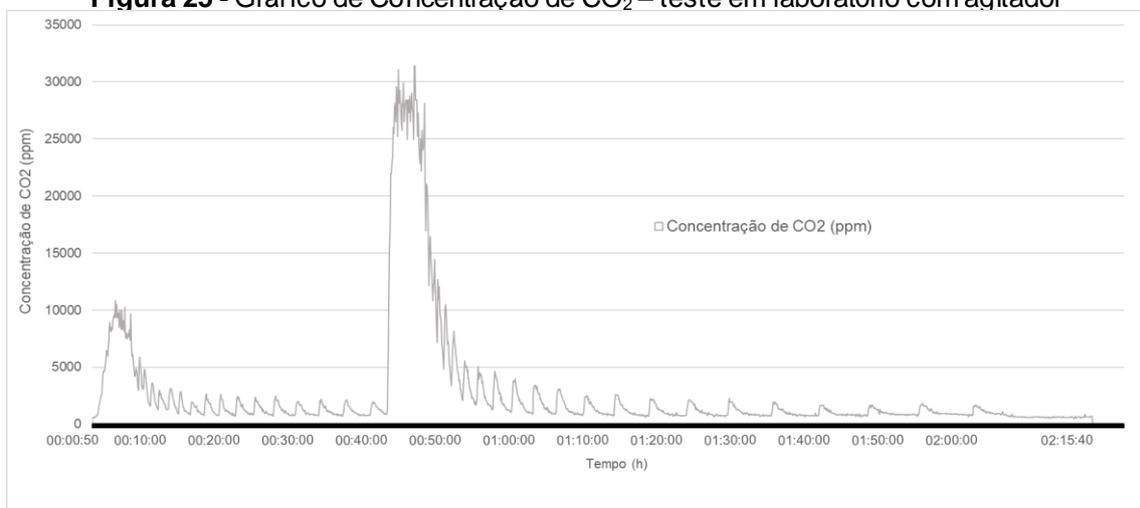
após quase 27 minutos de seu início, passando-se para um novo teste com uso do agitador.

**Figura 24** - Gráfico de Concentração de CO<sub>2</sub> - teste em laboratório sem agitador



O segundo procedimento do Teste 1, utilizando o agitador, tem seu resultado ilustrado na **Figura 25**. Em decorrência dessa mudança, os resultados tonaram-se diferentes do primeiro procedimento, ilustrado na **Figura 24**, apresentando o primeiro pico de concentração de CO<sub>2</sub> nos primeiros 5 minutos aproximadamente, e em seguida estabilizando. Após se passarem mais de 30 minutos, ocorreu o segundo pico, cerca de três vezes maior que o primeiro. Essa extrema elevação foi o resultado do momento em que havia mais reagente no Erlenmeyer, fazendo com que todo o CaCO<sub>3</sub> entrasse em contato com o HCL. Por fim, nos últimos 10 minutos, o medidor continuou detectando o CO<sub>2</sub>, cuja concentração foi diminuindo de intensidade.

**Figura 25** - Gráfico de Concentração de CO<sub>2</sub> – teste em laboratório com agitador

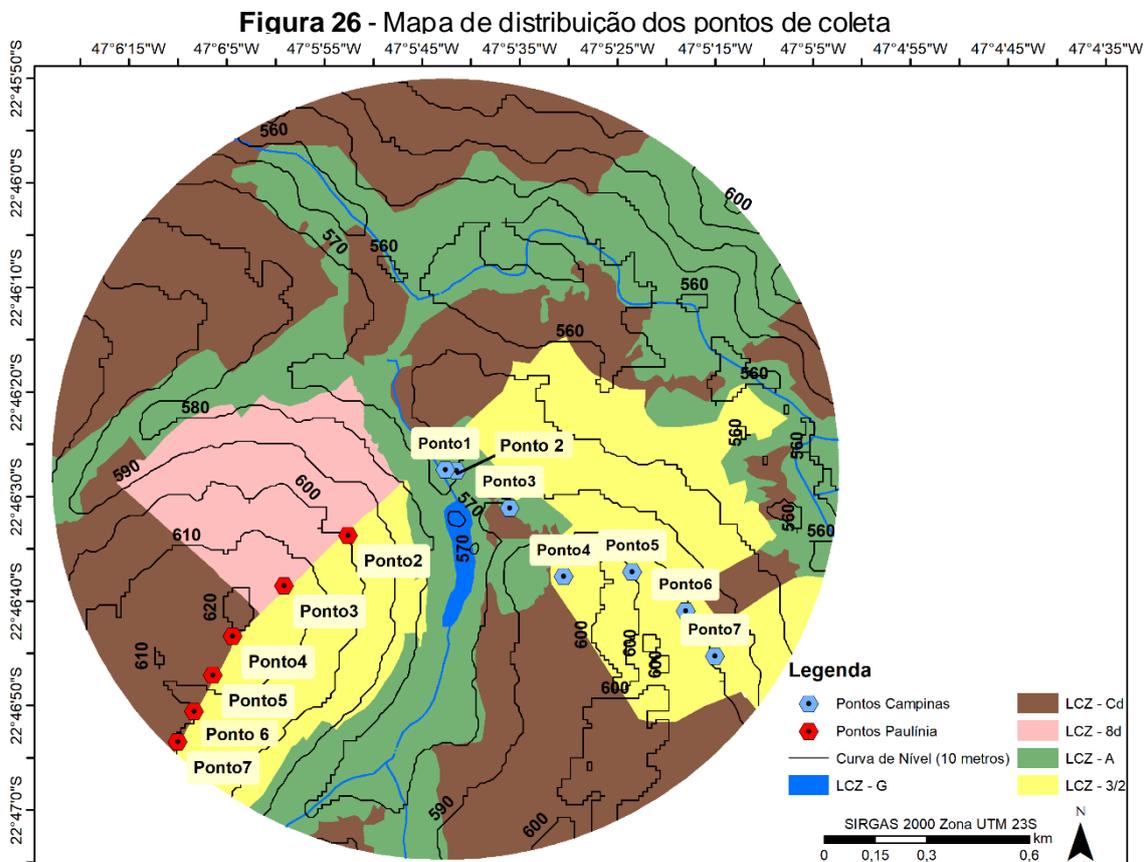


É possível identificar que, diferente do ocorrido no primeiro experimento (**Figura 24**), no segundo experimento (**Figura 25**), houve a detecção de um pico

de 32.000 ppm, porém não foram detectados valores negativos. Nesse sentido, conclui-se que o sensor pode realizar de forma adequada a coleta dos níveis de concentração do gás, no entanto, quando exposto por muito tempo a concentrações acima de 32.000 ppm, serão apresentados erros na leitura, assim, gerando dados negativos. Além dessas questões, é importante salientar que não é possível confiar nos valores que se estabeleceram acima de 10.000 ppm, tendo em vista que esses valores se encontram acima do limite máximo de detecção (conforme fabricante).

## 5.2. Resultados das coletas de campo

Para conveniência do leitor, apresenta-se, novamente, os pontos monitorados (**Figura 26**). Em azul, são os pontos que abrangeram os limites do município de Campinas, enquanto, em vermelho, os postos de coleta em Paulínia.



Nesse tópico, será realizada a apresentação dos dados coletados nos dias 18 e 19 de julho de 2019, em Campinas, e em 27 de agosto de 2019 em Paulínia. Sendo assim, a organização será feita de forma que serão mostrados

os resultados seguindo a ordem dos subtópicos de Tratamento de Outliers (5.2.1), Temperatura do ar (5.2.2), Umidade Relativa do Ar (5.2.3), Concentração de CO<sub>2</sub> (5.2.4), Relação entre distância e parâmetros de coleta (5.2.5). É importante ressaltar que cada tópico será apresentado seguindo a ordem da data de coleta em cada região, conseqüentemente, dividindo a exposição dos dados entre Campinas e, depois, Paulínia.

É importante ressaltar, novamente, que todos os resultados que forem apresentados nesses tópicos foram extraídos de análises dos dados descritos nas tabelas do Apêndice I para Temperatura do Ar, Apêndice II para Umidade Relativa do Ar e Apêndice III para Concentração de CO<sub>2</sub>.

### **5.2.1. Tratamento de *Outliers***

Nesse tópico são apresentados os resultados referentes à identificação de Outliers.

#### **5.2.1.1. Temperatura e Umidade Relativa do Ar**

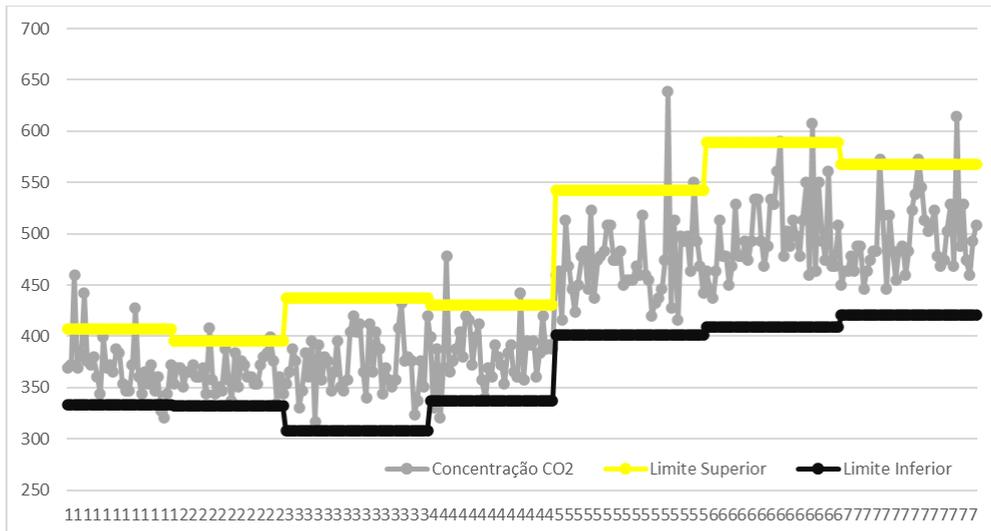
Para os dados coletados de Temperatura e Umidade Relativa do Ar não foi identificado nenhuma anomalia que pudesse ser considerada um *outlier* devido a constância dos dados em ambos os parâmetros.

#### **5.2.1.2. Concentração de CO<sub>2</sub>**

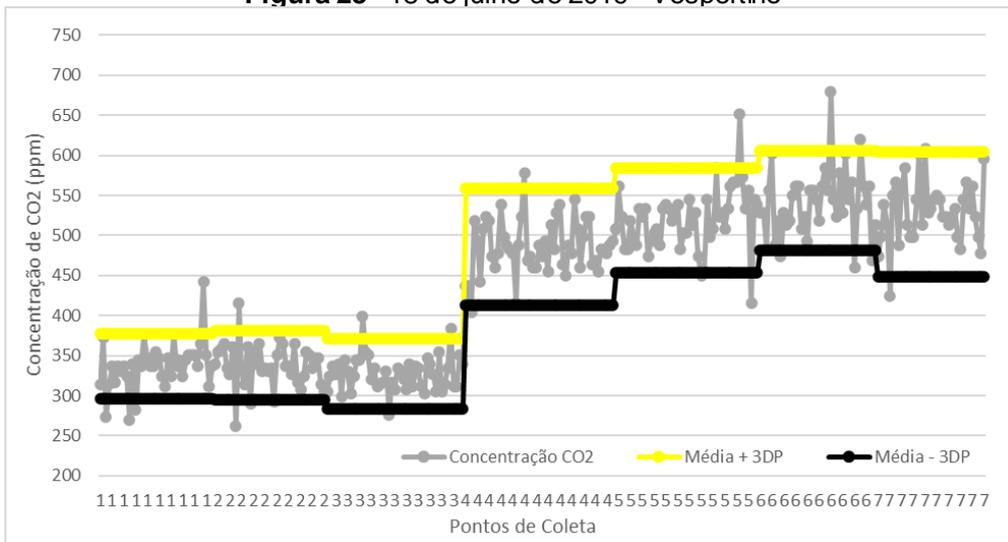
Tratando os dados de concentração de CO<sub>2</sub> foi possível identificar alto nível de oscilação entre as amostras em ambos os dias e períodos de coleta. Houveram variações mais drásticas, evidenciando a necessidade do tratamento e identificação de *Outliers*. As **Figuras 27, 28, 29, 30 e 31** ilustram os resultados dos limites e identificação dos possíveis *outliers*, organizados segundo a cronologia dos dias de coleta de dados em campo e seus respectivos períodos.

Dentre as amostras que extrapolaram os limites foram identificados 55 pontos que ultrapassaram o limite construído a partir dos do primeiro e terceiro quartis. Porém, apenas vinte desses dados foram apontados como *outliers* e, portanto, excluídos das análises a seguir, pois buscou-se considerar *outliers* apenas pontos com comportamento muito diferente ao das demais amostras.

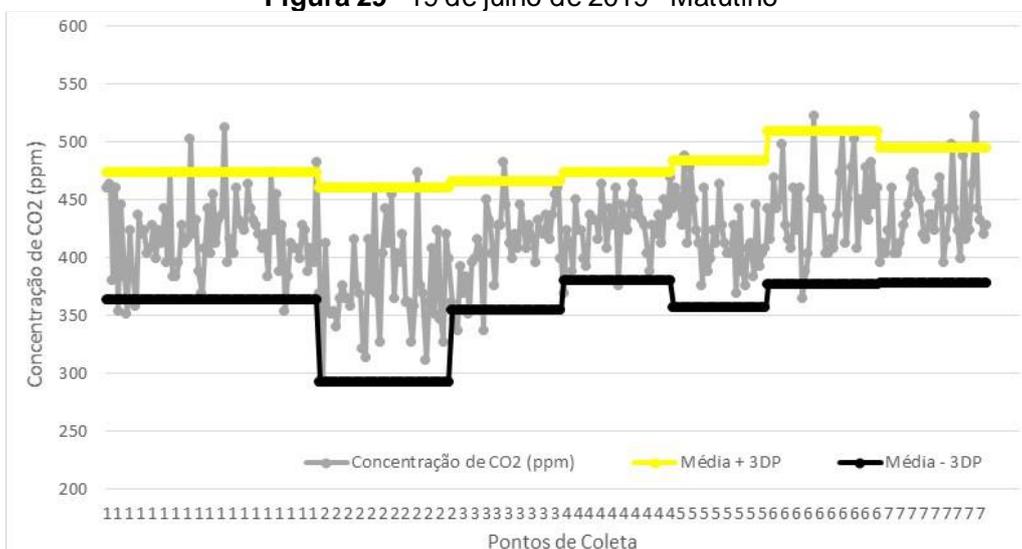
**Figura 27** - 18 de julho de 2019 – Matutino



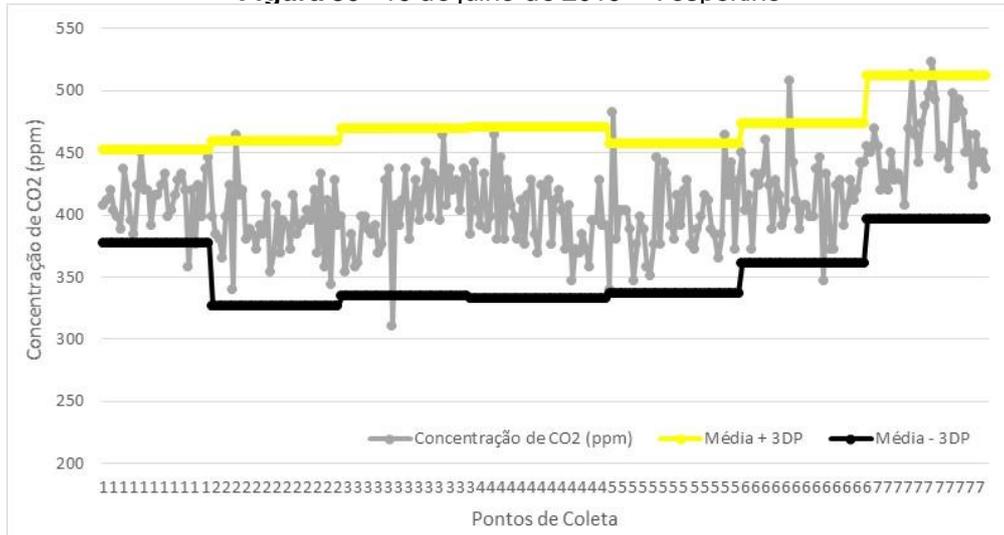
**Figura 28 - 18 de julho de 2019 - Vespertino**



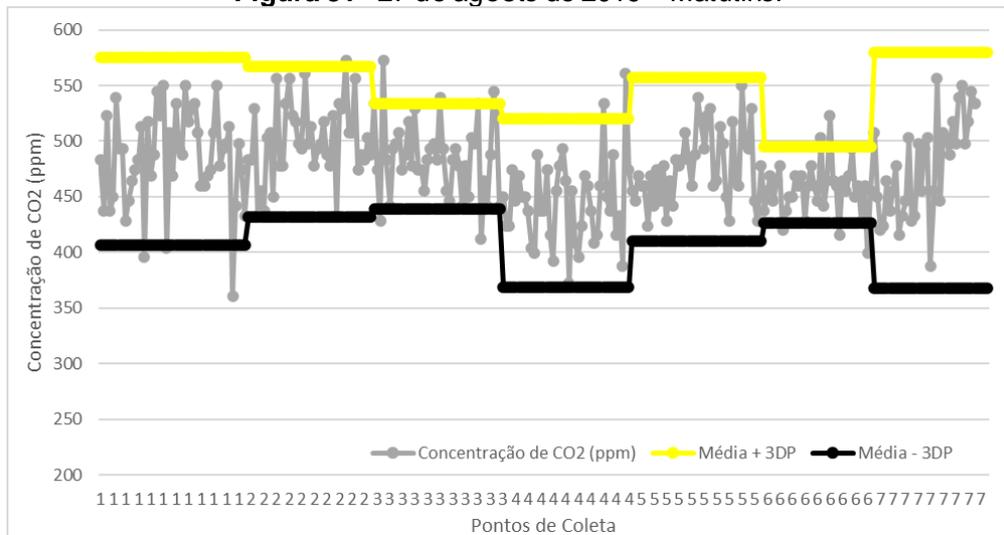
**Figura 29 - 19 de julho de 2019 - Matutino**



**Figura 30 - 19 de julho de 2019 – Vespertino**



**Figura 31 - 27 de agosto de 2019 – Matutino.**



### 5.2.2. Temperatura do ar

#### CAMPINAS

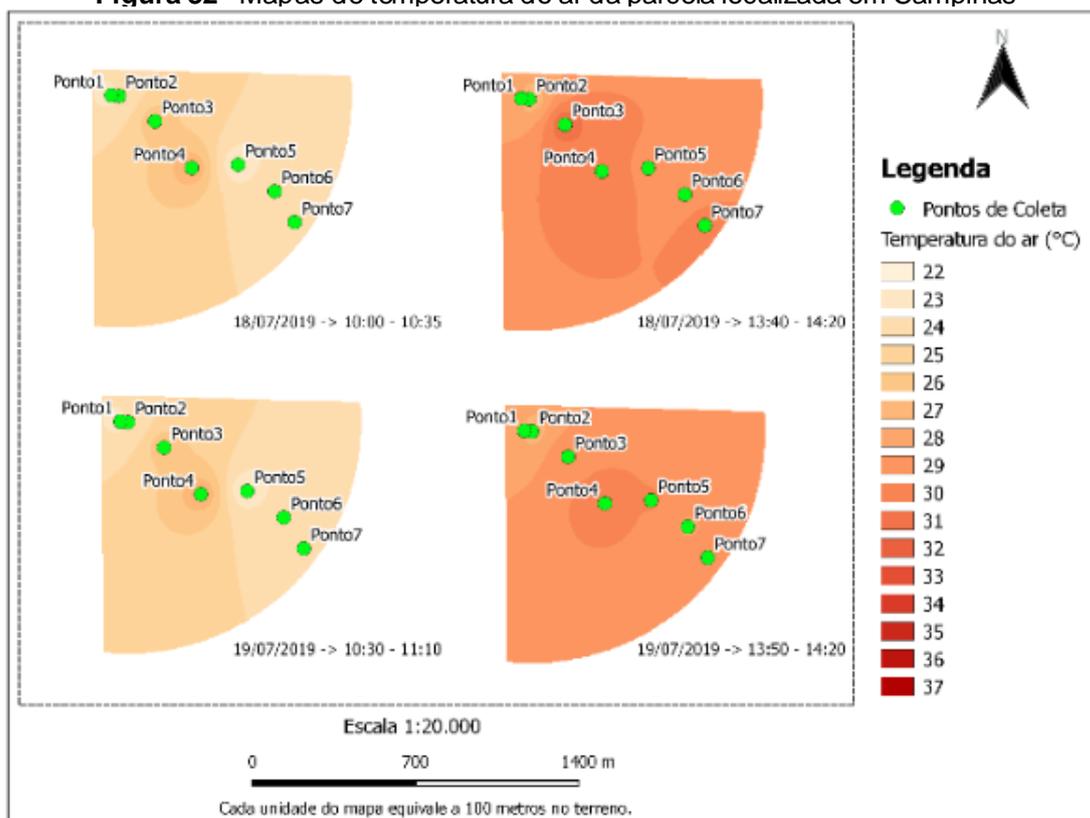
Iniciando a apresentação dos resultados de temperatura do ar, na **Tabela 5** são apresentados os resultados das medições coletadas a partir do sensor DHT22, utilizando o nó-sensor estacionário. Nessa Tabela, estão as informações que abrangem o município de Campinas com seus respectivos períodos e datas de coleta. Dentre as informações dispostas, estão as relações apenas da temperatura e suas médias, medianas e valores de máximo e mínimo para cada ponto de coleta.

**Tabela 5 - Resultados de coletas de temperatura do ar em Campinas**

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (°C)						
			1	2	3	4	5	6	7
18/07/2019 Campinas	Matutino	Média	22,47	23,54	25,50	26,70	22,21	23,41	24,01
		Mediana	22,30	23,50	25,50	26,50	21,70	23,20	24,00
		Máximo	24,70	24,70	25,80	28,80	24,90	24,40	24,90
		Mínimo	20,60	22,40	25,20	24,70	21,40	22,70	23,30
	Vespertino	Média	27,57	26,08	30,64	29,99	28,69	28,48	29,31
		Mediana	27,80	26,10	30,60	30,00	28,45	28,50	29,25
		Máximo	28,70	26,60	31,20	30,60	30,70	29,20	31,40
		Mínimo	26,00	25,80	30,30	29,60	27,20	27,10	27,60
19/07/2019 Campinas	Matutino	Média	24,63	22,75	27,27	27,62	25,63	25,50	27,29
		Mediana	24,50	22,70	27,20	27,70	25,60	25,50	27,35
		Máximo	25,30	23,30	27,90	29,10	27,90	26,00	28,30
		Mínimo	23,60	22,30	26,80	25,70	23,40	25,00	25,10
	Vespertino	Média	27,07	26,54	29,00	29,84	29,06	27,90	28,29
		Mediana	27,10	26,60	29,25	30,00	28,90	28,00	28,20
		Máximo	27,20	27,00	29,80	30,40	30,90	29,60	29,50
		Mínimo	27,00	26,10	27,40	27,90	27,70	26,60	27,80

De forma a ilustrar o comportamento dos dados frente à parcela urbana, a **Figura 32** exibe a interpolação de dados de temperatura do ar, demonstrando o comportamento, aproximado, da pluma de temperatura do ar diante das coletas realizadas na parcela de Campinas, disposto no quadrante inferior direito da área de estudo delimitada. É importante destacar que foram utilizadas as variações de branco a vermelho para explicarem as plumas de temperatura ao longo da área monitorada. Quanto ao verde, para os pontos de coleta, a sua escolha foi definida de forma a destacar a localização de cada um e que pudesse ser utilizado em comum e padronizada para mapas gráficos de outros parâmetros estudados.

**Figura 32 -** Mapas de temperatura do ar da parcela localizada em Campinas



Diante dos dados obtidos no dia 18, observa-se que o comportamento de cada ponto de coleta, em ambos os períodos estudados (matutino e vespertino), manteve as mesmas características, tendo como principais atributos distintos entre si as diferenças entre as temperaturas. O comportamento matutino está ligado ao momento de maior irradiação solar, enquanto o período vespertino detém a particularidade do horário mais quente (MOREIRA *et al.*, 2015; LANDSBERG, 1956).

No período matutino no dia 18 de julho, os resultados indicaram temperaturas mais elevadas no ponto 4 com 26,70 °C, seguido pelo ponto 3 (25,50 °C), por fim o ponto 7 apresentando a média de 24,01°C. Nos pontos 1 e 5, foram identificados menores índices de temperatura do ar, contendo médias de 22,57°C e 22,21°C, respectivamente. Enquanto, nos demais pontos, as temperaturas médias ficaram em torno de 23°C.

Analisando as medições realizadas no dia 18 no período vespertino, os picos de temperatura continuaram sendo localizados nos pontos 3, 4 e 7, ficando próximos dos 30°C, enquanto as menores temperaturas foram observadas no ponto 1 (27°C) e no ponto 2 com aproximadamente 26°C

Ao visualizar o mapa na **Figura 32**, identifica-se, em ambos os períodos estudados, a região central (pontos 3 e 4) como a área mais quente, enquanto os pontos com menores temperaturas são os pontos 1 e 2, com localização próxima à APP. Destaque para o ponto 5 (ao lado do parque), que apresentou bons índices de temperatura no período matutino, se distanciando do comportamento dos demais pontos ao seu redor.

Nesse contexto, é importante analisar a similaridade entre os pontos de coletas e seus resultados de temperatura do ar no dia 18 de julho em Campinas, mensurada a partir da metodologia estatística de MOOD. Na **Tabela 6**, encontra-se destacada forte similaridade, tanto no período matutino quanto vespertino, entre o ponto 1 com a região dos pontos 5 e 6, comportamento que pode estar atrelado às características da região em que esses pontos estão alocados, com proximidade de áreas construídas e áreas com concentrações de árvores como o parque e a APP. Nessa tabela, as células destacadas em amarelo indicam que os determinados pontos (com a célula em comum), segundo a metodologia da mediana de MOOD, apresentaram semelhanças no comportamento da temperatura do ar.

Além disso, os pontos 6 e 7 apresentaram comportamento similar ao ponto 2, no período matutino. Para os dados coletados à tarde, observou-se semelhança entre os pontos mais quentes, localizados em áreas com menor vegetação ou com mais exposição do sensor à radiação solar devido à falta de cobertura e sombreamento.

**Tabela 6** - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 18 de julho de 2019 em Campinas.

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1					x	x	
	2						x	x
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
Vespertino	1					x	x	
	2							
	3							
	4							x
	5						x	x
	6							x
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

É importante destacar o comportamento de redução de temperatura atrelado, muitas vezes, à arborização, em que a vegetação inserida em um ambiente construído e urbano pode auxiliar na redução da temperatura e, conseqüentemente, no aumento da umidade relativa do ar. Porém, além do comportamento de mitigação da incidência de irradiação solar e conseqüentemente do aumento da temperatura, a vegetação fechada intraurbana pode possibilitar interações de armazenamento da temperatura e barreira de saída de ondas longas. Nesse sentido, a retenção dessas ondas pode fazer com o resfriamento da região ao seu redor torne-se mais lento. Dessa forma, essas interações poderão ser identificadas nas regiões arborizadas, localizadas na área estudada, como a APP e o parque ao centro do Residencial Terras do Barão (DEBIAZI e SOUZA, 2017; PULIAFITO *et al.*, 2013).

Ao analisar os dados de 19 de julho, no período matutino, notam-se temperaturas mais elevadas nos pontos 3, 4 e 7 com uma média de, aproximadamente, 27°C. A menor temperatura verificada encontra-se no ponto 2 com 22,75°C, se destacando de forma isolada, enquanto os demais pontos (1, 5 e 6) se mantendo em faixas entre 24°C a 25°C.

No período vespertino, os pontos 1, 2 e 6 apresentaram menores índices de temperatura do ar, contendo médias de 27,07°C, 26,54°C e 27,90, respectivamente. Mantendo-se como o pico de temperatura do residencial estudado, o ponto 4 apresentou a relação média de 29,84°C, seguido pelos pontos 3, 5 e 7, com temperaturas próximas do 29°C.

Ao analisar a semelhança a partir dos resultados da aplicação do MOOD (**Tabela 7**) entre as regiões do residencial estudadas no dia 19 de julho, observa-se que o comportamento similar entre as regiões 1, 5 e 6 se manteve no período matutino. Além dessas interações, houve mais pontos com possíveis características em comum ainda no período matutino (pontos 3, 4 e 7), o que não havia ocorrido no dia 18/07.

Diante dos resultados do dia 19 de julho, visualiza-se o comportamento, na **Figura 32**, similar ao dia 18, com exceção da aproximação do ponto 5 aos pontos mais quentes no período vespertino no dia 19. Sendo assim, manteve-se os pontos 1 e 2 como condições de temperatura mais baixas da região, enquanto os pontos 3 e 4 como os ambientes mais quentes.

Para os resultados apresentado no período vespertino do dia 19 de julho, na **Tabela 7**, identifica-se a relação entre os pontos 3 e 5 destacadas e que se mantiveram as semelhanças entre as regiões 5, 6 e 7 que já haviam sido apresentadas no dia 18/07 na **Tabela 6**.

**Tabela 7** - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 19 de julho de 2019 em Campinas.

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1					x	x	
	2							
	3				x			x
	4							x
	5						x	
	6							
	7							
Vespertino	1							
	2							
	3					x		
	4							
	5						x	x
	6							x
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

É importante destacar a semelhança de comportamento dos pontos 1, 2 e 5, os quais se posicionavam mais próximos de vegetações e com áreas mais sombreadas por árvores. Nos pontos 1 e 2 identificou-se, ao longo dos dias de coleta, temperaturas mais amenas que as das demais regiões, por vezes similares ao comportamento da temperatura do ponto 5.

A região onde o ponto 5 foi alocado apresentou alguns comportamentos interessantes de serem ressaltados, como, por exemplo, a sua semelhança com os pontos 1 e 2 no período matutino. Enquanto, para o período vespertino, o ponto 5 apresentou dados de temperaturas do ar tal como as dos pontos com características mais quentes, sem vegetação alguma e com maiores áreas construídas.

Finalmente, analisando os pontos 6 e 7, ambos apresentam bons índices de temperatura do ar, no entanto, esperava-se um comportamento diferente devido à característica principal da localização desses dois pontos, os quais estavam inseridos em um ambiente unicamente construído e sem vegetação. Porém, há um fator que pode ter influenciado diretamente, mas que há

necessidade de estudo futuros para comprovação. Essa possibilidade encontra-se devido a não formação de um Canyon urbano e áreas de vazios urbanos próximo a esses pontos, o que poderia apresentar uma condição de contribuição à temperatura do ar da região (PULIAFITO *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2017; PLOPPI *et al.*, 2020; CASTALDO *et al.*, 2017).

## PAULÍNIA

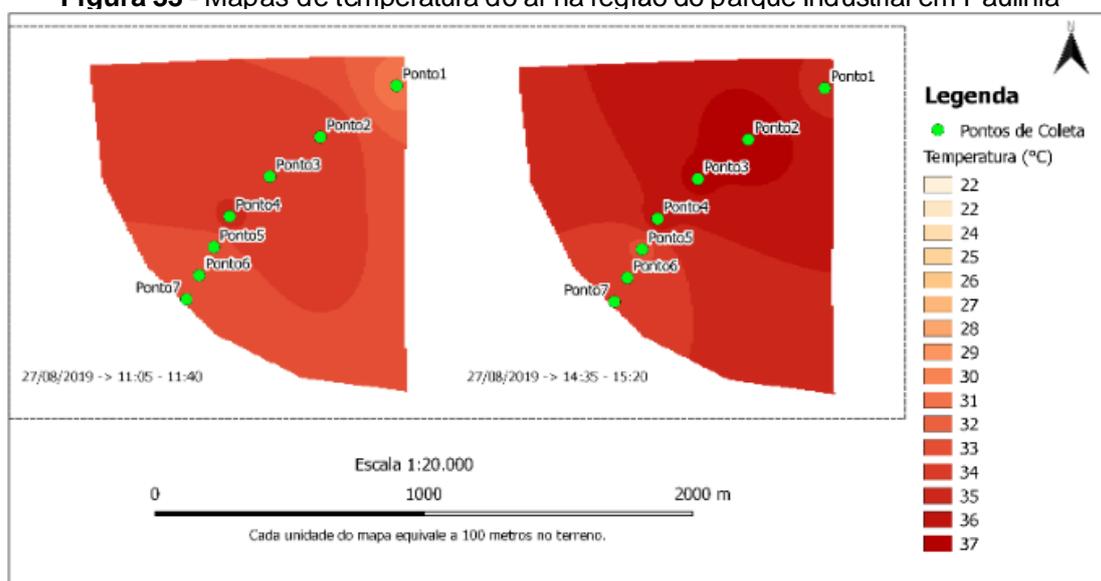
Os resultados das coletas os dados estão apresentados na **Tabela 8**.

**Tabela 8** - Resultados de coletas de temperatura do ar em Paulínia.

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (°C)						
			1	2	3	4	5	6	7
27/08/2019 Paulínia	Matutino	Média	30,45	33,75	33,07	34,45	32,45	32,46	33,01
		Mediana	30,30	33,40	33,00	34,40	32,25	32,00	33,40
		Máximo	32,40	35,20	35,00	34,70	34,40	34,20	33,90
		Mínimo	29,00	32,20	31,50	34,20	31,60	31,70	31,80
	Vespertino	Média	34,76	36,94	36,26	35,50	32,42	34,03	33,16
		Mediana	34,55	36,70	36,20	35,40	32,40	33,60	32,95
		Máximo	35,80	38,30	37,30	36,90	32,90	35,10	34,80
		Mínimo	34,20	36,20	35,60	34,80	31,90	33,00	32,60

Na **Figura 33**, encontra-se ilustrada a interpolação de dados de temperatura do ar em mapas, possibilitando a visualização, aproximada, do comportamento desses dados na parcela de Paulínia, no quadrante inferior esquerdo da área de estudo delimitada.

**Figura 33** - Mapas de temperatura do ar na região do parque Industrial em Paulínia



É possível observar um comportamento diferente da temperatura conforme as coletas se afastam do ponto 1, a localização mais próxima da APP.

Esse comportamento é identificado de forma ainda mais evidente no período vespertino. Sendo assim, para dar continuação a apresentação dos dados é de suma importância lembrar que os pontos de 2 a 4 encontram-se em áreas inteiramente construídas e com atividades industriais, enquanto os pontos de 5 a 7 estão sob influência de terrenos com atividades agrícolas e condomínios residenciais.

Os dados apresentados mostram altos níveis de temperatura, na região, em ambos os períodos, tendo todas as médias de temperaturas acima de 30°C. O maior valor foi coletado no Ponto 2 no período da manhã, com pouco mais de 35°C, porém, o ponto 4 apresentou a maior média de temperatura (34,45°C), enquanto o ponto 2 teve a média de 33,75°C.

Ainda sobre as coletas matutinas, identificou-se as menores temperaturas do ar nos pontos próximos das áreas com atividades agrícolas (pontos 1, 5 e 6), os quais apresentaram médias nas faixas de 30,45°C a 32,46°C. O ponto com menor temperatura encontra-se isolado dos demais e posicionado ao lado da APP (Ponto 1). Outro destaque a ser dado e como possível ponto com menor temperatura seria o ponto 7, ainda que tenha apresentado uma média de 33°C, sua variação nas coletas foi baixa quando comparado com os demais pontos como pode-se observar por seus valores de máximo e mínimo.

Para o período vespertino, como era esperado, dadas as condições de ser o horário mais quente do dia, identificou-se a menor média de temperatura no ponto 5 com 32,42°C, seguido pelos pontos 7 e 6 respectivamente, com variações de 33 a 34°C. O ponto próximo à APP também teve resultados próximos dos 34°C, no entanto, ainda que com pouca variação em seus dados, os seus dados oscilaram sempre acima dos 34°C.

Para os dados com maiores temperaturas do ar ficou destacado o comportamento de uma área com baixo índice de vegetação ou sombreamento natural, contendo apenas áreas construídas ou solo exposto. Os resultados dos pontos 2, 3 e 4 indicaram variações de 35,5°C a quase 37°C de temperatura do ar. Diante desses valores, evidencia-se o comportamento da região de Paulínia com temperaturas sendo possivelmente influenciadas pelo nível de vegetação da região, com resultados de menor temperatura identificado próximos às áreas agrícolas e no ponto 1 ao lado da APP.

Com relação às características da região, há uma diferença na distribuição da vegetação quando comparada a Campinas, em que a parte com vegetação mais baixa (área com atividade agrícola) se encontra em uma área de rotatória de vias, tendo nenhuma parede ou árvores ao seu redor e posicionada em frente a uma longa via (Ponto 5), formando uma espécie de corredor. Assim essa região possui maior disponibilidade de vento, voltando, então, à argumentação de Puliafito *et al.* (2013), porém, podendo ser complementado, ainda, com as questões de “Canyon” urbano. Nesse sentido, as características dos pontos 5, 6 e 7 podem reduzir a quantidade de calor que poderia ser armazenado no asfalto e muros ao redor, devido à atividade agrícola consolidada na região. Dessa forma, pela região conter essa atividade e por ser solo com vegetação rasteira, corresponde a uma área mais aberta, permitindo que a região tenha mais contato com ventos vindo da direção da área agrícola (AMBRIZZI E ARAUJO, 2014; GRIMMOND E OKE, 1999).

Os resultados dos testes da mediana de MOOD apresentados na **Tabela 9** demonstram forte correlação entre os Pontos 2 e 3 em ambos os períodos de coleta. Deixou evidente a forma com que os dados que não foram coletados próximo a APP (2, 3, 4, 5, 6 e 7) apresentaram características similares entre si nas coletas diurnas, interação essa que foi evidenciado, também, pelo teste de MOOD. A pouca semelhança entre os pontos coletados no período da tarde, com exceção entre os Pontos 1 e 6, demonstrando a influência da vegetação que já foi abordada anteriormente, e os pontos 2 e 3, caracterizados por estarem em áreas construídas e parcela industrial.

**Tabela 9** - Resultado do teste MOOD para as coletas de temperatura realizadas no dia 27 de agosto de 2019 em Paulínia.

P. Coleta	1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1						
	2		x	x			x
	3				x	x	x
	4						
	5					x	
	6						x
	7						
Vespertino	1					x	
	2		x				
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
P. Coleta	1	2	3	4	5	6	7

### 5.2.3. Umidade Relativa do Ar

#### CAMPINAS

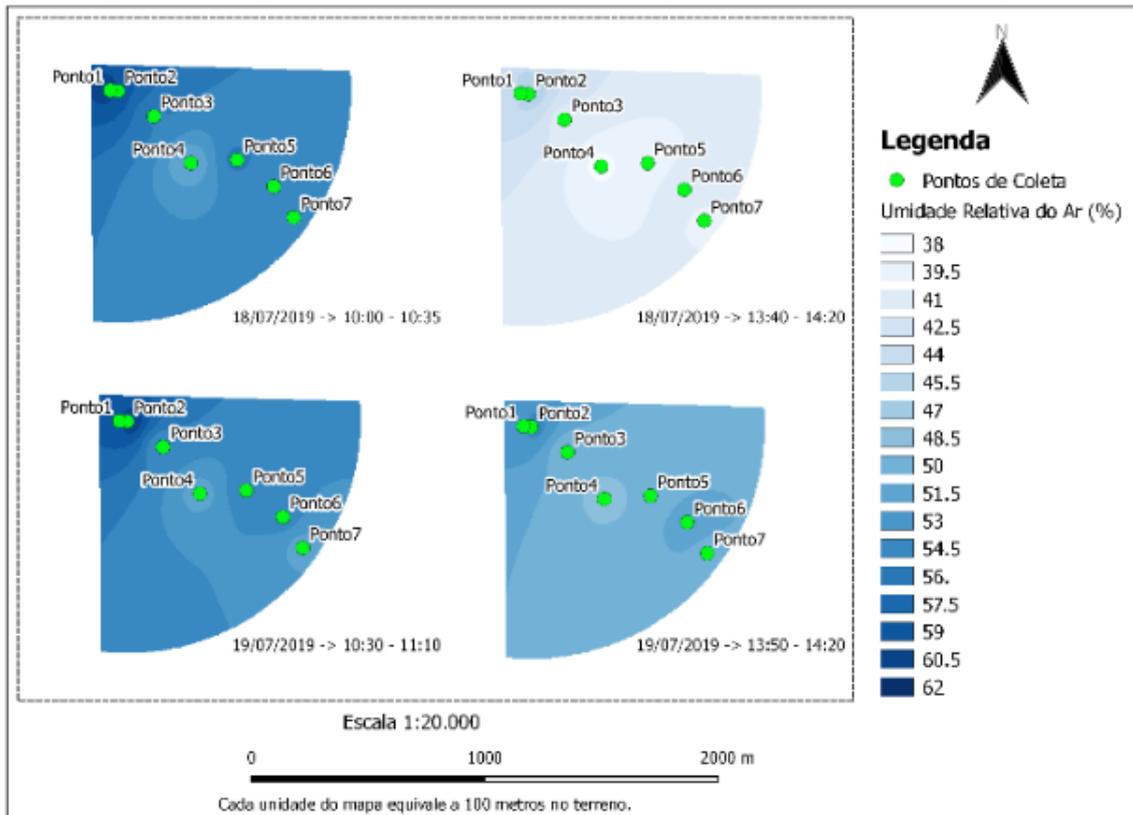
Junto à coleta de temperatura do ar realizada pelo sensor DHT22, foram obtidos dados de umidade relativa do ar, parâmetros esses que apresentaram um comportamento inversamente proporcional, como era esperado (SOEIRA, 2018; PIOPPI *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2017). A **Tabela 10** apresenta os dados obtidos do parâmetro de umidade do ar, seguindo o mesmo formato das tabelas anteriores, contendo informações de média, mediana, máximo e mínimo para cada período de coleta realizado, matutino e vespertino e em cada um dos dias de monitoramento (18 e 19 de julho).

**Tabela 10 - Resultados de coletas de umidade relativa do ar em Campinas**

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (%)						
			1	2	3	4	5	6	7
18/07/2019 Campinas	Matutino	Média	61,14	56,80	54,34	49,82	54,85	53,22	52,97
		Mediana	60,50	56,70	54,30	50,60	56,00	52,90	52,90
		Máximo	64,80	58,40	56,10	52,10	58,10	54,80	55,00
		Mínimo	56,40	54,50	53,30	46,50	50,40	51,50	51,20
	Vespertino	Média	43,43	45,50	40,16	37,51	38,55	40,49	39,29
		Mediana	43,30	45,20	39,70	37,50	38,45	40,05	39,30
		Máximo	45,20	46,80	44,60	38,40	40,00	42,00	42,20
		Mínimo	42,10	44,70	37,60	36,90	37,10	39,60	37,10
19/07/2019 Campinas	Matutino	Média	56,74	61,18	53,12	50,61	53,90	53,66	50,80
		Mediana	56,80	61,10	52,50	50,20	53,80	53,70	50,60
		Máximo	57,70	63,60	57,20	53,00	57,80	54,60	54,30
		Mínimo	55,60	57,80	51,50	49,50	51,20	52,60	49,90
	Vespertino	Média	52,02	54,34	48,46	47,83	48,48	50,95	49,67
		Mediana	52,00	54,60	48,45	47,50	47,80	51,10	49,60
		Máximo	52,80	55,60	49,50	50,30	50,90	53,80	51,70
		Mínimo	50,40	52,70	47,50	46,20	46,20	47,70	47,40

Os mapas com dados interpolados a seguir ilustrados na **Figura 34** apresentam o comportamento da umidade na região do Terras do Barão em Campinas. A escala teve a variação de 38% a 62% de umidade em todos os quadrantes disponíveis na figura.

**Figura 34** - Mapas de umidade relativa do ar da parcela localizadas em Campinas



Comparando-se as **Figuras 32 e 34**, nota-se o comportamento inversamente proporcional entre a temperatura e a umidade relativa do ar. Na Figura 28, os pontos com índices mais elevados de umidade do ar foram localizados próximos à APP, reduzindo conforme se afasta e tendo seu maior foco de baixa umidade nos pontos 4 e 7 em ambos os dias e períodos.

Visualizando a **Tabela 10**, os resultados apresentados mostram esse comportamento em números. Começando pelo dia 18 no período matutino, os maiores valores de umidade no ponto 1, com média de 61,14% e alcançando máximas de 64,80%, e no ponto 2 com a média de 56,80% com pouca variação entre seus dados. Em sequência identificam-se bons índices nos pontos 3 e 5, com variações entre 54% a 55%, o que é interessante de ser observado, já que o ponto 3 havia apresentado uma das maiores temperatura do ar na região do Terras do Barão.

Ainda sobre a coleta realizada na manhã do dia 18 de julho, localizações que se destacaram por apresentarem menores índices ficaram nas redondezas dos pontos 4 (49,82%) e 7 (52,97%). O ponto 4 manteve-se dessa forma como a região com a temperatura do ar mais elevada e menor índice de umidade do ar, o que era esperado devido a interação desses parâmetros serem

inversamente proporcionais entre si, ou seja, quando a temperatura do ar eleva ocorre a redução proporcional de umidade relativa do ar (SOEIRA, 2018; PIOPIPI *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2017).

No período da tarde do dia 18 de julho, os pontos com umidade do ar mais elevada foram os pontos 1, 2, 3 e 6, sendo, dentre essas quatro localizações, as regiões com índices maiores de umidade do ar encontradas nos pontos 1 e 2, com 43,23% e 45,50% respectivamente, enquanto os pontos 3 e 6 apresentavam faixas próximas de 40%. Quanto aos pontos que já haviam apresentado os menores índices (4, 5 e 7) se mantiveram, porém, alcançando a marca dos 37%, o que já era esperado, dada as condições características do horário mais quente do dia, o qual estimula diretamente a redução da umidade do ar.

A **Tabela 11** apresenta o comportamento de similaridade dos resultados obtidos a partir da metodologia do teste da mediana de MOOD. Para o período matutino, identificou-se similaridades entre o comportamento dos pontos 3, 5 e 6. Ainda sobre esse horário de coleta, identifica-se a correlação entre as medições dos pontos 7 e 4, sendo as regiões de porcentagens mais baixas de umidade.

**Tabela 11** - Resultado do teste MOOD para as coletas de Umidade Relativa do Ar realizadas no dia 18 de julho de 2019 em Campinas.

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1							
	2							
	3					x	x	
	4							x
	5						x	
	6							
	7							
Vespertino	1						x	
	2							
	3				x	x		
	4					x		
	5							
	6							
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

Quanto ao período vespertino, observou-se menores índices de umidade e com s entre similaridade de comportamento entre pontos diferentes do período matutino, por exemplo entre os pontos 3 e 6. No entanto, a **Tabela 11** indica,

segundo a metodologia de MOOD, uma similaridade entre os pontos 4 e 5, que tiveram as menores umidades. Essa similaridade está, possivelmente, atrelada ao comportamento da distribuição dos dados, como pode-se observar o ponto 3 teve a maior variação entre a amostra de dados de umidade do ar, o qual apresentou oscilações entre valores de 37 a 44,60%. Diante dessa variação dos dados, as características do ponto 3, segundo o MOOD, está condizente aos pontos 4 e 5 devido às diferentes amplitudes em suas amostras, caracterizando, dessa forma, como uma região de baixa índice de umidade relativa do ar.

Passando para o dia 19 de julho, as características identificadas demonstraram comportamento similar, dessa forma evidenciando a características microclimáticas gerais da área estudada (Residencial Terras do Barão).

No período matutino, foi observado, segundo a **Tabela 10**, que as características se mantiveram de forma geral, tendo poucas alterações no desenho da pluma de umidade. Uma alteração que foi significativa encontra-se no ponto 2, que passou a apresentar 61,18%, seguida pelo ponto 1 com 56,74%. Para as regiões com características de umidade inferiores às demais, mantiveram-se os pontos 4 e 7, porém, a região do ponto 7 apresentou 2% a menos que o dia anterior, se aproximando assim do ponto 4, que era caracterizado como a região mais seca.

Observando o período vespertino, identificam-se melhores resultados de umidade do ar (umidades mais elevadas) em relação ao dia 18. As variações no dia 19 ficaram entre 47,83% e 54,34%, sendo esses limites representados pelos pontos 4 e 2, respectivamente. A região do ponto 7 teve um comportamento de umidade mais elevada do parâmetro, alcançando os 49,67% e se afastando em 3% do ponto 4. Outra análise a ser destacada é a similaridade de comportamento dos pontos 3 e 4, tendo cerca de 1% de diferença apenas.

Ao observar a **Tabela 12**, são identificadas as similaridades de comportamento entre os pontos, considerando as coletas do dia 19 de julho de 2019. No período matutino, poucas similaridades entre as regiões foram encontradas, apenas entre os pontos 5 e 2 e entre os pontos 6 e 7. A similaridade

de comportamento entre os pontos 5 e 2 pode ser justificada pelas interações diretas desses pontos com áreas de sombreamento natural da vegetação do entorno. Quanto ao período da tarde, de forma geral, observa-se, na **Tabela 12**, a semelhança entre praticamente todos os pontos instalados dentro do residencial, se distanciando apenas dos pontos mais próximos da APP.

**Tabela 12** - Resultado do teste MOOD para as coletas de Umidade relativa do Ar realizadas no dia 19 de julho de 2019 em Campinas.

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1							
	2					x		
	3							
	4							
	5							
	6							x
	7							
Vespertino	1						x	
	2							
	3				x	x	x	x
	4					x		
	5							x
	6							x
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

Fechando o comportamento de Campinas e analisando a qualidade dos dados coletados, tanto de temperatura quanto de umidade relativa do ar, verificou-se que os dados coletados ao lado da APP (pontos 3 e 4) tiveram um comportamento um pouco diferente do esperado. Os locais onde foram fixados os sensores para a coleta foram áreas sem sombreamento. Sendo assim, a proteção do sensor, com relação à incidência solar direta, pode garantir maior confiabilidade dos dados, já que se a proteção for construída seguindo padrões internacionais a proteção poderá simular a condição ideal (sombra) para a realização de estudos microclimáticos com medidores (HAB *et al.*, 2014; PULIAFITO *et al.*, 2013; SOEIRA, 2018; WMO, 2018).

### PAULÍNIA

Na **Tabela 13**, são apresentados os dados obtidos do parâmetro de umidade do ar para o município de Paulínia. Dentre as informações dispostas encontram-se média, mediana, máximo e mínimo para cada período de coleta

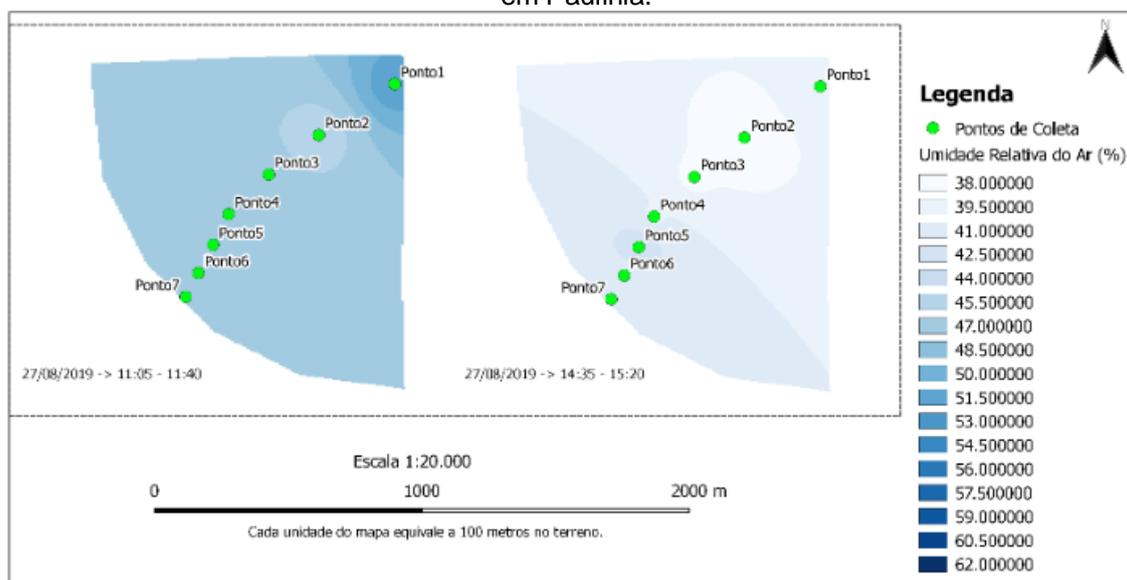
realizado, matutino e vespertino e em cada um dos dias de monitoramento (18 e 19 de julho).

**Tabela 13 - Resultados de coletas de umidade relativa do ar em Paulínia**

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (%)						
			1	2	3	4	5	6	7
27/08/2019 Paulínia	Matutino	Média	51,07	44,65	45,69	45,71	46,58	46,14	45,48
		Mediana	50,50	44,80	45,70	45,70	46,80	46,60	45,70
		Máximo	53,70	46,70	48,70	46,90	48,70	47,20	46,90
		Mínimo	48,40	43,00	43,20	44,60	44,70	44,30	44,20
	Vespertino	Média	39,47	36,21	37,68	39,34	42,35	40,09	40,59
		Mediana	39,40	36,10	37,55	39,10	42,20	40,30	40,70
		Máximo	40,90	37,70	39,50	40,30	43,30	42,50	41,40
		Mínimo	38,20	35,10	36,80	38,20	41,40	38,10	38,40

A **Figura 35** apresenta o mapa de interpolação dos dados realizado a partir da metodologia de IDW. Os dados inseridos no quadrante inferior esquerdo da área delimitada apresentaram variações de umidade entre 45,69% e 51,07% no período matutino e de 36,21% a 42,35% no período vespertino.

**Figura 35 - Mapas de umidade relativa do ar da parcela localizada sobre o parque Industrial, em Paulínia.**



Analisando os dados obtidos no período matutino, a região que se destacou com aproximadamente 5% a mais de umidade que os demais pontos encontra-se localizada no Ponto 1 ao lado da APP. Os outros pontos tiveram poucas variações entre si, apresentando, basicamente, o mesmo comportamento de umidade do ar.

Já no período vespertino, foram observadas diferenças importantes entre os demais pontos, onde se desenhou a heterogeneidade do comportamento da

umidade na região do parque do Industrial. A região da APP (ponto 1) apresentou índices similares aos dos pontos 4, 6 e 7, variando entre, aproximadamente, 39,50% e 40%. O ponto 5, localizado próximo a uma rotatória e sem construções ao seu redor, apresentou o resultado de 42,35% de umidade relativa do ar. Quanto à região comercial (pontos 2 e 3), trata-se da área com características apenas de um ambiente construído e com lotes com solo exposto.

É importante destacar que, nos dois períodos de coleta, pode-se observar um comportamento diferente dos dados coletados no ponto 5. Essa região possui características bastante similares aos pontos 6 e 7, como uma via expressa com médio fluxo de automóveis de médio e grande portes, condomínio à direita e área agrícola à esquerda. No entanto, o ponto 5 encontra-se fixado sobre rotatória, estando distante de árvores e paredes, que seriam possíveis barreiras para ventos. Diante disso, as medidas coletadas no ponto 5 apresentaram semelhanças com os pontos 6 e 7 no período matutino com a umidade relativa do ar de, aproximadamente, 46%. Porém, por volta das 15:00 (período vespertino), os dados coletados no ponto 5 se comportaram de forma diferente dos dados coletados nos Pontos 6 e 7, apresentando 2% a mais de umidade do ar e a menor temperatura na região.

Pode-se observar, ainda, que a localização da APP não teve grande efeito nos pontos instalados na parcela de Paulínia, com exceção do ponto 1, localizado ao lado da APP. Nesse sentido, pode-se observar que os pontos 2, 3 e 4 apresentaram níveis mais elevados de temperatura e menor índice de umidade do ar, o que, possivelmente, se deve pelas características de estarem entre condomínios e área de atividade econômica industrial.

Por fim, os pontos 5, 6 e 7 tiveram um comportamento similar aos pontos 2, 3 e 4, no entanto, ao visualizar o comportamento no período mais quente do dia (vespertino), verificou-se que a região tinha características parecidas com o ponto 1, localizado em uma área com um índice maior de vegetação.

Os resultados dos testes da mediana de MOOD apresentado na **Tabela 14** demonstram forte correlação entre os pontos 2 e 3 em ambos os períodos de coleta. Deixou evidente a forma com que os dados que não foram coletados próximos à APP (pontos 2, 3, 4, 5, 6 e 7) contêm características similares para as coletas diurnas. Foi evidenciada, também, pelo teste de MOOD, a pouca semelhança entre os pontos coletados no período da tarde, com exceção entre

os pontos 1 e 6, demonstrando a relação de vegetação que já foi abordada no parágrafo anterior, e os pontos 2 e 3, caracterizados por estar em áreas construídas e parcela industrial.

**Tabela 14** - Resultado do teste MOOD para as coletas de umidade relativa do ar realizadas no dia 27 de agosto de 2019 em Paulínia.

P. Coleta	1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1						
	2		x		x		x
	3			x	x	x	x
	4					x	x
	5					x	x
	6						x
	7						
Vespertino	1			x			
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						x
	7						
P. Coleta	1	2	3	4	5	6	7

#### 5.2.4. Concentração de CO<sub>2</sub>

##### CAMPINAS

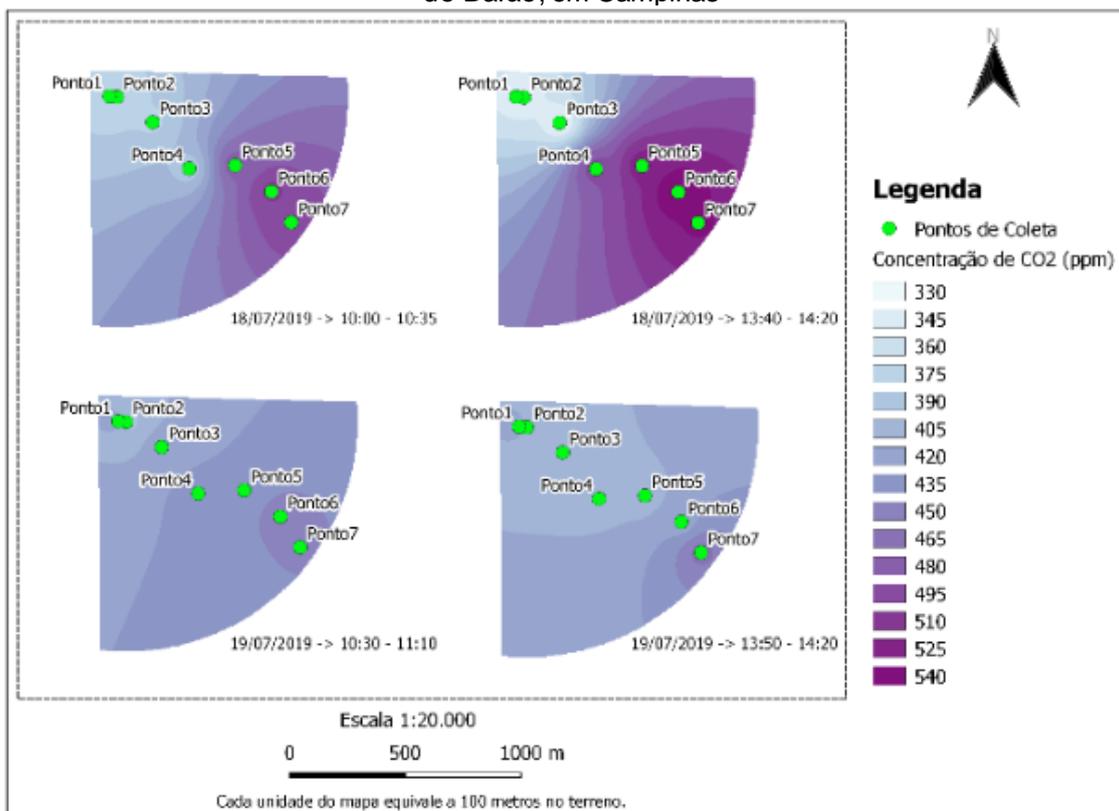
Na **Tabela 15**, foram inseridos os dados que apresentam o comportamento da concentração de CO<sub>2</sub> na parcela Campinas. Os dados foram coletados no dia 18/07/2019, onde pode-se observar a formação de dois grandes grupos. O primeiro grupo possui médias de concentração de CO<sub>2</sub> mais baixas, entre 350 e 400 ppm e é composto pelos pontos 1,2,3 e 4, localizados próximos à APP. O segundo grupo é constituído pelos pontos 5, 6 e 7, com médias de concentração de CO<sub>2</sub> próximas de 500 ppm, localizados ao centro do residencial Terras de Barão e ao lado da estrada da Rhodia, confirmando as expectativas que se tinha sobre a relação das áreas com a concentração de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 15 - Resultados de coletas de concentração de CO<sub>2</sub> em Campinas**

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (ppm)						
			1	2	3	4	5	6	7
18/07/2019 Campinas	Matutino	Média	367,36	363,83	372,51	381,16	471,94	498,88	491,76
		Mediana	369,00	361,00	369,00	384,00	469,00	490,50	483,00
		Máximo	442,00	408,00	433,00	442,00	639,00	608,00	573,00
		Mínimo	321,00	334,00	317,00	321,00	416,00	437,00	446,00
	Vespertino	Média	337,26	338,18	327,72	485,49	518,31	543,45	527,03
		Mediana	337,00	337,00	327,00	483,00	518,00	545,00	523,00
		Máximo	442,00	416,00	399,00	578,00	652,00	679,00	608,00
		Mínimo	270,00	262,00	276,00	404,00	416,00	460,00	424,00
19/07/2019 Campinas	Matutino	Média	418,65	376,46	409,82	427,03	420,36	442,72	436,53
		Mediana	420,00	369,00	416,00	430,50	412,00	442,00	430,50
		Máximo	513,00	474,00	483,00	469,00	488,00	523,00	523,00
		Mínimo	351,00	296,00	337,00	369,00	369,00	365,00	396,00
	Vespertino	Média	411,35	395,41	399,46	401,76	396,90	414,58	454,34
		Mediana	416,00	392,00	399,00	404,00	392,00	416,00	450,00
		Máximo	450,00	464,00	464,00	464,00	483,00	508,00	523,00
		Mínimo	358,00	340,00	311,00	347,00	340,00	347,00	408,00

Na **Figura 36**, encontram-se ilustrados, em mapas, os resultados da concentração de CO<sub>2</sub> da parcela de Campinas ilustrados. Sendo assim, pode-se observar que no dia 18/07/2019, foram identificadas maiores concentrações de CO<sub>2</sub> do que no dia 19/07/2019, com destaque principal para os pontos 5, 6 e 7, localizados próximos à Estrada da Rhodia. Nos pontos próximos às áreas verdes, identificou-se níveis de concentração de CO<sub>2</sub> inferiores, fortalecendo a hipótese da contribuição das áreas verdes para com a região. Outro ponto a ser visualizado nos mapas é o comportamento do ponto 4 que foi citado anteriormente, esboçando claramente sua capacidade de transitar entre os ambientes com menor e com mais concentração de CO<sub>2</sub>.

**Figura 36** - Mapas de Concentração de CO<sub>2</sub> da parcela localizada sobre o residencial Terras do Barão, em Campinas

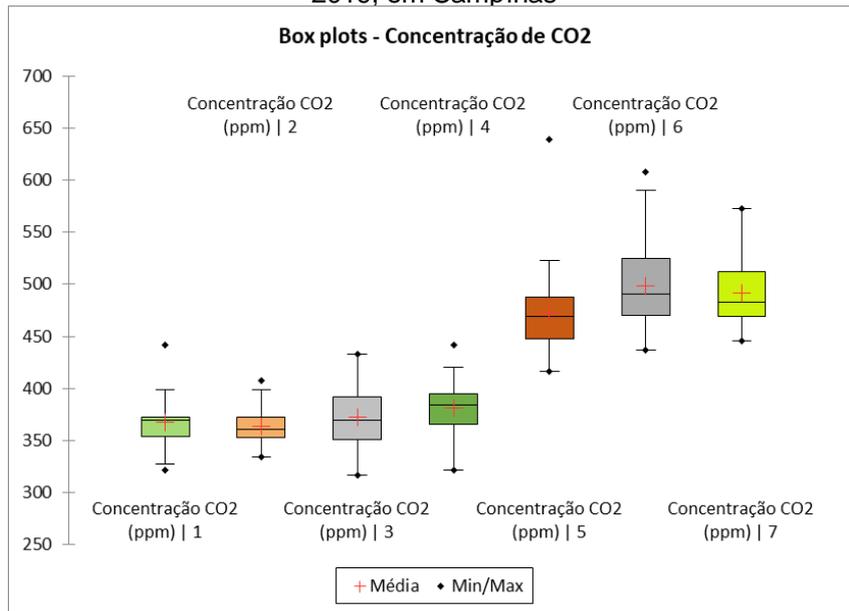


A **Tabela 15** também apresenta os resultados das coletas feitas no período da tarde do dia 18/07/2019. Pode-se observar as mesmas características da coleta feita no período matutino, com a formação de dois grupos. No entanto, o ponto de coleta 4 teve um salto de concentração de CO<sub>2</sub> de uma média de aproximadamente 400 ppm, no período matutino, para cerca de 500 ppm, no período vespertino. Dessa forma, abrindo uma diferença de 150 ppm com relação aos pontos 1, 2 e 3 e se aproximando dos demais pontos.

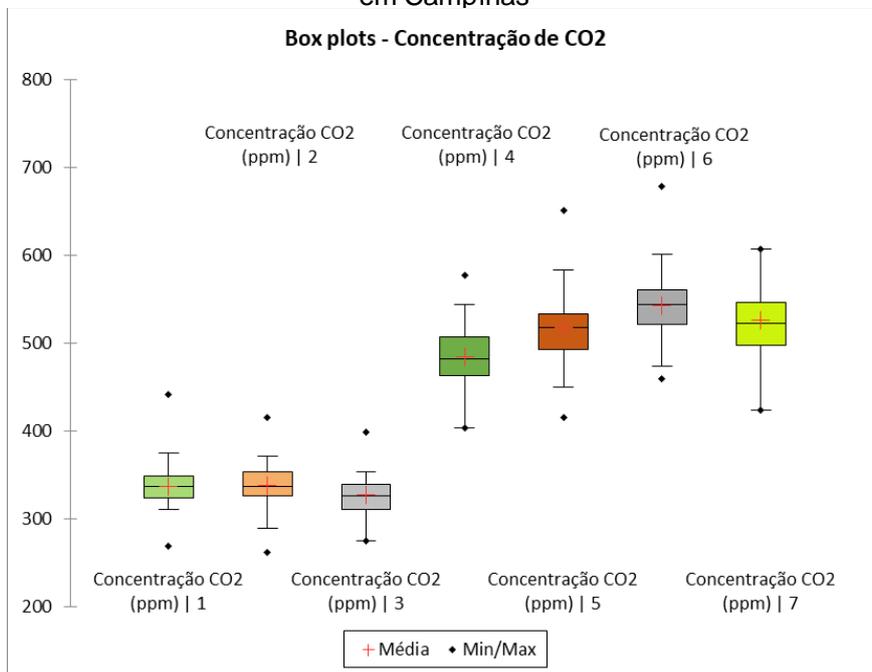
Essa diferença entre a concentração de dióxido de carbono entre os dois períodos pode estar atrelada à diferença de temperatura e saturação de calor sobre o solo, pois isso poderia aumentar o nível de emissão de CO<sub>2</sub> por decomposição de matéria orgânica no solo. Dentro dessa justificativa, Landsberg (1956) e Moreira et. al (2015) destacam as 15:00 horas como o horário mais quente do dia, período esse que pode interagir com a decomposição de matéria orgânica no solo. Nessa perspectiva, Kononova (1975) e Tavares (2014) apresentam o ambiente propício para a decomposição que aumenta a emissão de CO<sub>2</sub>, o qual seria um ambiente com 30°C de temperatura e com uma umidade relativa do ar entre 60 e 80%, aumentando a proliferação de microbactérias

decompositoras, resultando no aumento da concentração de CO<sub>2</sub> do ambiente estudado. Essas condições podem ser encontradas no ponto 4, devido a sua localização em uma área com uma vegetação rasteira, próxima ao fragmento da APP e com uma área de produção agrícola, localizada à esquerda do residencial Terras do Barão. Os gráficos apresentados nas **Figuras 37 e 38** ilustram, de forma mais clara, o comportamento do ponto 4 e sua variação de comportamento entre a coleta do período matutino para o vespertino.

**Figura 37** - Gráficos Box Plot de concentração de CO<sub>2</sub> no período matutino de 18 de julho de 2019, em Campinas



**Figura 38** - Gráficos Box Plot de concentração de CO<sub>2</sub> no período vespertino de 18 de julho, em Campinas



Em relação à informação gerada pela coleta dos dados no dia 19/07/2019, nos períodos da manhã e tarde respectivamente, nesses resultados não foi encontrada nenhuma discrepância entre os pontos de coleta, com algumas ressalvas para os dados dos pontos 6 e 7 em ambos os períodos, onde que apresentaram a concentração de CO<sub>2</sub> ligeiramente acima dos demais pontos. No período vespertino, pode-se visualizar uma média destacadamente maior que as outras nas medidas do ponto 7. Ambos os pontos citados têm como características principais a sua proximidade com a estrada com tráfego constante de veículos de médio e grande portes, características essas que poderiam ter produzido esse resultado.

Os resultados da aplicação do teste de MOOD, apresentados na **Tabela 16**, mostraram que o ponto 4 não contém características significativamente similares a nenhum outro ponto, tanto no período da vespertino quanto no matutino, evidenciando que o Ponto 4 contém características singulares devido à sua proximidade com a área rural, urbana e vegetada, dessa forma, se apresentando como um ponto único da parcela de Campinas.

**Tabela 16** - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO<sub>2</sub> realizadas no dia 18 de julho em Campinas

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1		x	x				
	2			x				
	3				x			
	4							
	5						x	
	6							x
	7							
Vespertino	1		x					
	2			x				
	3							
	4							
	5							x
	6							x
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

Para o dia 19/07/2019, o método mostra a diferença no ponto 7 e que não há compatibilidade alguma com nenhum outro ponto estabelecido na área. Ao observar o comportamento do resultado para o ponto 4, observou-se que o comportamento desse ponto se assemelha com os pontos 2, 3, 5 e 6, mostrando semelhança com áreas que se encontram tanto próximas de mata quanto

distantes de vegetação (ponto 6), dessa forma, evidenciando a singularidade do Ponto 4 para a região.

**Tabela 17** - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO<sub>2</sub> realizadas no dia 19 de julho em Campinas.

P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1			x	x	x		x
	2							
	3				x	x		x
	4					x		x
	5							x
	6							x
	7							
Vespertino	1			x	x		x	
	2			x	x	x		
	3				x	x	x	
	4					x	x	
	5							
	6							
	7							
P. Coleta		1	2	3	4	5	6	7

## PAULÍNIA

Analisando as informações coletados na parcela de Paulínia no dia 27/08/2019, foi possível a elaboração de apenas um gráfico em decorrência da falha no manuseio do sensor MG811, que causou a reinicialização do equipamento, ocasionando a perda dos dados da coleta executada às 14:30hs. Dessa forma, o resultado para a coleta realizada às 11:05hs (período matutino) encontra-se apresentado na **Tabela 18**.

**Tabela 18** - Resultados de coletas de concentração de CO<sub>2</sub> em Paulínia

Data de coleta	Período	Parâmetros	Pontos de Coleta (ppm)						
			1	2	3	4	5	6	7
27/08/2019 Paulínia	Matutino	Média	486,98	499,63	486,20	441,35	480,54	458,56	473,78
		Mediana	493,00	498,00	483,00	439,50	474,00	460,00	464,00
		Máximo	550,00	573,00	573,00	534,00	561,00	523,00	556,00
		Mínimo	361,00	433,00	412,00	372,00	424,00	416,00	388,00

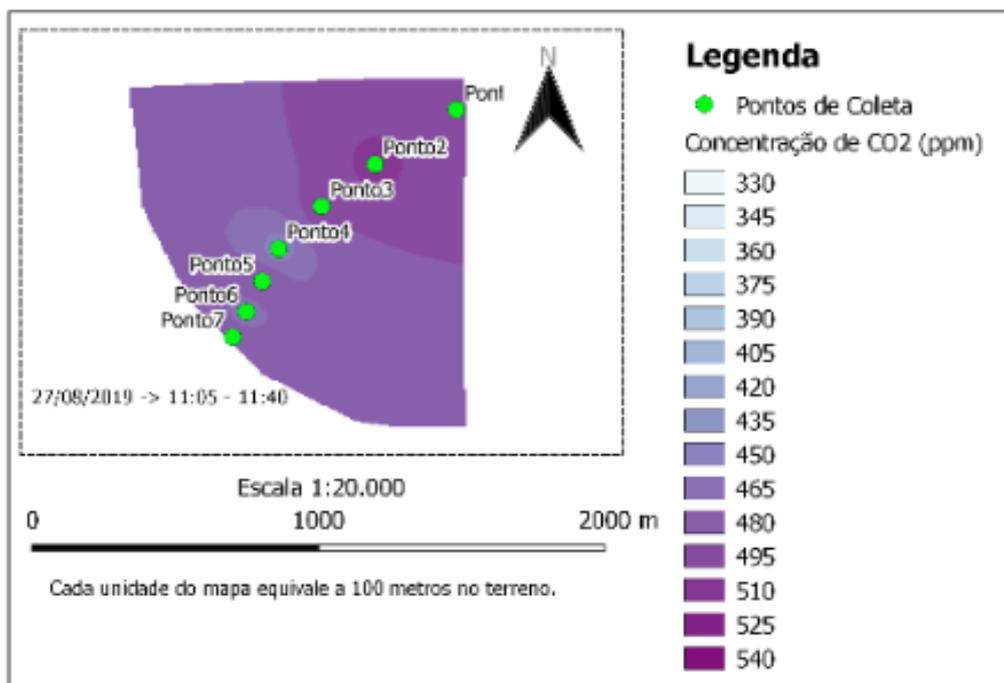
É possível visualizar que os três primeiros pontos (1, 2 e 3) de coleta apresentaram concentração de CO<sub>2</sub> similar, o que é confirmado pelos cálculos da mediana de MOOD (**Tabela 19**) o que também ocorre com os três últimos pontos (5, 6 e 7). Dessa forma, tem-se apenas o ponto 4 se diferenciando dos demais, o que é confirmado também pelo teste de MOOD, que mostra que o Ponto 4 não possui correlação com os demais pontos de coleta.

**Tabela 19** - Resultado do teste MOOD para as coletas de concentração de CO<sub>2</sub> realizadas no dia 19 de julho em Paulínia.

P. Coleta	1	2	3	4	5	6	7
Matutino	1	x	x		x		x
	2						x
	3				x		x
	4						
	5						
	6						x
	7						

A **Figura 39** ilustra os dados coletados, na forma de mapas. Além disso, é importante destacar que as áreas rurais próximas aos pontos 5, 6 e 7 podem reduzir a concentração de CO<sub>2</sub>, em decorrência da absorção de CO<sub>2</sub> pelos vegetais, como apresentado por CASTALDO *et al.* (2017); BOWLER *et al.*, 2010). Por fim destaca-se que o nível de CO<sub>2</sub> foi mais elevado em Paulínia do que em Campinas. Os dados coletados nos dias 18 e 19 apresentaram menor emissão de CO<sub>2</sub> próximo às áreas verdes, onde vale a pena reiterar a interação da área agrícola perto dos pontos mais distantes da APP (pontos 5, 6 e 7) e com interação direta e constante com automóveis de médio e grande porte.

**Figura 39** - Mapa de Concentração de CO<sub>2</sub> da parcela localizado sobre o Parque Industrial, em Paulínia



### 5.2.5. A contribuição das áreas verdes à região estudada

Este item aborda uma análise da relação entre os parâmetros de qualidade ambiental e a distância da APP.

#### 5.2.5.1. Análise da temperatura e umidade relativa do ar tendo a APP como referência.

A **Tabela 20** apresenta os resultados da análise da influência da distância da APP na temperatura do ar, a partir da determinação da correlação de Spearman. Os resultados foram organizados de forma a indicar os valores de coeficiente positivos, negativos e nulos para as coletas realizadas nos períodos matutino e vespertino. Quando o resultado indica um coeficiente positivo, significa que há uma correlação positiva entre a temperatura do ar e a distância da APP, onde, quanto mais próxima de 1, maior a correlação entre os parâmetros comparados. Nesses casos, quanto maior a distância da APP, maior a temperatura do ar. Quando os resultados apresentam valores negativos, indicam a correlação negativa entre as grandezas, ou seja, simbolizando a redução da temperatura do ar enquanto aumenta a distância da APP. Por fim, quando o valor é nulo, não há existência de correlação entre os parâmetros.

**Tabela 20** - Correlação de Spearman para Temperatura do Ar e Distância da APP.

Dias Coleta	Período	Correlações de Temperatura do Ar x Distância		
		Positivas	Negativas	Nulas
18/07/2020	Matutino	0,071	-	-
Campinas	Vespertino	0,357	-	-
19/07/2020	Matutino	0,536	-	-
Campinas	Vespertino	0,393	-	-
27/08/2020	Matutino	-	-	0
Paulínia	Vespertino	-	-0,679	-

Ao visualizar os resultados obtidos (**Tabela 20**), identifica-se, na parcela de Campinas, uma correlação positiva para os dias 18 e 19 de julho de 2019. Ainda sobre o resultado da curva da parcela de Campinas, é importante destacar a aproximação dos resultados dos dados em ambos os dias no período vespertino, com um coeficiente de 0,357 (18 de julho) e 0,393 (19 de julho). Com relação aos coeficientes encontrados no período matutino pode-se visualizar uma correlação baixa, quase nula, no dia 18/07 de 0,071, assim, destacando que

houve baixa correlação entre distância da APP e a temperatura do ar. Por fim, no dia 19/07, identificou-se o horário com a maior correlação entre o aumento da temperatura e distância da APP no período matutino com -0,714.

A **Tabela 21** ilustra a correlação entre a distância da APP e a umidade relativa do ar.

**Tabela 21** - Correlação de Spearman para Umidade Relativa do Ar e Distância da APP.

Dias Coleta	Período	Correlações de Umidade Rel. do Ar x Distância		
		Positivas	Negativas	Nulas
18/07/2020	Matutino	-	-0,714	-
Campinas	Vespertino	-	-0,536	-
19/07/2020	Matutino	-	-0,571	-
Campinas	Vespertino	-	-0,321	-
27/08/2020	Matutino	-	-0,143	-
Paulínia	Vespertino	0,679	-	-

Ao analisar a **Tabela 21**, constata-se a correlação negativa entre os parâmetros. Isso indica que, nesses casos, quanto maior a distância da APP, menor a umidade relativa do ar. Quanto ao nível de correlação da umidade indicado pelo coeficiente de Spearman, no período matutino, no dia 18 de julho, observa-se o valor mais próximo de 1, enquanto no período vespertino do dia 19 de julho, o menor.

Para Paulínia, observa-se, para a correlação entre a distância da APP e a temperatura do ar, primeiramente o valor nulo do coeficiente no período matutino e, em seguida, uma correlação negativa na coleta vespertina. Nesse sentido, observa-se que durante e antes do horário de maior incidência solar, o comportamento da temperatura é estável ao longo de todo o território analisado, não tendo nem aumento ou queda da temperatura do ar conforme se distancia da APP.

Já no período vespertino, foi gerado um coeficiente negativo, ilustrando o comportamento de que conforme a distância avançava, a temperatura se reduzia, significando possível falta de interação da região com a APP, porém com influência e contribuição da área rural para o clima na região de Paulínia.

O comportamento da umidade do ar na região de Paulínia no período matutino apresentou, como esperado, o coeficiente (-0,143) com valor baixo e negativo, ilustrando um ambiente com características estáveis ao longo de toda

a área analisada, tendo pouca diferença nas condições entre cada ponto de coleta. Enquanto para o período vespertino o coeficiente de Spearman apresentou o valor de 0,679, o que representa as melhores condições de umidade relativa do ar da região estudada conforme os pontos de coletas se distanciam da APP.

#### 5.2.4.2. Concentração de CO<sub>2</sub> tendo a APP como referência

A **Tabela 22** apresenta a correlação entre a distância da APP e a concentração de CO<sub>2</sub>. Ao analisar os coeficientes, observa-se altos níveis de correlação entre a concentração e a distância da APP, seja ela positiva ou negativa.

Na região de Campinas, os resultados demonstram forte correlação positiva, indicando que, quanto maior a distância da APP, maior a concentração de CO<sub>2</sub>. Sendo assim, pode-se interpretar tanto que há a contribuição da vegetação em questão, mas que, também, este comportamento pode estar atrelado à influência da via de fluxo constante de veículos pesados sobre a concentração de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 22** - Correlação de Spearman para Concentração de CO<sub>2</sub> e Distância da APP.

Dias Coleta	Período	Correlações de Concentração de CO <sub>2</sub> x Distância		
		Positivas	Negativas	Nulas
18/07/2020	Matutino	0,929	-	-
Campinas	Vespertino	0,857	-	-
19/07/2020	Matutino	0,821	-	-
Campinas	Vespertino	0,536	-	-
27/08/2020	Matutino	-	-0,714	-
Paulínia				

Quanto à parcela de Paulínia, no período matutino observa-se o comportamento negativo acentuado, demonstrando que conforme aumenta a distância entre os pontos de coleta e a APP, menor é a concentração de CO<sub>2</sub>, indicando uma possível contribuição da área rural sobre a disponibilização de CO<sub>2</sub> no ar, já que, na região mais distante da APP, é onde encontra-se o maior fluxo de veículos de toda a área de estudo, estando em contato direto com a área rural.

### 5.3 Análise de Custo

Os nós-sensores desenvolvidos neste trabalho têm seu custo apresentado na **Tabela 23**. É importante ressaltar que foram utilizados dois nós sensores, os quais foram montados separadamente seguindo as suas funções, onde o DHT22 foi utilizado para as coletas de temperatura e umidade relativa do ar e o MG811 para a coleta de concentração de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 23** – Relação de preços dos nós sensores usados para coleta de dados  
MG811 DHT22

Item	Preço	Item	Preço
Protoboard 400 Furos	R\$ 7,90	Protoboard 400 Furos	R\$ 7,90
Microprocessador	R\$ 20,90	Microprocessador	R\$ 20,90
Armazenador de Informações	R\$ 9,90	Armazenador de Informações	R\$ 9,90
Cartão de Memória SD	R\$ 32,90	Cartão de Memória SD	R\$ 32,90
Bateria Lipo 11.1V	R\$ 85,00	Bateria Duracell 9V	R\$ 16,40
Sensor MG811	R\$ 185,00	Sensor DHT22	R\$ 22,50
Total	R\$ 341,60	Total	R\$ 110,50

Ambos os sensores tiveram a sua montagem realizada de maneira separada visando facilitar a organização dos dados gerados, o que também proporcionou melhor manuseio dos nós para exposições aos testes de comportamento conforme os seus respectivos parâmetros. Além do motivo citado, outra razão pela não junção dos medidores em apenas um sistema foi a diferença entre a alimentação, já que o nó-sensor MG811 consumia bem mais energia que o DHT22. Nesse sentido, visando garantir a autonomia e a organização dos dados de ambos os sistemas no momento de coleta de campo, optou-se por manter os medidores em sistemas separados.

Após esses testes, a união de ambos os nós-sensores em apenas um sistema (protoboard, microprocessador, armazenador e alimentação) não foi executada devido à necessidade de otimização dos materiais utilizados, o que ocorreu devido a diferença de consumo de energia entre os sensores, podendo atrapalhar na autonomia do sistema de ambos os nós-sensores.

Na **Tabela 24**, encontram-se descritas as informações de outros medidores que tiveram como objetivo compor uma estação meteorológica com a finalidade de monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar. Dentre os descritos estão as peças e valores do sensor utilizado para esse trabalho (DHT22), o sensor SHT75 que foi aplicado em uma metodologia de dados

móveis por Soeira (2018) e um Datalogger, equipamento frequentemente utilizado em estudos microclimáticos (SOEIRA, 2018; PULIAFITO *et al.*, 2013).

Ainda na **Tabela 24** identifica-se claramente a diferença de preços de medidores utilizados no mercado e em pesquisas microclimáticas. A partir de equipamentos utilizados e apresentados por Soeira (2018) identificou-se que o nó-sensor DHT22 apresenta-se como o sensor de temperatura e umidade relativa do ar mais barato em três itens apresentados, pelo preço de R\$147,48. Quanto aos sensores apresentados por Soeira (2018), o medidor confeccionado pelo autor (a partir do sensor SHT75) apresentou uma faixa de preço de R\$ 346,80 alcançando um valor cinco vezes mais barato que DataLogger Texto 174h e duas vezes mais caro que o nó-sensor DHT22.

**Tabela 24** - Relação de preços entre diferentes medidores de Temperatura e Umidade do Ar.

Itens - DHT22		Itens - SHT75		Itens - Kit Testo 174h	
Protoboard 400 furos	R\$ 18,88	Placa Arduino Mega 2560	R\$ 98,90	Carregador	
Microprocessador (Arduino Nano)	R\$ 20,90	Display (painel) LCD	R\$ 37,99	Pilha	
Adaptador de Cartão SD	R\$ 9,90	Bluetooth HC-05	R\$ 40,75	Texto 174h	
Cartão de Memória SD/Armazenador	R\$ 32,90	Cartão de Memória SD/Armazenador	R\$ 9,90	-	
Bateria Lipo 9v	R\$ 29,00	Bateria 9V	R\$ 32,90	-	
Sensor DHT22	R\$ 35,90	Sensor SHT75	R\$ 126,36	-	
<b>Total</b>	<b>R\$ 147,48</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 346,80</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 1.659,00</b>

Para comparar os preços do nó-sensor MG811, utilizou-se, como ponto de referência, o sensor MSH-P-CO2, empregado na mini estação meteorológica de Pioppi *et al.* (2020). Na literatura, não foi possível encontrar a descrição da montagem do nó-sensor e nem o como foi inserido à estação meteorológica, sendo assim, para estimar o preço do nó do MSH-P-CO2, utilizou-se os mesmos componentes que foram inseridos no MG811 devido à compatibilidade que havia com o sensor. Ambos os sensores foram cotados no dia 05/02/2021.

A partir dos preços cotados, observa-se na **Tabela 25** a diferença de preços entre os dois nós, onde o nó-sensor do MG811 alcançou um preço de até sete vezes mais barato que o nó do MSH-P-CO2.

**Tabela 25** - Relação de preços entre diferentes medidores de Concentração de CO<sub>2</sub>.

Itens - Nó-sensor MG811	Preços	Itens - Dynament MSH-P-CO2	Preços
Protoboard 400 furos	R\$ 7,90	Protoboard 400 furos	R\$ 7,90
Microprocessador (Arduino Nano)	R\$ 20,90	Microprocessador (Arduino Nano)	R\$ 20,90
Armazenador de informações	R\$ 9,90	Armazenador de informações	R\$ 9,90
Cartão de Memória SD	R\$ 32,90	Cartão de Memória SD	R\$ 32,90
Bateria Lipo 11.1v	R\$ 85,00	Bateria Lipo 11.1v	R\$ 85,00
Sensor MG811	R\$ 185,00	Sensor MG811	R\$ 2.450,64
<b>Total</b>	<b>R\$ 341,60</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 2.607,24</b>

Nota-se que os nós-sensores implementados apresentam baixo custo, viabilizando a análise da contribuição de áreas verdes para diferentes tipos de localidade.

## 6. Conclusão

Os sensores DHT22 e MG811 utilizados para as coletas se comportaram da forma esperada, realizando as medidas necessárias para as análises microclimáticas na região escolhida para as coletas, localizada entre Campinas e Paulínia, com uma Área de Preservação Permanente (APP) ao centro, dividindo as duas áreas de interesses.

Os testes aplicados aos sensores demonstram, de forma clara, o comportamento dos sensores, considerando sua utilização em um ambiente aberto. Dentre as respostas do DHT22, identificou-se a necessidade de encapsulamento do sensor para garantir que seu funcionamento não seja impactado pela radiação solar direta, o que poderia gerar elevações de temperatura fora do comum, resultando em dados não confiáveis.

A partir dos dados coletados, pôde-se observar que a APP contribui de forma positiva nos parâmetros de concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura do ar e umidade relativa do ar na região de Campinas. Observou-se, ainda, que esses parâmetros foram impactados pela distância da estrada e pelo ambiente construído (área com menos árvores). No entanto, a mesma situação não ocorreu na área de Paulínia, sendo observado pouco impacto da APP central, mas com influência visível das áreas agrícolas no ponto mais distante em relação à APP.

A seguir, para trabalhos futuros, é sugerido a exposição do sensor DHT22 a testes ao ar livre durante longos, contínuos e ininterruptos períodos de coleta de dados junto à uma estação de meteorológica, dessa forma possibilitando aferir e otimizar a precisão do medidor de temperatura e umidade relativa do ar.

A integração dos sistemas dos medidores em apenas um nó-sensor, podendo, dessa forma, reduzir o custo devido a necessidade de menos materiais. Para viabilizar essa alteração nos nós-sensores em coletas de campo, torna-se importante avaliar formas de otimização da autonomia produzida pelas baterias em relação aos sistemas, buscando evitar o aumento do tamanho do aparato construído. Dessa forma, replicação dos nós-sensores unidos permitirá a instalação dos aparatos em pontos fixos, possibilitando coletas simultâneas, seja em forma de redes de sensores cabeadas e/ou sem fio.

Por fim, como apresentado ao longo do trabalho, houveram momentos que foram observados a necessidade analisar e monitorar outros parâmetros de qualidade do microclima. Diante disso, adicionar medidores como os velocidade do vento, direção do vento e pressão atmosférica podem possibilitar melhores análises ambientais de uma área monitorada.

## 7. Referências Bibliográficas

AKYILDIZ, I. F. *et al.* Wireless sensor networks: a survey. 2002 **Computer Networks**, v.38, p.393–422. 20 de dez. 2001.

AHONEN, T. *et al.* **Greenhouse monitoring with wireless sensor network**. In: IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications. Beijing, China: IEEE, 2008.

ALONZO, M. *et al.* Mapping urban forest structure and function using hyperspectral imagery and lidar data. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 17, p. 135-147, jun. 2016.

ALVES, R. J. **Monitoramento de remanescentes ambientais urbanos com veículos aéreo não tripulado**. 2017. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2017.

ALMEIDA, C.M. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. **ARQ.URB**. São Paulo. n. 3, p. 98 - 123, 2010.

AMBRIZZI, T., ARAUJO, M., **Base científica das mudanças climáticas: Contribuição do grupo de trabalho 1 do painel brasileiro de mudanças climáticas ao primeiro relatório da avaliação nacional sobre mudanças climáticas**. PBMC, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. 2014.

AOOSONG ELECTRONICS. **Digital-output relative humidity & temperature sensor/module: DHT22 (DHT22 also named as AM2302)**. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>>. Acesso em: 02 de mai. 2019.

BALCHIN, W. G. V; PYE, B.A. A micro-climatological investigation of bath and the surrounding district. Quart. **J. Roy. Meteor. Soc.**,73, 297–323. 1947.

BARLOW, J. F.. **Progress in Observing and Modelling the Urban Boundary Layer**. **Urban Climate**, Early Gate, v. 10, n. 1, p.216-240, mar. 2014.

BOWLER, D. E. *et al.* Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence.: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, [s.l.], v. 97, n. 3, p. 147-155, Elsevier BV. set. 2010.

BIROL, F. World Energy Outlook 2010. Paris. **International Energy Agency**, 738 f. 2010.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências**. Diário Oficial da União. Brasília, 19 de dez. 1979.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 200. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, 10 de jul. 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. **Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.** Brasília. Diário Oficial da União, 29 mar. 2006.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília: Diário Oficial da União, 28 maio 2012.

BRASIL. Constituição (2012). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências..** Brasília: Diário Oficial da União, 28 mai. 2012.

BRINDLEY, P. *et al.* Is more always better? Exploring field survey and social media indicators of quality of urban greenspace, in relation to health. **Urban Forestry & Urban Greening**, [S.L.], v. 39, p. 45-54, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.015>.

CAMPINAS. Lei complementar nº 189, de 08 de janeiro de 2018. **Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas.** Prefeitura Municipal. Diário Oficial do Município 08 de jan. 2018.

CAMPINAS. Lei complementar nº213, de 22 de maio de 2019. **Dispõe sobre o Banco de Áreas Verdes - BAV do Município de Campinas, instituído pelo Decreto nº 16.974, de 4 de fevereiro de 2010, e dá outras providências.** Campinas. Prefeitura Municipal. Diário Oficial do Município. 22 de mai. 2019.

CARDOZO, F.A.C et al. Sensoriamento remoto aplicado na detecção de áreas degradadas pela mineração no Sul do Brasil entre 1985 - 2011. **Tecno-Lógica.** Santa Cruz do Sul, v. 20, n.2, p.97-102, dez. 2016. ISSN: 1982-6753.

CARMINATI, M. *et al.* Prospects of Distributed Wireless Sensor Networks for Urban Environmental Monitoring. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 44-52, 1 jun. 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/maes.2019.2916294>.

CASTALDO, V. L. et al. Microclimate and air quality investigation in historic hilly urban areas: experimental and numerical investigation in central Italy: Experimental and numerical investigation in central Italy. **Sustainable Cities and Society**, [s.l.], v. 33, p. 27-44, ago. Elsevier BV, 2017.

CASTELLINI, S. et al.. PMetro: Measurement of urban aerosols on a mobile platform,"**Measurement**, vol. 49, pp. 99–106, 2014.

CHOAY, F. O Urbanismo: Utopias e Realidades, uma Antologia. 7ªed. São Paulo. **Perspectiva**, 1965

CORREIA, T. A. **RSSF para detecção de incêndios florestais em tempo real**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017.

CROFT, P. J. *et al.* Urban net: urban environment monitoring and modeling with a wireless sensor network. **In**: 90th American Meteorological Society Annual Meeting, Atlanta. 2010

DEBIAZI, P. R.; SOUZA, L. C. L. de. Contribuição de parâmetros do entorno urbano sobre o ambiente térmico de um campus universitário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 215-232, out./dez. 2017.

DJI. DJI MATRICE 100: INTELLIGENT FLIGHT BATTERY – SAFETY GUIDELINES. Disponível em: <[http://download.dji-innovations.com/downloads/dev/Matrice/en/M100\\_Intelligent\\_Flight\\_Battery\\_Safety\\_Guidelines\\_en\\_v1.0\\_201509.pdf](http://download.dji-innovations.com/downloads/dev/Matrice/en/M100_Intelligent_Flight_Battery_Safety_Guidelines_en_v1.0_201509.pdf)>. Acesso em: 10 de mai. 2020.

DJI. DJI M100-ZENMUSE X5 Series: Gimbal Installation kit – Installation Guide. Disponível em: <[https://dl.djicdn.com/downloads/dev/Matrice/en/M100\\_Zenmuse%20X5\\_Series\\_Gimbal\\_Installation\\_Kit\\_en\\_160229.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/dev/Matrice/en/M100_Zenmuse%20X5_Series_Gimbal_Installation_Kit_en_160229.pdf)>. Acesso em: 10 de mai. 2020.

FOLEY, J.A. et. al. Global consequence of land use. Washington. **Science**, v. 309, p. 570-574, 22 jul. 2005.

FARIAS, E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. CGEE. 42f. 2002

GEIGER, R. The Climate near the Ground. Cambridge. 1950. Mass.: Harvard University Press. 482 pp.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, n.1, v. 8, p. 49-61. 1999.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. **Aerodynamic Properties of Urban Areas Derived from Analysis of Surface Form**. **Journal Of Applied Meteorology**: American Meteorological Society, Vancouver, v. 38, p.1262-1292, set. 1999.

HARTMANN, D.L. *et al.* **Observations: Atmosphere and Surface**. **In**: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 159–254. 2013.

ELIASSON, I.; HOLMER, B. Urban Heat Island Circulation in G6teborg, Sweden. **International Journal of Climatology**. Theor. Appl. Clirnatol. v. 42, p. 187- 196. 1990.

HÄB, K. et al. Sensor lag correction for mobile urban microclimate measurements. **Urban Climate**, [s.l.], v. 14, p. 622-635, dez. 2015.

HOUGHTON, R. A.; HACKLER, J. L. **Carbon Flux to the Atmosphere from Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes: 1850 to 1990**. ORNL/CDIAC-131, NDP-050/R1. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge. 2001.

JIA, G., E. **Land-climate interactions**. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. In press. 2019

JUNIOR, P. C. Z.; NETO, J. L. S. Mudanças Climáticas Globais: Uma Questão de Escala. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.619 – 627, 2012.

KONONOVA, M. M. **Humus of virgin and cultivated soils**. In J. E. Gieseking (Ed.), Soil components, v.1, p.110. p475-526, 1975.

LANDSBERG, H.E. The climate of towns. 1956 In: Thomas Jr., W.L. (Ed.), Man's Role in Changing the Face of the Earth. **Univ. Chicago Press**, Chicago, pp. 584–606.

LAZAROTTO, G. **Variáveis de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos no Período Noturno - Bairro Camobi, Santa Maria - RS**. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

LIM, C. C. et al. Mapping urban air quality using mobile sampling with low-cost sensors and machine learning in Seoul, South Korea. **Environment International**, [s.l.], v. 131, p. 105022, out. 2019.

LIU, L. et al. China's carbon-emissions trading: overview, challenges and future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Elsevier, v. 49, p. 254-266, 2015.

LIU, L. et al. Analysis of local-scale urban heat island characteristics using an integrated method of mobile measurement and GIS-based spatial interpolation. **Building and Environment**, v. 117, p. 191-207, maio 2017

LOUREIRO, A. A. F. *et al.* Rede de Sensores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES, 1., 2003, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Sbrc, 2003. p. 179-226.

MAGANHOTTO, R.F.; Souza, L.C.P.; Junior, J.C.O.; Lohmann, M.. O Uso de Geotecnologias no Planejamento Ambiental de Unidades de Conservação: Estudo de Caso Reserva Biológica das Araucárias. Os Desafios da Geografia

Física na Fronteira do Conhecimento. Campinas, **Instituto de Geografia - Unicamp**, v. 1, jun/jul. 2017.

MALAVAR, A. et al. Development and Integration of a Solar Powered Unmanned Aerial Vehicle and a Wireless Sensor Network to Monitor Greenhouse Gases. **Sensors**, v. 15, n. 2, p. 4072-4096, 11 fev. 2015.

MARICATO, E. Metrópole na periferia do capitalismo: Ilegalidade, desigualdade e violência. 1. ed. São Paulo:Hucitec, 1996. 141p.

MASCARÓ, L. R. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra – D. C. Luzzato, 199p. 1996.

MENDONÇA, R. A. M. *et al.* **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental. Cuiabá: Instituto Centro de Vida**, 2011. 40 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Parques e Áreas Verdes**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/8051.html>. Acesso em: 04 abr. 2020.

MINITAB. **Teste da mediana de MOOD**. Disponível em: < <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/19/help-and-how-to/statistics/nonparametrics/how-to/mood-s-median-test/before-you-start/overview/>>. Acesso em: 19 fev. 2020

MIYAMOTO, M. T. **A influência das configurações urbanas na formação de microclimas**: estudo de casos no município de Vitória-ES.. 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

MONTEIRO, M. V. et al. The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air temperature cooling in London. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 16, p. 160-169, 2016.

MORERO, A. M.; SANTOS, R. F. dos; FIDALGO, E. C. C. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso em Campinas–SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 2007.

MOUAPI, A.; HAKEM, N. A New Approach to Design Autonomous Wireless Sensor Node Based on RF Energy Harvesting System. **Sensors**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 133, 5 jan. 2018.

MUÑOZ, A. M. M.; FREITAS, Simone Rodrigues de. Importância dos Serviços Ecosistêmicos nas Cidades: revisão das publicações de 2003 a 2015. : Revisão das Publicações de 2003 a 2015. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 89-104, University Nove de Julho. 1 ago. 2017.

NESBITT, L.; MEITNER, Michael J.; GIRLING, Cynthia; SHEPPARD, Stephen R.j.; LU, Yuhao. Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities. **Landscape And Urban Planning**, v. 181, p. 51-79, jan. 2019.

NOAA. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide**. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

NORMILE, Dennis. Round and Round: A guide to the carbon cycle. Science, Washington, v. 325, p.1642-1643, 25 set. 2009.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 4ª Ed. São Paulo: **Butcher**, 2010.

NUNES, E. F. **Desenvolvimento de sistemas de monitoramento de produção avícola utilizando rede de sensores sem fio**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

OKE, T. R. et al. **The Energetic Basis of the Urban Heat Island**. Royal Meteorological Society, Vancouver, v. 108, n. 455, p.1-24, jan. 1982.

OKE, T. R. **Instruments and Observing Methods Report: Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. 81. ed. Canadá: World Meteorological Organization, 51 f. 2006.

OLMO, N.R.S. **Poluição atmosférica e exposição humana: A evolução científica epidemiológica e sua correlação com o ordenamento Jurídico**. Tese (Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo) Universidade de São Paulo. São Paulo. 254p. 2010.

PARALLAX. **CO2 Gas Sensor Module (#27929)**. Disponível em: <<https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2082898.pdf>>. Acesso em: 28 de mai. 2019.

PAULÍNIA. Lei nº2852, de 22 de dezembro de 2006. **Institui o Plano Diretor do município de Paulínia**. Paulínia. Prefeitura Municipal. Diário Oficial do Município. 22 de dez. 2006.

PAULÍNIA. Lei complementar nº60, de 13 de abril de 2016. **Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo no município de Paulínia e dá outras providências**. Paulínia. Prefeitura Municipal. Diário Oficial do Município. 22 de dez. 2006.

PASSOS, D. *et al.* Tecnologias de Redes sem Fio. 1ed. Rio de Janeiro: Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – RNP. 2016.

PASSOW, M.J. TRMM — Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom. **TERRÆ DIDÁTICA**. v.6, n. 1, p, 3 - 8, 2010. ISSN: 19804407

PILLAR, V.D. 1995. **Clima e vegetação**. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

PIOPPI, B. et al. Data collected by coupling fix and wearable sensors for addressing urban microclimate variability in an historical Italian city. **Data In Brief**, v. 29, p. 105322, abr. 2020.

PULIAFITO, S. E. et al. Green Areas and Microscale Thermal Comfort in Arid Environments: a case study in mendoza, argentina. : A Case Study in Mendoza, Argentina. **Atmospheric And Climate Sciences**, [s.l.], v. 03, n. 03, p. 372-384, 2013

RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. (Ed.). **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 45-56.

RASHID, B. REHMANI, M. H. Applications of wireless sensor networks for urban areas: a survey. : A survey. **Journal Of Network And Computer Applications**, [s.l.], v. 60, p. 192-219, jan. 2016

REBOITA, M., S. *et al.* **Entendendo o Tempo e o Clima da América do Sul. TerrÆ Didática**, Campinas, v. 1, n. 8, p.34-50, jan. 2012.

RIBEIRO, A. G. **As Escalas do Clima**. Boletim de Geografia Teorética, v. 23, n.46, p.288-294. 1993.

ROSEIRO, M. N. V.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Meio ambiente e poluição atmosférica: O caso da cana-de-açúcar. **Saúde**, Vol. 30 (1-2), p. 76-83, 2004.

SAMBUICHI, R. H. R et al. **A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**: impactos, políticas públicas e desafios. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

SAMPAIO, G.; NOBRE, Carlos; COSTA, Marcos Heil; SATYAMURTY, Prakki; SOARES-FILHO, Britaldo Silveira; CARDOSO, Manoel. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, [s.l.], v. 34, n. 17, p. 1-7, 13 set. 2007. American Geophysical Union (AGU).

SEIXAS, I. M.; PINHEIRO, E.S. Sensoriamento remoto aplicado à análise chuva-vegetação na Amazônia Central. **Revista GeoUSP Espaço e Tempo**. São Paulo. v. 18, n. 2, p. 635 - 649, 2014

SELLERS, P.J.; et.al. Modeling the exchanges of energy, water and carbon between Continents and the Atmosphere. Washington. *Science*, v. 275, p. 502-509, 24 jan. 1997.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. **Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. Interfacehs**: Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, São Paulo, v. 6, n. 2, p.37-57, ago. 2011.

SILVA, J. X.; Z Aidan, R. T. Geoprocessamento & Meio Ambiente. 3ªed. Rio de Janeiro. **Bertrand Brasil**. 2018.

SILVA, M. S. da. **Rede de sensores sem fio de baixo custo para monitoramento ambiental**. 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Cap. 22.

SOEIRA, M. R. C. **A relação entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar em diferentes zonas climáticas locais**. 2018. 115f. Dissertação (Mestrado em sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

SONG, K. et al. A High-Precision Synchronous Sampling Approach for Large-Scale Distributed Wire Sensor Networks in Seismic Data Acquisition Systems. **Instrumentation Science & Technology**, [s.l.], v. 40, n. 6, p. 567-579, nov. 2012

SPRONKEN-SMITH, R. A.; OKE, T. R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 11, p. 2085-2104, jan. 1998.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

STANGANINI, F.N.; LOLLO, J.A. **O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental**. Revista Brasileira de Gestão Urbana. São Carlos.p. 118-128, out. 2018. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.

STOCKER, T.F. et.a l. IPCC, 2013: **Climate change 2013: The physical science basis. In Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2013.

TAVARES, R. L. M. **Emissão de CO<sub>2</sub> e atributos físicos, químicos e manejo microbiológicos do solo em sistemas de manejo de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado – Faculdade de Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 100p. 2014.

TEIXEIRA, J. **Wireless Sensor Network for Forest Fire Detection**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto, Porto, 2017. Cap. 32.

THEPVILOJANAPONG, N. et al. A Deployment of Fine-Grained Sensor Network and Empirical Analysis of Urban Temperature. **Sensors**, v. 10, n. 3, p. 2217-2241, 18 mar. 2010.

TUROLLA, Andrea *et al.* Development of a Miniaturized and Selective Impedance Sensor for Real-Time Slime Monitoring in Pipes and Tanks. **Sensors And Actuators B: Chemical**, [S.L.], v. 281, n. 1, p. 288-295, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2018.10.107>.

WMO. **Guide to Climatological Practices**, Secretariat of the World Meteorological Organization (WMO), Geneva, 2 ed. 1983.

YANG, X. et al. Impact of urban heat island on energy demand in buildings: local climate zones in nanjing. : Local climate zones in Nanjing. **Applied Energy**, [s.l.], v. 260, p. 114279, fev. 2020.

YICK, J. et al. Wireless sensor network survey. **Computer Networks**, [s.l.], v. 52, n. 12, p. 2292-2330, ago. 2008.

# APÊNDICE I

**Tabela 26 - Dados de temperatura do ar no período matutino de 18 de julho.**

<b>Pontos de coleta 18 de julho - Matutino - Temperatura do ar (°C)</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
20,60	24,70	25,80	28,80	24,90	24,40	24,80
20,70	24,60	25,60	28,80	24,80	24,40	24,90
20,90	24,50	25,50	28,80	24,20	24,40	24,80
20,90	24,40	25,60	28,50	24,10	24,30	24,70
20,90	24,30	25,80	28,50	23,80	24,30	24,60
21,20	24,20	25,80	28,10	23,40	24,20	24,60
21,40	24,10	25,60	27,90	23,10	24,10	24,50
21,60	24,00	25,40	27,60	22,70	24,00	24,50
21,60	23,90	25,40	27,40	22,30	23,60	24,50
21,70	23,80	25,40	27,20	22,10	23,30	24,50
22,00	23,60	25,30	27,10	21,90	23,30	24,50
22,10	23,50	25,30	27,00	21,80	23,30	24,40
22,20	23,40	25,40	26,80	21,70	23,40	24,40
22,30	23,30	25,40	26,80	21,60	23,10	24,30
22,50	23,20	25,40	26,70	21,50	23,10	24,10
22,60	23,10	25,50	26,60	21,40	23,10	23,90
22,80	23,00	25,50	26,50	21,40	22,70	23,80
23,00	22,90	25,30	26,50	21,40	22,70	23,70
23,20	22,80	25,20	26,50	21,40	22,70	23,60
23,40	22,70	25,30	26,50	21,40	22,80	23,50
23,50	22,60	25,60	26,20	21,40	22,90	23,30
23,80	22,50	25,60	26,20	21,40	23,10	23,30
24,00	22,40	25,50	26,20	21,50	22,90	23,30
24,20	-	25,50	26,10	21,70	23,20	23,30
24,40	-	25,40	25,90	21,60	23,20	23,30
24,60	-	25,50	25,80	21,70	23,10	23,40
24,70	-	25,50	25,70	21,70	23,00	23,40
-	-	25,60	25,50	21,70	23,10	23,40
-	-	25,70	25,30	21,70	23,20	23,50
-	-	25,70	25,20	21,60	-	23,50
-	-	-	25,00	21,60	-	-
-	-	-	24,80	-	-	-
-	-	-	24,70	-	-	-

**Tabela 27-** Dados de temperatura do ar no período vespertino de 18 de julho  
**Pontos de coleta 18 de julho - Vespertino - Temperatura do ar (°C)**

1	2	3	4	5	6	7
28,60	26,60	30,80	30,60	29,60	27,10	28,00
28,60	26,30	30,70	30,40	30,70	29,10	31,40
28,70	26,20	30,60	30,50	30,60	29,20	31,20
28,70	26,20	30,50	30,40	30,40	29,20	30,70
28,60	26,10	30,50	30,00	30,20	29,00	30,70
28,60	26,10	30,50	29,90	30,10	28,90	31,00
28,60	26,10	30,40	30,00	29,90	28,80	30,90
28,60	26,00	30,40	30,10	29,80	28,70	30,80
28,60	26,00	30,40	30,10	29,60	28,50	30,30
28,60	26,10	30,40	30,20	29,40	28,50	30,00
28,40	26,30	30,40	30,00	29,30	28,60	29,90
28,30	26,30	30,30	29,90	29,10	28,50	29,60
28,20	26,10	30,50	29,80	29,00	28,60	29,50
27,90	26,00	30,60	29,90	28,90	28,80	29,30
27,80	26,00	30,60	30,00	28,60	28,80	29,20
27,80	26,10	30,70	30,20	28,50	28,60	29,00
27,40	26,10	31,00	30,00	28,40	28,40	28,70
27,30	26,10	30,80	30,00	28,30	28,20	28,50
27,30	26,00	30,60	30,00	28,20	28,20	28,40
27,00	26,00	30,70	29,90	28,20	28,20	28,20
26,80	26,00	31,00	30,00	28,10	28,10	28,10
26,80	25,90	31,10	30,00	28,00	28,10	27,90
26,60	25,90	31,20	30,00	27,90	28,10	27,70
26,40	25,80	31,20	29,90	27,80	28,10	27,70
26,40	25,80	30,90	29,80	27,70	28,10	27,80
26,20	-	30,90	29,70	27,60	28,00	27,60
26,00	-	30,70	29,60	27,60	-	-
26,20	-	30,60	29,60	27,50	-	-
26,50	-	30,60	29,60	27,40	-	-
26,60	-	30,60	29,80	27,30	-	-
26,60	-	30,60	29,70	27,20	-	-
-	-	30,60	-	27,20	-	-
-	-	30,60	-	-	-	-
-	-	30,50	-	-	-	-
-	-	30,40	-	-	-	-
-	-	30,30	-	-	-	-
-	-	30,30	-	-	-	-

**Tabela 28-** Dados de temperatura do ar no período matutino de 19 de julho  
**Pontos de coleta 19 de julho - Matutino - Temperatura do ar (°C)**

1	2	3	4	5	6	7
24,50	23,30	27,00	29,10	27,90	25,80	25,10
24,50	23,30	26,90	29,10	27,90	25,70	28,10
24,30	23,20	27,20	28,60	27,80	25,90	28,00
24,40	23,10	27,10	28,60	27,60	25,90	28,00
24,40	23,10	27,30	28,90	27,40	26,00	28,30
24,40	23,00	27,40	28,70	27,30	25,70	27,90
24,50	22,90	27,10	28,50	27,00	25,70	27,40
24,50	22,80	27,10	28,30	26,70	25,90	27,60
24,60	22,70	27,20	28,10	26,40	25,50	27,20
24,50	22,70	27,00	28,00	26,40	25,70	26,90
24,80	22,70	27,00	27,80	26,20	25,70	26,60
24,90	22,60	27,10	27,70	25,90	25,50	26,70
25,10	22,50	27,20	27,70	25,60	25,60	26,90
25,10	22,50	27,20	27,60	25,60	25,50	26,80
25,20	22,50	26,90	27,50	25,10	25,50	26,80
25,30	22,40	26,80	27,70	24,80	25,30	26,80
25,30	22,30	26,90	27,30	24,60	25,20	27,00
25,30	22,30	27,10	27,20	24,60	25,00	27,00
24,90	22,30	27,30	27,20	24,50	25,10	27,10
25,10	-	27,30	27,00	24,40	25,30	27,30
25,10	-	27,40	26,80	24,20	25,30	27,40
24,90	-	27,50	26,50	24,10	25,30	27,60
24,40	-	27,60	26,40	23,80	25,40	27,70
24,40	-	27,80	26,20	23,70	25,20	27,80
24,40	-	27,90	25,90	23,50	25,10	27,90
24,70	-	27,80	25,70	23,40	25,10	27,70
24,30	-	27,70	-	-	-	-
23,70	-	27,70	-	-	-	-
23,70	-	-	-	-	-	-
23,60	-	-	-	-	-	-

**Tabela 29 - Dados de temperatura do ar no período vespertino de 19 de julho**  
**Pontos de coleta 19 de julho - Vespertino - Temperatura do ar (°C)**

1	2	3	4	5	6	7
30,20	27,00	29,70	27,90	30,70	27,70	29,50
27,20	26,90	29,70	29,10	30,90	26,80	27,90
27,10	26,90	29,70	29,40	30,70	26,70	27,80
27,10	26,80	29,70	29,50	30,30	26,70	27,80
27,10	26,80	29,80	29,50	30,10	26,60	27,80
27,10	26,70	29,80	29,50	30,20	26,70	27,80
27,10	26,70	29,70	29,70	29,80	26,60	27,90
27,00	26,70	29,30	29,40	30,00	26,60	27,90
27,00	26,70	29,30	29,50	29,80	26,80	27,90
27,00	26,60	29,50	29,70	29,60	27,20	27,90
27,10	26,60	29,50	30,00	29,50	27,40	28,10
27,10	26,60	29,50	30,00	29,30	27,60	28,20
27,10	26,60	29,30	30,00	29,20	28,00	28,20
27,10	26,50	29,20	30,00	28,90	28,20	28,20
27,10	26,50	29,20	30,00	28,70	28,40	28,20
27,10	26,40	29,00	30,20	28,60	28,60	28,20
27,00	26,40	28,90	30,10	28,30	28,80	28,30
27,00	26,40	28,20	29,90	28,30	28,60	28,20
27,00	26,30	28,30	30,20	28,30	28,50	28,30
27,10	26,30	28,10	30,40	28,30	28,40	28,40
27,10	26,30	28,40	30,40	28,20	29,00	28,30
27,00	26,20	28,30	30,40	28,10	29,20	28,40
26,60	26,20	28,20	30,20	27,90	29,30	28,50
26,40	26,20	28,10	30,30	27,80	29,50	28,70
26,40	26,10	28,10	30,10	27,70	29,60	28,70
26,20	-	27,40	30,00	27,70	28,00	29,00
26,00	-	30,70	30,20	27,70	-	29,00
26,20	-	30,60	30,00	27,50	-	29,00

**Tabela 30 - Dados de temperatura do ar no período matutino de 27 de agosto**  
**Pontos de coleta 27 de agosto - Matutino - Temperatura do ar (°C)**

1	2	3	4	5	6	7
34,60	35,20	35,00	34,40	34,40	34,20	33,60
32,40	35,20	35,00	34,40	33,70	34,20	33,50
32,30	35,20	34,90	34,50	33,60	33,80	33,60
32,10	35,20	34,80	34,70	33,40	33,40	33,60
32,00	35,20	34,70	34,70	33,40	33,10	33,70
31,90	35,10	34,60	34,60	33,40	33,00	33,80
31,60	35,00	34,40	34,50	33,10	33,00	33,90
31,50	34,80	34,20	34,40	32,80	32,60	33,80
31,30	34,70	34,10	34,30	32,60	32,40	33,80
31,20	34,70	33,90	34,60	32,60	32,30	33,60
31,10	34,30	33,70	34,30	32,50	32,10	33,50
30,90	33,70	33,60	34,30	32,60	32,00	33,50
31,00	33,40	33,40	34,30	32,60	31,90	33,40
30,80	33,50	33,10	34,20	32,40	31,80	33,30
30,60	33,40	32,90	34,30	32,10	31,70	33,20
30,40	33,30	32,60	34,20	31,80	31,70	33,00
30,30	33,20	32,40	34,20	32,10	31,80	32,50
30,20	33,20	32,10	34,30	31,80	31,90	32,30
30,10	33,20	31,90	34,70	31,70	31,90	32,50
30,00	33,20	31,80	34,70	31,80	32,00	32,20
29,90	33,10	31,70	34,40	31,70	32,00	31,80
29,80	33,10	31,70	34,40	31,90	31,90	31,80
29,70	32,70	31,60	34,60	31,60	31,90	31,80
29,60	32,40	31,60	34,60	31,60	-	31,80
29,50	32,20	31,60	34,40	31,70	-	31,80
29,30	32,30	31,60	34,60	31,80	-	-
29,20	32,30	31,60	34,50	32,00	-	-
29,10	32,20	31,50	-	32,00	-	-
29,10	-	-	-	-	-	-
29,10	-	-	-	-	-	-
29,00	-	-	-	-	-	-
29,00	-	-	-	-	-	-

**Tabela 31 - Dados de temperatura do ar no período vespertino de 27 de agosto**  
**Pontos de coleta 27 de agosto - Vespertino - Temperatura do ar (°C)**

1	2	3	4	5	6	7
35,80	38,30	37,30	36,90	32,90	33,00	34,80
35,80	38,30	37,10	36,70	32,60	33,50	33,70
35,80	38,00	37,00	36,50	32,40	33,50	33,80
35,70	37,80	36,90	36,30	32,30	33,60	33,40
35,40	37,60	36,90	36,10	32,40	33,60	33,60
35,20	37,50	36,80	35,90	32,60	33,60	33,50
35,20	37,40	36,70	35,70	32,40	33,70	33,50
35,10	37,30	36,60	35,80	32,30	33,50	33,50
35,00	37,40	36,50	35,70	32,10	33,60	33,20
34,80	37,30	36,40	35,70	32,00	33,60	32,80
34,50	37,20	36,30	35,90	32,20	33,60	32,70
34,40	37,00	36,40	35,70	31,90	33,60	32,90
34,30	36,70	36,20	35,40	32,10	33,30	32,90
34,40	36,90	36,20	35,40	32,00	33,40	32,90
34,30	36,70	36,10	35,20	32,20	33,60	32,70
34,30	36,50	36,10	35,20	32,30	33,80	32,70
34,40	36,40	35,90	35,20	32,30	34,20	32,60
34,30	36,50	35,90	35,10	32,50	34,40	32,70
34,30	36,40	35,80	35,10	32,60	34,50	32,80
34,30	36,40	35,70	35,00	32,80	34,50	32,90
34,40	36,40	35,60	35,00	32,80	34,80	33,00
34,20	36,20	35,60	34,90	32,60	35,00	33,00
34,30	36,20	35,70	34,80	32,60	35,00	31,80
34,50	36,20	35,70	34,80	32,50	35,10	31,80
34,90	36,20	35,70	34,80	32,60	35,00	31,80
34,60	36,30	35,60	34,80	32,80	34,90	-
34,60	36,40	31,60	34,80	32,00	34,80	-
34,60	32,20	31,50	-	32,00	-	-

## **APÊNDICE II**

**Tabela 32 - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 18 de julho**

<b>Pontos de coleta 18 de julho - Matutino - Umidade Rel. do Ar (%)</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
63,70	55,90	53,60	48,30	50,50	53,50	53,10
64,00	54,50	53,30	47,90	50,50	53,00	53,00
63,70	54,80	53,40	46,90	50,40	52,40	53,00
64,20	55,30	53,30	46,50	50,40	51,90	53,00
64,70	55,60	53,70	46,50	50,50	51,50	52,70
64,80	55,80	54,10	46,70	50,90	51,70	52,40
64,00	55,80	54,30	47,40	51,40	52,00	52,70
63,30	55,90	54,70	48,40	51,90	52,20	52,80
63,00	56,00	54,90	48,70	52,60	52,20	52,30
62,90	55,90	55,50	48,90	53,20	52,50	52,10
62,50	56,30	55,00	49,30	53,80	52,90	51,70
61,90	56,70	54,70	49,30	54,30	52,90	51,30
61,00	57,50	54,30	49,80	55,00	52,80	51,20
60,50	57,40	54,10	50,90	55,30	52,70	51,20
60,50	57,30	54,00	51,20	55,60	52,60	51,40
60,20	57,70	53,90	50,70	56,00	52,60	51,80
60,20	58,00	53,60	50,60	56,30	52,70	52,00
60,20	58,40	53,70	50,70	56,70	53,20	52,20
59,80	58,40	53,70	50,60	57,40	53,70	52,30
59,40	58,20	54,40	50,80	58,10	54,00	53,10
59,30	58,30	56,10	50,90	58,00	54,20	54,30
59,20	58,40	55,40	50,90	58,10	54,50	54,30
58,70	58,40	55,10	50,60	57,90	54,80	54,30
58,30	-	54,60	50,50	57,60	54,80	55,00
57,50	-	54,80	50,60	57,20	54,60	54,60
57,00	-	54,60	50,60	57,10	54,40	54,80
56,40	-	54,60	50,70	56,90	54,50	54,40
-	-	54,60	50,80	56,60	54,40	54,10
-	-	54,20	51,10	56,60	54,30	54,10
-	-	54,10	51,30	56,70	-	54,00
-	-	-	51,90	56,70	-	-
-	-	-	52,10	-	-	-
-	-	-	52,10	-	-	-

**Tabela 33 - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 18 de julho**

<b>Pontos de coleta 18 de julho - Vespertino - Umidade Rel. do Ar (%)</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
44,00	44,80	39,20	37,00	38,40	40,00	42,20
44,20	45,20	39,40	36,90	37,70	42,00	38,90
44,90	45,80	39,10	37,00	37,90	40,90	38,10
45,20	45,80	38,90	36,90	37,80	40,70	37,50
44,70	46,60	39,30	37,20	37,40	40,30	37,40
44,30	46,60	39,10	37,70	37,20	40,00	37,40
44,10	45,90	39,70	37,80	37,10	40,00	37,30
43,70	46,00	40,90	37,60	37,10	39,90	37,10
43,40	45,60	40,50	37,40	37,30	40,00	37,20
43,30	45,10	41,70	37,30	37,30	39,70	37,40
42,70	44,70	44,60	37,20	37,50	39,60	38,00
42,30	44,70	44,40	37,40	37,70	39,70	38,20
42,10	44,80	44,30	37,90	37,80	39,90	38,60
42,10	45,00	42,10	38,00	37,90	40,10	39,00
42,50	45,10	40,90	37,50	38,10	40,00	39,60
43,00	45,50	40,10	37,20	38,40	40,00	40,30
43,10	45,20	40,50	37,30	38,50	39,70	40,60
43,30	44,70	41,20	37,70	38,60	39,70	40,20
43,50	44,80	40,40	37,50	38,80	40,10	40,40
43,50	44,80	40,50	37,30	39,00	40,70	40,50
42,90	45,20	39,60	37,70	39,20	41,20	40,60
42,60	45,80	39,50	38,40	39,40	41,30	40,90
42,60	46,50	39,20	38,20	39,40	41,60	41,00
42,50	46,80	38,20	37,90	39,40	41,80	41,00
42,70	46,60	37,60	37,60	39,50	41,90	41,00
42,90	-	38,00	37,50	39,70	42,00	41,10
43,10	-	38,30	37,30	39,90	-	-
43,50	-	38,80	37,10	40,00	-	-
44,30	-	38,40	37,20	40,00	-	-
44,60	-	38,40	38,00	39,90	-	-
44,80	-	38,20	38,20	39,80	-	-
-	-	39,40	-	39,90	-	-
-	-	41,50	-	-	-	-
-	-	41,50	-	-	-	-
-	-	40,80	-	-	-	-
-	-	41,20	-	-	-	-
-	-	40,60	-	-	-	-

**Tabela 34 - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 19 de julho**  
**Pontos de coleta 19 de julho - Matutino - Umidade Rel. Ar (%)**

1	2	3	4	5	6	7
57,00	57,80	55,00	51,10	52,30	54,40	54,30
57,50	58,80	55,90	50,80	51,90	54,00	52,00
57,70	59,80	57,20	50,20	51,30	54,00	51,50
57,60	59,70	55,80	50,20	51,20	53,60	51,40
57,50	60,10	54,20	50,10	51,30	53,50	50,80
57,30	60,40	53,20	50,10	51,60	54,30	50,40
57,20	60,40	53,70	50,10	51,80	54,60	50,40
57,20	60,60	53,70	49,90	51,60	54,30	50,40
57,10	60,90	52,80	49,50	51,60	53,80	50,40
57,20	61,10	52,50	49,50	52,00	53,50	50,60
57,10	61,40	52,40	49,60	52,60	53,30	50,60
57,20	61,50	52,30	49,90	53,30	53,20	50,70
56,90	61,70	52,20	50,00	53,70	53,00	50,90
56,70	61,80	52,00	50,10	53,90	52,90	50,80
56,70	62,60	52,40	50,10	54,00	52,60	50,50
56,70	63,60	52,30	49,90	54,40	53,00	50,40
56,60	63,40	52,50	50,20	54,80	53,40	50,20
56,50	63,40	53,70	50,60	55,40	53,60	50,40
56,10	63,50	54,20	50,90	55,70	53,70	50,60
55,80	-	53,60	51,10	55,80	53,70	50,80
55,60	-	52,90	51,00	56,00	53,70	51,20
55,70	-	52,30	51,30	56,30	53,70	51,10
55,70	-	52,00	51,80	56,60	53,70	50,60
55,90	-	51,90	52,30	57,00	53,60	50,10
56,30	-	51,90	52,50	57,50	53,80	49,90
56,30	-	51,70	53,00	57,80	54,20	49,90
56,30	-	51,60	-	-	-	-
56,40	-	51,50	-	-	-	-
56,90	-	-	-	-	-	-
57,40	-	-	-	-	-	-

**Tabela 35 - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 19 de julho**  
**Pontos de coleta 19 de julho - Vespertino - Umidade Rel. do Ar (%)**

1	2	3	4	5	6	7
46,70	52,80	48,80	50,00	47,50	50,30	47,40
50,40	53,60	48,50	50,30	47,40	53,00	51,50
50,70	53,20	48,10	49,80	46,90	53,20	51,70
51,30	52,80	48,00	49,30	46,30	53,10	51,40
51,60	52,70	48,10	49,30	46,20	53,60	51,30
51,60	52,90	48,70	48,90	46,50	53,80	51,10
51,80	53,10	48,50	48,70	46,90	53,10	50,60
52,00	53,40	48,00	48,80	47,00	52,50	50,00
51,90	53,70	47,80	49,20	47,10	52,50	50,00
52,00	53,90	47,60	49,60	47,20	52,40	50,30
52,00	54,40	47,50	48,50	47,30	52,40	49,80
52,00	54,80	48,00	47,70	47,50	52,00	49,40
52,10	55,20	48,20	47,60	47,70	51,50	49,40
52,30	55,10	48,10	47,60	47,80	51,10	49,70
52,20	54,70	48,30	47,40	48,10	50,60	49,90
52,40	54,60	48,20	47,10	48,40	50,30	49,90
52,50	54,60	48,40	46,90	48,70	49,30	49,90
52,60	55,00	48,60	46,90	49,10	49,10	49,40
52,70	55,20	48,80	46,90	49,80	49,00	49,10
52,80	55,20	49,00	46,40	50,30	48,90	48,80
52,80	55,40	48,90	46,30	50,70	48,90	49,30
52,70	55,60	48,90	46,20	50,80	49,00	49,50
26,60	55,60	49,10	46,20	50,80	48,50	49,30
26,40	55,50	49,20	46,20	50,90	48,00	48,90
26,40	55,60	49,20	46,60	50,80	47,70	48,70
26,20	-	49,50	47,10	50,70	28,00	48,40
26,00	-	30,70	47,00	50,60	-	48,00
26,20	-	30,60	46,80	27,50	-	48,00

**Tabela 36 - Dados de umidade relativa do ar no período matutino de 27 de agosto**  
**Pontos de coleta 27 de agosto - Matutino - Umidade Rel. do Ar (%)**

1	2	3	4	5	6	7
45,90	44,90	44,10	45,70	45,30	45,00	45,50
48,40	43,50	44,20	45,80	44,70	45,20	46,30
49,60	43,50	44,20	46,70	44,70	44,70	46,70
50,00	43,70	43,80	46,40	45,30	44,30	46,10
50,40	43,40	43,50	45,20	44,80	44,30	45,80
50,00	43,20	43,20	44,60	44,80	45,00	46,10
50,00	43,00	43,20	45,10	45,00	45,30	45,70
50,30	43,00	43,50	45,60	44,90	45,80	45,30
50,00	43,00	44,00	46,00	44,90	45,80	44,50
49,80	43,10	44,40	46,40	45,30	46,00	44,20
49,90	43,50	44,60	46,40	46,00	47,20	44,30
50,50	43,80	44,80	46,90	47,40	47,00	44,30
50,90	44,10	45,10	46,20	47,80	46,60	44,50
50,90	44,50	45,60	46,50	47,70	46,50	44,80
50,30	44,70	45,80	45,80	47,60	47,00	44,50
50,40	45,00	45,80	45,60	48,10	47,10	44,30
50,40	45,10	46,00	45,70	47,90	46,90	44,50
50,30	45,20	46,40	45,90	46,90	47,00	45,10
50,50	45,40	46,60	45,90	46,50	47,00	45,80
50,70	45,40	47,10	45,70	46,80	46,90	46,10
51,00	45,60	47,80	45,40	46,80	46,80	46,00
51,20	46,00	48,20	45,30	46,50	47,00	46,30
51,50	45,80	48,70	45,10	47,40	46,80	46,70
51,60	46,10	48,10	45,20	48,00	-	46,90
51,90	46,20	47,70	45,20	48,70	-	46,80
52,20	46,30	47,60	45,00	48,30	-	-
52,70	46,60	47,60	44,90	47,90	-	-
53,20	46,70	47,60	-	48,30	-	-
53,60	-	-	-	-	-	-
53,70	-	-	-	-	-	-
53,70	-	-	-	-	-	-
53,70	-	-	-	-	-	-

**Tabela 37 - Dados de umidade relativa do ar no período vespertino de 27 de agosto**  
**Pontos de coleta 27 de agosto - Vespertino - Umidade Rel. do Ar (%)**

1	2	3	4	5	6	7
39,10	35,60	37,50	38,20	41,40	42,50	38,40
39,10	35,40	37,40	38,50	41,80	41,30	40,00
39,00	35,10	37,10	39,10	41,70	41,40	40,00
38,80	35,30	37,10	38,90	41,80	41,00	40,20
38,30	35,90	36,90	38,50	42,00	40,70	40,50
38,30	35,70	36,80	38,60	41,90	40,50	40,30
38,20	35,40	36,90	38,70	41,90	40,30	40,30
38,40	35,50	37,00	38,90	42,00	40,30	40,30
38,40	35,70	37,10	38,80	42,00	40,30	40,30
38,30	35,60	37,60	38,90	42,20	40,50	40,30
38,50	35,50	37,80	38,80	42,20	40,30	40,60
39,00	35,60	37,40	38,90	42,60	40,50	40,90
39,30	35,90	37,10	38,80	42,60	40,40	41,00
39,40	36,20	37,30	39,10	42,40	40,20	41,00
39,50	36,10	37,60	39,70	42,50	40,60	40,90
39,40	36,30	37,40	40,00	43,00	40,40	40,80
39,60	36,70	37,70	40,30	43,00	40,20	40,90
39,80	36,70	37,70	40,00	43,10	40,10	41,10
40,20	36,90	37,60	39,90	43,20	40,10	41,20
40,10	36,90	38,00	40,10	42,80	39,50	41,30
40,90	36,70	38,10	40,00	42,70	39,30	41,40
40,60	36,90	38,60	40,10	43,30	38,90	41,20
40,40	37,00	39,50	39,90	42,90	38,70	41,10
40,60	37,70	39,50	39,60	42,20	39,40	40,50
40,90	37,30	38,80	40,10	42,00	38,70	40,40
40,40	37,10	38,30	39,90	42,00	38,20	-
40,60	37,00	31,60	40,00	32,00	38,10	-
40,10	32,20	31,50	-	32,00	-	-

## **APÊNDICE III**

**Tabela 38 - Dados de concentração de CO<sub>2</sub> no período matutino de 18 de julho**  
**Pontos de coleta 18 de julho - Matutino - Concentração de CO<sub>2</sub> (ppm)**

1	2	3	4	5	6	7
361	354	354	399	460	464	450
369	369	365	330	464	446	464
372	369	388	388	416	437	464
460	351	376	321	513	464	478
369	365	330	369	469	513	464
384	365	347	478	446	478	488
442	372	384	365	424	478	488
376	361	361	376	450	450	446
372	361	396	388	478	469	464
380	369	317	404	483	529	474
361	344	392	380	446	478	483
344	408	358	420	523	478	483
399	358	380	416	437	493	573
369	344	376	372	474	474	518
372	351	347	399	478	493	446
365	347	365	412	483	534	518
388	388	396	358	508	534	483
384	358	351	340	508	493	455
354	337	347	369	474	469	483
347	384	358	361	474	488	488
347	351	404	392	483	534	460
372	376	420	380	450	529	483
428	372	404	372	455	561	523
361	361	412	354	455	590	539
344	361	365	384	455	478	573
365	354	340	392	469	503	545
354	354	412	365	460	488	513
372	372	365	361	518	513	503
347	380	404	442	460	498	508
361	384	388	358	455	478	523
327	399	344	396	420	513	478
321	376	369	392	433	550	469
344	334	358	396	437	460	474
372	361	351	361	446	608	503
-	344	358	384	474	464	529
-	-	408	420	639	550	469
-	-	433	388	428	493	614
-	-	376	392	513	474	488
-	-	380	388	416	561	529
-	-	376	-	498	469	474
-	-	324	-	493	469	460
-	-	337	-	498	508	493
-	-	376	-	464	-	508
-	-	351	-	550	-	-
-	-	420	-	493	-	-
-	-	-	-	469	-	-
-	-	-	-	442	-	-

**Tabela 39 - Dados de concentração de CO<sub>2</sub> no período vespertino de 18 de julho**  
**Pontos de coleta 18 de julho - Vespertino - Concentração de CO<sub>2</sub> (ppm)**

1	2	3	4	5	6	7
314	340	305	437	488	545	469
372	354	324	437	493	539	513
273	358	337	404	508	529	474
314	365	327	518	561	529	498
337	334	340	493	523	483	539
317	327	299	442	483	556	513
337	361	344	508	483	602	424
330	262	330	523	518	488	550
337	416	302	518	498	518	567
324	334	324	474	488	474	488
270	314	344	460	534	529	556
340	361	344	478	523	513	584
282	290	399	539	534	518	513
344	354	354	498	474	550	498
337	340	351	488	493	561	498
376	365	321	483	503	561	545
347	330	334	478	508	508	602
337	334	311	416	488	523	513
337	330	314	488	534	493	608
354	334	317	523	539	556	529
347	293	330	578	534	556	534
324	351	276	469	518	545	545
311	372	317	474	523	518	550
347	365	308	460	539	561	545
324	337	334	460	483	584	523
376	337	330	488	503	556	523
337	327	321	474	503	679	513
344	365	308	493	545	545	523
324	317	340	455	513	523	534
344	308	311	513	529	578	498
351	324	337	483	474	529	483
351	354	334	529	450	602	545
351	351	311	539	455	545	567
337	334	302	464	545	567	534
365	347	347	450	498	460	561
442	347	340	488	508	534	523
351	314	327	478	584	620	498
311	305	305	545	523	561	478
337	-	354	508	529	539	596
-	-	305	460	508	561	-
-	-	314	498	534	-	-
-	-	334	523	561	-	-
-	-	384	523	567	-	-
-	-	311	464	567	-	-
-	-	311	469	652	-	-
-	-	351	455	573	-	-
-	-	340	483	534	-	-
-	-	-	483	556	-	-
-	-	-	478	416	-	-

**Tabela 40 - Dados de concentração de CO2 no período matutino de 19 de julho**

<b>Pontos de coleta 19 de julho - Matutino - Concentração de CO2 (ppm)</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
404	369	361	369	442	442	396
460	296	347	424	460	416	412
464	412	337	412	450	469	404
380	354	392	388	428	442	424
460	351	369	450	488	450	460
354	354	384	424	412	498	404
446	340	351	424	478	428	404
384	365	396	399	450	416	412
351	376	399	392	424	408	428
424	365	416	437	412	460	437
388	365	404	433	376	424	446
358	358	337	433	460	460	469
437	416	450	416	388	365	474
420	376	433	464	399	388	455
424	369	404	442	424	404	450
404	321	376	408	412	450	420
408	314	428	442	464	523	416
428	416	428	428	428	442	437
399	372	483	460	412	450	437
424	460	446	376	404	442	424
412	369	412	446	404	404	455
442	327	399	433	428	404	469
396	404	420	424	369	416	396
474	442	408	446	442	408	416
384	412	446	464	388	437	442
384	455	428	437	376	474	498
396	365	408	450	408	508	442
428	404	428	433	412	412	424
412	396	416	428	384	450	399
416	420	396	404	446	478	488
503	361	433	388	392	503	416
420	361	424	428	404	408	424
433	327	420	420	408	450	464
388	358	437	437	-	437	523
369	474	416	412	-	478	442
408	376	437	450	-	433	433
442	369	455	437	-	483	420
404	311	460	469	-	446	428
455	361	399	-	-	460	-
412	408	-	-	-	-	-
433	351	-	-	-	-	-
437	424	-	-	-	-	-
513	347	-	-	-	-	-
396	327	-	-	-	-	-
416	420	-	-	-	-	-
404	399	-	-	-	-	-
460	-	-	-	-	-	-
433	-	-	-	-	-	-
428	-	-	-	-	-	-
424	-	-	-	-	-	-
464	-	-	-	-	-	-
442	-	-	-	-	-	-

**Tabela 41 - Dados de concentração de CO2 no período vespertino de 19 de julho**

<b>Pontos de coleta 19 de julho - Vespertino - Concentração de CO2 (ppm)</b>						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
416	437	344	428	396	416	428
408	446	428	404	428	442	412
412	399	392	437	392	372	420
455	308	399	433	392	428	442
420	384	354	384	340	450	442
404	380	369	442	483	404	455
488	365	384	404	380	416	450
399	399	358	392	404	372	469
388	424	361	433	404	433	455
437	340	399	388	404	424	420
416	464	399	399	388	433	433
396	416	388	464	347	460	420
384	420	384	380	376	424	450
424	380	392	446	399	513	428
450	388	369	380	388	388	433
420	384	376	428	358	428	428
420	372	428	408	351	416	408
392	392	437	399	376	392	469
416	384	311	380	446	404	513
416	416	408	412	376	508	464
424	354	392	376	442	442	442
433	369	412	416	433	412	474
399	408	437	428	392	388	488
404	369	380	384	380	408	498
416	396	408	369	416	408	523
428	392	428	424	392	399	493
433	372	396	416	420	399	446
420	416	420	428	428	437	455
358	384	442	376	376	446	450
420	392	399	412	372	347	437
376	396	433	420	388	433	498
424	404	503	404	399	372	478
399	396	428	372	416	372	493
-	420	396	408	412	424	483
-	369	464	347	388	428	450
-	433	408	372	384	392	464
-	358	437	369	365	408	424
-	412	420	384	384	-	464
-	-	-	372	464	-	442
-	-	-	358	-	-	450
-	-	-	396	-	-	437

**Tabela 42 - Dados de concentração de CO2 no período matutino de 27 de agosto**  
**Pontos de coleta 27 de agosto - Matutino - Concentração de CO2 (ppm)**

1	2	3	4	5	6	7
523	433	488	442	561	446	428
483	483	534	450	474	428	460
437	483	474	424	455	539	399
523	529	428	424	446	478	455
437	433	573	561	469	437	508
450	455	483	474	460	455	450
539	437	442	446	460	469	420
493	503	493	469	424	446	424
493	508	498	450	469	464	464
428	450	508	450	442	478	437
446	556	474	437	474	420	455
464	478	488	404	446	437	478
474	478	518	399	478	450	416
483	534	478	488	428	450	433
513	556	529	437	464	469	446
396	523	474	437	442	460	503
518	518	474	474	483	469	428
469	498	455	416	478	428	433
488	493	483	392	483	460	498
545	561	493	455	508	478	455
523	498	498	478	483	460	493
550	513	483	493	460	446	503
404	478	539	464	488	503	388
508	493	493	372	539	442	455
469	498	455	455	518	464	556
534	518	446	408	614	523	446
493	488	483	396	493	464	508
488	478	493	424	523	460	503
550	523	478	469	529	416	488
518	433	442	460	460	464	518
529	534	478	437	464	455	498
534	529	450	408	513	469	539
508	573	503	416	498	493	550
460	508	498	460	450	450	498
460	508	534	534	428	460	518
469	556	412	450	518	-	545
474	474	464	437	464	-	534
508	488	442	488	460	-	-
550	483	488	416	550	-	-
478	503	545	433	498	-	-
493	-	523	388	493	-	-
498	-	-	-	529	-	-
679	-	-	-	-	-	-
513	-	-	-	-	-	-
361	-	-	-	-	-	-
442	-	-	-	-	-	-
498	-	-	-	-	-	-
474	-	-	-	-	-	-