

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS LONDRINA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**CAROLINE FERNANDA HEI WIKUATS**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR AMBIENTE DE COOPERATIVA DE  
CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA  
2017**

**CAROLINE FERNANDA HEI WIKUATS**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR AMBIENTE DE COOPERATIVA DE  
CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leila Droprinchinski Martins

**LONDRINA**

**2017**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

### ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR AMBIENTE DE COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

por

Caroline Fernanda Hei Wikuats

Monografia apresentada no dia 29 de novembro de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatiane Cristina Dal Bosco  
(UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joseane Débora Peruço Theodoro  
(UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  
(UTFPR)  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edilaine Regina Pereira  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz e  
Márcia, por todo o apoio e o incentivo à  
minha educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me guiado na escolha deste curso e por ter me apresentado com excelentes oportunidades durante toda a minha graduação. Agradeço por toda a força concedida durante a realização deste trabalho.

Agradecimentos especiais às minhas orientadoras, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leila Droprinchinski Martins. Obrigada Kátia por todo o auxílio e atenção e pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória. Obrigada Leila, que me acompanha desde 2013 na iniciação científica, por toda a dedicação e o conhecimento compartilhado e pela confiança depositada em mim durante todos esses anos. Tenho muita admiração pelas suas carreiras como professoras e pesquisadoras.

À cooperativa de catadores de materiais recicláveis que permitiu a realização das amostragens e aos trabalhadores pela recepção. A todos do Laboratório de Microbiologia, em especial à Laura, ao Alex e à Bárbara por toda a ajuda durante as análises microbiológicas. Ao pessoal do Laboratório de Eventos Atmosféricos Extremos (EAE) e do Laboratório de Análises em Poluição do Ar (LAPAR), especialmente à Daniela pelo auxílio na análise estatística e ao André pela assistência com os equipamentos.

Aos meus pais, Luiz e Márcia, obrigada pelo amor incondicional, por me fornecerem todo o necessário para uma educação de qualidade e por terem me permitido trilhar novos caminhos em Londrina e em Boulder.

Agradeço às professoras que compuseram a minha banca, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatiane Cristina Dal Bosco e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Joseane Débora Peruço Theodoro, pelas contribuições e pela atenção dedicada a este (extenso) trabalho.

Agradeço aos amigos de todas as horas, LÍlian, Igor, Bruna Sacramento, Fernanda e Andressa. Obrigada pelos bons momentos e pelo companheirismo durante as aulas, os finais de semana de estudos e também durante aqueles de festa e diversão.

Aos demais amigos da universidade: Lígia, Ana Flávia, Letícia, etc. Às amigas que foram essenciais quando morei (mais) longe de casa: Ana Luiza, Giovanna, Isabela e Ana Rachel.

À UTFPR, sua estrutura e equipamentos.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram durante a graduação.

## RESUMO

WIKUATS, Caroline Fernanda Hei. **Análise da qualidade do ar ambiente de cooperativa de catadores de materiais recicláveis**. 2017. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

O processo de industrialização e o crescimento populacional têm causado diversos problemas ambientais, entre eles a deterioração da qualidade do ar e a geração crescente de resíduos sólidos que, além de causarem a degradação do meio ambiente, também podem afetar a saúde humana e interferir na qualidade de vida no planeta. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar as concentrações de material particulado (MP), em massa e número, e de microrganismos (bioaerossóis) em ar ambiente de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis do município de Londrina. A amostragem das variáveis meteorológicas, do MP e dos bioaerossóis foi feita nos dias 14 e 17 de agosto (inverno) e 03 e 05 de outubro (primavera), nos períodos da manhã e da tarde, em quatro pontos: um no barracão de resíduos (P1), um no ambiente externo (P2), um no escritório (P3) e outro também no ambiente externo (P4). A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas concomitantemente com a coleta de MP e bioaerossóis utilizando o sensor externo *Onset HOBO*. A coleta de MP foi feita por 60 minutos ao fluxo de  $2,83 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  utilizando o contador de partículas *Met One 804* e o monitor da massa de aerossol *Met One 831*. Para a coleta dos bioaerossóis foi utilizada a técnica de sedimentação espontânea durante 10 minutos em cada ponto de coleta e concomitante com a medida de MP. Após o crescimento dos microrganismos foi calculada a sua concentração (em  $\text{UFC}\cdot\text{m}^{-3}$ ) e, em seguida, foi feita uma análise morfotintorial para as colônias de bactérias, enquanto as colônias de fungos passaram por técnica de microcultivo. As concentrações de MP e bioaerossóis apresentaram variabilidade, não sendo observado um comportamento similar entre os poluentes no que diz respeito aos locais e aos períodos do dia com maiores concentrações. No geral, os valores mais elevados em número e em massa de MP, de bactérias e de fungos foram registrados, predominantemente, na primavera. Entretanto, houve variação entre os ambientes e os tamanhos de MP analisados, sendo que a temperatura e a umidade relativa podem ter influenciado nesse comportamento. Os ambientes de trabalho da cooperativa estudada apresentaram valores de concentração de 117,1 a 3.855,9 partículas. $\text{L}^{-1}$  para  $\text{NP}_{2,5}$ , de 22,0 a 916,8  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  para  $\text{MP}_{10}$ , de 8,7 a 3.136,2  $\text{UFC}\cdot\text{m}^{-3}$  para bactérias e de 202,9 a 1.611,6  $\text{UFC}\cdot\text{m}^{-3}$  para fungos, sendo que diversos valores foram superiores aos recomendados pelas legislações analisadas. Assim, essa exposição pode implicar na ocorrência de efeitos negativos à saúde dos trabalhadores, que precisam utilizar equipamentos de proteção individual (principalmente luvas e máscaras) a fim de atenuar a exposição aos poluentes.

**Palavras-chave:** Material particulado. Bioaerossóis. Saúde ocupacional. Resíduos sólidos. Reciclagem.

## ABSTRACT

WIKUATS, Caroline Fernanda Hei. **Analysis of the ambient air quality of a materials recovery facility**. 2017. 129 f. Senior Thesis (Environmental Engineering) – Federal University of Technology – Parana, Londrina, 2017.

The industrialization process and the population growth have caused many environmental problems, including the deterioration of air quality and the progressive generation of solid waste that, in addition to causing environmental degradation, can also affect human health and interfere with the quality of life on the planet. Thus, this study aimed to determine the concentrations of particulate matter (PM), in mass and number, and of microorganisms (bioaerosols) in the ambient air of a materials recovery facility in the city of Londrina. Sampling of the meteorological, PM and bioaerosols variables was done on August 14 and 17 (winter) and on October 03 and 05 (spring), in the morning and in the afternoon, in four points: one in the waste shed (P1), one in the outdoor environment (P2), one in the office (P3), and another one in the outdoor environment (P4). The air temperature and relative humidity were measured concomitantly with the sampling of PM and bioaerosols using the external Onset HOBO sensor. The PM sampling was done for 60 minutes at a flow rate of  $2.83 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  using the Met One 804 particle counter and the Met One 831 aerosol mass monitor. The sedimentation technique was used to collect the bioaerosols for 10 minutes at each sampling point and concurrently with the PM measurement. After the growth of the microorganisms, their concentration was calculated (in  $\text{CFU}\cdot\text{m}^{-3}$ ) and then, morphology and staining characteristics were analyzed for the colonies of bacteria, while the microculture technique was applied for the colonies of fungi. Concentrations of PM and bioaerosols presented variability, and a similar behavior was not observed among the pollutants with respect to the sampling points and the periods of the day with higher concentrations. In general, the highest concentrations of PM, in number and mass, bacteria and fungi were recorded predominantly in the spring. However, there was variation between the sampling sites and PM sizes analyzed, and temperature and relative humidity may have influenced this behavior. The working environments of the materials recovery facility studied presented concentration values from 117.1 to  $3,855.9 \text{ particles}\cdot\text{L}^{-1}$  for  $\text{PN}_{2,5}$ , from 22.0 to  $916.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  for  $\text{PM}_{10}$ , from 8.7 to  $3,136.2 \text{ CFU}\cdot\text{m}^{-3}$  for bacteria, and from 202.9 to  $1,611.6 \text{ CFU}\cdot\text{m}^{-3}$  for fungi, and many values were higher than those recommended by the standards. Therefore, this exposure may lead to adverse effects on workers' health, who need to use personal protective equipment (mainly gloves and masks) to reduce the exposure to pollutants.

**Keywords:** Particulate matter. Bioaerosols. Occupational health. Solid waste. Recycling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tamanho das partículas de MP <sub>10</sub> e MP <sub>2,5</sub> comparadas à um fio de cabelo humano e à um grão de areia fina. ....	26
Figura 2 – Relação entre o tamanho das partículas e sua deposição no sistema respiratório.....	27
Figura 3 – Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil nos anos de 2015 e 2016...34	
Figura 4 – Índices de reciclagem de diferentes materiais para o período entre 1993 e 2012 no Brasil.....	36
Figura 5 – Porcentagem de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil.....	37
Figura 6 – Mapa da coleta seletiva realizada no município de Londrina.....	40
Figura 7 – Mapa de localização do município de Londrina.....	43
Figura 8 – Croqui dos pontos de amostragem.....	45
Figura 9 – Recepção do setor administrativo da cooperativa estudada. ....	46
Figura 10 – Interior de um dos barracões da cooperativa estudada. ....	47
Figura 11 – Resíduos recicláveis dispostos em fardos prontos para comercialização. ...	47
Figura 12 – Ambiente externo da cooperativa estudada.....	48
Figura 13 – Sensor <i>Onset HOBO</i> utilizado para a medição da temperatura e da umidade relativa do ar. ....	49
Figura 14 – Equipamentos utilizados nas coletas de material particulado.....	50
Figura 15 – Procedimentos para o isolamento e a observação das bactérias.....	55
Figura 16 – Procedimentos para a aplicação dos corantes na coloração de Gram. ....	56
Figura 17 – Procedimentos para o isolamento e observação dos fungos. ....	57
Figura 18 – Detalhes da montagem da câmara de incubação.....	57
Figura 19 – Carta sinótica de superfície para os dias da primeira campanha de amostragem.....	59
Figura 20 – Precipitação e umidade relativa no município de Londrina entre 10 e 21 de agosto de 2017. ....	60
Figura 21 – Temperaturas máxima, média e mínima no município de Londrina entre 10 e 21 de agosto de 2017. ....	61
Figura 22 – Carta sinótica de superfície para os dias da segunda campanha de amostragem.....	63

Figura 23 – Precipitação e umidade relativa no município de Londrina entre 29 de setembro e 09 de outubro de 2017. ....	64
Figura 24 – Temperaturas máxima, média e mínima no município de Londrina entre 29 de setembro e 09 de outubro de 2017. ....	65
Figura 25 – Número de partículas para diferentes tamanhos de material particulado (partículas.L <sup>-1</sup> ) para a primeira campanha de amostragem. ....	68
Figura 26 – Número de partículas para diferentes tamanhos de material particulado (partículas.L <sup>-1</sup> ) para a segunda campanha de amostragem. ....	71
Figura 27 – Concentração em massa de diferentes tamanhos de material particulado (µg.m <sup>-3</sup> ) para a primeira campanha de amostragem. ....	80
Figura 28 – Concentração em massa de diferentes tamanhos de material particulado (µg.m <sup>-3</sup> ) para a segunda campanha de amostragem. ....	81
Figura 29 – Número de UFC de bactérias em cada ambiente de coleta e em cada período do dia para ambas as campanhas de amostragem. ....	89
Figura 30 – Demonstração de colônias sem forma definida na primeira e na segunda campanha de amostragem, respectivamente. ....	97
Figura 31 – Características macroscópicas observadas nas colônias de bactérias anteriormente ao isolamento. ....	98
Figura 32 – Isolados 1-14 e 1-D, mostrando bactérias Gram-negativas arranjadas em bacilos e estreptobacilos, cocos e estafilococos, respectivamente. ....	101
Figura 33 – Isolados 1-E e 1-L, mostrando bactérias Gram-positivas arranjadas em diplobacilos e bacilos mais longos, respectivamente. ....	102
Figura 34 – Número de UFC de fungos em cada ambiente de coleta e em cada período para ambas as campanhas de amostragem. ....	103
Figura 35 – Colônias de fungos observadas nas placas de Petri anteriormente ao isolamento. ....	110
Figura 36 – Isolado 1-4 observado ao microscópio e caracterizado como levedura. ...	111
Figura 37 – Comparação entre a concentração de bactérias e fungos em cada ambiente e em cada período do dia para ambas as campanhas de amostragem. ...	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar para diferentes dimensões de MP no Brasil, nos EUA e de acordo com a OMS. ....	28
Tabela 2 – Valores máximos recomendáveis e relação VE para fungos e aerossóis.....	32
Tabela 3 – Limites de exposição ocupacional para microrganismos totais e fungos. ....	32
Tabela 4 – Valores recomendáveis para temperatura e umidade relativa em ambientes internos.....	49
Tabela 5 – Análise estatística descritiva para os dados de temperatura e umidade relativa para a primeira campanha de amostragem. ....	61
Tabela 6 – Análise estatística descritiva para os dados de temperatura e umidade relativa para a segunda campanha de amostragem. ....	65
Tabela 7 – Análise estatística descritiva das condições meteorológicas do ar no interior do barracão e do escritório para ambas as campanhas de amostragem. ....	66
Tabela 8 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L <sup>-1</sup> ) para a primeira campanha de amostragem.....	73
Tabela 9 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L <sup>-1</sup> ) para a segunda campanha de amostragem.....	74
Tabela 10 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L <sup>-1</sup> ) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera. ....	75
Tabela 11 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem. ....	77
Tabela 12 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem. ....	78
Tabela 13 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem. ....	78
Tabela 14 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem. ....	79
Tabela 15 – Análise estatística descritiva da concentração em massa (µg.m <sup>-3</sup> ) para a primeira campanha de amostragem. ....	83

Tabela 16 – Análise estatística descritiva da concentração em massa ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para a segunda campanha de amostragem. ....	84
Tabela 17 – Análise estatística descritiva da concentração em massa ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de MP para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera. ....	86
Tabela 18 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem. ....	87
Tabela 19 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem. ....	88
Tabela 20 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem. ....	88
Tabela 21 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem. ....	89
Tabela 22 – Análise estatística descritiva das bactérias ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as coletas da primeira campanha de amostragem. ....	91
Tabela 23 – Análise estatística descritiva das bactérias ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as coletas da segunda campanha de amostragem. ....	92
Tabela 24 – Análise estatística descritiva da concentração de bactérias ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera. ....	94
Tabela 25 – Relação I/E para as bactérias considerando as coletas realizadas em cada ambiente para ambas as campanhas de amostragem. ....	95
Tabela 26 – Relação I/E para as bactérias considerando os dias de amostragem. ....	96
Tabela 27 – Análise estatística descritiva dos fungos ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as coletas da primeira campanha de amostragem. ....	104
Tabela 28 – Análise estatística descritiva dos fungos ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as coletas da segunda campanha de amostragem. ....	105
Tabela 29 – Análise estatística descritiva da concentração de fungos ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera. ....	107
Tabela 30 – Relação I/E para os fungos considerando as coletas realizadas em cada ambiente para ambas as campanhas de amostragem. ....	108
Tabela 31 – Relação I/E para os fungos considerando os dias de amostragem. ....	109

Tabela 32 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem. ....	115
Tabela 33 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem. ....	116
Tabela 34 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem. ....	116
Tabela 35 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem. ....	116

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental  
CMTU – Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
DP – Desvio Padrão  
EPA – Environmental Protection Agency  
EPI – Equipamentos de Proteção Individual  
EUA – Estados Unidos da América  
FMC – Fumaça  
GMT – Greenwich Mean Time  
IAP – Instituto Ambiental do Paraná  
IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MP – Material Particulado  
NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health  
OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development  
OEL – Occupational Exposure Limits  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PCA – Plate Count Agar  
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PRONAR – Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar  
PTS – Partículas Totais em Suspensão  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SDA – Sabouraud Dextrose Agar

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná

STPO – Síndrome Tóxica da Poeira Orgânica

T – Temperatura

UFC – Unidades Formadoras de Colônias

UR – Umidade Relativa

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VMR – Valores Máximos Recomendáveis

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
3.1	POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA .....	20
3.1.1	Poluentes Atmosféricos .....	22
3.1.2	Material Particulado.....	24
3.1.3	Poluentes Microbiológicos ou Bioaerossóis.....	29
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS .....	32
3.2.1	Reciclagem e Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis.....	34
3.2.1.1	Coleta seletiva e trabalho das cooperativas em Londrina .....	39
3.2.2	Exposição à Contaminantes em Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis.....	40
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>43</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....	43
4.1.1	Município de Londrina.....	43
4.1.2	Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis .....	44
4.1.3	Pontos de Amostragem .....	44
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM .....	48
4.3	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS .....	49
4.4	DETERMINAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO .....	50
4.4.1	Coleta .....	50
4.4.2	Análise .....	51
4.5	DETERMINAÇÃO DOS BIOAEROSSÓIS .....	52
4.5.1	Preparação dos Meios de Cultura .....	52
4.5.2	Coleta e Incubação.....	52
4.5.3	Análise .....	53
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>58</b>

5.1	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	58
5.1.1	Primeira Campanha de Amostragem .....	58
5.1.2	Segunda Campanha de Amostragem .....	62
5.1.3	Comparação entre as Campanhas de Amostragem .....	66
5.2	MATERIAL PARTICULADO .....	67
5.2.1	Concentração em Número .....	67
5.2.2	Concentração em Massa.....	79
5.3	BIOAEROSSÓIS.....	89
5.3.1	Bactérias .....	89
5.3.2	Fungos.....	103
5.3.3	Comparação entre Fungos e Bactérias .....	112
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>117</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em decorrência do processo de industrialização e do crescimento populacional ocorrido nas zonas urbanas, os problemas ambientais que têm ocupado lugar de destaque nas últimas décadas são a deterioração da qualidade do ar e a geração crescente e o acúmulo de resíduos sólidos. Além de causarem poluição e degradação do meio ambiente, também podem afetar a saúde humana de diversas formas, podendo tornar-se problemas de saúde pública e interferir na qualidade de vida no planeta (AZUAGA, 2000; ARRUDA, 2009; BISPO, 2013).

No que diz respeito à qualidade do ar, a presença de poluentes, em especial o material particulado (MP) (partículas líquidas ou sólidas em suspensão no ar), e de seus componentes biológicos (como fungos e bactérias), possui relação estreita com a ocorrência de doenças respiratórias e cardiovasculares no ser humano, além de influenciar no clima (EMYGDIO, 2016).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* – EPA), a qualidade do ar interior também é um importante parâmetro a ser considerado, pois a população permanece em ambientes internos por um período significativo de seu tempo, cerca de 90% (LEE, 2006; EPA, 2017a). Além disso, o ar interno pode apresentar maior concentração de poluentes que o ar externo, mesmo nas grandes cidades e, assim, os riscos à saúde de muitas pessoas podem ser maiores devido à exposição à poluição do ar em ambientes fechados do que ao ar livre (MOHAMMED et al., 2015; SEGALIN et al., 2016; EPA, 2017a).

Ribeiro e colaboradores (2014) relatam que o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) – resíduos domiciliares e de limpeza urbana – é um relevante desafio ambiental em todo o Brasil, pelo grande volume gerado e potenciais impactos ao meio ambiente. Com isso, o trabalho realizado pelos catadores em cooperativas tem sido mais reconhecido nos últimos anos, principalmente após a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.

O desenvolvimento de cooperativas de catadores de materiais recicláveis possui como principal objetivo a “organização de catadores autônomos que sobrevivem da venda dos materiais coletados” (RODRIGUES et al., 2015). No entanto, a diversidade de

resíduos que são encaminhados a esses locais é muito grande, incluindo resíduos orgânicos, recicláveis não higienizados, rejeitos e substâncias tóxicas, o que representa riscos à saúde dos trabalhadores (SOUZA, 2015). Além disso, o ar das cooperativas ainda pode conter poluentes e microrganismos, o que faz com que a qualidade ambiental do local de trabalho seja comprometida, assim como a saúde dos catadores expostos a esses contaminantes também seja influenciada negativamente (CUSSIOL et al., 2006).

A realização deste trabalho torna-se importante devido ao reduzido número de estudos existentes, no que se refere à concentração do MP e à composição microbiológica do ar de cooperativas de catadores de materiais recicláveis. As implicações que podem ser causadas na saúde dos catadores, de acordo com os níveis de exposição a esses compostos no ambiente de trabalho, também são pouco estudadas. Dessa forma, Emygdio (2016) afirma que o estudo de poluentes presentes tanto na atmosfera externa quanto interna e, principalmente, de seus componentes biológicos, é extremamente importante devido à existência de uma relação estreita entre a exposição a esses elementos e a ocorrência de doenças.

Portanto, a análise de microrganismos e de MP presentes no ar de cooperativas de materiais recicláveis se mostram necessárias para o conhecimento da qualidade do ar e das características desses locais. Além disso, fornece subsídios para o planejamento de ações de controle e minimização da poluição do ar nesses ambientes, de maneira que sejam reduzidos os riscos à saúde dos trabalhadores. Diante do exposto, este trabalho se propõe a realizar uma análise exploratória desses poluentes em ar ambiente de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis do município de Londrina.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as concentrações de MP, em massa e número, e de microrganismos em ar ambiente de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis do município de Londrina.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a concentração de fungos e bactérias no ar de diferentes ambientes da cooperativa;
- Quantificar a concentração de MP, em massa e número, presente no ar das instalações da cooperativa;
- Comparar as concentrações de microrganismos e de MP presentes no ar interno e externo;
- Analisar a influência da sazonalidade e do período do dia na concentração de MP e de microrganismos nos locais de trabalho da cooperativa.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Na composição da atmosfera encontra-se determinada concentração de elementos químicos originados de maneira natural. No entanto, a poluição atmosférica é caracterizada pelo acréscimo nos níveis desses compostos suscetível de atingir concentrações prejudiciais ao meio ambiente (DALLAROSA, 2005). Assim, a poluição do ar é considerada uma problemática ambiental de escala global influenciada de forma significativa pelo desenvolvimento das civilizações, pela urbanização (ARRUDA, 2009), pelo crescimento desordenado das cidades e pelo processo de industrialização que teve início no século XVIII.

Segundo Santana e colaboradores (2012) o ar tem sua qualidade degradada devido à emissão para a atmosfera de poluentes oriundos de fontes naturais e, principalmente, antrópicas como resultado de diversos processos (combustão, suspensão, transformação, erupção, mineração, entre outros), pelas reações químicas que ocorrem entre eles na atmosfera e pelas propriedades físico-químicas desses materiais. Além disso, também é significativamente influenciada pelas condições meteorológicas e características topográficas. De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (MMA)

A localização geográfica, a topografia e as condições climáticas locais, principalmente no que diz respeito à constância, intensidade e direção dos ventos, são fatores importantes que podem influenciar na qualidade do ar. Além disso, podem interferir nos diagnósticos ambientais [...] pois podem criar períodos de intensa poluição em áreas urbanas, tais como fenômenos climáticos como as inversões térmicas, influenciando diretamente nas condições que favoreçam a concentração ou a dispersão dos poluentes (MMA, 2017a).

A deterioração da qualidade do ar pode causar efeitos deletérios ao meio ambiente e à saúde da população humana, principalmente nas áreas urbanas. A acidificação da água da chuva – causada pelas reações que ocorrem entre os poluentes e o vapor d'água na atmosfera – pode contaminar os recursos hídricos e o solo. Além disso, a ocorrência de fotossíntese pode diminuir devido à deposição de poluentes nas plantas (SANTANA

et al., 2012). A poluição atmosférica pode, ainda, intensificar os sintomas de enfermidades cardiovasculares, respiratórias e neurológicas (POPE III et al., 2002; BERNSTEIN et al., 2004; KAMPA; CASTANAS, 2008; SANTANA et al., 2012).

As atividades humanas voltadas ao fornecimento de bens e serviços à sociedade são consideradas responsáveis pela fração antrópica da poluição atmosférica nos centros urbanos (GURJAR et al., 2010) onde, a partir da Revolução Industrial, se estabeleceu um modelo de produção direcionado à geração de conforto e progresso. Entretanto, o ser humano somente começou a perceber a sua influência negativa sobre a atmosfera com o acontecimento de episódios extremos de poluição do ar a partir do século XX. Um dos episódios mais populares é o ocorrido na cidade de Londres, na Inglaterra, em dezembro de 1952, quando uma inversão térmica impediu a dispersão dos poluentes e tornou a atmosfera da cidade um aglomerado de cinzas e fumaça com concentrações muito elevadas de material particulado e enxofre. Além disso, causou cerca de 4.000 mortes decorrentes de crises respiratórias e cardiovasculares, e atropelamentos devido à falta de visibilidade no tráfego (TRIVEDI, 2002; COELHO, 2009; SILVA JUNIOR; ANDRADE, 2013).

Dessa forma, países americanos e europeus foram os precursores na iniciativa de estabelecimento de padrões de qualidade do ar e redução de emissões de poluentes atmosféricos. Nos Estados Unidos da América (EUA), a fundação da EPA e a publicação do *Clean Air Act*<sup>1</sup> em 1970 foram essenciais para que houvesse monitoramento e controle mais eficientes dos níveis de poluentes atmosféricos (COELHO, 2009).

No Brasil, a implementação de medidas para a redução da emissão de poluentes teve início na década de 1970 com programas ambientais da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) do estado de São Paulo (COELHO, 2009). A CETESB ainda instalou, em 1972, diversas estações na Região Metropolitana de São Paulo para o monitoramento das concentrações de poluentes atmosféricos. Essa rede de monitoramento conta, atualmente, com estações automáticas e manuais no interior, no litoral e na Região Metropolitana de São Paulo para o monitoramento tanto de

---

<sup>1</sup> O *Clean Air Act* é uma Lei que regulamenta as emissões atmosféricas de fontes móveis e estacionárias e autoriza a EPA a estabelecer Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (NAAQS, na sigla em inglês) com o objetivo de proteger a saúde e o bem-estar públicos (EPA, 2017b).

poluentes quanto de parâmetros meteorológicos que influenciam diretamente na dinâmica da atmosfera.

Considerando todo o Brasil, estão presentes estações de monitoramento da qualidade do ar em 10 estados (São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Goiás, Mato Grosso e Sergipe) e no Distrito Federal (VORMITTAG et al., 2014). Em Londrina, recentemente foi instalada uma estação de qualidade do ar na Rua Brasil, junto ao Escritório Regional do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Os dados são disponibilizados em tempo real no *site* do IAP.

### 3.1.1 Poluentes Atmosféricos

Em decorrência da criação do Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR) pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em 1989, foi implementada a Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar para diversos poluentes como dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e material particulado. De acordo com essa mesma Resolução, poluente atmosférico é a designação de:

Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade (BRASIL, 1990).

Os poluentes atmosféricos são classificados, de acordo com a origem, em primários ou secundários. De acordo com o MMA (2016) poluentes primários são aqueles emitidos de forma direta para o ambiente pelas fontes de emissão, enquanto os poluentes secundários são resultado de reações físico-químicas que ocorrem entre os poluentes primários e os constituintes da atmosfera, além de fragmentos da radiação solar. A emissão de poluentes primários para a atmosfera pode ocorrer por meio de fontes móveis como veículos automotores, navios, aviões e trens, e de fontes fixas como emissões provenientes de indústrias de produção de energia e mineração, por exemplo (MMA, 2016).

As fontes de emissão ainda são classificadas em naturais e antrópicas. São consideradas fontes naturais as emissões de gases derivadas de atividades vulcânicas, a degeneração de animais e plantas, a ressuspensão de poeira, os incêndios que ocorrem naturalmente e a formação de ozônio decorrente da existência de descargas elétricas. Como fontes antrópicas podem ser citadas a queima de biomassa e de combustíveis fósseis, a incineração de resíduos sólidos, as emissões resultantes de atividades industriais, dentre outras (ALMEIDA, 1999).

Os poluentes utilizados como indicadores da qualidade do ar externo devido aos seus efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente, segundo a CETESB (2016), são apresentados no Quadro 1. Também são apresentadas informações referentes às fontes de emissão de cada poluente e à sua classificação quanto à origem.

Os poluentes originados de fontes presentes no ambiente externo podem se deslocar e adentrar em ambientes internos, como o interior de uma casa, causando exposição às pessoas que se encontram nesses locais (MENETREZ et al., 2009). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) o ar interior também é importante, uma vez que as pessoas passam uma fração substancial de seu tempo nestes locais (OMS, 2009).

A quantidade de poluentes presentes, por exemplo, no interior de um ambiente de trabalho completamente saudável, geralmente é inferior à concentração registrada no ambiente exterior da mesma localidade (JENSEN; SCHAFER, 1994). Entretanto, a concentração de poluentes em ambientes internos pode alcançar valores de 10 a 100 vezes maior que a existente no ar externo devido à inexistência de ações para o controle regular sobre as possíveis fontes de contaminação, gerando diversos efeitos nocivos à saúde da população presente nesses locais (HIGASKINO et al., 2007; SCHIRMER et al., 2011).

As principais fontes de poluição interna são, de acordo com a OMS, a manutenção inadequada de sistemas de ventilação e ar condicionado, a combustão de materiais sólidos (como a madeira) em ambientes fechados, o tabagismo e os poluentes atmosféricos externos, além das emissões de materiais de construção e do mobiliário (OMS, 2006).

Quadro 1 – Classificação, fontes de emissão e efeitos à saúde e ao meio ambiente dos principais poluentes atmosféricos.

Poluente	Classificação	Fontes de emissão	Efeitos à saúde <sup>2</sup>	Efeitos ao meio ambiente
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	Primário	Naturais e antropogênicas como vulcões e queima de combustíveis fósseis para geração de energia, respectivamente.	Acréscimo no número de internações hospitalares pela intensificação de problemas respiratórios e de sintomas da asma.	Formação da chuva ácida, deterioração da vegetação e corrosão nos materiais.
<b>Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)</b>	Primário	Naturais como vulcões e descargas elétricas e antropogênicas como processos de combustão provenientes de fontes fixas e móveis.	Acréscimo no número de internações hospitalares por problemas respiratórios e pulmonares.	Deterioração da agricultura, da vegetação e formação de chuva ácida.
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Primário	Queima incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa.	Pode causar cansaço e dor no peito em baixas concentrações e levar à asfixia e morte em altas concentrações.	-
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	Secundário	Reações químicas entre NO <sub>2</sub> e compostos orgânicos voláteis na presença de radiação solar.	Intensificação de sintomas de doenças pulmonares, cardiovasculares e asma e redução da expectativa de vida.	Deterioração da vegetação, da agricultura e das plantas ornamentais.
<b>Material Particulado (MP)</b>	Primário e secundário <sup>3</sup>	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa vegetal, ressuspensão de poeira do solo e reações de oxidação do SO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> .	Acréscimo no número de internações hospitalares e na gravidade dos sintomas da asma, inflamação do pulmão e pode acarretar morte.	Contaminação da água e do solo, redução da visibilidade e deterioração da vegetação.

Fonte: Adaptado de CETESB (2016); CETESB (2017); MMA (2017b).

### 3.1.2 Material Particulado

O material particulado (MP) é constituído por uma mistura de partículas sólidas e líquidas encontradas em suspensão no ar, sendo considerado um dos poluentes mais danosos para a saúde humana (EPA, 2016a), pois apresenta grande variabilidade de tamanho e composição química. Segundo a CETESB (2017), o MP é dividido em:

<sup>2</sup> Os efeitos à saúde são observados de acordo com os níveis de concentração dos poluentes presentes na atmosfera.

<sup>3</sup> O material particulado é considerado um poluente tanto primário quanto secundário, pois “pode ser emitido diretamente na atmosfera ou se formar a partir de emissões primárias de gases” (RESENDE, 2007).

- Partículas Totais em Suspensão (PTS): possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 50,0  $\mu\text{m}$ ;
- Partículas Inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ): possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10,0  $\mu\text{m}$ ;
- Partículas Inaláveis Finas ( $\text{MP}_{2,5}$ ): possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5  $\mu\text{m}$ ;
- Fumaça (FMC): relacionada ao material particulado que se encontra em suspensão na atmosfera devido a processos de combustão.

A deposição seca e a deposição úmida são consideradas mecanismos para remover o MP da atmosfera. A primeira é referente à sedimentação de MP e gases adsorvidos pelo solo e/ou pela vegetação por meio da gravitação, e a segunda refere-se “à precipitação de gotas de água que incorporam partículas e gases” (SANTIAGO, 2013).

A exposição da população humana à poluição por MP tem sido relacionada a um grande número de problemas de saúde, como morte prematura em pessoas com doenças cardiovasculares e/ou respiratórias, ataques cardíacos não fatais, redução da função pulmonar, aumento na ocorrência de irritação das vias aéreas, batimentos cardíacos irregulares, agravamento da asma, tosse ou dificuldade respiratória e câncer (OMS, 2016; EPA, 2016b).

Algumas partículas de MP como poeira, fuligem ou fumaça são grandes o suficiente para serem vistas a olho nu, enquanto outras são tão pequenas que só podem ser detectadas com a utilização de microscópios eletrônicos (EPA, 2016a), como é o caso do  $\text{MP}_{10}$  e do  $\text{MP}_{2,5}$ . Na Figura 1 podem ser observadas comparações entre o tamanho do  $\text{MP}_{10}$ , do  $\text{MP}_{2,5}$ , de um fio de cabelo humano e de um grão de areia fina.

Figura 1 – Tamanho das partículas de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> comparadas à um fio de cabelo humano e à um grão de areia fina.

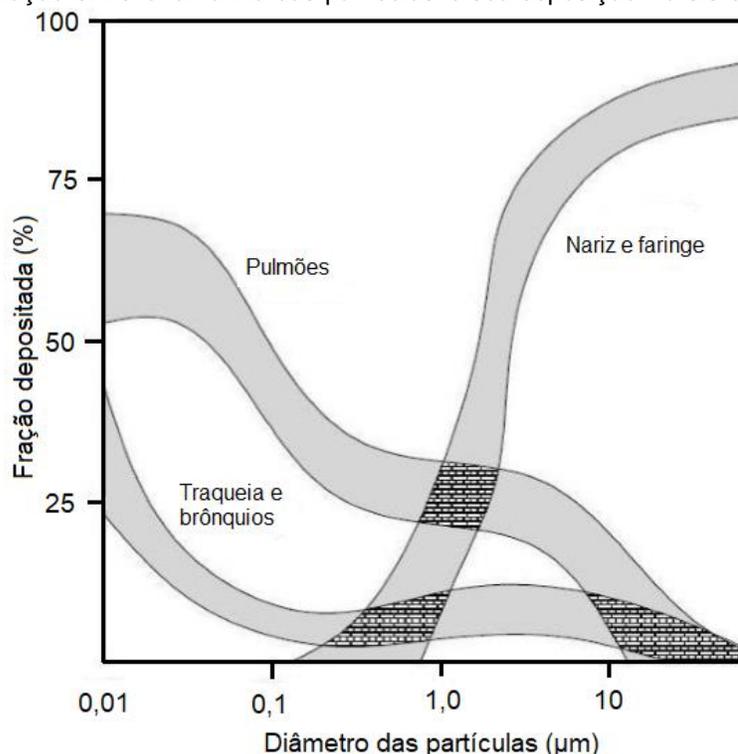


Fonte: Adaptada de EPA (2016a).

O tamanho do MP está diretamente ligado ao seu potencial de afetar negativamente a saúde da população. O MP<sub>2,5</sub>, por exemplo, é responsável por uma série de efeitos nocivos à saúde do ser humano em consequência de suas propriedades físicas, químicas, cancerígenas e toxicológicas, pois pode penetrar profundamente no sistema respiratório e atingir os alvéolos pulmonares dado o seu tamanho diminuto (NEL, 2005; EMYGDIO, 2016; EPA, 2016a; CETESB, 2017). Esse poluente ainda possui um extenso tempo de permanência na atmosfera e, por isso, pode percorrer longas distâncias pela dispersão ocorrida devido às correntes de ar, ultrapassando fronteiras regionais e nacionais (DRUMM et al., 2014; EMYGDIO, 2016).

Na Figura 2 pode ser observada a influência dos tamanhos do MP presente na atmosfera na deposição no sistema respiratório humano. As partículas maiores podem se depositar na parte superior das vias respiratórias e pulmonares, enquanto as partículas menores podem penetrar nos alvéolos pulmonares, sendo responsáveis pela deposição na região da traqueia, brônquios e pulmão (SANTIAGO, 2013). Os indivíduos mais suscetíveis de serem afetados pela exposição a tais partículas são crianças e idosos, além de pessoas que já possuem doenças respiratórias ou cardíacas (EPA, 2016b).

Figura 2 – Relação entre o tamanho das partículas e sua deposição no sistema respiratório.



Fonte: Adaptada de Santiago (2013).

De acordo com a OMS (2016) a poluição atmosférica em áreas urbanas e rurais foi estimada como a causa de 3 milhões de mortes prematuras em todo o mundo em 2012, devido à exposição a pequenas partículas (MP<sub>10</sub> ou menores), e esse número pode dobrar em 2050 caso não sejam feitas ações efetivas de mitigação (LANDRIGAN et al., 2017). Hinds (1999) afirma que esses efeitos negativos causados às pessoas dependem do local em que as partículas se depositam no sistema respiratório, da sua forma e tamanho, mas também da sua composição química. O MP pode adsorver, por exemplo o SO<sub>2</sub>, o que faz com que os efeitos sejam maiores quando comparado à sua presença isolada na atmosfera (SANTIAGO, 2013).

O MP também pode contribuir para a redução de visibilidade, isto é, acarretar em neblina que pode afetar o trânsito e a circulação de pessoas, por exemplo, devido à sua capacidade de espalhamento da radiação solar (SANTIAGO, 2013). As partículas ainda podem sedimentar sobre o solo ou a água, alterando a acidez de lagos e o equilíbrio de nutrientes nas bacias hidrográficas, prejudicar a agricultura, as florestas e a diversidade

dos ecossistemas, esgotar os nutrientes do solo e também podem comprometer diversos materiais como estátuas e monumentos (EPA, 2016b).

Os padrões de MP foram estabelecidos, no Brasil, pela Resolução CONAMA nº 03/90 considerando um valor primário e um secundário como concentrações de referência para a qualidade do ar. Os conceitos desses padrões são:

Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (BRASIL, 1990).

Em 2006 a OMS atualizou seus padrões de qualidade do ar com o objetivo de oferecer orientação aos tomadores de decisão na busca de ações para redução dos efeitos da poluição atmosférica à saúde. Nos EUA, a EPA estabeleceu padrões de qualidade do ar a partir do *Clean Air Act*, considerando padrões primários como aqueles que fornecem proteção à saúde pública, inclusive a de pessoas consideradas mais sensíveis, como idosos, asmáticos e crianças. Os padrões secundários, por sua vez, são valores considerados para proteção do bem-estar público, incluindo a proteção contra danos às colheitas, aos animais, aos edifícios e à vegetação e a redução de visibilidade (EPA, 2016c).

Na Tabela 1 são mostrados os valores de referência para PTS, MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> no Brasil, nos EUA e pela OMS, levando-se em consideração o tempo de amostragem e a divisão em padrões primários e secundários pelas legislações brasileira e norte-americana. Observa-se que ainda não foram estabelecidos limites para MP<sub>2,5</sub> no que diz respeito à legislação de âmbito federal no Brasil, sendo necessária a adoção dos parâmetros da OMS para fins de análise desse poluente.

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar para diferentes dimensões de MP no Brasil, nos EUA e de acordo com a OMS.

Poluentes	Média de tempo	Brasil		EUA		OMS ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
		Primário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Secundário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Primário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Secundário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
MP <sub>10</sub>	24 horas	150,0 <sup>a</sup>	150,0 <sup>a</sup>	150,0 <sup>b</sup>	150,0 <sup>b</sup>	50,0
	Anual	50,0	50,0	-	-	20,0
MP <sub>2,5</sub>	24 horas	-	-	35,0	35,0	25,0
	Anual	-	-	12,0	15,0	10,0
PTS	24 horas	240,0 <sup>a</sup>	150,0 <sup>a</sup>	-	-	-
	Anual	80,0	60,0	-	-	-

<sup>a</sup> = A concentração média não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

<sup>b</sup> = A concentração não deve ser excedida mais de uma vez por ano, em média, ao longo de 3 anos.

Fonte: Adaptado de BRASIL (1990); OMS (2006); EPA (2016c).

### 3.1.3 Poluentes Microbiológicos ou Bioaerossóis

Além dos poluentes considerados não biológicos, o ar também contém aerossóis biológicos primários, ou simplesmente bioaerossóis, que são partículas transportadas pelo ar e liberadas de forma direta para a atmosfera por meio da biosfera (FROHLICH-NOWOISKY et al., 2016). Podem ser apontados como bioaerossóis organismos vivos e mortos como bactérias, algas e arqueas (designação para um conjunto de seres vivos morfologicamente similares as bactérias, mas bioquímica e geneticamente diferentes), excreções diversas como detritos vegetais além de unidades de dispersão como esporos de fungos e pólen de plantas (SRIKANTH et al., 2008; ABELHO, 2013; FROHLICH-NOWOISKY et al., 2016).

A poluição causada por microrganismos é um importante fator a ser considerado na qualidade do ar interior (OMS, 2009), sendo também considerados componentes importantes do material particulado atmosférico presente no ambiente externo (MENETREZ et al., 2009). Os bioaerossóis mais comumente relacionados à qualidade do ar interno são as bactérias e os fungos (ABELHO, 2013), em particular fungos filamentosos (mofo), que crescem nesses ambientes quando há umidade disponível suficiente (OMS, 2009).

De acordo com Abelho (2013) a concentração de bioaerossóis em um ambiente interno pode estar relacionada com a higiene do próprio local, a manutenção de equipamentos de climatização (se existentes), a presença de materiais orgânicos e minerais suspensos no ar, além do número de pessoas que frequentam o ambiente em

questão. As condições meteorológicas do ambiente externo também influenciam diretamente os níveis de bioaerossóis, de maneira que temperatura e umidade relativa do ar, por exemplo, podem afetar seu crescimento, enquanto a radiação solar e velocidade dos ventos podem influenciar a suspensão de materiais inertes no ar. Condições de estabilidade na atmosfera provocam redução na dispersão desses poluentes e, conseqüentemente, aumento na sua concentração (FERNANDES, 2014).

Srikanth e colaboradores (2008) relatam que os materiais biológicos presentes no ar são responsáveis por 5,0 a 34,0% da poluição de ambientes internos, que pode ter origem tanto de atividades antropogênicas quanto naturais. O meio de dispersão e transmissão desses microrganismos é o ar, que conecta todos os ecossistemas na superfície da Terra (FROHLICH-NOWOISKY et al., 2012). Dessa forma, os bioaerossóis são considerados como um importante mecanismo de disseminação de organismos, pois permitem a ocorrência de uma permuta genética entre habitats e biomas, sendo elementos fundamentais no desenvolvimento, evolução e dinâmica dos ecossistemas (FROHLICH-NOWOISKY et al., 2016).

O contato dérmico, a ingestão e a inalação (apontada como preponderante) são consideradas maneiras de contaminação causadas pela presença de poluentes microbiológicos no ar (SRIKANTH et al., 2008). Além disso, esses materiais biológicos não aparecem necessariamente como células individuais no ar, podendo haver a aglomeração entre as próprias partículas ou serem conduzidas pelo ar agrupadas com poeira, fragmentos de animais ou plantas ou gotículas de água. Essas partículas ainda podem se desintegrar de forma a criar fragmentos menores não viáveis (CHEN; HILDEMANN, 2009; FERNANDES, 2014).

De acordo com a OMS (2009) a exposição à bioaerossóis presentes no ambiente está clinicamente associada a alergias, doenças respiratórias, reações imunológicas e asma. Essas doenças são causadas devido à quantidade de partículas inaladas, ao local em que penetram no sistema respiratório e à sua composição química e características biológicas (FERNANDES, 2014). As partículas que compõem os bioaerossóis possuem diâmetro de 0,3 a 100  $\mu\text{m}$ , todavia, a fração passível de maior preocupação tem de 1 a 10  $\mu\text{m}$  (SRIKANTH et al., 2008), assim como é considerado para o poluente material particulado.

Os bioaerossóis podem ter suas dimensões aerodinâmicas alteradas quando transportados na atmosfera como material particulado, o que pode acarretar a sua penetração em regiões do pulmão. Esses componentes também podem atuar em processos climáticos e meteorológicos, como na formação de núcleos de cristais de gelo e gotículas de nuvens influenciando na formação de precipitação (MORRIS et al., 2013; FROHLICH-NOWOISKY et al., 2016).

Além disso, um estudo realizado por Matthias-Maser e colaboradores (2000) indicou que o material particulado é constituído de 22 a 30% de compostos biológicos. Menetrez e colaboradores (2009) citam um estudo realizado por eles, em 2000, que indicou que uma fração considerável de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> era de origem biológica tanto em amostras do ar interno quanto do ar externo. Portanto, torna-se importante o estudo das partículas biológicas para que haja um melhor entendimento da sua composição e contribuição para a massa de material particulado e, conseqüentemente, para a qualidade do ar (EMYGDIO, 2016).

Como há um número considerável de poluentes e contaminantes no ar interno, as diretrizes que foram elaboradas por uma variedade de agências não se mostram consensuais nesse tópico (CALDEIRA et al., 2012). A OMS (2009) afirma que como as relações entre a umidade, a exposição microbiana e os efeitos sobre a saúde não podem ser quantificadas com precisão, não são recomendados limites quantitativos (baseados nos efeitos à saúde) de níveis aceitáveis de contaminação por microrganismos. Recomenda-se apenas que a umidade e os problemas relacionados ao mofo, especificamente, sejam evitados.

No entanto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu valores máximos recomendáveis (VMR) para fungos totais e aerossóis<sup>4</sup> (baseados em unidades formadoras de colônias (UFC) e microgramas por metro cúbico de ar, respectivamente) em ambientes internos na Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003. Além disso, também foram determinados valores para a relação entre a quantidade de poluentes no ambiente interior (I) e a quantidade de poluentes no ambiente exterior (E), ou seja, I/E. Esses dados são apresentados na Tabela 2.

---

<sup>4</sup> A Resolução ANVISA nº 09/03 utiliza o termo aerodispersóide e o define como um “sistema disperso, em um meio gasoso, composto de partículas sólidas e/ou líquidas. O mesmo que aerosol ou aerossol” (BRASIL, 2003).

Tabela 2 – Valores máximos recomendáveis e relação I/E para fungos e aerossóis.

<b>Poluentes</b>	<b>VMR</b>	<b>I/E</b>
<b>Fungos totais</b>	$\leq 750,0 \text{ UFC.m}^{-3}$	$\leq 1,5$
<b>Aerossóis</b>	$\leq 80,0 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$	-

Fonte: BRASIL (2003).

Nos EUA, o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (*National Institute for Occupational Safety and Health* – NIOSH) e o comitê sobre bioaerossol da Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* – ACGIH) estabeleceram limites de exposição ocupacional (*Occupational Exposure Limits*– OEL) para microrganismos totais e fungos, respectivamente, em ambientes internos (CALDEIRA et al., 2012). Esses dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de exposição ocupacional para microrganismos totais e fungos.

<b>Poluentes</b>	<b>NIOSH OEL (UFC.m<sup>-3</sup>)</b>	<b>ACGIH</b>
<b>Microrganismos totais</b>	1.000,0	-
<b>Fungos</b>	-	250,0

Fonte: CALDEIRA et al. (2012).

Não são observados valores máximos estabelecidos para bactérias pelas agências supracitadas. Porém, na Nota Técnica NT-SCE-02 do Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios de Portugal é estabelecido o valor de  $500,0 \text{ UFC.m}^{-3}$  como concentração máxima de referência para bactérias (ADENE, 2009).

### 3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

A problemática dos resíduos sólidos teve início a partir da ocorrência do adensamento populacional decorrente da fixação do homem em aldeias e cidades em torno de 4.000 a.C., o que causou um acréscimo na produção de resíduos (EL-DEIR, 2014). Entretanto, somente a partir da Revolução Industrial houve uma elevação considerável na diversidade e no volume da geração de resíduos nos centros urbanos devido à introdução de fábricas que produziam diferentes embalagens e objetos de consumo considerados de larga escala (NAIME et al., 2008). De acordo com El-Deir

(2014) essa problemática possui relação direta com o meio ambiente, uma vez que resíduos sólidos podem causar poluição no solo, no ar e na água, além de efeitos nocivos à saúde da população.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua NBR nº 10.004, de 31 de maio de 2004, resíduos sólidos são definidos como “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.” Há extensa variedade na composição química, tipos, grau de periculosidade e fontes geradoras de resíduos sólidos, que são originados “desde a extração e beneficiamento da matéria-prima até a distribuição e consumo de mercadorias” (FUNASA, 2014).

Os resíduos sólidos são classificados, de acordo com a ABNT (2004), em: resíduos classe I (perigosos), que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade; resíduos classe II (não perigosos) que são divididos em classe II A (não inertes) e classe II B (inertes). Os primeiros são resíduos que não se enquadram nas demais classificações e podem apresentar biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos de classe II B são aqueles que, “quando amostrados de uma forma representativa, [...] não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor” (ABNT, 2004).

Ainda segundo a ABNT (2004) a periculosidade dos resíduos é caracterizada baseando-se nas suas características químicas, físicas ou infectocontagiosas, podendo oferecer riscos à saúde da população e ao meio ambiente. Esses riscos são representados por meio da incidência de doenças, mortalidade e incremento nas suas estatísticas, além do mau gerenciamento dos resíduos, respectivamente.

Bispo (2013) afirma que impactos negativos como o acréscimo da incidência de doenças na população por causa da proliferação de vetores, o trabalho sub-humano nos lixões e o aumento nos gastos públicos direcionados à coleta, ao transporte e ao tratamento dos resíduos, surgiram com a geração desenfreada, o acúmulo e a destinação incorreta dos resíduos sólidos. Gouveia (2012) relata que os resíduos sólidos gerados atualmente possuem características diferentes decorrentes da implantação de inovações

tecnológicas, podendo conter elementos sintéticos e compostos que apresentam ainda maior risco à saúde humana e aos ecossistemas.

De acordo com o relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2016), a geração total de RSU registrou queda de 2,0% de 2015 para 2016, enquanto a geração per capita de RSU no mesmo período apresentou declínio de 2,9% (Figura 3). Apesar da diminuição, ainda há um cenário de geração expressiva de resíduos sólidos, que é influenciado pela característica das sociedades atuais de extração em excesso de recursos naturais para utilização como matéria-prima para “a produção de bens cada vez mais descartáveis” (BISPO, 2013).

Figura 3 – Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil nos anos de 2015 e 2016.



Fonte: ABRELPE (2016).

### 3.2.1 Reciclagem e Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis

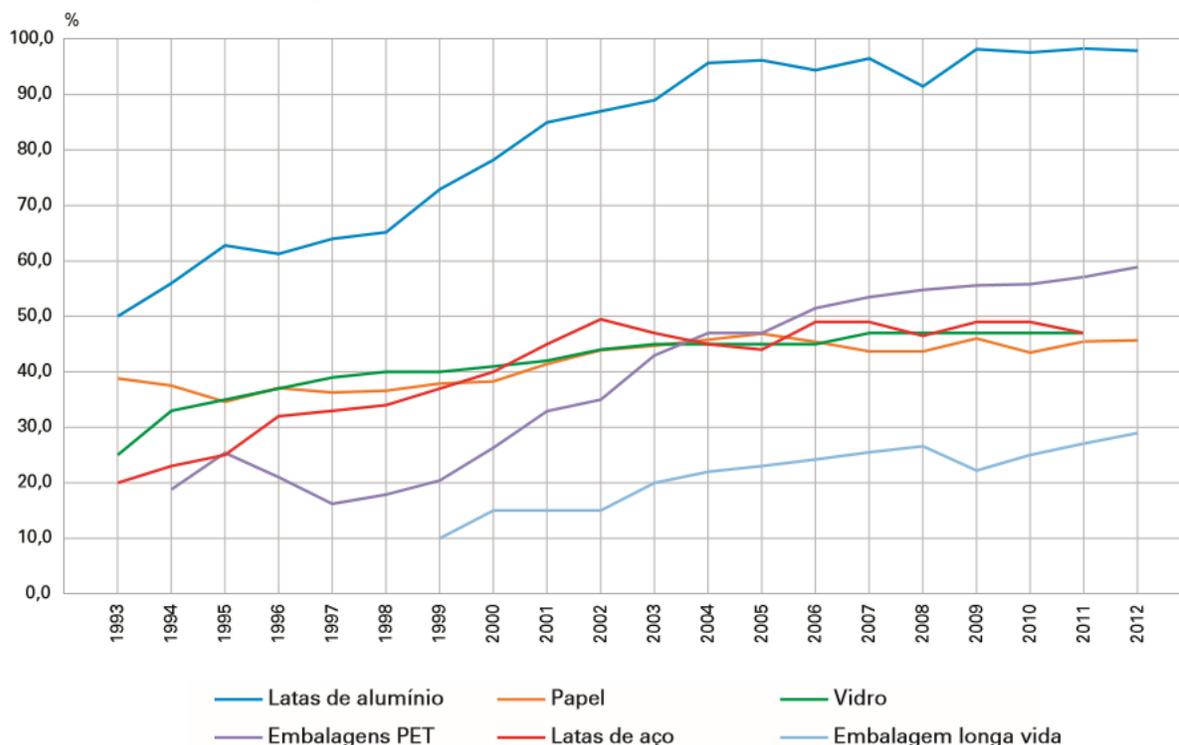
O gerenciamento de resíduos sólidos mostra-se como um dos maiores desafios da sociedade nos dias atuais e a reciclagem possui papel fundamental nesse cenário. De acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD) reciclagem pode ser definida como qualquer reprocessamento realizado em um material considerando um processo produtivo que o desvia do fluxo de resíduos sólidos, excetuando-se o reuso como combustível. O reprocessamento como o mesmo tipo de produto e para diferentes finalidades são incluídos nessa definição, enquanto é excluída a reciclagem que ocorre dentro de instalações industriais, no local de geração (OECD, 2015).

Durante o processo de reciclagem os resíduos são separados em categorias levando-se em consideração as suas características físicas (plástico, vidro, papel, papelão e alumínio, por exemplo). Posteriormente, esses materiais podem ser reutilizados como matéria-prima nas indústrias, o que propicia redução da poluição da água, do ar e do solo, dos custos no processo produtivo, da extração de matéria-prima virgem e de gastos energéticos (IPEA, 2013).

A Alemanha possui o maior índice de reciclagem no mundo, sendo que 65,0% do total de RSU gerados no ano de 2013 foram reciclados e/ou encaminhados à compostagem no país (OECD, 2015). Coreia do Sul, Eslovênia, Áustria e Bélgica são os próximos no *ranking*, apresentando índices de reciclagem e compostagem de 59,0, 58,0, 58,0 e 55,0%, respectivamente, também para 2013. Os EUA, por sua vez, possuem índice de apenas 35,0% (OECD, 2015; MCCARTHY, 2016). O Brasil não aparece no *ranking* devido a essa ser uma lista da reciclagem nos países que fazem parte da OECD. Os dados de reciclagem no Brasil são provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O Brasil possui certo destaque no setor de reciclagem movimentando volumes crescentes de resíduos sólidos que retornam à cadeia de produção (FERRON, 2015). Como pode ser observado na Figura 4, o reaproveitamento de latas de alumínio foi de cerca de 98,0% – constituindo-se como líder mundial nesse quesito desde 2001 – e de embalagens PET foi de aproximadamente 60,0% no ano de 2012 (IBGE, 2015). Comparando-se os dados de 1995 e 2012, houve um aumento por volta de 35,0% na reciclagem desses materiais no país. Papel, latas de aço e vidro apresentaram índices de reciclagem bem próximos em 2012, entre 45,0 e 48,0%. Por outro lado, as embalagens longa vida registaram uma porcentagem relativamente baixa de reciclagem, cerca de 30,0% em 2012 (IBGE, 2015). Considerando o total de resíduos sólidos urbanos gerados, somente 13,0% é reciclado no Brasil (IPEA, 2013).

Figura 4 – Índices de reciclagem de diferentes materiais para o período entre 1993 e 2012 no Brasil.

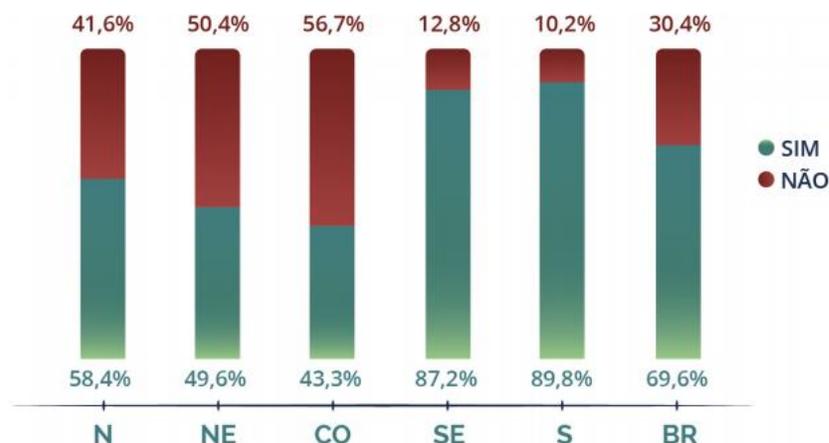


Fonte: IBGE (2015).

Destaca-se que, dos 5.570 municípios existentes no Brasil, 3.878 possuem iniciativas de reciclagem por meio da coleta seletiva, representando 69,6% do total (ABRELPE, 2016). A coleta seletiva envolve as etapas de coleta, transporte, tratamento e triagem dos resíduos gerados pela população (IPEA, 2013).

Na Figura 5 pode-se observar a porcentagem de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e em cada região do país. A região Sul é a que possui o maior índice de municípios com coleta seletiva (89,8%), em seguida tem-se as regiões Sudeste (87,2%), Norte (58,4%), Nordeste (49,6%) e, em último, a região Centro-Oeste (43,3%).

Figura 5 – Porcentagem de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil.



Fonte: ABRELPE (2016).

A reciclagem, desde o seu início, teve o trabalho dos catadores de materiais recicláveis como base para a sua consolidação. Assim, a expansão da indústria de reciclagem possui relação direta com o aumento na população de catadores (FERRON, 2015).

Ações de formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis surgiram no país na década de 1990 decorrentes, principalmente, do aumento da população urbana, dos padrões de produção e consumo e da geração de resíduos. Porém, o marco legal fundamental referente ao trabalho dos catadores e sua importância para o gerenciamento de resíduos sólidos foi a promulgação da Lei nº 12.305/10, que instituiu a PNRS (RODRIGUES et al., 2015; FERRON, 2015).

A PNRS ainda tornou o poder público municipal responsável pela implantação da coleta seletiva que deve contar com a participação de cooperativas ou de outras formas de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (BRASIL, 2010a). Essa parceria pode ajudar na minimização de custos referentes a programas de coleta de resíduos e na disponibilidade, pelo poder público, de equipamentos, recursos financeiros e áreas para trabalho da cooperativa, o que beneficia os catadores uma vez que nem sempre eles possuem os recursos necessários para a segregação adequada dos resíduos (RODRIGUES et al., 2015).

Considerando o âmbito federal, a segunda ação essencial para os catadores foi a instituição do Programa Pró-Catador por meio do Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010. Esse programa tem como objetivo

Integrar e articular as ações do Governo Federal voltadas ao apoio e ao fomento à organização produtiva dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, à melhoria das condições de trabalho, à ampliação das oportunidades de inclusão social e econômica e à expansão da coleta seletiva de resíduos sólidos, da reutilização e da reciclagem por meio da atuação desse segmento (BRASIL, 2010b).

O Decreto nº 7.405/10 ainda estabelece que catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis são “as pessoas físicas de baixa renda que se dedicam às atividades de coleta, triagem, beneficiamento, processamento, transformação e comercialização” desses resíduos (BRASIL, 2010b).

De acordo com Rodrigues e colaboradores (2015) o estabelecimento de cooperativas de catadores propicia benefícios ao meio ambiente e funciona como um mecanismo de logística reversa, pois grande quantidade de resíduos que teria como destino lixões ou aterros sanitários, passa a ser reaproveitada. Além da redução de impactos negativos sobre o meio ambiente, as cooperativas também auxiliam na consolidação de um perfil de inclusão social, o que propicia maior valorização, profissionalização, melhores condições de trabalho e renda, e possibilita que os catadores tenham consciência da importância do seu trabalho (GRIMBERG, 2007; SANTOS, 2011). No entanto, o número de indústrias que fazem a compra de materiais recicláveis é muito baixo, o que representa uma enorme desvantagem aos catadores, já que os poucos compradores são os responsáveis pela determinação do preço dos materiais (AQUINO et al., 2009).

Baseado em dados do Censo Demográfico 2010, o número de pessoas que declararam ser catadores ou catadoras como ocupação principal naquele ano foi de 387.910. Desse valor, 31,1% são mulheres e 68,9% são homens que contam com um rendimento médio de R\$ 571,56. Na região Sul, esse número foi de 58.928 pessoas, sendo 34,1% de catadoras e 65,9% de catadores que possuem renda média de R\$ 596,90 (IPEA, 2013). Entretanto, segundo o Movimento Nacional dos Catadores de

Materiais Recicláveis (MNCR) o número de catadores no Brasil pode chegar a 800.000 pessoas, sendo que 70,0% desse número são mulheres (MNCR, 2014).

### 3.2.1.1 Coleta seletiva e trabalho das cooperativas em Londrina

A coleta seletiva no município de Londrina foi implantada em 1996, quando era utilizado o sistema tradicional de coleta, realizado porta a porta com um caminhão carroceria, um motorista e alguns coletores que exerciam a função temporariamente (LIMA, 2007). Naquela época, a coleta era feita somente na região central do município, representando aproximadamente 20,0% do total dos domicílios e 1,0% dos resíduos sólidos domiciliares gerados no município de Londrina (LIMA, 2007).

No ano de 2001 houve o início da organização de catadores em associações por meio de um estímulo dado pela prefeitura, a fim de proporcionar um processo de coleta mais organizado e com a inclusão dos catadores. Dessa forma, a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (CMTU) de Londrina separou e delegou certos setores da cidade para cada associação e a prefeitura ainda disponibilizou treinamentos para capacitação de todos os catadores (LIMA, 2007).

De acordo com a CMTU a formação de cooperativas de catadores propriamente ditas foi incentivada no município, primeiramente, pelo Programa Londrina Recicla, que foi instituído por meio do Decreto Municipal nº 829, de 23 de setembro de 2009 (LONDRINA, 2009) e, posteriormente, também pela PNRS e pelo Decreto Federal nº 7.405/10. Desde então, as cooperativas são responsáveis por fazer a coleta, a triagem, o processamento e o retorno dos resíduos recicláveis para sua cadeia produtiva e, em contrapartida, recebem subsídios da Prefeitura Municipal para a compra de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e uniformes, o pagamento da locação dos barracões de armazenamento e triagem dos materiais recicláveis e o repasse para o recolhimento do INSS (CMTU, 2017a).

Atualmente, a coleta seletiva compreende “100% da área urbana, incluindo distritos, patrimônios e vilas rurais totalizando 219.993 domicílios” (CMTU, 2017a), em dias determinados da semana em cada região do município. Cada uma das cooperativas é responsável por diferentes regiões, conforme pode ser visualizado na Figura 6.



cooperativas são muito variados abrangendo desde rejeitos, resíduos orgânicos e potencialmente contaminantes como celulares, pilhas, lâmpadas e baterias (FERRON, 2015). Destaca-se também a presença de resíduos recicláveis que não foram higienizados pelas pessoas em suas residências antes do descarte e podem representar riscos para a saúde dos catadores por meio da atração de vetores como moscas, ratos e baratas, que são considerados macrovetores, além de fungos, bactérias e vírus, considerados como microvetores (BISPO, 2013).

Assim, os trabalhadores podem estar expostos a diversos riscos que são divididos, segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (2001), em biológicos, físicos, químicos, mecânicos e de acidentes, ergonômicos e psicossociais. Os riscos biológicos são referentes à presença de vírus, fungos, bactérias e parasitas, enquanto os físicos estão associados à temperatura, radiação e ruídos. Os químicos são representados pela presença de substâncias químicas líquidas, gasosas ou de partículas e os riscos mecânicos e de acidentes são relacionados ao espaço físico inadequado, à ausência de limpeza, sinalização e proteção do trabalhador. Por fim, os riscos ergonômicos e psicossociais são ligados à equipamentos inadequados, “ritmo de trabalho excessivo, exigências de produtividade, falhas no treinamento e na supervisão dos trabalhadores” (FONTANA et al., 2015).

Além disso, há o risco de acidentes com objetos perfurocortantes e pedaços de vidros (CUSSIOL et al., 2006). A qualidade do ar da cooperativa de resíduos recicláveis também pode ser comprometida, uma vez que pode haver o acúmulo de fungos, bactérias e poluentes diversos. De acordo com Clauss (2015), esses locais podem ser fonte de consideráveis quantidades de diferentes microrganismos que se encontram presentes no ar.

Lavoie e colaboradores (2006) relatam que com o aumento da densidade populacional e, conseqüentemente, o acréscimo da geração de resíduos, o potencial de exposição a bioaerossóis entre os trabalhadores de coleta de resíduos também foi ampliado. Uma grande proporção dos RSU está sujeita a podridão e é facilmente colonizada por bactérias e fungos. Quando esses resíduos são manipulados, esses microrganismos podem passar pelo processo de formação de bioaerossóis e podem apresentar riscos infecciosos, alergênicos ou tóxicos. A exposição a microrganismos

associada a resíduos pode ocorrer em locais onde os resíduos são armazenados ou ao ar livre durante a sua coleta podendo, ainda, ser influenciada pelos processos de triagem, transferência e limpeza (WOUTERS et al., 2002; LAVOIE et al., 2006).

Segundo Fontana e colaboradores (2015) a exposição aos agentes nocivos presentes em ambientes de cooperativas pode ocorrer por meio da inalação, da contaminação por alimentos e do contato dérmico. Lavoie e Guertin (2001) afirmam que os catadores podem estar sujeitos a um risco considerável de apresentarem problemas gastrointestinais, respiratórios (como bronquite crônica e asma), mucos cutâneos (irritação), musculoesqueléticos e síndrome tóxica da poeira orgânica<sup>5</sup> (STPO).

Lavoie e Dunkerley (2002) relatam que alguns problemas de saúde encontrados no setor de trabalho de coletores de resíduos estão relacionados com exposições a bioaerossóis, devido aos elevados índices de incidência de doenças respiratórias, de pele e gastrointestinais. Os problemas gastrointestinais podem estar relacionados à exposição a endotoxinas de bactérias, esporos fúngicos e por meio do contato das mãos com a boca, resultando na ingestão de microrganismos (LAVOIE; DUNKERLEY, 2002). Além disso, os trabalhadores ainda estão expostos aos riscos ocupacionais, como acidentes diversos (FONTANA et al., 2015).

Entretanto, é difícil estabelecer quais os contaminantes a que os catadores estão mais expostos no trabalho uma vez que ainda não existe uma caracterização química e microbiológica adequada dos resíduos que são manipulados diariamente (SOUZA, 2015). Há um reduzido número de trabalhos na literatura sobre a qualidade do ar, especificamente, de cooperativas de materiais recicláveis. A maioria dos estudos existentes sobre a presença de poluentes no ar em atividades relacionadas aos resíduos sólidos é focado no trabalho dos coletores e não das pessoas que fazem a segregação.

Visto a variedade de riscos a que os catadores de cooperativas de materiais recicláveis estão expostos, torna-se importante o estudo da realidade que vivem no dia a dia de trabalho. O risco de contaminação biológica avaliada por meio da existência de microrganismos tanto no ar interno quanto no ar externo da cooperativa é essencial para um melhor entendimento desse setor.

---

<sup>5</sup> Síndrome tóxica da poeira orgânica é uma condição aguda que afeta as vias aéreas estando associada a sintomas como calafrios, mal-estar, tosse seca, dor de cabeça e náuseas decorrentes da exposição intensa à poeira orgânica, como poeira de mofo, entre outros (VON ESSEN et al., 1990; VIEGAS, 2000).

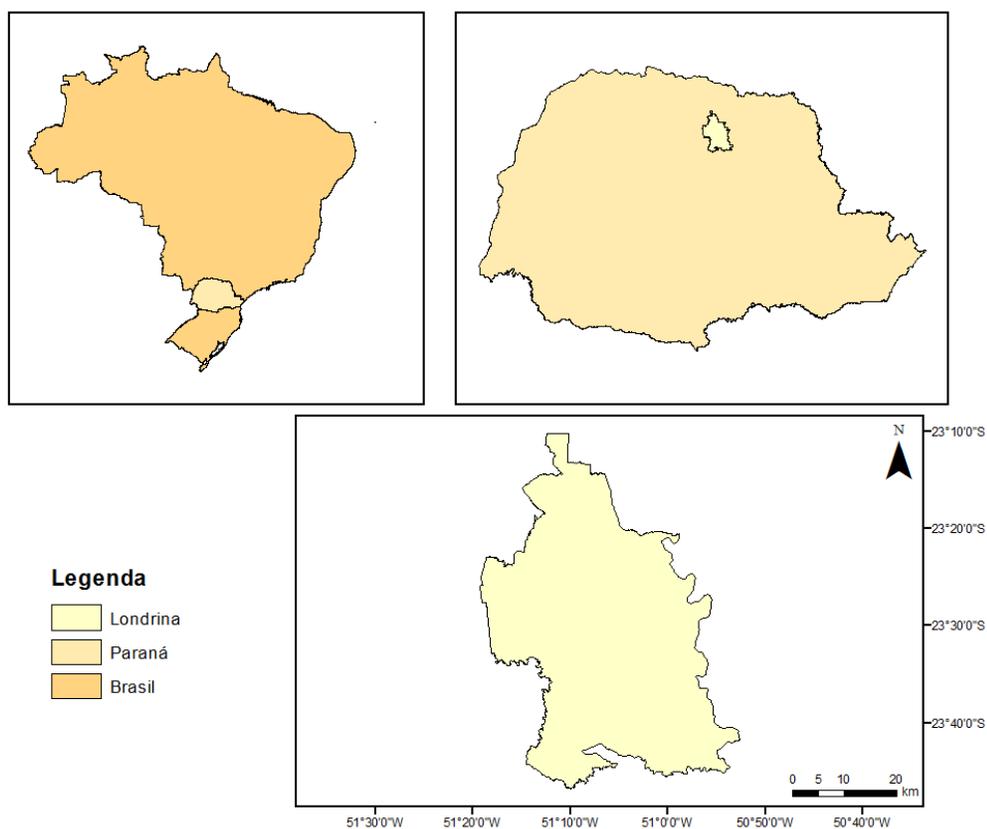
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

#### 4.1.1 Município de Londrina

O local de estudo compreende uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis presente no município de Londrina (Figura 7). O município se encontra situado na região Norte do estado do Paraná entre 23°08'47" e 23°55'46" de latitude sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" a oeste do Meridiano de Greenwich (LONDRINA, 2017).

Figura 7 – Mapa de localização do município de Londrina.



Fonte: Elaborada pela autora.

O município de Londrina possui uma população estimada de 558.439 habitantes em 2017 e uma densidade demográfica de 306,52 hab.km<sup>-2</sup> de acordo com dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2017).

Londrina possui clima Cfa (subtropical úmido) de acordo com a classificação climática de Köppen, com verão quente, inverno ameno e a ocorrência de chuvas em todas as estações. No entanto, secas podem ser registradas no período de inverno (LONDRINA, 2017).

A região central da área urbana possui altitude de 608 metros. São encontrados diferentes tipos de solos dependendo da localização, porém, o solo característico da região é de origem basáltica (LONDRINA, 2017).

#### 4.1.2 Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis

A cooperativa estudada surgiu em 2009, com a atuação de 102 trabalhadores, por orientação jurídica do Conselho Municipal do Meio Ambiente e da Promotoria do Meio Ambiente do município de Londrina. Com o Decreto Municipal nº 829/09 houve o fortalecimento da mesma. Atualmente, a cooperativa possui 160 cooperados e realiza a coleta em aproximadamente 80.000 domicílios de todas as regiões da cidade, o que representa quase 40,0% do total de domicílios existentes em Londrina (CMTU, 2017b).

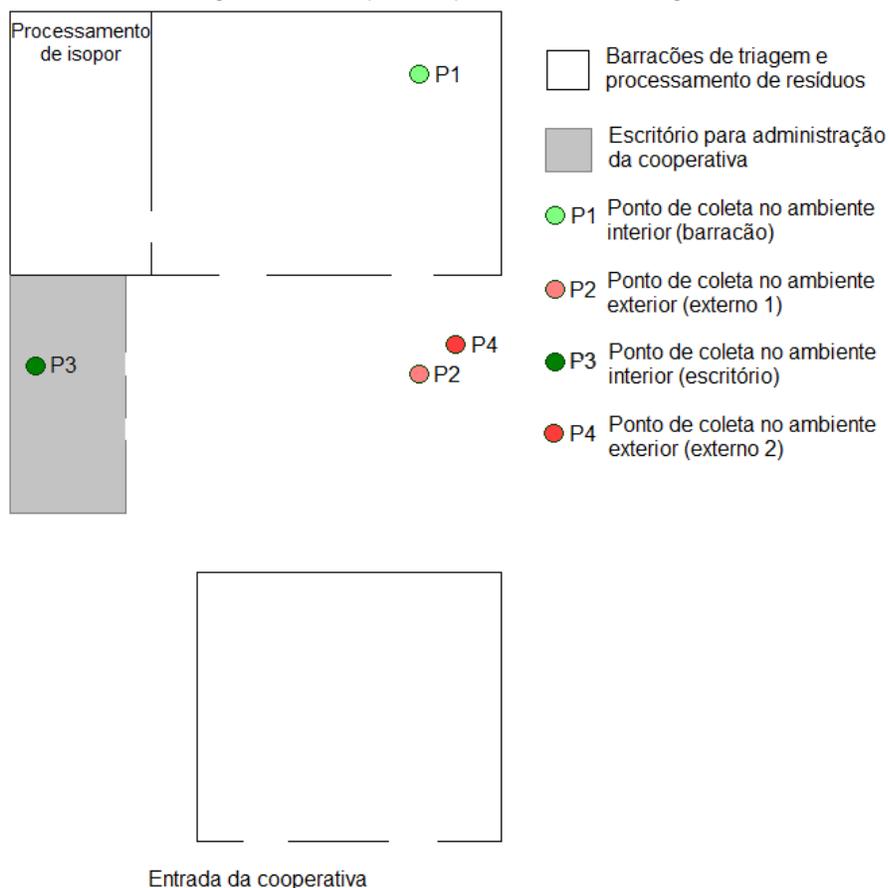
A coleta é realizada de segunda a sexta em regiões pré-determinadas pela CMTU com a utilização de caminhões do tipo baú e, então, os resíduos recicláveis são levados à cooperativa para que seja feita a sua segregação.

Esse local foi escolhido por sua relevância no cenário municipal no que diz respeito à inserção de catadores no mercado de trabalho e ao seu compromisso na coleta, segregação e venda de resíduos recicláveis, aprimorando a aplicabilidade do gerenciamento de resíduos sólidos.

#### 4.1.3 Pontos de Amostragem

A cooperativa possui, fundamentalmente, um local onde se encontra o escritório, dois barracões onde são armazenados os materiais recicláveis e um pátio. Assim, foram determinados quatro pontos de coleta de material particulado e bioaerossóis em suspensão no ar ambiente: um no interior de um dos barracões, outro dentro do escritório e dois pontos do lado externo, no pátio, sem influência direta do ar interno (Figura 8).

Figura 8 – Croqui dos pontos de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

São utilizadas as expressões barracão, externo 1, escritório e externo 2 para representar os pontos de amostragem. Apesar dos pontos no ambiente exterior serem próximos, eles foram separados em 1 e 2 devido aos horários das coletas.

No local designado para o escritório (Figura 9) são realizados serviços referentes à administração da cooperativa e 4 ambientes são observados: recepção, salas de trabalho, sala de reuniões e cozinha, compreendendo um total de cerca de 200 m<sup>2</sup>. A movimentação de trabalhadores entre esses ambientes é considerável e as funções administrativas são exercidas por 13 pessoas, que permanecem no local das 08h00 às 16h45. A coleta foi realizada na recepção por conter um espaço viável para a disposição dos equipamentos e das placas de Petri, além de fornecer representatividade do ar inalado por uma pessoa presente nesse ambiente interno.

Figura 9 – Recepção do setor administrativo da cooperativa estudada.



Fonte: Elaborada pela autora.

Em ambos os barracões é realizado o armazenamento, a triagem e o processamento dos materiais recicláveis coletados no município de Londrina. O interior de um desses barracões pode ser observado na Figura 10. Esses processos são realizados por 40 pessoas em um espaço de aproximadamente 800 m<sup>2</sup>, enquanto o outro barracão possui por volta de 1.100 m<sup>2</sup>, com 26 pessoas, incluindo a parte onde é realizado o processamento do isopor (cerca de 300 m<sup>2</sup>), que é separado do restante dos resíduos.

Ressalta-se que a circulação de ar em cada barracão acontece somente por meio das portas, uma vez que não há janela. Essas portas são, também, passagem para os caminhões utilizados na coleta e que adentram nos barracões para a disposição dos materiais recicláveis. A segregação ocorre em mesas e o material é, então, acondicionado em *big bags* e encaminhado para o processamento, que consiste na compactação em prensas para que haja a diminuição do volume dos resíduos que são, posteriormente, dispostos em fardos e estocados até a comercialização (Figura 11).

Figura 10 – Interior de um dos barracões da cooperativa estudada.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 11 – Resíduos recicláveis dispostos em fardos prontos para comercialização.



Fonte: Elaborada pela autora.

No ambiente externo (Figura 12) há intensa movimentação de caminhões que trazem até a cooperativa os resíduos coletados no município durante todo o dia. Outros tipos de veículos, como carros e motos, também se fazem presentes em alguns momentos do dia sendo, principalmente, de visitantes ou trabalhadores de outros entrepostos da mesma cooperativa. Há ainda a transferência, por meio da utilização de empilhadeiras, dos próprios resíduos (após a triagem e/ou o processamento) do interior dos barracões para o pátio, que acaba se transformando em um local de armazenamento a céu aberto.

Figura 12 – Ambiente externo da cooperativa estudada.



Fonte: Elaborada pela autora.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM

A coleta das amostras de ar foi feita em duas campanhas: a primeira foi realizada nos dias 14 e 17 de agosto de 2017, correspondente ao período de inverno, e a segunda nos dias 03 e 05 de outubro de 2017, início da primavera. Em cada campanha foram realizadas coletas de amostras nos períodos da manhã e da tarde para observação da influência das variáveis meteorológicas sobre a concentração do material particulado e dos bioaerossóis. Além disso, visando obter representatividade das concentrações existentes no ar ambiente da cooperativa.

A coleta foi realizada, primeiramente, dentro do maior barracão de processamento de resíduos (P1) concomitantemente com o ponto exterior (P2) e, em seguida, no interior do escritório (P3) simultaneamente com outro ponto no ambiente externo (P4). Dessa forma, foram realizadas 2 coletas em cada período totalizando 4 por dia e 8 coletas em cada campanha de amostragem.

Durante a primeira campanha de amostragem o turno de trabalho no referido barracão era das 07h00 às 13h00, enquanto na segunda campanha de amostragem o trabalho era realizado das 08h00 às 16h00.

### 4.3 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Os dados de variáveis meteorológicas que foram coletados são referentes à temperatura e umidade relativa do ar, pois influenciam diretamente na concentração de partículas e microrganismos presentes no ar. A Resolução ANVISA nº 09/03 estabelece valores recomendáveis para ambas as variáveis em ambientes internos (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores recomendáveis para temperatura e umidade relativa em ambientes internos.

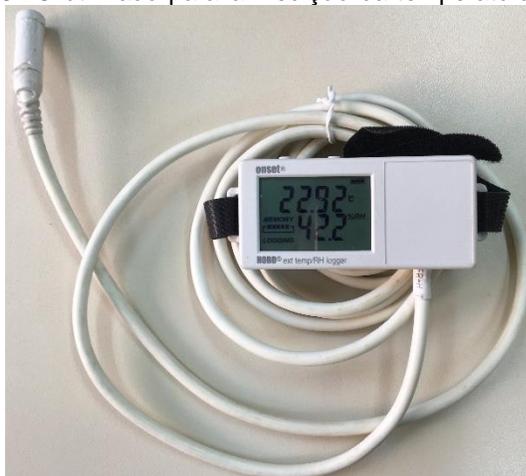
Parâmetros	Estação	
	Verão	Inverno
Temperatura (°C)	23,0-26,0	20,0-22,0
Umidade relativa do ar (%)	40,0-65,0	35,0-65,0

Fonte: BRASIL (2003).

Destaca-se que a Resolução ANVISA nº 09/03 estabelece padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. No entanto, foi utilizada como referência neste trabalho representando um cenário comparativo com o ambiente da cooperativa, que não possui climatização artificial, uma vez que não existe uma norma regulamentadora para ambientes internos não climatizados.

Esses dados foram amostrados concomitantemente com a coleta de MP e bioaerossóis no barracão e no escritório (P1 e P3, respectivamente) utilizando o sensor externo *Onset HOBO* com *data logger* e *software* BHW-PRO-CD (Figura 13).

Figura 13 – Sensor *Onset HOBO* utilizado para a medição da temperatura e da umidade relativa do ar.



Fonte: Elaborada pela autora.

Esse equipamento registra dados de temperatura e umidade relativa do ar em um ambiente interno a cada 1 minuto por meio de seu sensor externo. Posteriormente, foram realizadas análises estatísticas descritivas como média, mediana e desvio padrão. Além disso, foram feitas comparações entre os valores encontrados no ambiente interno e externo, os recomendados pela Resolução ANVISA nº 09/03 e as concentrações de microrganismos e de material particulado.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO

##### 4.4.1 Coleta

Para a medida de material particulado em suspensão no ar ambiente foram utilizados dois equipamentos: o contador de partículas *Met One* 804 e o monitor da massa de aerossol *Met One* 831 (Figura 14). As medidas nos ambientes internos e externos foram realizadas com intervalo de 1 minuto ao fluxo de  $2,83 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  e por 60 minutos em cada coleta.

Figura 14 – Equipamentos utilizados nas coletas de material particulado.



a) *Met One* 804

b) *Met One* 831.

Fonte: Elaborada pela autora.

Para a medida das concentrações em número foi utilizado o *Met One* 804 que permite a contagem total do número de partículas por litro de ar (partículas.L<sup>-1</sup>). A contagem é realizada considerando o intervalo de 0,3 a aproximadamente 12,0 µm de

diâmetro aerodinâmico sendo possível a escolha de diâmetros de corte das partículas nesse intervalo (ALMEIDA, 2016) que, neste trabalho, são: 0,3; 0,5; 1,0 e 2,5  $\mu\text{m}$ , e aqui denominados  $\text{NP}_{0,3}$ ,  $\text{NP}_{0,5}$ ,  $\text{NP}_{1,0}$  e  $\text{NP}_{2,5}$ , respectivamente. Portanto,  $\text{NP}_{2,5}$ , por exemplo, significa o número de partículas por litro de ar existentes no intervalo de 2,5  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 12,0  $\mu\text{m}$ .

Para a medida das concentrações em massa foi utilizado o monitor da massa de aerossol *Aerocet Met One 831*, que mede o MP por meio da contagem e do dimensionamento das partículas individuais usando um laser de luz dispersa. Os dados são, então, convertidos para medidas de massa em microgramas por metro cúbico. Esse equipamento mede a concentração de MP em quatro tamanhos simultaneamente: 1,0; 2,5; 4,0 e 10,0  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{1,0}$ ,  $\text{MP}_{2,5}$ ,  $\text{MP}_{4,0}$  e  $\text{MP}_{10}$ , respectivamente) (WILLIAMS et al., 2015).

#### 4.4.2 Análise

As concentrações de MP foram avaliadas por meio de uma análise estatística descritiva, calculando média, mediana e desvio padrão. Além disso, foi utilizada a correlação de Pearson (Equação 1) para avaliar as concentrações de material particulado e os dados meteorológicos.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Em que  $\rho$  é o coeficiente de correlação de Pearson,  $x_i$  e  $y_i$  são os valores de ambas as variáveis a serem analisadas e  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias aritméticas das mesmas variáveis. O valor varia de -1 (quando apresenta maior correlação negativa) e 1 (quando apresenta maior correlação positiva). Para o primeiro caso, à medida que  $x$  cresce,  $y$  decresce e para o segundo caso conforme  $x$  cresce,  $y$  também aumenta (SHIMAKURA, 2006).

Os valores de ambas as campanhas de amostragem também foram comparados entre si e com a legislação pertinente, isto é, a Resolução ANVISA nº 09/03 foi utilizada como referência para os dados da amostragem interna, que estabelece como valor máximo recomendável a concentração de 80,0  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  para aerossóis. Ainda foi analisada

a influência da sazonalidade nas concentrações encontradas em cada campanha de amostragem.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DOS BIOAEROSSÓIS

##### 4.5.1 Preparação dos Meios de Cultura

Os meios de cultura *Plate Count Agar* (PCA), para o cultivo de bactérias, e *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA), para o cultivo de fungos, foram preparados de acordo com as instruções do fabricante do meio base de ágar, KASVI. Ambos os meios foram, então, esterilizados em autoclave por um período de 15 minutos em uma temperatura de 121°C e, em seguida, foram vertidos em placas de Petri estéreis. Após a preparação, as placas foram acondicionadas em sacos plásticos e colocadas na geladeira até a sua utilização.

Em cada uma das campanhas de amostragem foram separadas três placas de Petri para cada tipo de meio de cultura preparado a fim de submetê-las às mesmas condições das placas que seriam inoculadas para servir como controle de esterilidade do meio de cultura e para que fossem verificadas as condições de transporte à cooperativa e, posteriormente, ao laboratório. Essas placas permaneceram fechadas durante o processo de amostragem e, então, foram incubadas com as demais amostras normalmente.

Destaca-se que todos os procedimentos levaram em consideração as condições assépticas de preparação e conservação.

##### 4.5.2 Coleta e Incubação

As placas de Petri contendo os meios de cultura foram utilizadas para a coleta de amostras (em triplicata) por meio da técnica de sedimentação espontânea, na qual as partículas e microrganismos presentes no ar são sedimentados pela força da gravidade. O tempo de amostragem foi de 10 minutos (BRASIL, 2003) em cada ponto de coleta e foi realizada concomitante com a medida de MP, entretanto, não é possível ter um controle

sobre o volume de ar que entrou em contato com os meios de cultura e o tamanho das partículas sedimentadas.

Para a realização desta etapa, todas as placas de Petri foram armazenadas em caixas de isopor com bolsas de gelo reutilizáveis de forma que se mantivessem refrigeradas durante o percurso até a cooperativa e, depois da amostragem, até serem levadas ao Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Câmpus Londrina.

Após a amostragem, as placas com meio PCA foram colocadas em estufa de cultura bacteriológica (marca FANEM) por um período de 24 horas com temperatura de  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  para permitir o crescimento das bactérias. As placas com meio SDA foram incubadas em estufa de cultura bacteriológica (marca FANEM) durante o período de 96 horas para o crescimento dos fungos a temperatura ambiente.

#### 4.5.3 Análise

A primeira etapa da análise foi constituída pela contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) por meio da observação visual, com o auxílio de um contador de colônias (marca MARCONI), do crescimento de ambos os tipos de microrganismos em cada placa de Petri. A partir dessa contagem pôde-se calcular o número de UFC por metro cúbico de ar por meio da Equação 2 que representa, indiretamente, a concentração de bioaerossóis. Para tanto, a equação deve ser multiplicada pela “razão entre o número de células na superfície e o número de células no ar (SAR)” que, para amostragens realizadas por meio da sedimentação espontânea, é 23:1 (MORAIS et al., 2010; ABELHO, 2013).

$$n^{\circ} \text{ de UFC} \cdot \text{m}^{-3} = \frac{n^{\circ} \text{ de UFC em cada placa}}{\text{área da placa}} \times \frac{1}{23} \quad (2)$$

A área da placa foi considerada como  $0,005 \text{ m}^2$  (ABELHO, 2013).

Os resultados foram avaliados por meio de uma análise estatística descritiva, calculando média, mediana e desvio padrão e, então, foram comparados com as legislações pertinentes. A Resolução ANVISA nº 09/03 e a Nota Técnica NT-SCE-02 de

Portugal foram utilizadas como referências neste trabalho para as concentrações de fungos e bactérias, respectivamente. Na primeira legislação é estabelecida a concentração de 750,0 UFC.m<sup>-3</sup> como valor máximo recomendável para fungos, enquanto na segunda a concentração máxima de referência para bactérias é de 500,0 UFC.m<sup>-3</sup> (BRASIL, 2003; ADENE, 2009). A relação entre a quantidade de microrganismos no ambiente interior (I) e a quantidade de microrganismos no ambiente exterior (E), isto é, I/E também foi calculada e deve ser menor ou igual a 1,5 (BRASIL, 2003). Ainda, foi utilizada a correlação de Pearson para avaliar as concentrações de bioaerossóis e os dados meteorológicos.

As características das colônias de bactérias foram observadas macroscopicamente por meio da forma, estrutura, perfil e bordo de cada colônia segundo Rodina (1972). Então, foi feito o isolamento dos microrganismos de acordo com suas aparências macroscópicas, isto é, colônias com aparências distintas foram repicadas para análise (QUADROS, 2008). O isolamento ocorreu por meio da técnica de esgotamento por estrias utilizando novas placas de Petri com meio de cultura PCA sendo, então, incubadas por 24 horas a 35°C ± 1°C. As colônias isoladas em cada uma das placas foram transferidas para tubos contendo 10 mL de PCA sólido inclinado e foram incubadas novamente.

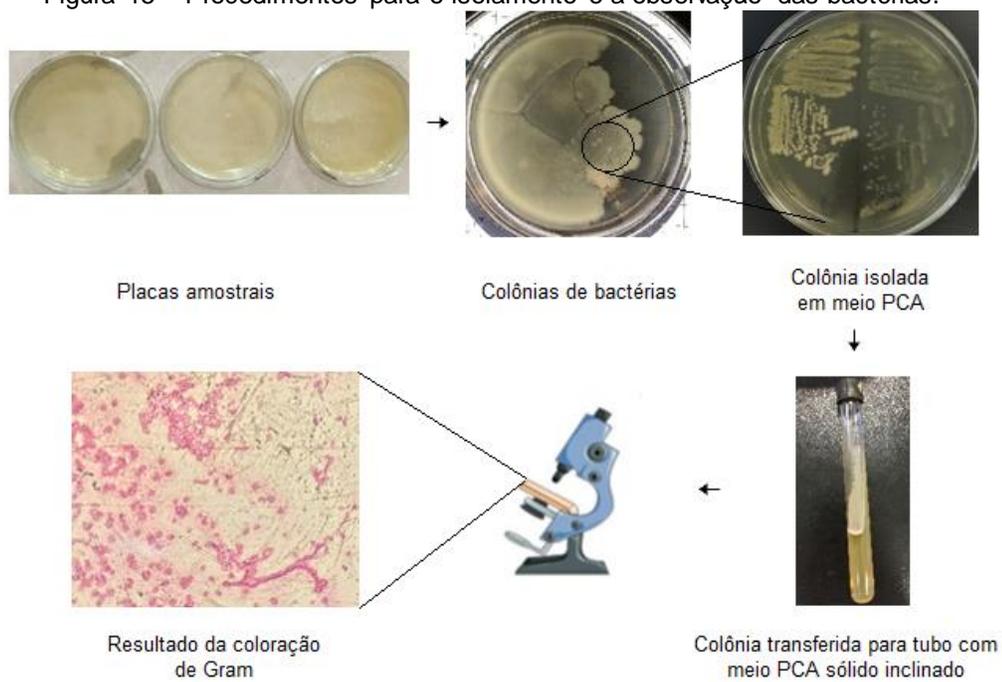
Para a análise morfotintorial das bactérias foi realizada a técnica de coloração de Gram, que consiste na transferência de uma amostra de cada colônia utilizando alça de inoculação para uma gota de água destilada a ser colocada no centro de uma lâmina de vidro em um processo chamado esfregaço. Após a secagem do esfregaço em temperatura ambiente deve ser realizada a sua fixação por meio da utilização da chama do bico de Bunsen (QUADROS, 2008), que foi passada de três a quatro vezes do lado oposto da lâmina. Posteriormente, foi feita a coloração das bactérias por meio da aplicação de diferentes soluções (por ordem de aplicação: cristal violeta, solução de lugol, álcool ou acetona, fucsina ou safranina). A classificação das bactérias em Gram-positivas e Gram-negativas foi possível por meio da cor de suas células, sendo violeta e rosa, respectivamente (MEDICINE HACK, 2015).

A caracterização morfológica foi baseada em Nogueira e Miguel (2009), classificando quanto à forma em cocos, bacilos e espirilos, e quanto aos arranjos em

diplococos, estreptococos, tétrades, sarcinas, estafilococos, diplobacilos, estreptobacilos e cocobacilos, enquanto os espirilos são encontrados, principalmente, como células isoladas (NOGUEIRA; MIGUEL, 2009).

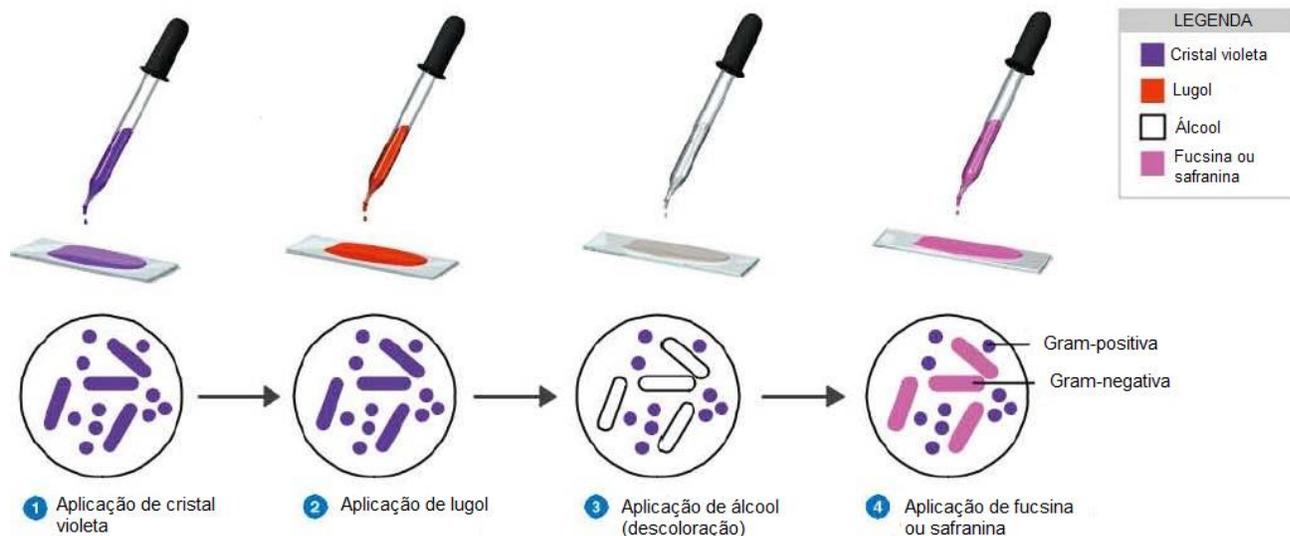
Os procedimentos gerais realizados para as colônias de bactérias podem ser visualizados na Figura 15, enquanto o passo a passo para a aplicação dos corantes na coloração de Gram pode ser observado na Figura 16.

Figura 15 – Procedimentos para o isolamento e a observação das bactérias.



Fonte: Elaborada pela autora.

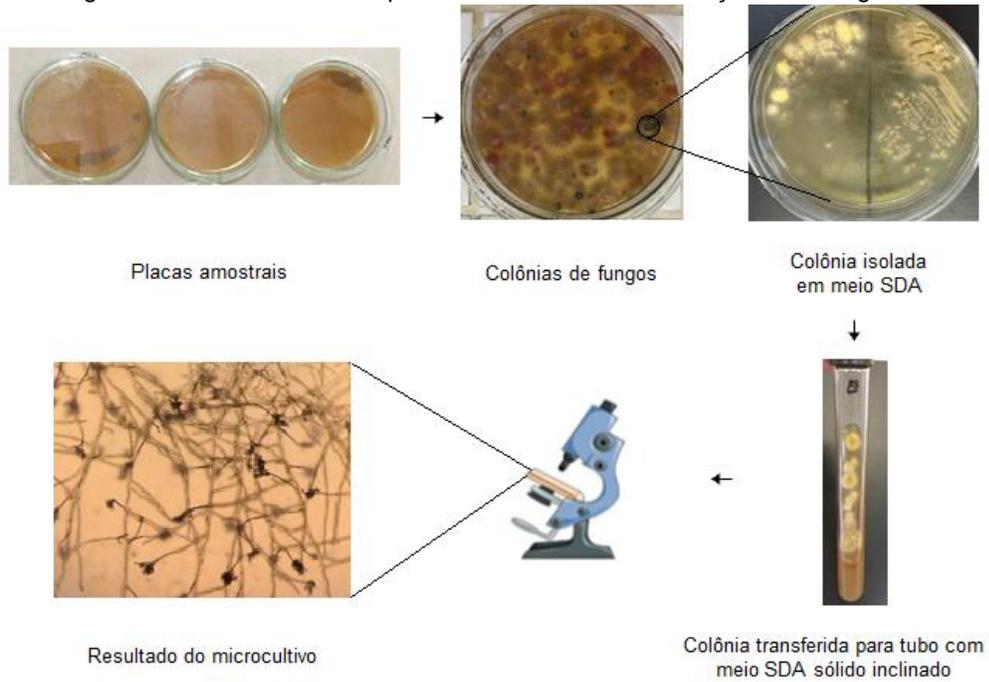
Figura 16 – Procedimentos para a aplicação dos corantes na coloração de Gram.



Fonte: Adaptado de Medicine Hack (2015).

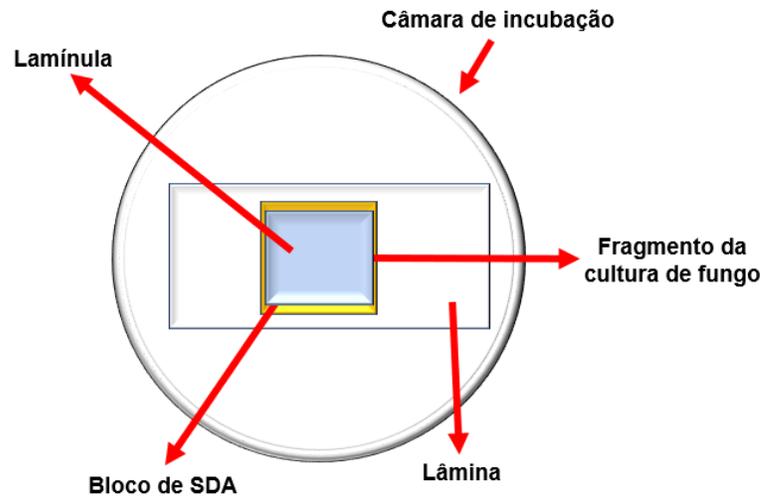
Por sua vez, as colônias de fungos a serem isoladas foram repicadas para placas de Petri com meio de cultura SDA e foram incubadas por 72 horas a temperatura ambiente. As colônias foram, então, transferidas para tubos de 10 mL contendo SDA sólido inclinado e, posteriormente ao crescimento, foi aplicada a técnica de microcultivo. Essa técnica consiste na utilização de lâminas de microscopia, colocadas em placas de Petri estéreis contendo papel filtro, como apoio para o emprego de determinada quantidade de meio de cultura (PEREIRA, 2012). A inoculação dos fungos ocorreu sobre esse meio de cultura que foi, em seguida, recoberto por uma lamínula, seguido de umidificação do papel filtro com água destilada estéril e, então, as placas foram incubadas. A identificação dos fungos pode ser feita por meio de comparações entre o material resultante do microcultivo e os dados presentes na literatura quanto as estruturas características de cada espécie (QUADROS, 2008). Esses procedimentos podem ser visualizados na Figura 17. Detalhes da câmara de incubação são mostrados na Figura 18.

Figura 17 – Procedimentos para o isolamento e observação dos fungos.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 18 – Detalhes da montagem da câmara de incubação.



Fonte: Elaborada por Pâmela Nunes Sá (2016).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

#### 5.1.1 Primeira Campanha de Amostragem

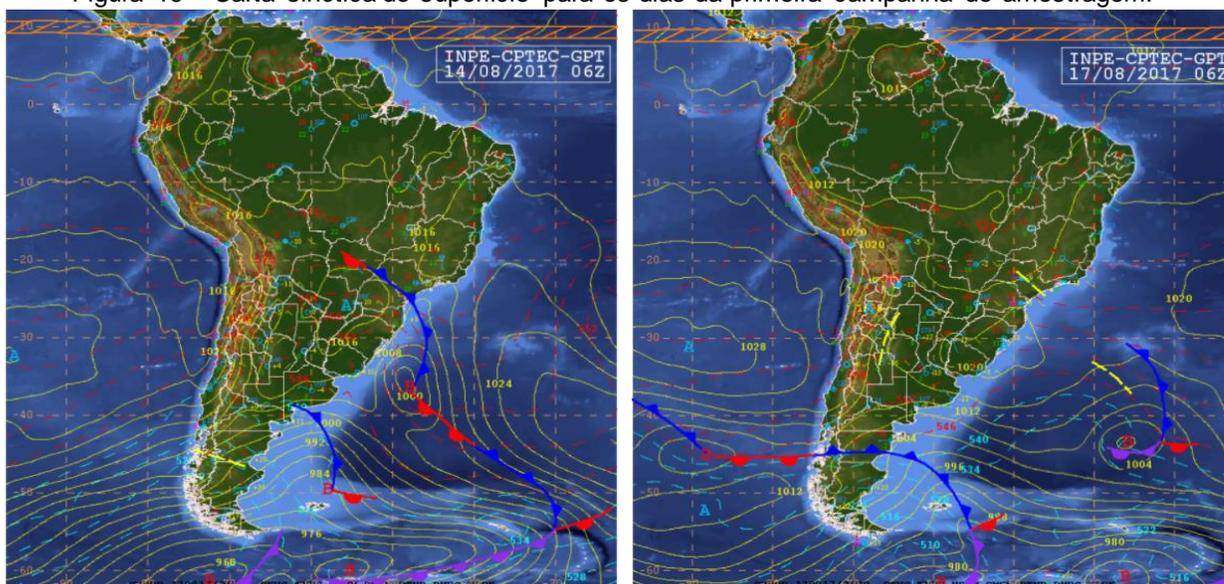
No mês de julho de 2017 houve inibição na formação de nuvens e bloqueio na passagem de frentes frias que poderiam causar chuva (NASCIMENTO, 2017). Durante o mês de agosto, houve o enfraquecimento desse bloqueio e, com a chegada de áreas de instabilidade e o deslocamento de frentes frias, houve a ocorrência de pancadas de chuva no Paraná, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso no início da semana em que foi realizada a campanha de amostragem do inverno.

Durante aquela semana, ainda houve o confinamento de áreas de instabilidade entre Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul devido à movimentação de vento em todos os níveis da atmosfera, como o jato de baixos níveis, isto é, um fluxo de ar quente e úmido que vem da Amazônia para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul e o jato de altos níveis, que é representado por fortes ventos a aproximadamente 12 km de altura, o que favorece a formação de instabilidade (NASCIMENTO, 2017).

Essas informações coincidem com o boletim climático divulgado pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) em que houve o registro de diversas frentes frias por todo o Paraná. No dia 13 uma frente fria chegou ao estado com rápido deslocamento causando chuva em todas as regiões. Nos dias 14 e 15, entretanto, as chuvas foram resultado de “pequenas linhas de instabilidade que evoluíram do Paraguai em direção ao Paraná.” Por fim, entre os dias 20 e 22 uma nova frente fria atingiu diversas regiões do estado (SIMEPAR, 2017).

Na Figura 19 são mostradas as cartas sinóticas de superfície para os dias 14 e 17 de agosto disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Figura 19 – Carta sinótica de superfície para os dias da primeira campanha de amostragem.



a) Carta para o dia 14 de agosto, às 06h00 GMT. b) Carta para o dia 17 de agosto, às 06h00 GMT.  
Fonte: INPE; CPTEC (2017).

Em 14 de agosto, às 06h00 no *Greenwich Mean Time* (GMT), horário no Meridiano de Greenwich em Londres na Inglaterra<sup>6</sup>, houve a passagem de um sistema frontal sobre o estado do Paraná, que se estendeu como frio entre o sul de São Paulo e o Oceano Atlântico. Segundo Fernandes (2014) a linha azul representa a frente fria, os vértices dos triângulos indicam a sua direção e o seu sentido de propagação, conforme pode ser observado na Figura 19a.

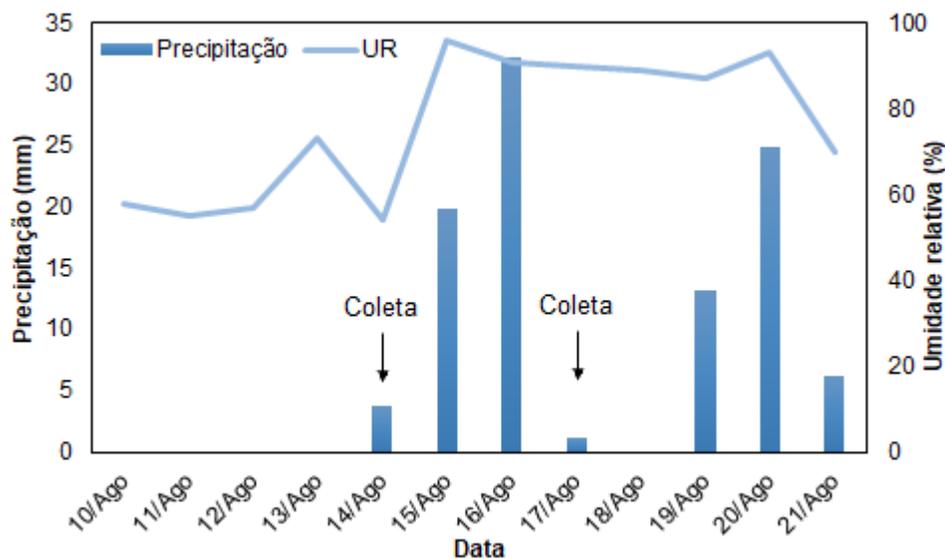
No dia 17 de agosto, às 06h00 (GMT), observou-se a presença de uma zona de alta pressão pós-frontal (após a passagem da frente fria) migrando sobre a região sul do Brasil (representada pelas linhas amarelas na Figura 19b).

Na Figura 20 podem ser observados os dados de precipitação<sup>7</sup> e umidade relativa no ambiente externo no município de Londrina, disponibilizados pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), para o período de 10 a 21 de agosto, considerando 4 dias antes da primeira coleta, 2 dias intermediários (entre as duas amostragens) e 4 dias após a segunda coleta.

<sup>6</sup> Esse horário representa 03h00 no horário de Brasília (GMT-3).

<sup>7</sup> Os dados para a precipitação referem-se ao intervalo das 09h00 da véspera até 09h00 da data.

Figura 20 – Precipitação e umidade relativa no município de Londrina entre 10 e 21 de agosto de 2017.



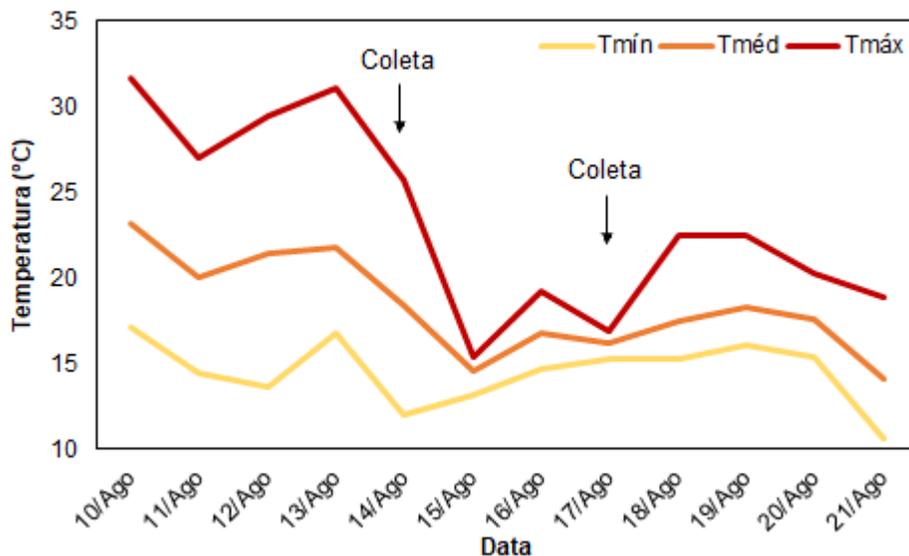
Fonte: Elaborada pela autora.

Nos dias anteriores à primeira amostragem não houve registro de precipitação e a umidade relativa estava próxima dos 50,0%. Houve a ocorrência de chuva entre 14 e 17, 19 e 21 de agosto e, conseqüentemente, a umidade relativa subiu para valores entre 86,0 e 96,0% até reduzir para 70,0% no dia 21. Nos dias das duas coletas, 14 e 17, a precipitação foi de 3,8 e 1,2 mm, respectivamente. Destaca-se que no momento das amostragens não choveu em nenhum dos dias.

Na Figura 21 são apresentados os dados do IAPAR relativos as temperaturas máxima, média e mínima registradas em Londrina entre os dias 10 e 21 de agosto.

Nos dias que antecederam a campanha de amostragem do inverno a temperatura média se encontrava entre 20,0 e 25,0°C, com máximas acima de 30,0°C nos dias 10 e 13 e mínimas abaixo de 15,0°C para os dias 11 e 12. No dia 14, quando foi realizada a primeira coleta, foi registrada uma amplitude de aproximadamente 13,0°C, com máxima de 25,0°C e mínima de 12,0°C. Nos dias 15 e 16 a amplitude térmica diminuiu para uma faixa de valores entre 1,0 e 4,5°C. Para a segunda coleta, feita no dia 17, a amplitude continuou baixa e as temperaturas registradas foram por volta de 17,0 e 15,0°C para a máxima e a mínima, respectivamente. Nos dias posteriores à segunda coleta as temperaturas voltaram a subir e, então, caíram novamente no dia 21 devido à frente fria que atingiu a região.

Figura 21 – Temperaturas máxima, média e mínima no município de Londrina entre 10 e 21 de agosto de 2017.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 5 são apresentados os dados médios (M1), medianas (M2) e desvios padrões (DP) para a temperatura (T) e a umidade relativa (UR) do ar amostrados concomitantemente com a coleta de material particulado nos ambientes internos, sendo o barracão de resíduos (P1) e o escritório (P3).

Tabela 5 – Análise estatística descritiva para os dados de temperatura e umidade relativa para a primeira campanha de amostragem.

		Coleta 1 – 14/08						Coleta 2 – 17/08					
		Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
	Local	M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	M1	M2	DP	M1	M2	DP	M1	M2	DP
T <sup>a</sup>	P1 <sup>c</sup>	20,9	20,9	0,2	26,1	25,9	0,7	18,9	18,5	0,8	19,3	18,4	1,4
(°C)	P3 <sup>d</sup>	22,9	23,1	0,6	26,5	27,0	0,9	19,9	20,8	1,2	20,2	21,2	1,6
UR <sup>b</sup>	P1	64,4	64,3	1,2	38,7	38,3	2,1	77,7	78,8	2,6	78,7	81,5	5,5
(%)	P3	57,2	56,4	1,9	31,9	31,8	1,6	76,0	73,7	3,7	78,7	75,8	4,9

<sup>a</sup>T = temperatura; <sup>b</sup>UR = umidade relativa; <sup>c</sup>P1 = barracão; <sup>d</sup>P3 = escritório; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Observando os valores médios, constata-se que houve variação de 5,2 e 3,6°C entre as coletas realizadas no dia 14 pela manhã e à tarde no barracão e no escritório, respectivamente, tendo ocorrido um aumento na temperatura ao longo do dia. Para a umidade relativa do ar, a variação no barracão foi de 25,7% e no escritório foi de 25,3%, indicando redução nos valores desse parâmetro entre os períodos da manhã e da tarde.

Os baixos índices de umidade registrados ocorreram devido ao período seco e sem chuvas que precedeu o primeiro dia de amostragem, conforme discutido anteriormente.

Para a coleta realizada no dia 17 observa-se que a variação entre os valores de cada período foi muito menor para ambas as variáveis meteorológicas, pois houve a ocorrência de grandes volumes de chuva entre os dias 15 e 16 (19,8 e 32,2 mm, respectivamente). Para a temperatura a variação entre a manhã e a tarde foi de 0,4 e 0,3°C no barracão e no escritório, respectivamente. Analisando a umidade relativa do ar, percebe-se que houve variação de 1,0 e 2,7% no barracão e no escritório, respectivamente, com maior umidade no período da tarde.

Comparando as condições dos dois dias (14 e 17), observa-se que as temperaturas foram maiores no dia 14 para ambos os períodos, porém a umidade relativa foi maior no dia 17 e sem expressiva variação entre os períodos da manhã e da tarde, como observado no dia 14. Diferentemente do dia 14 a umidade do ar aumentou da manhã para a tarde do dia 17.

Assim, as mudanças observadas para as variáveis analisadas entre os dias de coleta podem ter influenciado na obtenção dos resultados de concentração de material particulado, bactérias e fungos.

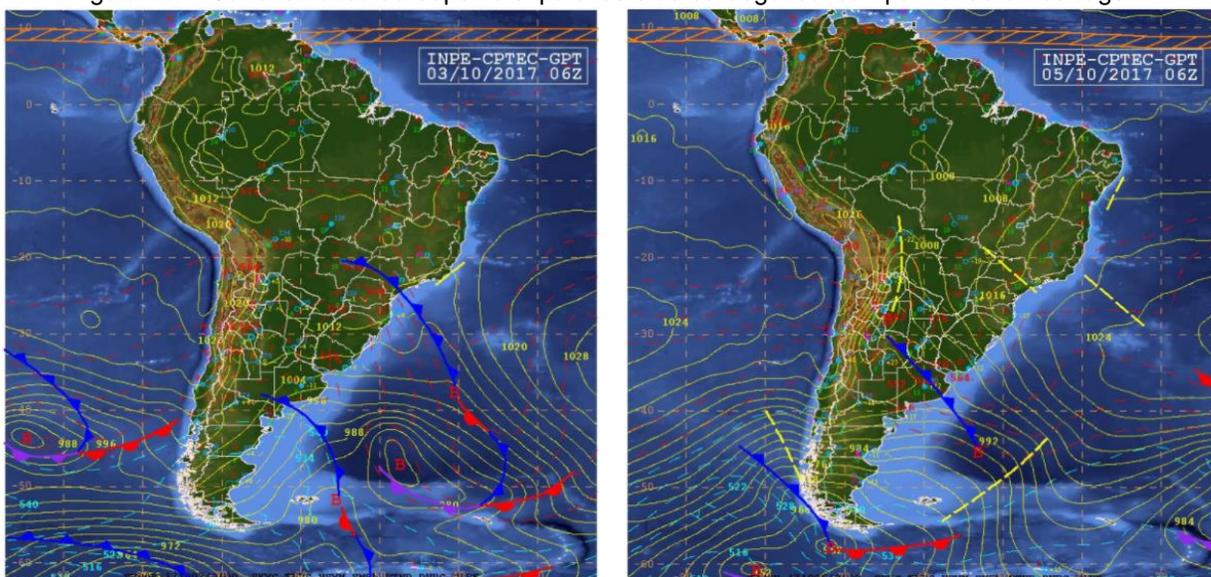
### 5.1.2 Segunda Campanha de Amostragem

De acordo com Pegorim (2017) o mês de setembro de 2017 foi marcado pelo tempo seco em grande parte da região Sul do Brasil, entretanto, foram registrados grandes volumes de chuva nos últimos dias desse mês. Outubro iniciou-se com muita chuva devido à presença de áreas de instabilidade e à uma queda relevante da pressão atmosférica entre o Brasil, a Argentina, o Paraguai e o Uruguai. Isso facilitou a formação de nuvens muito carregadas, o que provocou a ocorrência de chuva e ventania. Também houve o avanço de uma frente fria sobre o Sul do Brasil no dia 01 de outubro, que chegou ao Paraná no dia 02 (PEGORIM, 2017).

Na Figura 22 são mostradas as cartas sinóticas de superfície disponibilizadas pelo INPE e pelo CPTEC para os dias 03 e 05 de outubro. No dia 03 de outubro houve a passagem de uma frente fria entre São Paulo, Mato Grosso do Sul e o Oceano Atlântico

e que, provavelmente, esteve sobre o Paraná horas antes. Essa frente fria pode ser observada na Figura 22a (representada pela linha azul), em que é mostrada a carta sinótica das 06h00 (GMT). Na carta sinótica do dia 05 (Figura 22b), observa-se uma isóbara de 1016 hPa sobre o Paraná (representada pela linha amarela) às 06h00 (GMT), além da presença de uma frente estacionária sobre o Atlântico alinhada com a região Sudeste.

Figura 22 – Carta sinótica de superfície para os dias da segunda campanha de amostragem.



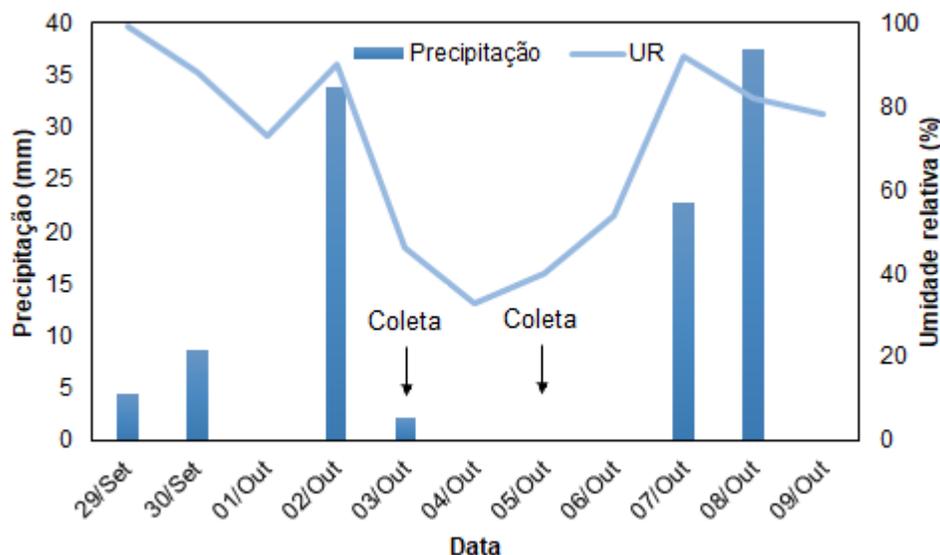
a) Carta para o dia 03 de outubro, às 06h00 GMT. b) Carta para o dia 05 de outubro, às 06h00 GMT.  
Fonte: INPE; CPTEC (2017).

Na Figura 23 podem ser observados os dados de precipitação e umidade relativa no município de Londrina, disponibilizados pelo IAPAR, para o período de 29 de setembro a 09 de outubro, considerando 4 dias antes da primeira coleta, 1 dia intermediário e 4 dias depois da segunda coleta.

Observa-se que houve a ocorrência de chuva nos dias que antecederam a amostragem da primavera, exceto em 01 de outubro quando a umidade relativa do ar, que estava acima de 85,0%, diminuiu para aproximadamente 70,0%. Os maiores volumes de chuva foram registrados nos dias 02, 07 e 08 de outubro com valores de precipitação de 33,8, 22,8 e 37,4 mm, e umidade de 90,0, 92,0 e 82,0%, respectivamente. No primeiro dia de coleta, 03, a precipitação foi de 2,2 mm e umidade de 46,0%, enquanto

no dia 05, segundo dia de coleta, não choveu e a umidade registrada foi de 40,0%. Destaca-se que no momento da realização das amostragens não foi registrada chuva.

Figura 23 – Precipitação e umidade relativa no município de Londrina entre 29 de setembro e 09 de outubro de 2017.

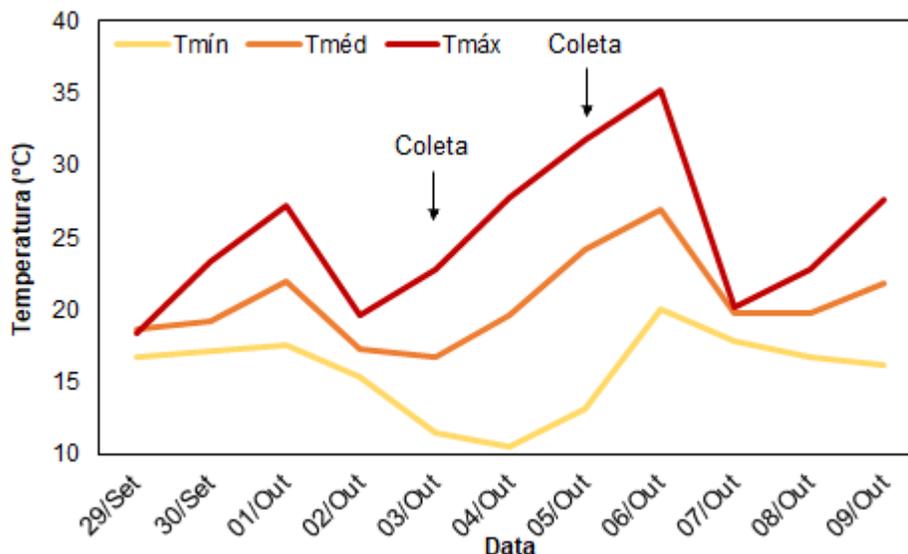


Fonte: Elaborada pela autora.

Os dados de temperaturas máxima, média e mínima para o município de Londrina no período de 29 de setembro e 09 de outubro são apresentados na Figura 24. Observa-se que houve grande variação nas temperaturas durante esses dias.

Nos dias que antecederam a primeira coleta a temperatura média se encontrava entre 17,0 e 22,0°C, com máximas acima de 23,0°C nos dias 30 de setembro e 01 de outubro e mínimas abaixo de 20,0°C para os dias 29 de setembro e 02 de outubro. No dia da primeira coleta, 03 de outubro, a temperatura média foi de aproximadamente 17,0°C com uma amplitude de cerca de 11,0°C, apresentando máxima de 23,0 e mínima de 11,5°C. No dia 04 a amplitude térmica foi de 17,0°C e no dia 05, data em que foi realizada a segunda coleta, foi por volta de 19,0°C, com mínima de 13,0 e máxima de 32,0°C. No dia posterior à segunda coleta a temperatura continuou subindo, apresentando máxima de 35,0°C e mínima de 20,0°C, enquanto no dia 07 caiu novamente e a amplitude térmica foi de 2,5°C. Nos dias 08 e 09 a amplitude térmica subiu para 6,0 e 11,5°C, respectivamente.

Figura 24 – Temperaturas máxima, média e mínima no município de Londrina entre 29 de setembro e 09 de outubro de 2017.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 6 são apresentados os dados para a análise estatística descritiva feita para a temperatura (T) e a umidade relativa (UR) do ar amostrados concomitantemente com a coleta de material particulado nos ambientes internos P1 e P3, barracão de resíduos e escritório, respectivamente, para a segunda campanha de amostragem. M1, M2 e DP representam a média, a mediana e o desvio padrão, respectivamente.

Tabela 6 – Análise estatística descritiva para os dados de temperatura e umidade relativa para a segunda campanha de amostragem.

	Local	Coleta 1 – 03/10						Coleta 2 – 05/10					
		Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
		M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	M1	M2	DP	M1	M2	DP	M1	M2	DP
<b>T<sup>a</sup></b> (°C)	<b>P1<sup>c</sup></b>	21,1	21,1	0,3	25,5	25,3	1,3	23,6	23,6	0,3	29,2	30,0	1,9
	<b>P3<sup>d</sup></b>	22,1	22,1	0,2	24,3	24,4	0,2	25,0	24,9	0,3	29,8	29,7	0,5
<b>UR<sup>b</sup></b> (%)	<b>P1</b>	69,5	68,9	1,6	41,7	42,3	2,4	55,6	55,3	0,9	49,6	50,6	3,1
	<b>P3</b>	57,3	56,5	4,8	39,6	39,0	2,1	57,6	57,6	0,2	48,5	48,6	1,2

<sup>a</sup>T = temperatura; <sup>b</sup>UR = umidade relativa; <sup>c</sup>P1 = barracão; <sup>d</sup>P3 = escritório; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Comparando-se os períodos de cada dia de coleta observa-se que, para a temperatura média, houve variação de 4,4 e 2,2°C entre a manhã e à tarde do dia 03 no barracão e no escritório. As médias de umidade relativa do ar variaram 27,8% no barracão, enquanto no escritório houve variação de 17,7% entre os períodos. No dia 05,

entre a manhã e à tarde, constatam-se as variações de 5,6 e 4,8°C para a temperatura média e de 6,0 e 9,1% para a umidade relativa no barracão e no escritório, respectivamente.

Fazendo uma análise dos resultados encontrados para a manhã do dia 03 com os do mesmo período do dia 05 percebe-se que as temperaturas médias foram maiores no segundo dia de coleta em ambos os períodos. Para a umidade relativa houve diminuição no barracão e aumento no escritório entre as manhãs dos dois dias. Durante a tarde foi registrado acréscimo no valor de umidade em ambos os locais de coleta.

### 5.1.3 Comparação entre as Campanhas de Amostragem

Na Tabela 7 pode ser observada a análise estatística descritiva aplicada para os dados de temperatura e umidade relativa resultantes das amostragens realizadas no barracão (P1) e no escritório (P3) no inverno e na primavera de maneira geral, sem fragmentação entre dias e/ou períodos de coleta.

Tabela 7 – Análise estatística descritiva das condições meteorológicas do ar no interior do barracão e do escritório para ambas as campanhas de amostragem.

Parâmetro	Local	Inverno			Primavera		
		Média	Mediana	DP <sup>c</sup>	Média	Mediana	DP
Temperatura (°C)	P1 <sup>a</sup>	21,3	20,9	3,0	24,9	24,1	3,2
	P3 <sup>b</sup>	22,3	21,8	2,8	25,3	24,6	2,9
Umidade Relativa (%)	P1	65,0	67,8	16,4	54,0	53,5	10,4
	P3	61,2	61,6	18,7	50,0	50,8	7,9

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P3 = escritório; <sup>c</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando a Tabela 7 constata-se que as variações de temperatura entre as campanhas foram de 3,6°C no barracão e 3,0°C no escritório e de umidade relativa do ar foi de 11% em ambos os locais. Maiores valores de temperatura e menores de umidade relativa ocorreram na primavera, quando comparada com o inverno, considerando as médias de cada ambiente.

Na Resolução ANVISA nº 09/03 são estabelecidos valores recomendáveis para temperatura e umidade relativa do ar em ambientes internos considerando as estações verão e inverno. Como as amostragens para este trabalho foram realizadas no inverno e

na primavera, somente os dados para a primeira campanha de amostragem (referente ao inverno) são analisados.

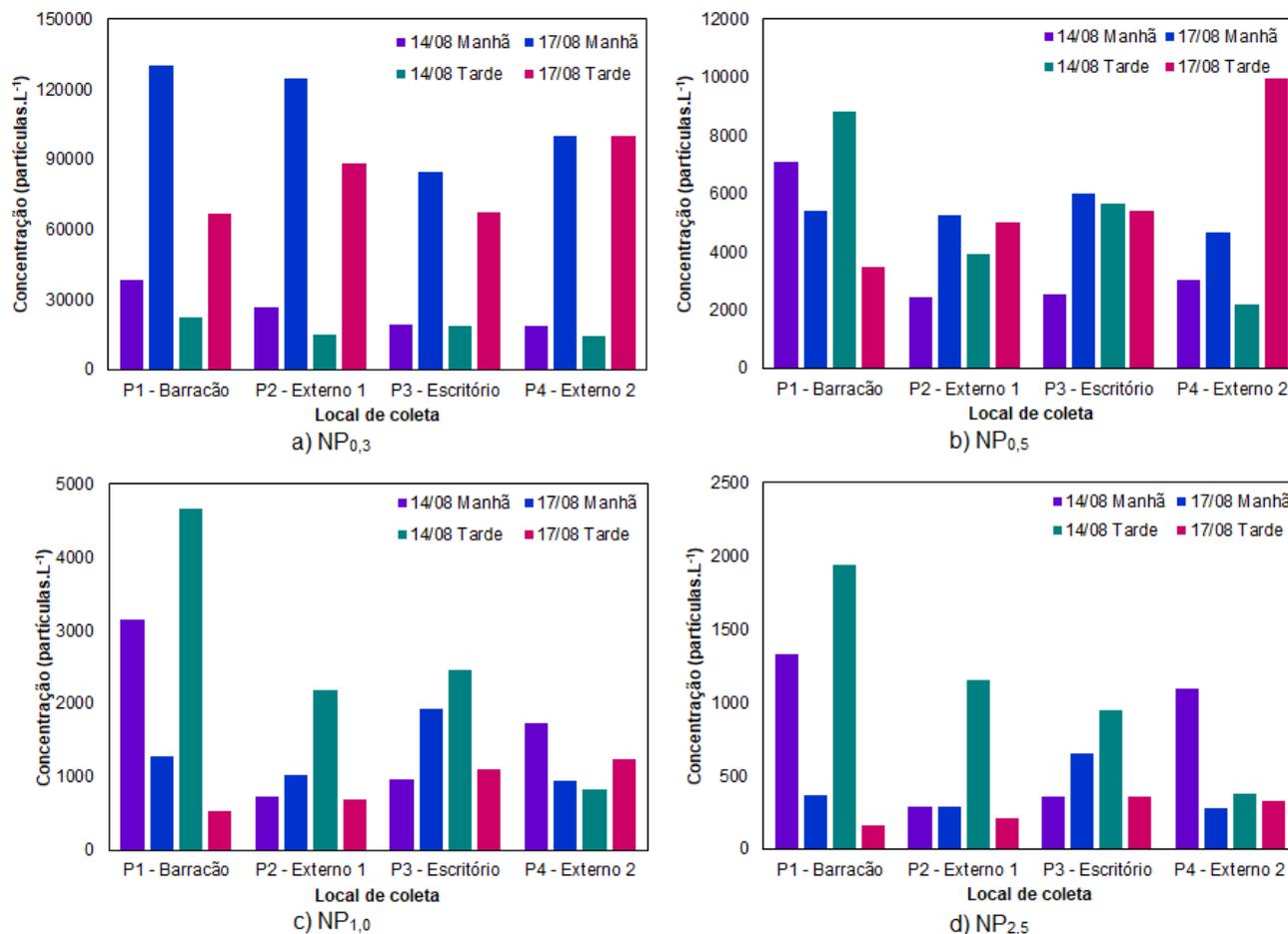
De acordo com tal resolução os valores de temperatura e de UR devem ser de 20,0 a 22,0°C e de 35,0 a 65,0% na referida estação, respectivamente (BRASIL, 2003). A medida de temperatura se manteve dentro do intervalo recomendável no interior do barracão (21,3°C), enquanto no escritório a temperatura ficou 0,3°C acima do estabelecido pela resolução (22,3°C). Para a UR o valor amostrado no barracão se encontra no limite do intervalo, com 65,0%, enquanto no escritório o valor foi de 61,2%.

## 5.2 MATERIAL PARTICULADO

### 5.2.1 Concentração em Número

Na Figura 25 são mostrados os resultados da concentração em número de material particulado (partículas.L<sup>-1</sup>) para a campanha de amostragem de inverno considerando cada período dos dias 14 e 17 de agosto e cada diâmetro de corte: NP<sub>0,3</sub>, NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub>.

Figura 25 – Número de partículas para diferentes tamanhos de material particulado (partículas.L<sup>-1</sup>) para a primeira campanha de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se na Figura 25a que o NP<sub>0,3</sub> foi muito maior na manhã e na tarde do dia 17 de agosto, atingindo valores superiores a 120.000,0 partículas.L<sup>-1</sup> no interior do barracão e no ambiente externo 1 durante a manhã. No barracão ainda se constata um acréscimo considerável no número de partículas comparando-se a manhã dos dias 14 e 17. No período da tarde também foi observado esse padrão, mas com valores mais baixos. O mesmo comportamento é observado nas coletas 1 e 2 do ambiente externo e no escritório.

Para o NP<sub>0,5</sub> (Figura 25b) os maiores valores foram registrados no dia 14 de agosto em ambos os períodos no barracão. Nos ambientes externo 1 e 2 observa-se que houve aumento no NP<sub>0,5</sub> entre os dias 14 e 17 em ambos os períodos, sendo que ocorreu um aumento considerável na tarde de 17 de agosto no segundo ponto de coleta do exterior,

atingindo aproximadamente 10.000,0 partículas.  $L^{-1}$ , provavelmente devido à presença de um trabalhador que estava utilizando uma empilhadeira para a transferência dos resíduos do barracão para o ambiente externo. No escritório os valores registrados durante a manhã de 17 de agosto e as tardes de 14 e 17 do mesmo mês foram próximos.

Para o  $NP_{1,0}$  (Figura 25c) os números de partículas mais elevados também foram observados no dia 14 no interior do barracão tanto de manhã como a tarde, com pico de aproximadamente 4.500,0 partículas. $L^{-1}$ . Nas coletas realizadas nos ambientes externo 1 e escritório os comportamentos são semelhantes, mas com valores diferentes; houve aumento nas partículas da manhã do dia 14 para o mesmo período do dia 17, enquanto registrou-se diminuição à tarde quando comparados ambos os dias. No ambiente externo 2 ocorreu o decréscimo no número de partículas entre as manhãs dos dias 14 e 17. Durante a tarde constata-se que o maior valor foi em 17 de agosto.

Na Figura 25d observa-se o número de partículas para o diâmetro de corte 2,5  $\mu m$ . Os maiores valores, novamente, foram observados no interior do barracão de triagem e processamento de resíduos para as coletas realizadas na manhã e na tarde do dia 14, com o maior valor sendo cerca de 1.900,0 partículas. $L^{-1}$ . No ambiente externo 1, observa-se que durante a tarde do dia 14 foi registrado o maior número de partículas. No escritório houve aumento e diminuição no número de partículas comparando-se a manhã e à tarde, respectivamente, dos dias 14 e 17. Na segunda amostragem no ambiente externo os valores mais altos foram registrados em ambos os períodos do dia 14.

De maneira geral, comparando-se o padrão dos resultados de todos os diâmetros analisados, observam-se similaridades nos ambientes externos 1 e 2 e no escritório para o  $NP_{0,3}$  e o  $NP_{0,5}$ , apesar dos valores distintos. Para o  $NP_{1,0}$  e o  $NP_{2,5}$  houve a ocorrência de comportamentos análogos no que diz respeito ao local com maiores concentrações. Os períodos dos dias em que foram registrados valores mais altos e mais baixos também são os mesmos, com diferença apenas nas coletas realizadas no ambiente externo 2.

Como nos dias 15 e 16 houve a ocorrência de grandes volumes de chuva esperava-se que as concentrações fossem menores no dia 17 em comparação ao dia 14, pois a precipitação contribui para a remoção do material particulado atmosférico devido à deposição úmida, principal mecanismo de remoção de poluentes da atmosfera (DAWSON et al., 2007).

Entretanto, no dia 17 de agosto observou-se a presença de uma zona de alta pressão pós-frontal sobre a região. Santos, Carvalho e Rebolta (2016) reportam que em períodos pós-frontais as condições atmosféricas são desfavoráveis à dispersão de poluentes, pois há a “ocorrência de condições de céu claro, ventos fracos e a subsidência do ar, que inibe a formação de nuvens e contribui para a formação de inversões térmicas na atmosfera.” Assim, esse sistema pode ter contribuído para os altos valores de concentração registrados no dia 17, especialmente de  $NP_{0,3}$  e  $NP_{0,5}$ .

Além disso, como não haviam trabalhadores fazendo a segregação de resíduos no período da tarde durante a primeira campanha de amostragem não se esperavam altos valores no barracão. Porém, observou-se a presença de um trabalhador com uma empilhadeira transferindo resíduos de dentro do barracão para o pátio (ambiente externo) durante todo o tempo das coletas.

Na Figura 26 podem ser observados os resultados da concentração em número de material particulado ( $\text{partículas.L}^{-1}$ ) para a campanha de amostragem da primavera para os diâmetros de corte  $NP_{0,3}$ ,  $NP_{0,5}$ ,  $NP_{1,0}$  e  $NP_{2,5}$ .

Na Figura 26a pode-se perceber que os maiores valores para o  $NP_{0,3}$  foram registrados na manhã e na tarde do dia 05 de outubro em todos os ambientes analisados. O pico de concentração foi no escritório na manhã do dia 05, com cerca de 90.000,0  $\text{partículas.L}^{-1}$ , valor similar ao encontrado na manhã do dia 17 de agosto, provavelmente devido à grande movimentação de pessoas nesse período no local. No ambiente externo 2 houve aumento no número de partículas entre a manhã e à tarde do dia 03, enquanto observou-se diminuição nos outros locais ao se fazer a mesma análise.

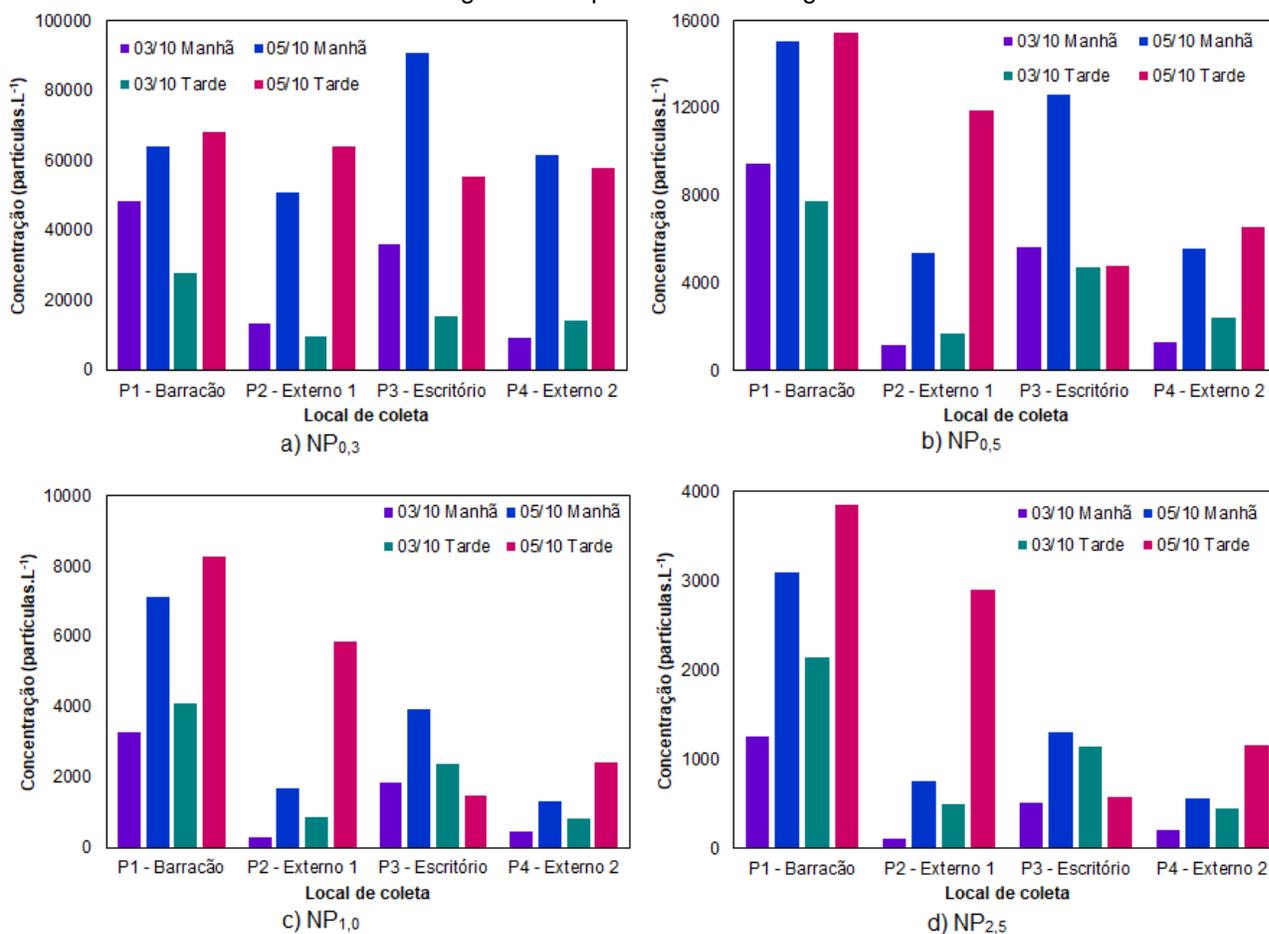
Para o  $NP_{0,5}$  (Figura 26b) constata-se que os valores mais elevados de concentração em número ocorreram no barracão tanto pela manhã quanto na tarde do dia 05, atingindo quase 16.000,0  $\text{partículas.L}^{-1}$ . Esse mesmo padrão foi observado nos ambientes externos 1 e 2, porém as concentrações foram mais baixas. No escritório houve um pico de concentração na manhã do dia 05, e entre as tardes dos dias 03 e 05 observa-se que os valores foram bem próximos entre si (cerca de 4.700,0  $\text{partículas.L}^{-1}$ ).

Na Figura 26c são apresentados os dados para o  $NP_{1,0}$ . Nota-se que os maiores valores foram registrados no dia 05 em ambos os períodos no barracão e nos ambientes externos 1 e 2. O pico de concentração foi de cerca de 8.200,0  $\text{partículas.L}^{-1}$  no barracão.

No escritório houve a ocorrência de um valor mais alto de partículas na manhã do dia 05 comparando-se ao dia 03, entretanto, durante as coletas da tarde a maior concentração foi no dia 03.

Analisando os resultados para o  $NP_{2,5}$  (Figura 26d) percebe-se que os maiores números de partículas ocorreram no barracão em ambos os períodos do dia 05, atingindo aproximadamente 4.000,0 partículas.L<sup>-1</sup> na coleta da tarde. Nos ambientes externos 1 e 2 o mesmo comportamento foi observado sendo que valores bem baixos foram registrados na manhã do dia 03 em ambos os locais (117,1 e 210,8 partículas.L<sup>-1</sup>, respectivamente). No escritório, comparando-se os períodos de cada dia, tem-se que os maiores valores foram observados no dia 03 à tarde e no dia 05 de manhã.

Figura 26 – Número de partículas para diferentes tamanhos de material particulado (partículas.L<sup>-1</sup>) para a segunda campanha de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para segunda campanha de amostragem observa-se que houve maior similaridade entre os comportamentos das concentrações das partículas para cada tamanho analisado. De maneira geral, os valores foram maiores do que na primeira campanha para o NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub>, resultado que pode ter sido influenciado pelas diferenças observadas na temperatura e na umidade relativa entre as duas campanhas.

O dia 03 de outubro foi precedido por grandes volumes de chuva, assim, os menores números de partículas, de todos os diâmetros analisados, foram registrados nesse dia quando comparados ao dia 05.

Nas Tabelas 8 e 9 podem ser observados os dados da análise estatística descritiva aplicada para o número de partículas para ambos os períodos de cada dia de coleta da primeira e da segunda campanha de amostragem, respectivamente, em todos os ambientes. Os valores médios são os mesmos que foram utilizados para fazer os gráficos discutidos anteriormente.

De maneira geral, comparando-se os ambientes de coleta pode-se perceber que os maiores valores médios foram registrados no barracão para todos os tamanhos de partículas amostrados em ambos os períodos do dia 14 de agosto, conforme pode ser observado na Tabela 8. No dia 17 de agosto as concentrações foram até 7 vezes superiores que as do dia 14 para o NP<sub>0,3</sub>. Na manhã desse dia os valores mais elevados de concentração em número de partículas foram no barracão para o NP<sub>0,3</sub> e no escritório para o NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub>. No período da tarde os maiores valores foram no ambiente externo 2 para o NP<sub>0,3</sub>, NP<sub>0,5</sub> e NP<sub>1,0</sub>, enquanto para o NP<sub>2,5</sub> foi no escritório.

Para a segunda campanha (Tabela 9) constata-se que os valores mais elevados foram observados no barracão para o NP<sub>0,3</sub>, NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub> em ambos os períodos do dia 03 de outubro e na tarde do dia 05. Para a manhã do dia 05 a maior concentração foi registrada no escritório para o NP<sub>0,3</sub>, enquanto que para os outros tamanhos de partículas foi no barracão.

O horário de trabalho no barracão em agosto era das 07h00 às 13h00, enquanto em outubro era das 08h00 às 16h00. Comparando-se as coletas realizadas à tarde nesse local percebe-se que para o NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub> houve o registro de maiores concentrações nos dias 03 e 05 de outubro, quando os catadores estavam trabalhando normalmente fazendo a segregação e o processamento dos resíduos.

Tabela 8 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L<sup>-1</sup>) para a primeira campanha de amostragem.

		Coleta 1 – 14/08						Coleta 2 – 17/08					
		Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
partículas.L <sup>-1</sup>	Local	Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP
NP <sub>0,3</sub>	P1 <sup>a</sup>	38.669,4	38.354,5	3.869,8	22.166,2	22.706,0	2.005,9	130.239,0	133.896,5	40.676,1	66.759,2	60.339,5	18.949,1
	P2 <sup>b</sup>	26.695,5	26.300,0	5.849,4	14.838,3	13.122,0	5.221,9	124.864,1	103.738,0	60.272,6	88.608,7	79.481,0	41.564,7
	P3 <sup>c</sup>	19.258,7	19.227,5	1.591,4	18.746,0	17.965,0	2.836,8	84.921,0	83.773,0	8.674,0	67.599,7	50.644,0	54.014,2
	P4 <sup>d</sup>	18.516,9	16.576,0	8.390,3	14.630,8	13.970,5	2.091,2	100.286,0	80.281,0	57.417,4	99.855,0	53.740,0	94.664,1
NP <sub>0,5</sub>	P1	7.114,4	7.181,5	1.350,3	8.836,5	9.295,5	1.988,5	5.413,4	5.325,5	394,4	3.468,1	3.423,5	205,0
	P2	2.468,2	2.207,0	1.361,5	3.948,2	1.984,0	4.442,6	5.285,1	4.982,0	952,0	5.004,0	4.999,0	677,5
	P3	2.564,2	2.573,0	312,1	5.682,1	4.929,1	2.025,7	6.026,8	5.936,0	776,4	5.390,8	4.504,0	3.547,9
	P4	3.054,7	1.710,0	7.550,2	2.212,9	2.047,0	979,4	4.669,6	4.010,0	2.439,7	9.978,0	4.920,0	12.507,9
NP <sub>1,0</sub>	P1	3.157,1	3.185,5	785,6	4.655,1	4.774,5	1.301,3	1.279,3	1.224,0	179,6	534,1	523,0	64,7
	P2	732,8	641,0	555,5	2.186,8	704,0	3.221,8	1.014,0	893,0	343,8	690,6	645,0	148,8
	P3	968,2	978,5	147,9	2.462,0	2.153,0	854,2	1.929,0	1.850,0	493,5	1.107,5	1.002,0	453,3
	P4	1.728,1	526,0	6.929,4	833,4	661,5	666,7	944,5	712,0	834,4	1.238,8	638,0	1.525,3
NP <sub>2,5</sub>	P1	1.327,3	1.326,0	390,0	1.941,4	1.993,5	616,7	370,0	358,5	74,0	157,8	151,0	32,2
	P2	288,6	238,5	232,8	1.157,3	301,0	1.916,4	291,6	260,0	109,5	213,0	188,0	73,8
	P3	355,6	355,0	71,3	946,6	829,0	322,9	649,2	589,5	263,7	355,9	341,0	147,4
	P4	1.097,9	196,0	5.327,2	377,1	260,5	402,2	283,7	224,0	233,6	329,5	164,0	398,6

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L<sup>-1</sup>) para a segunda campanha de amostragem.

partículas.L <sup>-1</sup>	Coleta 1 – 03/10							Coleta 2 – 05/10					
	Local	Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
		Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP
NP <sub>0,3</sub>	P1 <sup>a</sup>	48.329,7	47.827,5	6.700,4	27.819,9	26.081,0	7.040,7	64.182,2	62.889,5	5.495,9	68.288,9	66.799,0	6.080,0
	P2 <sup>b</sup>	13.462,8	12.344,0	5.786,2	9.615,5	8.945,0	2.459,8	51.027,8	49.212,0	6.642,8	64.085,0	62.557,0	6.092,3
	P3 <sup>c</sup>	35.833,5	33.024,0	12.368,6	15.550,8	14.409,0	4.134,6	90.634,3	88.797,5	9.605,6	55.193,1	54.913,0	2.021,5
	P4 <sup>d</sup>	9.407,6	7.935,0	3.792,8	14.393,1	10.578,1	8.076,8	61.682,8	61.330,0	4.090,0	57.784,7	56.541,0	4.817,2
NP <sub>0,5</sub>	P1	9.486,2	9.074,5	1.769,9	7.748,7	7.586,0	809,1	15.067,6	14.905,0	3.777,4	15.470,1	10.916,0	11.938,6
	P2	1.196,5	926,5	598,6	1.689,5	1.274,0	1.891,7	5.398,3	4.926,0	1.499,4	11.874,6	9.339,5	7.791,1
	P3	5.626,0	5.256,0	1.976,8	4.714,8	4.426,0	1.709,2	12.611,4	12.784,5	2.854,4	4.766,1	4.636,5	639,7
	P4	1.285,9	818,5	974,8	2.431,0	1.479,0	2.558,1	5.588,6	5.128,0	1.364,2	6.543,8	5.224,0	3.429,0
NP <sub>1,0</sub>	P1	3.283,4	3.140,5	702,0	4.096,7	3.966,0	815,8	7.102,9	6.843,5	2.120,6	8.280,2	3.794,0	9.295,0
	P2	290,3	232,0	145,4	856,5	541,0	1.451,6	1.686,9	1.284,0	1.164,1	5.849,3	4.095,5	5.866,2
	P3	1.852,7	1.677,0	861,0	2.396,8	2.150,0	1.007,9	3.951,8	3.935,0	1.259,2	1.479,4	1.466,0	271,3
	P4	460,6	273,0	442,3	814,1	382,5	1.738,1	1.334,6	1.062,0	853,9	2.421,0	1.613,0	2.007,8
NP <sub>2,5</sub>	P1	1.257,4	1.206,0	368,0	2.135,5	2.099,0	622,7	3.089,2	2.800,5	943,1	3.855,9	1.371,0	4.786,7
	P2	117,1	90,0	69,4	491,7	302,0	867,1	747,0	522,0	676,9	2.904,3	1.723,0	3.463,6
	P3	518,9	431,0	311,5	1.149,5	1.024,0	518,2	1.306,9	1.327,5	484,2	571,6	570,5	122,3
	P4	210,8	122,5	217,5	453,4	185,0	1.064,1	554,6	390,0	489,7	1.162,3	739,0	1.068,4

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

O fato do escritório ter figurado entre os locais com maiores concentrações mostra que inclusive os funcionários que não trabalham diretamente com os resíduos estão expostos a altos valores de partículas. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao fato das salas possuírem divisórias que podem dificultar a circulação do ar. Existem janelas em algumas salas, mas todas são mantidas fechadas durante o expediente. No entanto, a vedação não deve ser suficiente para impedir a infiltração de partículas, que se acumulam no ambiente interno e são ressuspensas com a movimentação das pessoas.

Na Tabela 10 são apresentados os dados referentes à análise estatística descritiva do número de partículas para ambas as campanhas de amostragem em todos os ambientes de coleta (barracão: P1, externo 1: P2, escritório: P3 e externo 2: P4). Os dados foram calculados considerando os resultados de todas as coletas realizadas em agosto (inverno) e em outubro (primavera).

Tabela 10 – Análise estatística descritiva do número de partículas (partículas.L<sup>-1</sup>) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera.

partículas.L <sup>-1</sup>	Local	Inverno			Primavera		
		Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP
NP <sub>0,3</sub>	P1 <sup>a</sup>	64.570,2	45.266,5	47.022,3	52.122,4	56.921,0	17.184,3
	P2 <sup>b</sup>	63.986,3	42.218,0	58.111,2	34.514,0	39.554,5	24.160,2
	P3 <sup>c</sup>	47.466,9	27.753,0	39.878,9	49.114,1	52.790,5	28.879,9
	P4 <sup>d</sup>	57.703,8	33.983,5	68.820,0	35.628,7	40.957,0	24.675,5
NP <sub>0,5</sub>	P1	6.216,1	5.787,0	2.318,9	11.940,5	9.573,0	7.172,7
	P2	4.171,6	4.286,0	2.605,8	5.027,8	3.823,5	5.881,4
	P3	4.860,1	4.658,0	2.491,7	6.915,5	5.250,5	3.830,3
	P4	4.939,7	3.558,0	7.955,1	3.945,8	4.107,0	3.150,6
NP <sub>1,0</sub>	P1	2.409,4	1.753,0	1.772,7	5.694,8	3.996,5	5.213,4
	P2	1.146,5	725,0	1.723,9	2.163,5	978,5	3.747,5
	P3	1.594,4	1.486,5	814,4	2.417,8	1.914,0	1.315,3
	P4	1.195,9	639,5	3.672,6	1.252,7	792,0	1.586,4
NP <sub>2,5</sub>	P1	950,5	559,5	805,8	2.587,8	1.878,0	2.648,5
	P2	481,7	236,0	1.024,1	1.061,5	403,0	2.101,5
	P3	568,4	484,5	328,5	886,3	689,5	522,0
	P4	532,5	223,0	2.758,6	593,2	316,5	869,0

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Comparando-se as estações nota-se que as maiores médias foram observadas no inverno para o NP<sub>0,3</sub> em todos os ambientes de coleta, com exceção do escritório que

teve o maior valor registrado na primavera. Para o  $NP_{0,5}$  os valores médios mais altos foram registrados na primavera em ambos os ambientes internos e também no externo 1, enquanto no ambiente externo 2 a média foi maior no inverno. Para o  $NP_{1,0}$  e o  $NP_{2,5}$  foram registrados, em todos os locais, valores mais altos de partículas na amostragem realizada na segunda campanha (primavera).

De maneira geral, é possível perceber que os valores mais elevados de concentração do número de partículas, para todos os diâmetros e em ambas as campanhas de amostragem, foram registrados no interior do barracão, onde é feita a segregação e o processamento dos resíduos, e para os menores diâmetros das mesmas, isto é, quanto menor o diâmetro da partícula, maior foi sua concentração. Squizzato (2017) realizou um estudo em duas instituições de ensino superior de Londrina utilizando o mesmo equipamento e encontrou resultados semelhantes com relação ao tamanho e à concentração das partículas.

Segundo Anderson, Thundiyil e Stolbach (2012) o número total das partículas aumenta exponencialmente com a diminuição de seu diâmetro. Por sua vez, a massa das partículas geralmente diminui exponencialmente a medida que o diâmetro das mesmas diminui. Assim, em uma amostra de  $MP_{10}$  a maior parte da concentração em número de partículas seria de ultrafinas, no entanto, elas constituiriam uma porção insignificante da concentração em massa das partículas da amostra.

Kumar e colaboradores (2008) encontraram em um estudo que 99% do número total de partículas em um ambiente era constituído por aquelas com diâmetro aerodinâmico inferior a  $0,3 \mu m$  (SQUIZZATO, 2017). As partículas de menor tamanho são as que apresentam maior risco à saúde humana, podendo atingir o sistema respiratório humano e chegar à corrente sanguínea (SANTIAGO, 2013; MASIOL et al., 2017; SQUIZZATO, 2017). Assim, os elevados valores de concentração em número encontrados no presente trabalho podem representar riscos à saúde dos trabalhadores da cooperativa estudada.

Nas Tabelas 11, 12, 13 e 14 podem ser observadas as análises de correlação em cada local de coleta (barracão, externo 1, escritório e externo 2, respectivamente) e para ambas as campanhas de amostragem.

Ao analisar a Tabela 11 observa-se que as correlações significativas positivas no barracão ocorreram entre o NP<sub>0,5</sub> e o NP<sub>1,0</sub> e entre esses e o NP<sub>2,5</sub> em ambas as campanhas de amostragem. A forte correlação indica uma fonte comum, ou seja, as atividades de segregação dos resíduos.

Notam-se correlações também significativas entre todos os tamanhos de partículas e a temperatura no inverno, sendo que para o NP<sub>0,3</sub> a correlação foi negativa (indicando uma tendência de diminuição do NP<sub>0,3</sub> à medida que a temperatura aumentou) e para os demais foi positiva (conforme a temperatura aumentou, as concentrações de NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub> também aumentaram). Para a umidade relativa do ar observou-se o oposto (correlação positiva para o NP<sub>0,3</sub> e negativas para os demais diâmetros).

Tabela 11 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem.

		NP <sub>0,3</sub>	NP <sub>0,5</sub>	NP <sub>1,0</sub>	NP <sub>2,5</sub>	T	UR
Inverno	NP <sub>0,3</sub>	1,00					
Primavera		1,00					
Inverno	NP <sub>0,5</sub>	-0,41	1,00				
Primavera		0,57	1,00				
Inverno	NP <sub>1,0</sub>	-0,56	0,98	1,00			
Primavera		0,42	0,97	1,00			
Inverno	NP <sub>2,5</sub>	-0,59	0,96	0,99	1,00		
Primavera		0,34	0,94	0,99	1,00		
Inverno	T	-0,71	0,68	0,78	0,76	1,00	
Primavera		0,25	-0,03	0,01	0,02	1,00	
Inverno	UR	0,70	-0,74	-0,83	-0,82	-0,97	1,00
Primavera		0,23	-0,07	-0,20	-0,26	-0,66	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o ambiente externo 1 percebe-se que existe correlação significativa entre o NP<sub>0,5</sub>, NP<sub>1,0</sub> e NP<sub>2,5</sub>, sendo todas positivas em ambas as estações de estudo (Tabela 12). As correlações variam de muito fracas a moderadas entre o NP<sub>0,3</sub> e os outros diâmetros. Nos pontos externos não foram realizadas medidas de temperatura e umidade relativa, pois o equipamento foi utilizado nos ambientes internos.

Tabela 12 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>NP<sub>0,3</sub></b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>0,3</sub></b>	1,00			
<b>Primavera</b>		1,00			
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	0,39	1,00		
<b>Primavera</b>		0,57	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	-0,07	0,82	1,00	
<b>Primavera</b>		0,42	0,97	1,00	
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>	-0,14	0,76	0,99	1,00
<b>Primavera</b>		0,34	0,94	0,99	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o escritório (Tabela 13) as correlações foram significativas apenas entre o NP<sub>0,3</sub> e o NP<sub>0,5</sub>, entre esse e o NP<sub>1,0</sub> e entre o último e o NP<sub>2,5</sub>, em ambas as estações. As correlações entre os tamanhos das partículas e a temperatura e a umidade foram muito fracas, fracas e moderadas, tanto positiva como negativamente.

Tabela 13 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>NP<sub>0,3</sub></b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>	<b>T</b>	<b>UR</b>
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>0,3</sub></b>	1,00					
<b>Primavera</b>		1,00					
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	0,73	1,00				
<b>Primavera</b>		0,82	1,00				
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	0,12	0,68	1,00			
<b>Primavera</b>		0,56	0,91	1,00			
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>	-0,03	0,54	0,97	1,00		
<b>Primavera</b>		0,30	0,71	0,92	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>T</b>	-0,55	-0,04	0,31	0,37	1,00	
<b>Primavera</b>		0,28	-0,11	-0,19	-0,11	1,00	
<b>Inverno</b>	<b>UR</b>	0,59	0,05	-0,39	-0,46	-0,96	1,00
<b>Primavera</b>		0,61	0,048	0,19	-0,14	-0,26	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

No ambiente externo 2 contata-se que as correlações mais significativas ocorreram entre o NP<sub>0,3</sub> e o NP<sub>0,5</sub>, entre esse e o NP<sub>1,0</sub> e entre o NP<sub>2,5</sub>, NP<sub>0,5</sub> e NP<sub>1,0</sub>, conforme pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>NP<sub>0,3</sub></b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>0,3</sub></b>	1,00			
		1,00			
<b>Primavera</b>	<b>NP<sub>0,5</sub></b>	0,73	1,00		
		0,77	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>NP<sub>1,0</sub></b>	0,20	0,65	1,00	
		0,48	0,90	1,00	
<b>Primavera</b>	<b>NP<sub>2,5</sub></b>	0,07	0,52	0,99	1,00
		0,39	0,84	0,99	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.2.2 Concentração em Massa

Na Figura 27 são apresentados os gráficos de concentração em massa de material particulado ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para a primeira campanha de amostragem para o  $\text{MP}_{1,0}$ ,  $\text{MP}_{2,5}$ ,  $\text{MP}_{4,0}$  e  $\text{MP}_{10}$ . Nota-se que os valores mais elevados de concentração para o  $\text{MP}_{1,0}$  ocorreram na manhã e na tarde do dia 17 de agosto em todos os ambientes analisados, sendo que o pico de concentração foi de, aproximadamente,  $20,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  no barracão. No escritório houve aumento da concentração em massa da manhã do dia 14 para a tarde do mesmo dia, enquanto nos demais ambientes observou-se diminuição, conforme pode ser visto na Figura 27a.

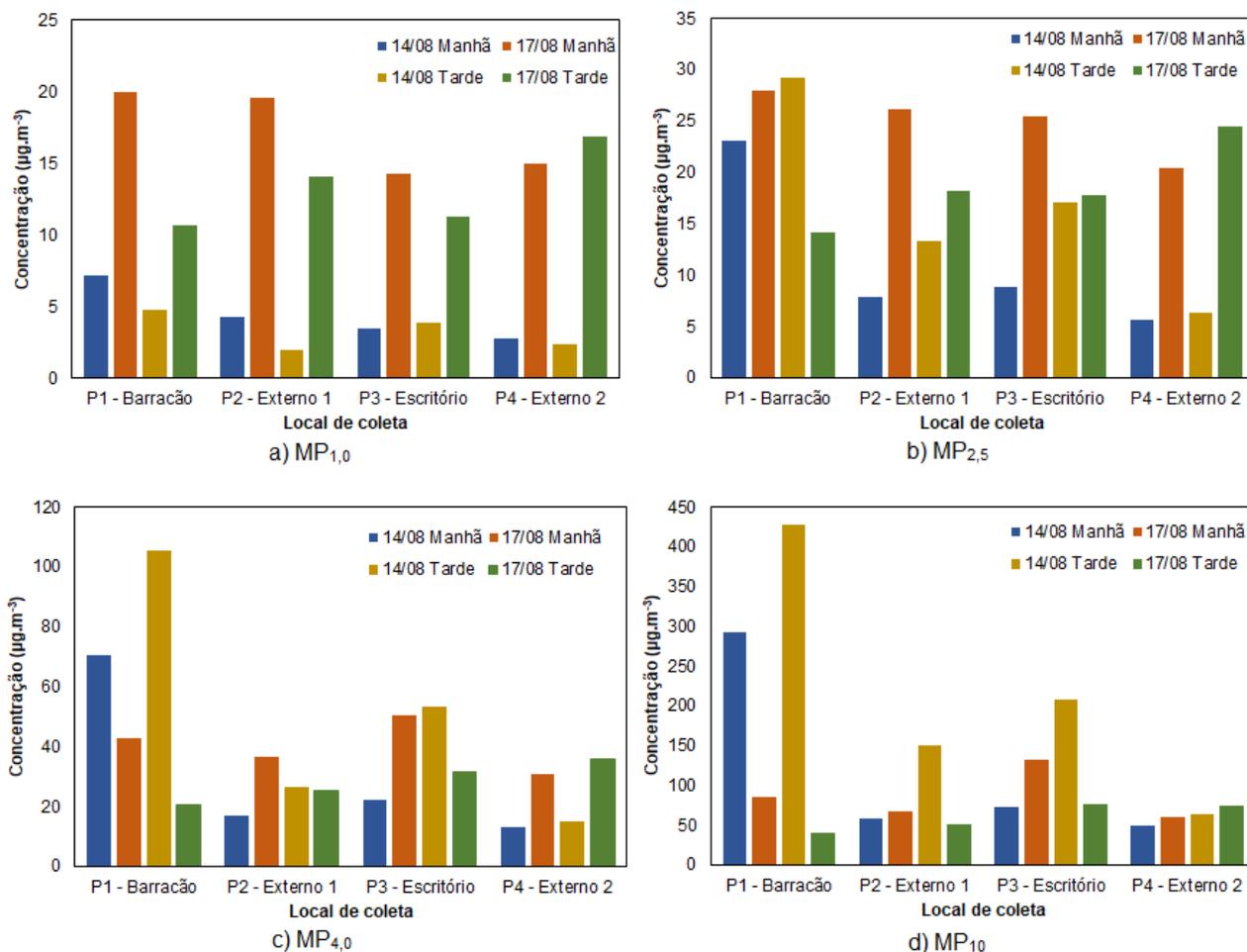
Na Figura 27b pode-se perceber que os maiores valores de  $\text{MP}_{2,5}$  ocorreram em ambos os períodos do dia 17 nos ambientes externos 1 e 2 e no escritório. Nesse último, porém, as médias foram bem próximas quando comparadas às tardes dos dias 14 e 17. No barracão as concentrações mais elevadas foram observadas na manhã do dia 17 e na tarde do dia 14, quando se teve o valor de cerca de  $30,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Ao analisar os dados da Figura 27c pode ser constatado que as maiores médias de concentração de  $\text{MP}_{4,0}$  aconteceram em ambos os períodos do dia 14 no barracão, onde o valor foi superior a  $100,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . No ambiente externo 1 e no escritório tem-se essa característica na tarde do dia 14 e na manhã do dia 17. No ambiente externo 2 isso ocorreu nos dois períodos do dia 17.

Para o  $\text{MP}_{10}$  (Figura 27d) nota-se o mesmo padrão que foi observado para o  $\text{MP}_{4,0}$  em todos os ambientes analisados. O pico de concentração foi novamente registrado no barracão (com valor por volta de  $430,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Observa-se um valor próximo a  $200,0$

$\mu\text{g.m}^{-3}$  no escritório na manhã do dia 17, provavelmente devido à maior movimentação de pessoas no local nesse período.

Figura 27 – Concentração em massa de diferentes tamanhos de material particulado ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para a primeira campanha de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

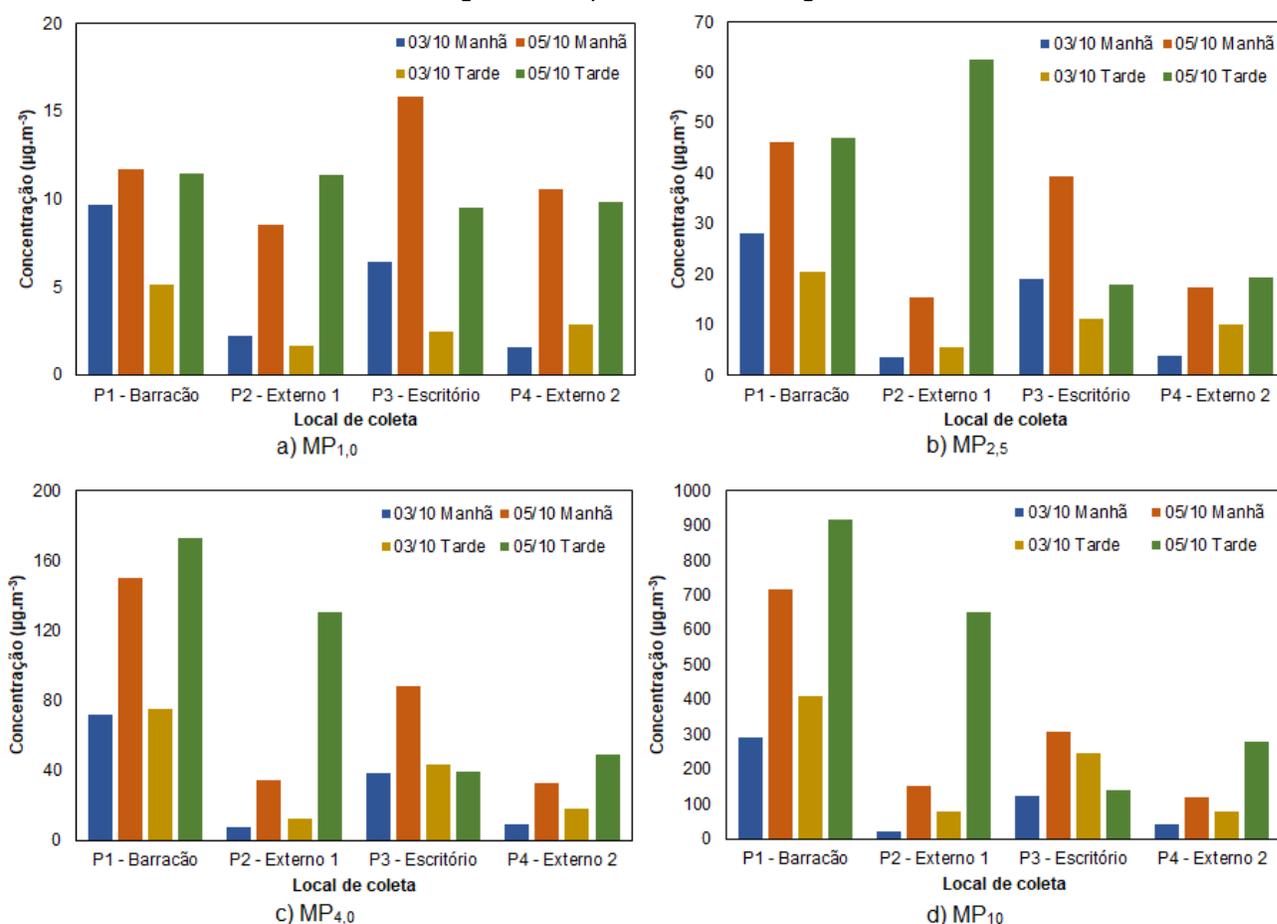
Beal (2015) constatou que ao registrar-se maiores valores de umidade relativa do ar há diminuição na concentração em massa de MP, devido à deposição úmida dos poluentes, enquanto que maiores valores de temperatura causam o aumento da concentração em massa do MP entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro, especialmente em virtude da ressuspensão de solo.

Entre os dias 14 e 17 observou-se diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa do ar em ambos os períodos, conforme descrito anteriormente. Isso, juntamente com a ocorrência de precipitação nos dias 15 e 16 (19,8 e 32,2 mm,

respectivamente), pode ter influenciado nas baixas concentrações de  $MP_{4,0}$  e  $MP_{10}$  registradas no dia 17 em comparação ao dia 14. Entretanto, para o  $MP_{1,0}$  e  $MP_{2,5}$  as médias foram altas no dia 17.

Na Figura 28 podem ser observados os gráficos de concentração em massa de material particulado ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para a segunda campanha de amostragem para o  $MP_{1,0}$ ,  $MP_{2,5}$ ,  $MP_{4,0}$  e  $MP_{10}$ .

Figura 28 – Concentração em massa de diferentes tamanhos de material particulado ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para a segunda campanha de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para o  $MP_{1,0}$  (Figura 28a) os valores mais altos de concentração foram observados na manhã e na tarde do dia 05 em todos os ambientes analisados, sendo que o pico de concentração foi de cerca de  $16,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  no escritório durante a manhã de 05 de outubro. No ambiente externo 2 houve aumento da concentração em massa da manhã do dia 03 para a tarde do mesmo dia, enquanto nos demais ambientes observou-se diminuição.

Para o  $MP_{2,5}$  (Figura 28b) os maiores valores foram registrados em ambos os períodos do dia 05 em todos os ambientes de coleta. O valor mais elevado foi por volta de  $65,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na tarde do mesmo dia no ambiente externo 1. Nesse local e no externo 2 os valores foram inferiores a  $10,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  na manhã e na tarde do dia 03, possivelmente devido à ocorrência de chuva nos dias que antecederam as coletas realizadas nesse dia.

Na Figura 28c observa-se que as maiores médias de concentração de  $MP_{4,0}$  ocorreram em ambos os períodos do dia 05 no barracão (onde atingiu um valor superior a  $160,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) e nos ambientes externos 1 e 2. No escritório o comportamento foi distinto, possuindo valores mais elevados na manhã do dia 05 e na tarde do dia 03.

Ao analisar a Figura 28d percebe-se que o mesmo padrão observado para o  $MP_{4,0}$  ocorreu para o  $MP_{10}$  em todos os ambientes analisados. Dentre todas as médias, o pico de concentração foi registrado no barracão, alcançando um valor de, aproximadamente,  $900,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . No ambiente externo 1 também se observou um valor alto (cerca de  $700,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) na tarde do dia 05. Apenas destacando que o valor de referência da OMS para esse poluente, para a média de 24 horas, é de  $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Na amostragem realizada neste trabalho, de apenas 1 hora, os valores médios foram 18 e 14 vezes maiores que o recomendado pela OMS, respectivamente.

Os valores de concentração registrados no barracão mostram que as pessoas que trabalham no local estão expostas a altos índices de poluição do ar. Assim, o ambiente de trabalho torna-se insalubre e os riscos à saúde dos catadores são consideráveis.

A elevação dos valores de umidade relativa do ar causa redução na concentração em massa de MP, enquanto há aumento da concentração com acréscimo da temperatura (ÇELIK; KADI, 2007; BEAL, 2015). Entre os dias 03 e 05 observou-se aumento da temperatura em ambos os períodos, enquanto houve diminuição e elevação da umidade entre as manhãs e as tardes desses dias, respectivamente. A temperatura pode ter influenciado na ocorrência de maiores valores de concentração no dia 05, mas não se notou o padrão citado pelos autores ao se comparar os dados de MP com a umidade.

Na Tabela 15 são apresentados os dados da análise estatística descritiva aplicada para a concentração em massa de material particulado para ambos os períodos de cada dia de coleta da primeira campanha de amostragem, em todos os ambientes de coleta. Na Tabela 16 são mostrados os dados para a segunda campanha de amostragem.

Tabela 15 – Análise estatística descritiva da concentração em massa ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para a primeira campanha de amostragem.

		Coleta 1 – 14/08						Coleta 2 – 17/08					
		Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
$\mu\text{g.m}^{-3}$	Local	Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP
MP <sub>1,0</sub>	P1 <sup>a</sup>	7,2	7,1	0,9	4,8	4,9	0,5	20,0	20,6	5,8	10,7	10,1	2,7
	P2 <sup>b</sup>	4,3	4,2	0,9	2,0	1,9	0,7	19,6	16,7	9,5	14,0	12,8	6,0
	P3 <sup>c</sup>	3,5	3,5	0,4	3,9	3,7	0,9	14,3	14,2	1,4	11,3	8,8	9,3
	P4 <sup>d</sup>	2,8	2,7	0,4	2,4	2,3	0,5	15,0	13,3	8,4	16,8	7,9	17,9
MP <sub>2,5</sub>	P1	23,2	23,5	4,9	29,3	30,3	7,0	27,9	28,1	6,0	14,1	13,6	2,8
	P2	7,8	7,5	2,5	13,3	4,0	32,6	26,2	23,0	10,6	18,2	16,4	6,2
	P3	8,8	8,5	1,4	17,1	15,5	6,4	25,4	25,2	3,8	17,8	15,2	11,9
	P4	5,7	5,3	2,2	6,4	5,2	5,5	20,5	17,3	11,1	24,5	11,4	28,8
MP <sub>4,0</sub>	P1	70,7	70,5	17,7	105,4	109,2	29,4	42,7	41,8	7,0	20,6	20,5	2,6
	P2	17,0	16,4	4,9	26,4	10,0	53,7	36,7	34,0	13,2	25,5	24,1	7,2
	P3	21,8	22,2	3,1	53,1	47,1	16,1	50,3	48,3	9,0	31,6	30,3	15,8
	P4	13,3	12,2	5,3	15,1	13,3	7,4	30,9	25,0	19,0	36,0	16,4	40,7
MP <sub>10</sub>	P1	292,3	280,4	93,0	427,9	434,7	145,4	86,0	83,9	15,1	40,0	39,0	5,9
	P2	58,5	45,7	49,3	150,7	44,8	284,3	68,4	64,4	21,1	51,4	47,0	17,1
	P3	72,1	72,4	18,6	208,1	173,1	77,6	133,2	121,9	51,3	76,7	70,4	33,0
	P4	50,3	43,0	26,8	64,3	49,3	37,4	60,5	51,8	33,2	74,6	36,7	81,3

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 16 – Análise estatística descritiva da concentração em massa ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) para a segunda campanha de amostragem.

$(\mu\text{g.m}^{-3})$	Coleta 1 – 03/10							Coleta 2 – 05/10					
	Local	Manhã			Tarde			Manhã			Tarde		
		Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP	Média	Mediana	DP
MP <sub>1,0</sub>	P1 <sup>a</sup>	9,7	9,7	1,6	5,1	4,7	1,5	11,7	11,9	1,0	11,4	11,1	1,6
	P2 <sup>b</sup>	2,2	2,0	0,9	1,7	1,5	0,7	8,6	8,4	1,2	11,4	10,9	1,9
	P3 <sup>c</sup>	6,4	6,1	2,0	2,5	2,4	0,8	15,8	15,7	2,3	9,5	9,6	0,7
	P4 <sup>d</sup>	1,6	1,3	1,0	2,9	1,9	2,2	10,6	10,4	0,9	9,9	9,6	1,1
MP <sub>2,5</sub>	P1	28,2	27,6	6,6	20,6	20,8	3,0	46,2	45,1	12,4	46,9	31,2	36,7
	P2	3,6	3,3	1,9	5,4	3,0	7,7	15,4	14,3	5,5	62,5	29,1	146,8
	P3	19,0	18,4	6,6	11,2	10,1	6,4	39,5	38,2	9,4	17,8	17,9	2,7
	P4	3,8	2,4	4,5	9,9	3,8	38,5	17,5	15,5	6,9	19,5	16,3	12,8
MP <sub>4,0</sub>	P1	72,2	69,7	12,6	75,3	73,2	8,9	149,7	141,6	42,6	172,5	79,9	190,8
	P2	7,1	6,3	2,5	12,4	9,5	10,9	34,2	30,8	16,1	130,1	88,6	186,8
	P3	38,7	35,3	15,9	43,5	40,7	22,5	87,8	91,7	25,9	39,0	39,1	6,3
	P4	8,8	6,2	8,0	17,9	8,8	54,6	32,4	28,5	12,1	48,8	40,7	32,6
MP <sub>10</sub>	P1	292,3	289,7	79,5	411,0	395,1	70,0	715,6	649,6	230,0	916,8	341,2	1.134,6
	P2	22,0	18,0	11,5	80,1	64,8	49,7	151,5	108,6	129,0	651,3	407,5	620,7
	P3	124,0	102,4	74,5	247,6	219,0	133,1	305,5	315,8	107,7	140,2	139,1	29,5
	P4	42,3	28,3	37,3	76,6	42,8	161,9	120,5	84,3	98,3	277,1	196,1	215,8

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando os dados da Tabela 15 nota-se que os valores mais elevados de concentração foram registrados no barracão em ambos os períodos do dia 14 de agosto e para todos os tamanhos de partículas. No dia 17 de agosto as maiores concentrações foram no barracão para o MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>2,5</sub> e no escritório para o MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub> analisando os dados da manhã. Durante a tarde esse comportamento foi observado no ambiente externo 2 para o MP<sub>1,0</sub>, MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>4,0</sub>, enquanto para o MP<sub>10</sub> foi no escritório.

Na segunda campanha de amostragem (Tabela 16) nota-se que, para o dia 03 de outubro, o barracão foi novamente o local com as maiores concentrações de MP para todos os tamanhos analisados e em ambos os períodos. Para o dia 05, durante a manhã, os valores mais elevados foram no escritório para o MP<sub>1,0</sub> e no barracão para os demais diâmetros. No período da tarde é possível perceber que os valores foram iguais no barracão e no ambiente externo 1 para o MP<sub>1,0</sub>. Para o MP<sub>2,5</sub> o valor mais alto ocorreu no ambiente externo 1, enquanto para o MP<sub>4,0</sub> e o MP<sub>10</sub> foi no barracão.

Foram observados valores superiores ao VMR de 80,0 µg.m<sup>-3</sup> estabelecido na Resolução ANVISA nº 09/03 em ambas as campanhas de amostragem para o MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub> em todos os ambientes estudados.

Assim como ocorreu para a concentração em número, o escritório apareceu entre os locais com maiores concentrações em massa de MP.

Lee e colaboradores (2015) ao estudarem a exposição à poluição de trabalhadores municipais de resíduos sólidos na Coreia do Sul obtiveram média de concentração de 62,0 µg.m<sup>-3</sup> para MP<sub>2,5</sub>, muito próximo ao maior valor médio encontrado no presente trabalho, que foi de 62,5 µg.m<sup>-3</sup>, apesar dos autores terem considerado os resíduos domésticos de maneira geral. Park e colaboradores (2013) estudaram as características do material particulado gerado durante o trabalho com resíduos sólidos municipais também na Coreia do Sul e reportaram que as concentrações para MP<sub>2,5</sub> foram de 73,3, 223,4, 61,6 e 73,9 µg.m<sup>-3</sup> durante a coleta, a transferência, a triagem e o transporte dos resíduos, respectivamente.

Na Tabela 17 podem ser observados os dados resultantes da análise estatística descritiva aplicada para a concentração em massa de material particulado, comparando ambas as campanhas de amostragem em todos os ambientes de coleta (barracão: P1, externo 1: P2, escritório: P3 e externo 2: P4). Novamente, os dados foram calculados

considerando os resultados de todas as coletas realizadas em agosto (inverno) e em outubro (primavera).

Tabela 17 – Análise estatística descritiva da concentração em massa ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de MP para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera.

$\mu\text{g.m}^{-3}$	Local	Inverno			Primavera		
		Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP
MP <sub>1,0</sub>	P1 <sup>a</sup>	10,7	8,0	6,6	9,5	10,2	3,0
	P2 <sup>b</sup>	10,0	6,9	9,1	6,0	6,3	4,3
	P3 <sup>c</sup>	8,2	5,8	6,6	8,5	8,7	5,1
	P4 <sup>d</sup>	9,1	3,8	11,8	6,2	8,3	4,3
MP <sub>2,5</sub>	P1	23,7	22,9	8,0	35,5	28,3	22,7
	P2	16,4	12,5	18,5	21,7	9,2	76,6
	P3	17,1	15,2	9,2	21,8	18,4	12,5
	P4	14,1	8,9	17,6	12,6	10,5	21,6
MP <sub>4,0</sub>	P1	59,9	51,4	36,0	117,5	77,3	107,5
	P2	26,4	21,2	28,4	45,8	20,4	105,4
	P3	38,8	36,6	17,9	52,2	41,7	28,1
	P4	23,6	15,4	24,6	26,9	21,7	35,8
MP <sub>10</sub>	P1	211,8	123,3	178,2	584,5	394,2	630,4
	P2	81,6	52,3	147,6	225,4	86,7	401,7
	P3	121,2	98,2	73,8	204,2	159,7	120,5
	P4	62,2	47,7	49,7	128,6	69,5	169,5

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Comparando-se as campanhas de amostragem é possível perceber que os maiores valores de concentração foram observados no inverno para o MP<sub>1,0</sub> no barracão e nos ambientes externos 1 e 2, enquanto no escritório o maior valor foi registrado na primavera. Para o MP<sub>2,5</sub> o local com maior média no inverno foi o externo 2 e nos demais ambientes houve registro de valores mais elevados na primavera. Para o MP<sub>4,0</sub> e o MP<sub>10</sub> nota-se que os valores mais altos foram observados nas amostragens da primavera em todos os ambientes.

De maneira geral, com exceção do MP<sub>1,0</sub>, os valores de concentração foram maiores na segunda campanha de amostragem (primavera). Quando se comparam as estações do ano, a maior concentração de MP geralmente é encontrada no inverno por ser um período caracterizado pelo tempo seco, maior estabilidade da atmosfera e menor volume de precipitação, condições que são desfavoráveis à dispersão dos poluentes

(BEAL, 2015; SANTOS; CARVALHO, REBOLTA, 2016; SQUIZZATO, 2017). Contudo, as diferenças nos valores das variáveis meteorológicas podem ter influenciado esse comportamento para o material particulado, uma vez que houve aumento da temperatura e diminuição da umidade entre as campanhas de amostragem.

As concentrações em massa aumentaram conforme o diâmetro das partículas também aumentou, em concordância com o reportado por Anderson, Thundiyl e Stolbach (2012).

Na Tabela 18 são apresentados os dados da análise de correlação para as variáveis medidas no barracão durante as amostragens feitas no inverno e na primavera. Observa-se que as correlações significativas ocorreram entre o MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub>, todas positivas em ambas as campanhas. Houve variação nas correlações entre os poluentes e a temperatura e a umidade relativa, sendo que as mais significativas são as observadas no inverno para o MP<sub>1,0</sub>, MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub> para ambas as variáveis meteorológicas. Beal (2015) também reportou correlações significativas para a massa de material particulado, temperatura e umidade relativa no inverno.

Tabela 18 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem.

		MP <sub>1,0</sub>	MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>4,0</sub>	MP <sub>10</sub>	T	UR
Inverno	MP <sub>1,0</sub>	1,00					
		1,00					
Primavera	MP <sub>2,5</sub>	0,27	1,00				
		0,54	1,00				
Inverno	MP <sub>4,0</sub>	-0,41	0,75	1,00			
		0,33	0,91	1,00			
Primavera	MP <sub>10</sub>	-0,55	0,61	0,97	1,00		
		0,24	0,86	0,99	1,00		
Inverno	T	-0,70	0,29	0,74	0,74	1,00	
		0,09	-0,02	-0,002	0,03	1,00	
Primavera	UR	0,69	-0,35	-0,79	-0,81	-0,97	1,00
		0,38	-0,04	-0,17	-0,22	-0,66	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 19 os dados de correlação são para o ambiente externo 1. Os valores são significativos entre o MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub>, todos com correlação positiva em ambas as campanhas de amostragem.

Tabela 19 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem.

		MP <sub>1,0</sub>	MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>4,0</sub>	MP <sub>10</sub>
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>1,0</sub></b>	1,00			
		1,00			
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>2,5</sub></b>	0,48	1,00		
		0,54	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>4,0</sub></b>	0,32	0,97	1,00	
		0,33	0,91	1,00	
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>10</sub></b>	-0,07	0,72	0,83	1,00
		0,24	0,86	0,99	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

No escritório observam-se correlações significativas entre o MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>2,5</sub>, entre esse e MP<sub>4,0</sub> e entre esse último e MP<sub>10</sub> em ambas as campanhas de amostragem com valores positivos. Entre o MP<sub>1,0</sub> e o MP<sub>4,0</sub> há correlação mais significativa somente na campanha da primavera. As correlações entre os poluentes, a temperatura e a umidade variaram entre muito fracas, fracas e moderadas tanto positivamente como negativamente. Houve correlação negativa muito forte entre a temperatura e a umidade na campanha de inverno, conforme pode ser visualizado na Tabela 20.

Tabela 20 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem.

		MP <sub>1,0</sub>	MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>4,0</sub>	MP <sub>10</sub>	T	UR
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>1,0</sub></b>	1,00					
		1,00					
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>2,5</sub></b>	0,86	1,00				
		0,90	1,00				
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>4,0</sub></b>	0,46	0,80	1,00			
		0,70	0,89	1,00			
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>10</sub></b>	0,02	0,41	0,87	1,00		
		0,35	0,60	0,89	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>T</b>	-0,51	-0,22	0,15	0,40	1,00	
		0,27	-0,02	-0,05	-0,08	1,00	
<b>Primavera</b>	<b>UR</b>	0,55	0,23	-0,21	-0,49	-0,96	1,00
		0,62	0,56	0,29	-0,08	-0,26	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

No ambiente externo 2 (Tabela 21) houve o registro de correlações significativas entre MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>2,5</sub> e entre MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>4,0</sub> no inverno. Entre MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>10</sub> a correlação foi um pouco mais fraca no inverno e moderada na primavera. Entre MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>4,0</sub> e MP<sub>10</sub> as correlações foram significativas em ambas as campanhas de amostragem, todos os valores sendo positivos.

Tabela 21 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem.

		MP <sub>1,0</sub>	MP <sub>2,5</sub>	MP <sub>4,0</sub>	MP <sub>10</sub>
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>1,0</sub></b>	1,00			
		1,00			
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>1,0</sub></b>	0,96	1,00		
		0,40	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>MP<sub>2,5</sub></b>	0,93	0,96	1,00	
		0,50	0,93	1,00	
<b>Primavera</b>	<b>MP<sub>2,5</sub></b>	0,70	0,74	0,86	1,00
		0,48	0,60	0,75	1,00

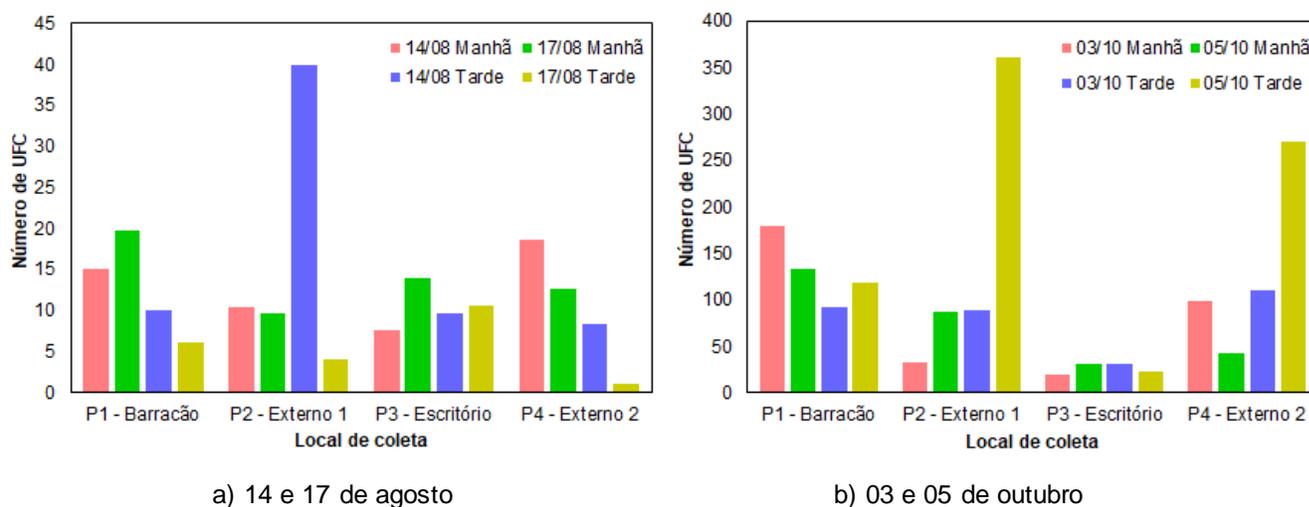
Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.3 BIOAEROSSÓIS

#### 5.3.1 Bactérias

Na Figura 29 podem ser observados gráficos em que são feitas comparações entre o número de UFC contadas nas placas amostrais de bactérias na manhã e na tarde de cada dia e em cada ambiente de coleta para ambas as campanhas de amostragem, a primeira realizada no mês de agosto e a segunda no mês de outubro.

Figura 29 – Número de UFC de bactérias em cada ambiente de coleta e em cada período do dia para ambas as campanhas de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para a primeira amostragem (Figura 29a) observou-se um valor maior no número de colônias de bactérias no dia 17 de agosto quando comparado ao dia 14 no interior do

barracão para o período da manhã. A tarde houve maior crescimento de colônias nas placas do dia 14. Comparando-se os períodos do dia os maiores valores foram registrados nas coletas da manhã, uma vez que o turno de trabalho no referido barracão encerrava-se às 13h00 na época. Assim, não foi registrada a movimentação de pessoas e a segregação de resíduos durante as coletas feitas à tarde.

No ambiente externo 1 o valor foi maior no dia 14 para ambos os períodos, mas nota-se que a tarde o crescimento foi significativamente maior quando comparado com a tarde do dia 17, atingindo 40,0 UFC, o maior valor para a primeira campanha de amostragem. Isso ocorreu, provavelmente, devido à presença de um trabalhador que estava utilizando uma empilhadeira para a transferência de resíduos para o pátio durante todo o tempo da coleta.

No escritório os valores de UFC mais altos foram registrados no dia 17 em ambos os períodos, enquanto na segunda coleta no ambiente externo a formação de colônias foi maior no dia 14 também para os dois períodos. Observa-se que o resultado para a tarde do segundo dia de coleta foi bem baixo em comparação aos outros valores, pois não houve crescimento em duas das três placas amostradas.

Na segunda campanha de amostragem (Figura 29b), observa-se que os números de UFC contados nas placas de Petri foram até 9 vezes superiores aos registrados na primeira campanha, ultrapassando 100,0 UFC em todos os locais de amostragem, exceto no escritório. No barracão os valores mais elevados foram observados nas coletas feitas na manhã do dia 03 e na tarde do dia 05 de outubro, enquanto no ambiente externo 1 houve maior crescimento no dia 05 tanto de manhã como à tarde, porém o valor foi significativamente maior na tarde do dia 05 em comparação com o mesmo período do dia 03, atingindo 360,0 UFC.

No escritório os valores médios foram baixos, com os máximos sendo de 31,0 UFC registrados na tarde do dia 03 e na manhã do dia 05. Na segunda amostragem feita no ambiente externo nota-se que o maior número de UFC foi no dia 03 de manhã em comparação ao mesmo período do dia 05. Para as coletas da tarde, houve maior número de crescimento de colônias nas placas amostradas no dia 05.

Os dados referentes à concentração de bactérias ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ) (calculados de acordo com a Equação 2), suas respectivas médias (M1), medianas (M2) e desvios padrões (DP)

para a primeira campanha de amostragem são apresentados na Tabela 22 considerando os períodos de cada dia e os ambientes de coleta (barracão é P1, externo 1 é P2, escritório é P3 e externo 2 é P4). As mesmas informações são apresentadas na Tabela 23 para a segunda campanha de amostragem.

Tabela 22 – Análise estatística descritiva das bactérias (UFC.m<sup>-3</sup>) para as coletas da primeira campanha de amostragem.

Turno	Local	N° da placa	Coleta 1 – 14/08				Coleta 2 – 17/08			
			UFC.m <sup>-3</sup>	M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	UFC.m <sup>-3</sup>	M1	M2	DP
Manhã	P1 <sup>a</sup>	1	130,4				130,4			
		2	147,8	130,4	130,4	17,4	200,0	171,0	182,6	36,2
		3	113,0				182,6			
	P2 <sup>b</sup>	4	78,3				104,3			
		5	130,4	89,9	78,3	36,2	69,6	84,1	78,3	18,1
		6	60,9				78,3			
	P3 <sup>c</sup>	7	43,5				139,1			
		8	52,2	66,7	52,2	32,9	130,4	121,7	130,4	23,0
		9	104,3				95,7			
	P4 <sup>d</sup>	10	156,5				95,7			
		11	139,1	162,3	156,5	26,6	139,1	110,1	95,7	25,1
		12	191,3				95,7			
Tarde	P1	13	104,3				17,4			
		14	87,0	87,0	87,0	17,4	43,5	52,1	43,5	39,8
		15	69,6				95,7			
	P2	16	260,9				17,4			
		17	373,9	347,8	373,9	77,3	52,2	34,8	34,8	17,4
		18	408,7				34,8			
	P3	19	34,8				<sup>8</sup>			
		20	87,0	84,1	87,0	47,9	87,0	91,3	91,3	6,1
		21	130,4				95,7			
	P4	22	78,3				0,0			
		23	87,0	72,5	78,3	18,1	0,0	8,7 <sup>9</sup>	0,0	5,0
		24	52,2				8,7			

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

<sup>8</sup> Amostra descartada devido a uma contaminação ocorrida na placa durante o procedimento de análise.

<sup>9</sup> Os dados nulos, isto é, placas em que não houve crescimento bacteriano, foram descartados para o cálculo da média.

Tabela 23 – Análise estatística descritiva das bactérias (UFC.m<sup>-3</sup>) para as coletas da segunda campanha de amostragem.

Turno	Local	N° da placa	Coleta 1 – 03/10				Coleta 2 – 05/10			
			UFC.m <sup>-3</sup>	M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	UFC.m <sup>-3</sup>	M1	M2	DP
Manhã	P1 <sup>a</sup>	1	1.591,3				1.408,7			
		2	1.530,4	1.556,5	1.547,8	31,4	947,8	1.168,1	1.147,8	231,1
		3	1.547,8				1.147,8			
	P2 <sup>b</sup>	4	365,2				756,5			
		5	217,4	281,2	260,9	76,0	773,9	753,6	756,5	21,9
		6	260,9				730,4			
	P3 <sup>c</sup>	7	182,6				260,9			
		8	139,1	165,2	173,9	23,0	304,3	269,6	260,9	31,4
		9	173,9				243,5			
	P4 <sup>d</sup>	10	1.304,3				513,0			
		11	669,6	855,1	669,6	391,0	191,3	365,2	391,3	162,5
		12	591,3				391,3			
Tarde	P1	13	791,3				1.269,6			
		14	817,4	802,9	800,0	13,3	947,8	1.029,0	947,8	212,0
		15	800,0				869,6			
	P2	16	660,9				3.026,1			
		17	860,9	779,7	817,4	105,2	2.782,6	3.136,2	3.026,1	419,7
		18	817,4				3.600,0			
	P3	19	226,1				156,5			
		20	304,3	269,6	278,3	39,8	156,5	197,1	156,5	70,3
		21	278,3				278,3			
	P4	22	860,9				2.660,9			
		23	887,0	953,6	887,0	138,7	2.095,7	2.347,8	2.287,0	287,5
		24	1.113,0				2.287,0			

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Considerando a primeira campanha de amostragem (Tabela 22), observa-se que o maior valor de concentração média para o dia 14 foi registrado no ambiente externo 1 no período da tarde, o que pode ser explicado pela presença de um trabalhador que, durante a realização dessa coleta, estava utilizando uma empilhadeira para transferir os *big bags* de resíduos do barracão para o ambiente exterior. Analisando as coletas da manhã a concentração mais alta foi no ambiente externo 2. Para o dia 17, o maior valor foi observado no barracão pela manhã, enquanto no período da tarde o escritório foi o

local em que se obteve a maior média devido à maior movimentação de pessoas nesse ambiente.

Para a primeira campanha de amostragem não foram observados valores superiores a 500,0 UFC.m<sup>-3</sup> estabelecido pela Nota Técnica NT-SCE-02 de Portugal, utilizada como referência para as concentrações de bactérias.

Destaca-se a redução nas médias de concentração de bactérias nas coletas realizadas no ambiente externo em ambos os períodos quando comparados os dias 14 e 17 (por exemplo, de 162,3 UFC.m<sup>-3</sup> para 110,1 UFC.m<sup>-3</sup> na segunda coleta da manhã). De acordo com dados do IAPAR nos dias 15 e 16 de agosto ocorreu precipitação de 19,8 e 32,2 mm, respectivamente (IAPAR, 2017). Conforme discutido anteriormente, a precipitação contribui para a remoção dos poluentes da atmosfera.

Para a segunda campanha de amostragem (Tabela 23), o maior valor de concentração foi registrado no dia 03 pela manhã no barracão, o que pode ser explicado pela movimentação de *big bags* no próprio chão (ressuspensão de partículas) e pela presença de caminhões dentro do local para descarregamento dos resíduos coletados. Analisando os dados da tarde a maior média foi no ambiente externo 2, possivelmente devido ao trabalhador com a empilhadeira. No dia 05, os maiores valores foram observados nos ambientes externos 1 (3.136,2 UFC.m<sup>-3</sup>) e 2 (2.347,8 UFC.m<sup>-3</sup>) à tarde, enquanto pela manhã foi no barracão, com valor de 1.168,1 UFC.m<sup>-3</sup>. Durante a coleta realizada na tarde desse dia foi observada, além do trabalhador com a empilhadeira, a presença de muito vento que, ao mesmo tempo em que dispersa os poluentes, pode contribuir para a ressuspensão de poeira do solo (ALMEIDA, 1999).

Os valores de concentração observados no interior do barracão foram maiores nas coletas da segunda campanha do que nas da primeira campanha. Isso pode ter ocorrido devido à mudança no horário de expediente dos funcionários que trabalham nesse ambiente que, em agosto, era das 07h00 às 13h00 e, em outubro, era das 08h00 às 16h00.

Constatam-se valores superiores a 500,0 UFC.m<sup>-3</sup> no barracão e no ambiente externo 2 nas coletas realizadas durante a manhã, enquanto nas coletas da tarde isso ocorreu no barracão e nos ambientes externos 1 e 2 analisando-se os dados do dia 03.

O mesmo comportamento foi observado para o dia 05 no barracão e no externo 1 para a manhã e no barracão e nos ambientes externos 1 e 2 para a tarde.

Na Tabela 24 podem ser observados os resultados referentes à análise estatística descritiva feita para os dados de bactérias comparando a primeira e a segunda campanha de amostragem para o barracão (P1), externo 1 (P2), escritório (P3) e externo 2 (P4). Os valores médios de concentração foram maiores na campanha de amostragem da primavera em todos os ambientes analisados, sendo o maior de 1.237,7 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente externo 1.

Tabela 24 – Análise estatística descritiva da concentração de bactérias (UFC.m<sup>-3</sup>) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera.

Local	Inverno			Primavera		
	Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP
<b>P1<sup>a</sup></b>	110,1	108,7	53,1	1.139,1	1.047,8	316,2
<b>P2<sup>b</sup></b>	139,1	78,3	133,3	1.237,7	765,2	1.178,5
<b>P3<sup>c</sup></b>	90,9	95,7	35,5	225,4	234,8	61,1
<b>P4<sup>d</sup></b>	104,3	95,7	53,4	1.130,4	873,9	802,6

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os altos valores encontrados para as coletas realizadas no ambiente externo podem ter influência da poluição atmosférica de outros locais (e não somente do entorno da cooperativa), pois as correntes de ar podem carrear poluentes e ultrapassar fronteiras (DRUMM et al., 2014).

Frankel e colaboradores (2012) encontraram um padrão sazonal significativo para a concentração de bactérias no ambiente interno de residências ao compararem todas as estações do ano: houve um grande declínio da primavera para o verão, então um aumento dessa para o outono e uma diminuição ao chegar o inverno. Para a concentração no ambiente externo o mesmo comportamento foi observado em relação às estações com maiores e menores valores. Apesar desse estudo ter sido realizado em um ambiente interno completamente diferente, o padrão de concentração foi similar ao do presente trabalho, considerando primavera e inverno.

Fernandes (2014) apresentou resultados entre, aproximadamente, 50,0 a 220,0 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente interno de uma biblioteca e de cerca 35,0 a 210,0 UFC.m<sup>-3</sup> no

ambiente externo. Esses valores são muito inferiores ao encontrados neste estudo, mas levando-se em consideração os ambientes de coleta, presume-se que uma cooperativa de resíduos tenha o ar mais poluído do que uma biblioteca.

Lavoie e Guertin (2001), por sua vez, estudaram os riscos de saúde e segurança em usinas de reciclagem de resíduos. Os resultados obtidos para bactérias variaram entre 150,0 e 21.900,0 UFC.m<sup>-3</sup> nas três usinas analisadas, com os maiores valores sendo registrados no verão em comparação ao inverno. Os autores afirmam que, nesses locais, os valores de concentração de microrganismos medidos durante o inverno são sempre menores que durante o verão. Isso corresponde ao encontrado no presente estudo no que diz respeito somente às menores concentrações no inverno, uma vez que não foram realizadas coletas durante o verão.

Na Tabela 25 podem ser observados os dados (para ambas as campanhas de amostragem) referentes ao coeficiente I/E (relação da concentração de bactérias entre o ar interno e externo) que, segundo a Resolução ANVISA nº 09/03, não deve ser superior a 1,50.

Tabela 25 – Relação I/E para as bactérias considerando as coletas realizadas em cada ambiente para ambas as campanhas de amostragem.

Turno	Local	Coleta 1 – 14/08		Coleta 2 – 17/08		Coleta 3 – 03/10		Coleta 4 – 05/10	
		Média de UFC.m <sup>-3</sup>	I/E	Média de UFC.m <sup>-3</sup>	I/E	Média de UFC.m <sup>-3</sup>	I/E	Média de UFC.m <sup>-3</sup>	I/E
Manhã	P1 <sup>a</sup>	130,4	1,45	171,0	2,03	1.556,5	5,54	1.168,1	1,55
	P2 <sup>b</sup>	89,9		84,1		281,2		753,6	
	P3 <sup>c</sup>	66,7	0,41	121,7	1,11	165,2	0,19	269,6	0,74
	P4 <sup>d</sup>	162,3		110,1		855,1		365,2	
Tarde	P1	87,0	0,25	52,1	1,50	802,9	1,03	1.029,0	0,33
	P2	347,8		34,8		779,7		3.136,2	
	P3	84,1	1,16	91,3	10,49	269,6	0,28	197,1	0,08
	P4	72,5		8,7		953,6		2.347,8	

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2.

Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que todos os valores estão dentro do limite para a coleta feita no dia 14 de agosto, sendo que a primeira amostragem realizada na manhã desse dia é a que possui o valor mais próximo de 1,50 (1,45), seguida pela segunda amostragem feita a tarde (1,16). Por outro lado, para as coletas realizadas no dia 17 de agosto, somente a segunda do período da manhã possui valor menor que 1,50 (1,11). O valor de 2,03

observado para a primeira amostragem da manhã (realizada no interior do barracão de resíduos e no pátio externo) pode ser devido à grande movimentação de *big bags* de resíduos pelo barracão. O valor de I/E significativamente alto para a segunda amostragem da tarde no ambiente externo e no escritório (10,49) deve-se ao fato de ter sido observado crescimento bacteriano em somente uma placa dentre as três utilizadas.

No dia 03 de outubro observa-se que os valores da relação I/E se encontram abaixo de 1,50 na segunda coleta realizada no período da manhã e em ambas da tarde, sendo de 0,19, 1,03 e 0,28, respectivamente. Entretanto, para a primeira coleta feita pela manhã, a relação entre o ambiente interior e exterior (barracão e externo 1) possui valor muito alto (5,54). Para o dia 05 de outubro a relação I/E foi de 1,55 para a coleta realizada no barracão e no externo 1 no período da manhã, ultrapassando ligeiramente o limite de 1,50. Todos os outros valores estão abaixo desse limite, sendo que a segunda coleta feita à tarde possui valor bem baixo (0,08) devido à alta concentração de bactérias encontradas no ambiente externo 2 em comparação ao escritório.

Na Tabela 26 também podem ser observados os valores para a relação I/E, mas os dados foram organizados de acordo com os dias e os ambientes de amostragem de maneira geral, ou seja, foi feita a média entre as concentrações observadas nas 4 coletas realizadas em cada dia. Observa-se que os valores estão dentro do limite considerado aceitável pela Resolução ANVISA nº 09/03 com exceção do valor registrado no dia 17 de agosto (1,84), uma vez que a média geral no ambiente interno para esse dia foi quase o dobro do valor calculado para o ambiente externo.

Tabela 26 – Relação I/E para as bactérias considerando os dias de amostragem.

Data	Média de UFC.m <sup>-3</sup>		I/E
	Interno	Externo	
14/08	92,1	168,1	0,55
17/08	109,0	59,4	1,84
02/10	698,6	717,4	0,97
05/10	665,9	1650,7	0,40

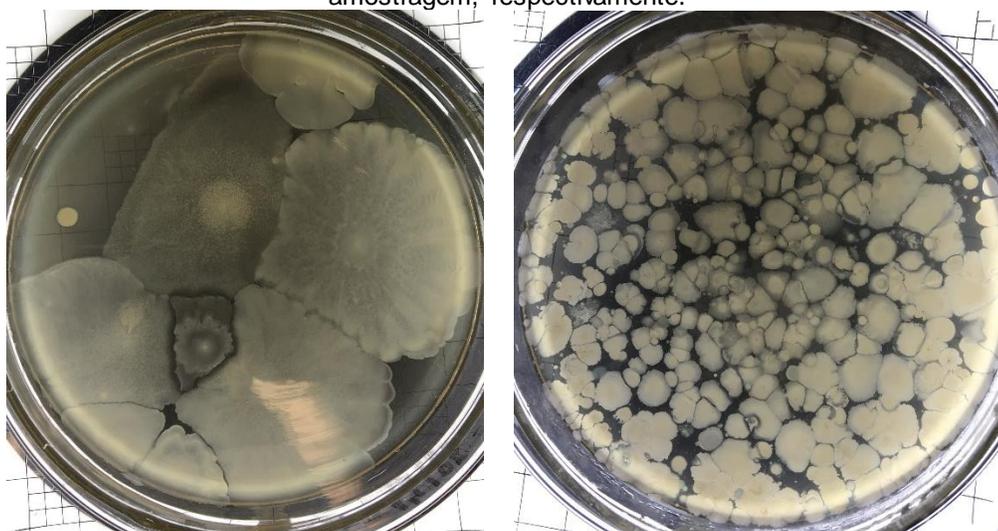
Fonte: Elaborada pela autora.

Fernandes (2014) encontrou valores para a relação I/E, ao comparar o ambiente de uma biblioteca com o ambiente externo, de 0,49 a 3,09, ultrapassando o limite recomendável de 1,50. Isso corrobora com o pressuposto de que ambientes internos em geral podem apresentar valores superiores de concentração de poluentes quando

comparados à ambientes externos, representando exposição às pessoas que permanecem por longos períodos de tempo em locais “fechados”. Como não há climatização nos ambientes internos analisados no presente trabalho, a ocorrência da circulação de ar contribui para a influência da presença de resíduos em todos os ambientes.

As colônias de bactérias presentes em todas as placas amostrais foram caracterizadas macroscopicamente de acordo com suas formas, estruturas, perfis e bordos. Em ambas as coletas da primeira campanha de amostragem observou-se a presença de bactérias sem forma definida, que se espalharam por quase toda a superfície do meio PCA, conforme pode ser observado na Figura 30a. Na segunda campanha de amostragem também foram observadas colônias sem forma definida, entretanto, o tamanho das colônias em algumas placas (principalmente nas que foram utilizadas na coleta realizada no ambiente externo) foi menor, enquanto o número de colônias observado foi maior (Figura 30b).

Figura 30 – Demonstração de colônias sem forma definida na primeira e na segunda campanha de amostragem, respectivamente.



a) Colônias grandes espalhadas pela placa com meio PCA.

b) Colônias pequenas na placa com meio PCA.

Fonte: Elaborada pela autora.

Outras formas observadas, em ambas as campanhas de amostragem, foram colônias circulares, circulares com borda ondulada, ramificadas e irregulares. As estruturas granular, friável e filiforme e o perfil reto eram características de todas as

colônias analisadas. Os bordos predominantes foram liso, ondulado e lobado (com muitas curvas). Na Figura 31 podem ser observadas algumas dessas características, que indicam a grande diversidade de bactérias presentes no ar dos ambientes da cooperativa.

Figura 31 – Características macroscópicas observadas nas colônias de bactérias anteriormente ao isolamento.



a) Colônias circulares, com bordos lisos e ondulados.

b) Colônias circulares, irregulares com bordos lobados e ondulados.

Fonte: Elaborada pela autora.

No Quadro 2 são apresentadas as características das colônias de bactérias que foram isoladas das placas das coletas realizadas nos dias 14 (isolados 1-1 a 1-15) e 17 de agosto (isolados 1-A a 1-O) nos ambientes interno e externo de maneira geral. A cor branca foi predominante entre os isolados, enquanto a textura lisa foi observada em todas as bactérias analisadas.

Quadro 2 – Características das bactérias da primeira campanha de amostragem posteriormente ao isolamento.

<b>Isolado</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Gram</b>	<b>Forma/Arranjo</b>
1-1	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
1-2	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-3	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-4	Externo	Branca	Lisa	+	Cocobacilos
1-5	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-6	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-7	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-8	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-9	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-10	Externo	Amarela	Lisa	+	Cocos, estafilococos
1-11	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-12	Externo	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
1-13	Externo	Branca	Lisa	-	Bacilos
1-14	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
1-15	Externo	Bege	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
1-A	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-B	Externo	Branca	Lisa	+	Cocos, estafilococos
1-C	Externo	Amarela	Lisa	-	Cocos
1-D	Externo	Branca	Lisa	-	Cocos, estafilococos
1-E	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, diplobacilos
1-F	Externo	Amarela	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
1-G	Externo	Bege	Lisa	-	Cocos, estafilococos
1-H	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos
1-I	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-J	Interno	Branca	Lisa	+	Estreptobacilos
1-K	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos
1-L	Externo	Salmão	Lisa	+	Bacilos compridos
1-M	Externo	Branca	Lisa	+	Cocos, estafilococos
1-N	Interno	Branca	Lisa	+	Cocobacilos
1-O	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos

Fonte: Elaborada pela autora.

As características das bactérias que foram isoladas a partir das colônias presentes nas placas das coletas dos dias 03 (isolados 2-1 a 2-13) e 05 de outubro (isolados 2-A a 2-N) podem ser observadas no Quadro 3. A cor branca novamente foi predominante entre os isolados, enquanto a textura lisa foi observada em todas as colônias de bactérias analisadas. Visualmente, essa foi a campanha com a maior diversidade de colônias de bactérias.

Quadro 3 – Características das bactérias da segunda campanha de amostragem posteriormente ao isolamento.

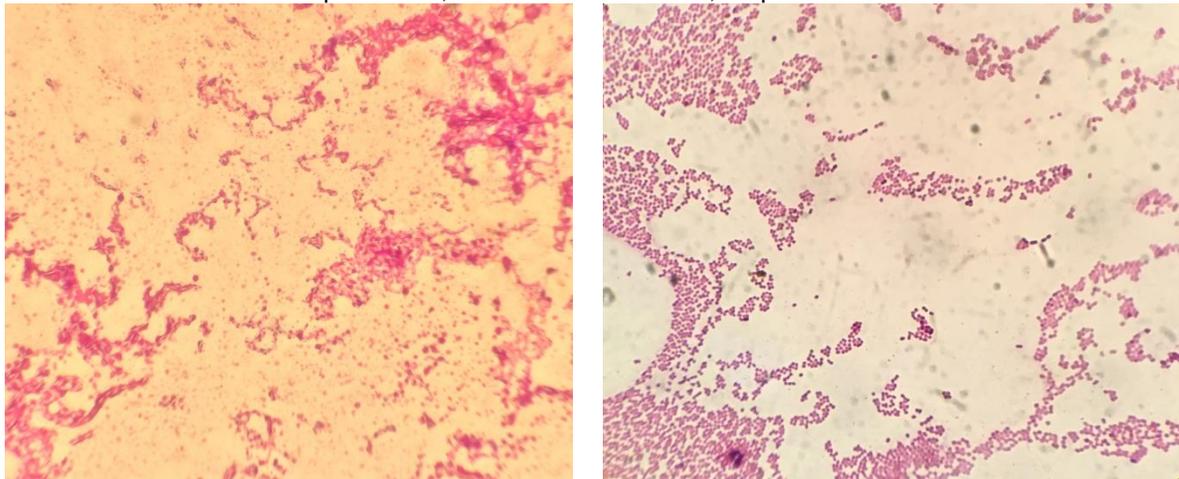
<b>Isolado</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Gram</b>	<b>Forma/Arranjo</b>
2-1	Interno	Bege	Lisa	-	Cocos, estafilococos
2-2	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-3	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos
2-4	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-5	Interno	Branca	Lisa	-	Cocos, estreptobacilos
2-6	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-7	Externo	Branca	Lisa	+	Cocos, estafilococos
2-8	Externo	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
2-9	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos compridos
2-10	Interno	Amarela	Lisa	+	Cocos, diplococos
2-11	Interno	Bege	Lisa	+	Bacilos
2-12	Externo	Bege	Lisa	+	Cocos, estafilococos
2-13	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-A	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-B	Interno	Branca	Lisa	-	Cocos, estafilococos
2-C	Externo	Amarela	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-D	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
2-E	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos, diplobacilos
2-F	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, diplobacilos
2-G	Interno	Branca	Lisa	-	Bacilos, estreptobacilos
2-H	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-I	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-J	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-K	Externo	Branca	Lisa	+	Bacilos, diplobacilos
2-L	Interno	Branca	Lisa	-	Cocos, estafilococos
2-M	Interno	Branca	Lisa	+	Bacilos, estreptobacilos
2-N	Externo	Branca	Lisa	+	Cocos, estafilococos

Fonte: Elaborada pela autora.

Dentre as 30 colônias de bactérias isoladas da primeira campanha de amostragem (Quadro 2), somente 9 apresentam-se como Gram-negativas, sendo 3 do ambiente interno (1-1, 1-14 e 1-H) com formas de bacilos e arranjos de estreptobacilos, com exceção do isolado 1-H para o arranjo.

Na Figura 32 podem ser observadas as aparências microscópicas dos isolados gram-negativos 1-14 e 1-D, provenientes das coletas nos ambientes interno e externo, respectivamente.

Figura 32 – Isolados 1-14 e 1-D, mostrando bactérias Gram-negativas arranjadas em bacilos e estreptobacilos, cocos e estafilococos, respectivamente.



a) Isolado 1-14

b) Isolado 1-D

Fonte: Elaborada pela autora.

Com relação às 27 colônias isoladas da segunda campanha de amostragem (Quadro 3), 9 apresentaram-se como Gram-negativas. Dentre elas, 8 são provenientes das coletas realizadas nos ambientes internos e podem ser classificadas morfolologicamente quanto à forma em cocos (2-1, 2-5, 2-B e 2-L) e bacilos (2-9, 2-D, 2-E, 2-G) e quanto ao arranjo em estafilococos, estreptobacilos e diplobacilos.

Segundo Jensen e Schafer (1994), ambientes internos em que são registrados altos índices de bactérias Gram-negativas são uma indicação da presença de uma fonte de contaminação que necessita de identificação e eliminação. Além disso, as bactérias Gram-negativas podem ser fontes de toxinas que podem estar associadas com a STPO e com outros efeitos adversos à saúde como sintomas e respostas inflamatórias nas vias respiratórias, sendo consideradas as de maior preocupação para a saúde (BECHER; LICHTNECKER, 2002; CHEN; HILDEMANN, 2009). Neste trabalho, o número encontrado foi baixo em comparação as Gram-positivas para ambas as campanhas de amostragem, o que mostra uma menor probabilidade de uma fonte de contaminação e baixa perspectiva de ocorrência de problemas de saúde nos trabalhadores causados por bactérias Gram-negativas.

Das 30 colônias analisadas na primeira campanha (Quadro 2), 21 foram classificadas como Gram-positivas, sendo 9 do ambiente interno (1-2, 1-6, 1-9, 1-11, 1-

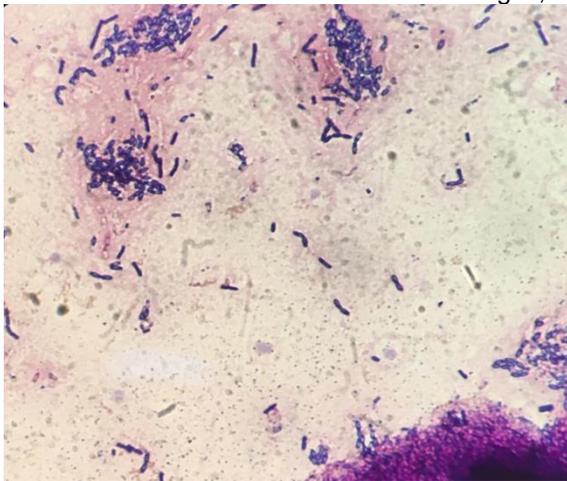
E, 1-I, 1-J, 1-N, 1-O) e podem ser classificadas quanto à forma em bacilos e quanto ao arranjo em diplobacilos, cocobacilos e estreptobacilos.

Para a segunda campanha de amostragem, 18 colônias de bactérias das 27 estudadas foram classificadas como Gram-positivas, sendo 10 das coletas realizadas nos ambientes internos com formas de cocos e bacilos e arranjos de estreptobacilos (2-2, 2-4, 2-13, 2-A, 2-H, 2-J, 2-M) e diplococos (2-10).

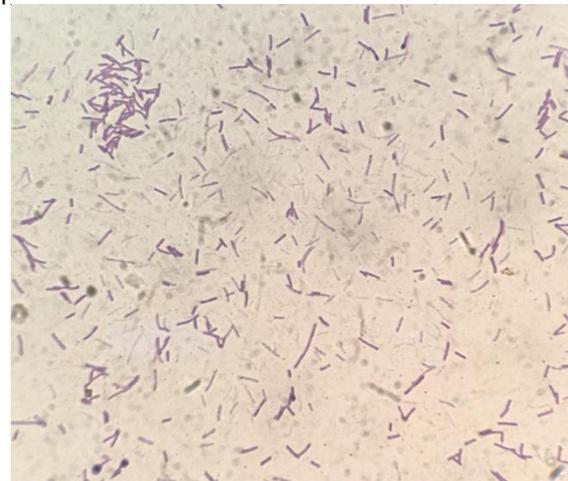
Os baixos índices encontrados para as bactérias Gram-positivas na forma de cocos e arranjo de estafilococos são pontos positivos, uma vez que Jensen e Schafer (1994) relatam que a detecção de altos índices de cocos Gram-positivos indica a presença de um excesso de pessoas e ventilação inadequada do ar interior. A ANVISA relata que os estafilococos são resistentes no meio ambiente e, mesmo com a existência de antimicrobianos, esse “microrganismo continua a ser um dos mais importantes patógenos para o homem” (ANVISA, 2004).

Na Figura 33 são mostradas as aparências microscópicas de dois isolados Gram-positivos com morfologia distintas de bacilo, 1-E e 1-L, provenientes das coletas nos ambientes interno e externo, respectivamente.

Figura 33 – Isolados 1-E e 1-L, mostrando bactérias Gram-positivas arranjadas em diplobacilos e bacilos mais longos, respectivamente.



a) Isolado 1-E



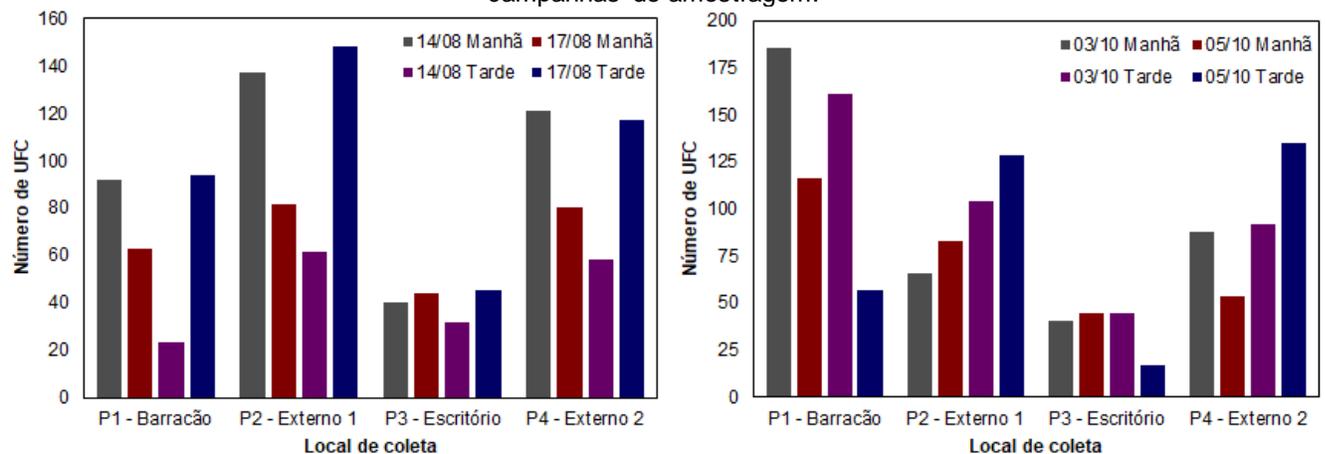
b) Isolado 1-L

Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.3.2 Fungos

Na Figura 34 observa-se o número de UFC de fungos para a primeira e a segunda campanha de amostragem em todos os dias de coleta, considerando-se os períodos do dia como parâmetro de comparação.

Figura 34 – Número de UFC de fungos em cada ambiente de coleta e em cada período para ambas as campanhas de amostragem.



a) 14 e 17 de agosto

b) 03 e 05 de outubro

Fonte: Elaborada pela autora.

No interior do barracão (Figura 34a) observa-se que houve maior crescimento de UFC de fungos, embora com valores bem próximos, na coleta da manhã do dia 14 e na tarde do dia 17 de agosto. Em todos os ambientes houve maior crescimento de colônias nas placas amostrais da coleta realizada no dia 17 à tarde, com exceção do externo 2, onde o maior valor foi na coleta da manhã do dia 14.

Constata-se a diminuição nos números de colônias do dia 14 para o dia 17 quando comparados os períodos da manhã no barracão e nos ambientes externo 1 e 2, e o oposto para as tardes, isto é, maiores valores para o segundo dia de amostragem, mas em todos os ambientes. No escritório, observa-se que houve maior crescimento de UFC nas placas amostradas durante a manhã e à tarde do dia 17.

Analisando a Figura 34b pode-se perceber que o maior número de colônias foi de 185,0 UFC registrado no barracão na manhã do dia 03 de outubro. Houve redução nos valores comparando-se a manhã dos dias 03 e 05 e a tarde dos mesmos dias nesse ambiente. No ambiente externo 1, nota-se que os números mais altos de UFC foram

contados nas placas das coletas realizadas na manhã e na tarde do dia 05. No escritório os valores mais elevados correspondem à tarde do dia 03 e à manhã do dia 05. No ambiente externo 2 houve redução nos valores comparando-se o período da manhã e aumento quando comparado o período da tarde dos dias 03 e 05.

Na Tabela 27 são apresentadas as concentrações de fungos (UFC.m<sup>-3</sup>), suas médias, medianas e desvios padrões para a primeira campanha de amostragem.

Tabela 27 – Análise estatística descritiva dos fungos (UFC.m<sup>-3</sup>) para as coletas da primeira campanha de amostragem.

Turno	Local	N° da placa	Coleta 1 – 14/08				Coleta 2 – 17/08			
			UFC.m <sup>-3</sup>	M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	UFC.m <sup>-3</sup>	M1	M2	DP
Manhã	P1 <sup>a</sup>	1	826,1				547,8			
		2	695,7	800,0	826,1	94,1	591,3	544,9	547,8	47,9
		3	878,3				495,7			
	P2 <sup>b</sup>	4	1.243,5				652,2			
		5	1.191,3	1.191,3	1.191,3	52,2	739,1	710,1	739,1	50,2
		6	1.139,1				739,1			
	P3 <sup>c</sup>	7	304,3				347,8			
		8	417,4	347,8	321,7	60,9	417,4	382,6	382,6	34,8
		9	321,7				382,6			
	P4 <sup>d</sup>	10	1.087,0				713,0			
		11	1.104,3	1.055,1	1.087,0	70,8	730,4	698,6	713,0	41,1
		12	973,9				652,2			
Tarde	P1	13	173,9				843,5			
		14	295,7	202,9	173,9	82,2	808,7	817,4	808,7	23,0
		15	139,1				800,0			
	P2	16	487,0				1.347,8			
		17	626,1	536,2	495,7	77,9	1.208,7	1.287,0	1.304,3	71,2
		18	495,7				1.304,3			
	P3	19	234,8				460,9			
		20	287,0	278,3	287,0	39,8	408,7	394,2	408,7	75,0
		21	313,0				313,0			
	P4	22	460,9				1.017,4			
		23	530,4	504,3	521,7	37,9	930,4	1.020,3	1.017,4	91,3
		24	521,7				1.113,0			

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 28 podem ser observadas as concentrações de fungos (UFC.m<sup>-3</sup>), suas médias, medianas e desvios padrões para a segunda campanha de amostragem.

Tabela 28 – Análise estatística descritiva dos fungos (UFC.m<sup>-3</sup>) para as coletas da segunda campanha de amostragem.

Turno	Local	N° da placa	Coleta 1 – 03/10			Coleta 2 – 05/10				
			UFC.m <sup>-3</sup>	M1 <sup>e</sup>	M2 <sup>f</sup>	DP <sup>g</sup>	UFC.m <sup>-3</sup>	M1	M2	DP
Manhã	P1 <sup>a</sup>	1	1.408,7				921,7			
		2	1.617,4	1.611,6	1.617,4	200,1	1.078,3	1.008,7	1.026,1	79,7
		3	1.808,7				1.026,1			
	P2 <sup>b</sup>	4	582,6				765,2			
		5	521,7	571,0	582,6	44,6	800,0	724,6	765,2	101,9
		6	608,7				608,7			
	P3 <sup>c</sup>	7	304,3				330,4			
		8	339,1	356,5	339,1	62,7	417,4	391,3	417,4	52,9
		9	426,1				426,1			
	P4 <sup>d</sup>	10	713,0				556,5			
		11	713,0	765,2	713,0	90,4	469,6	466,7	469,6	91,3
		12	869,6				373,9			
Tarde	P1	13	1.695,7				434,8			
		14	1.408,7	1.402,9	1.408,7	295,7	565,2	492,8	478,3	66,4
		15	1.104,3				478,3			
	P2	16	887,0				1.347,8			
		17	973,9	907,2	887,0	59,2	887,0	1.121,7	1.130,4	230,6
		18	860,9				1.130,4			
	P3	19	478,3				165,2			
		20	417,4	391,3	417,4	102,5	104,3	144,9	165,2	35,1
		21	278,3				165,2			
	P4	22	904,3				939,1			
		23	773,9	797,1	773,9	97,7	1.356,5	1.173,9	1.226,1	213,5
		24	713,0				1.226,1			

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>M1 = média; <sup>f</sup>M2 = mediana; <sup>g</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

A Resolução ANVISA nº 09/03 estabelece o valor máximo recomendável (VMR) de 750,0 UFC.m<sup>-3</sup> para fungos em ambientes internos. Analisando os dados da Tabela 27, observa-se que na coleta realizada no dia 14, houve o registro de valores superiores a essa concentração em três locais durante o período da manhã: barracão, ambiente

externo 1 e ambiente externo 2. As concentrações também foram superiores ao VMR nos mesmos locais na coleta do dia 17, mas para o período da tarde.

Observam-se valores superiores ao VMR de 750,0 UFC.m<sup>-3</sup> no barracão e no ambiente externo 2 no período da manhã, quando analisado o dia 03 de outubro (Tabela 28). Para o período da tarde os valores superiores ocorreram no barracão e nos ambientes externos 1 e 2. Para o dia 05 o local com concentração de fungos que excedeu o VMR durante a manhã foi o barracão e a tarde isso ocorreu nos ambientes externos 1 e 2.

Segundo Camacho (2007) a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam na concentração de fungos. De maneira geral, os maiores valores para esporos de fungos presentes no ar são registrados conforme a temperatura aumenta no decorrer do dia, reduzindo à medida que anoitece e a temperatura diminui. Entretanto, não foi registrado comportamento condizente com a afirmação da autora no que diz respeito à temperatura.

A autora ainda reporta uma correlação significativa entre a concentração de fungos e a umidade baseada em estudos de Ghosh et al. (2004), principalmente quando a umidade é maior que 65,0%. A umidade relativa do ar tem se mostrado capaz de causar efeitos significativos na liberação de esporos e partículas de estruturas fúngicas com as quais as superfícies estão infestadas, pois esse processo requer água (CAMACHO, 2007; FRANKEL et al., 2012). Assim, espera-se que maiores concentrações de fungos sejam observadas posteriormente à ocorrência de chuva ou nevoeiro (CAMACHO, 2007). Esse comportamento foi observado na tarde do dia 17 em todos os ambientes, porém, durante a manhã houve decréscimo nas concentrações de fungos no barracão e nos ambientes externos 1 e 2 comparando-se os dias 14 e 17.

Ncube e colaboradores (2017) encontraram resultados que variaram de 2.800,0 a 68.000,0 UFC.m<sup>-3</sup> para a concentração de fungos nos locais amostrados referentes ao trabalho de coletores e varredores de resíduos, incluindo a cabine dos caminhões e em operações realizadas em um aterro sanitário.

Fernandes (2014) apresentou resultados entre 270,0 a 1.310,0 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente externo e de 320,0 a 1.400,0 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente interno de uma biblioteca, havendo maior tendência de crescimento no período da tarde, assim como o observado

neste estudo em todos os locais de amostragem para o dia 17 de agosto, nos externos 1 e 2 e no escritório para o dia 03 de outubro e nos externos 1 e 2 para o dia 05 de outubro.

Quadros (2008) ao estudar ambientes de um hospital relata que nenhum dos valores ultrapassou o VMR de 750,0 UFC.m<sup>-3</sup>, sendo que os maiores foram cerca de 350,0 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente interno e 730,0 UFC.m<sup>-3</sup> no ambiente externo para o período da tarde.

Na Tabela 29 podem ser observados os dados referentes à análise estatística descritiva feita para as concentrações de fungos para cada local e considerando as campanhas de amostragem de maneira geral, sem separação em dias e períodos. Nota-se que no barracão e no ambiente externo 2 os maiores valores de concentração foram registrados na primavera, enquanto no ambiente externo 1 e no escritório foi no inverno.

Tabela 29 – Análise estatística descritiva da concentração de fungos (UFC.m<sup>-3</sup>) para as campanhas de amostragem do inverno e da primavera.

Local	Inverno			Primavera		
	Média	Mediana	DP <sup>e</sup>	Média	Mediana	DP
<b>P1<sup>a</sup></b>	591,3	643,5	266,3	1.129,0	1.091,3	472,7
<b>P2<sup>b</sup></b>	931,2	939,1	334,4	831,2	830,4	242,3
<b>P3<sup>c</sup></b>	354,2	347,8	68,7	321,0	334,8	121,9
<b>P4<sup>d</sup></b>	779,1	721,7	246,6	800,7	743,5	286,0

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2; <sup>e</sup>DP = desvio padrão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Frankel e colaboradores (2012), ao estudarem as concentrações de bioaerossóis em cada uma das estações do ano, encontram valores elevados de fungos na primavera e no verão e valores baixos no outono e no inverno em ambientes internos de casas. Os autores ainda reportam correlação positiva entre as concentrações interiores de fungos com temperatura e umidade. Entretanto, em outro estudo realizado em residências, os maiores valores foram registrados pela manhã e no início do inverno na Finlândia (HYVARINEN et al., 2001).

Os dados relativos à relação I/E, isto é, à concentração de fungos presentes no ar interno e no ar externo são apresentados na Tabela 30 para ambas as campanhas de amostragem. A Resolução ANVISA nº 09/03 estabelece valores menores ou iguais a 1,50 para essa relação, “mesmo que os dois resultados relacionados sejam inferiores ao limite

máximo permitido” de 750 UFC.m<sup>-3</sup>, de acordo com Nunes (2005). Isso tem associação com o fato “de que valores muito elevados de I/E indicam a presença de fontes poluidoras no interior do prédio, que devem ser pesquisadas” (NUNES, 2005). Neste trabalho tem-se fontes poluidoras nos ambientes internos e externos, pois ambos são influenciados pela presença de resíduos.

Em todos os locais em ambos os dias da primeira campanha de amostragem se observam valores menores que 1,50. Os maiores valores são 0,67 e 0,77 observados no primeiro ponto de coleta pela manhã (no interior do barracão e no ambiente externo) nos dois dias de amostragem. Os menores valores de I/E foram registrados na coleta feita no escritório e no pátio (ambiente exterior) de manhã em 14 de agosto (0,33) e a tarde em 17 de agosto (0,39).

Analisando os dados do dia 03 de outubro, percebe-se que foram registrados dois valores superiores ao limite de 1,50, um na primeira coleta realizada pela manhã (2,82) que pode ser explicada pela movimentação de *big bags* de resíduos dentro do próprio barracão e outro para a primeira coleta do período da tarde (1,55), quando os catadores trabalhavam normalmente na segregação e processamento dos resíduos. Para o dia 05 todos os valores se encontram abaixo do limite recomendável, sendo o valor mais próximo (de 1,39) registrado para a relação entre as coletas realizadas no barracão e no externo 1 pela manhã.

Tabela 30 – Relação I/E para os fungos considerando as coletas realizadas em cada ambiente para ambas as campanhas de amostragem.

Turno	Local	Coleta 1 – 14/08		Coleta 2 – 17/08		Coleta 3 – 03/10		Coleta 4 – 05/10	
		Média de UFC.m <sup>-3</sup>	I/E						
Manhã	P1 <sup>a</sup>	800,0		544,9		1.611,6		1.008,7	
	P2 <sup>b</sup>	1.191,3	0,67	710,1	0,77	571,0	2,82	724,6	1,39
	P3 <sup>c</sup>	347,8		382,6		356,5		391,3	
	P4 <sup>d</sup>	1.055,1	0,33	698,6	0,55	765,2	0,47	466,7	0,84
Tarde	P1	202,9		817,4		1.402,9		492,8	
	P2	536,2	0,38	1.287,0	0,64	907,2	1,55	1.121,7	0,44
	P3	278,3		394,2		391,3		144,9	
	P4	504,3	0,55	1.020,3	0,39	797,1	0,49	1.173,9	0,12

<sup>a</sup>P1 = barracão; <sup>b</sup>P2 = externo 1; <sup>c</sup>P3 = escritório; <sup>d</sup>P4 = externo 2.

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim como para as bactérias, foi organizada outra tabela com o intuito de observar os dados da relação I/E sob outra perspectiva, isto é, considerando a média dos dias e dos ambientes de amostragem de maneira geral (Tabela 31). Constata-se que os valores dessa relação são menores que 1,50, se apresentando dentro do limite considerado aceitável pela Resolução ANVISA nº 09/03. O maior valor foi registrado no dia 17 de agosto comparando-se somente a primeira campanha de amostragem, diferentemente do observado para as bactérias, que o maior valor foi em 14 de agosto. Os valores para a segunda campanha de amostragem também se encontram dentro do limite recomendado, sendo o maior valor no dia 03 de outubro (1,24).

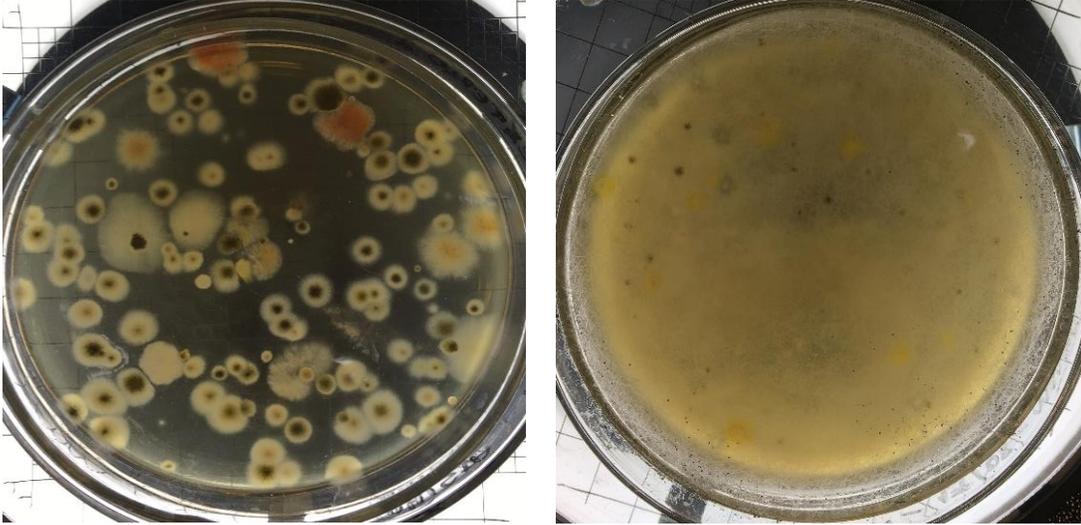
Tabela 31 – Relação I/E para os fungos considerando os dias de amostragem.

Data	Média de UFC.m <sup>-3</sup>		I/E
	Interno	Externo	
14/08	407,3	821,7	0,50
17/08	534,8	929,0	0,58
03/10	940,6	760,1	1,24
05/10	509,4	871,7	0,58

Fonte: Elaborada pela autora.

Os fungos também foram caracterizados macroscopicamente em todas as placas amostrais. Constatou-se a presença de colônias de fungos de cores e tamanhos variados, com bordos lisos e irregulares, aspectos aveludados, algodonosos e pulverulentos em todas as coletas de ambas as campanhas. Nas placas do ambiente interno foi observada a presença de colônias de fungos com muitos esporos e algodonosas que se espalharam por todo o meio SDA. Essas características podem ser observadas de maneira geral na Figura 35 e indicam a diversidade de fungos em suspensão no ar dos ambientes estudados. Assim, os trabalhadores estão expostos a variadas espécies de fungos, que podem causar doenças e influenciar negativamente na saúde.

Figura 35 – Colônias de fungos observadas nas placas de Petri anteriormente ao isolamento.



Fonte: Elaborada pela autora.

As características dos fungos que foram isolados a partir das colônias presentes nas placas das coletas realizadas nos dias 14 (isolados 1-1 a 1-14) e 17 de agosto (isolados 1-A até 1-L) nos ambientes internos e externos de maneira geral são mostradas no Quadro 4. Dentre os 26 isolados nota-se a presença de cores diversas e aspectos aveludados, algodonosos, cotonosos, rugosos, lisos, rugosos e com sulcos, além da observação de filamentos em dois isolados (1-13 e 1-K). Os isolados com textura lisa (1-4, 1-6, 1-8, 1-G e 1-L) foram caracterizados como leveduras ao serem observados ao microscópio (Figura 36).

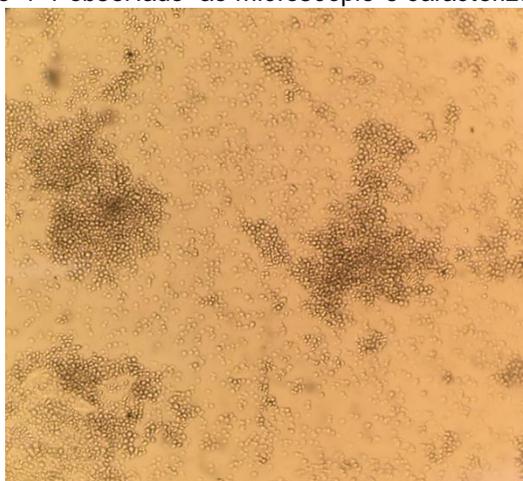
No Quadro 5 são apresentadas as características das colônias de fungos que foram isoladas a partir das placas das coletas realizadas nos dias 03 (isolados 2-1 a 2-10) e 05 de outubro (isolados 2-A até 2-L). Dentre os 21 isolados para a segunda campanha de amostragem também se percebe a presença de cores variadas e aspectos aveludados, algodonosos, cotonosos, lisos, rugosos e com sulcos, além de pulverulentos. Os isolados com textura lisa (2-1, 2-E, 2-F e 2-G) foram caracterizados como leveduras.

Quadro 4 – Características dos fungos da primeira campanha de amostragem posteriormente ao isolamento.

<b>Isolado</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Cor</b>	<b>Aspecto/Textura</b>
1-1	Externo	Marrom	Algodonosa
1-2	Externo	Verde	Rugosa e com sulcos
1-3	Interno	Branca e contorno rosa	Cotonosa/Aveludada
1-4	Interno	Salmão claro	Lisa
1-5	Interno	Branca	Aveludada
1-6	Interno	Bege	Lisa
1-7	Interno	Branca	Aveludada
1-8	Externo	Salmão escuro	Lisa
1-9	Externo	Marrom	Aveludada
1-10	Externo	Marrom	Aveludada
1-11	Externo	Branca	Cotonosa
1-12	Externo	Amarela e contorno vermelho	Rugosa e com sulcos
1-13	Interno	Marrom	Filamentosa
1-14	Interno	Branca	Rugosa
1-A	Externo	Marrom claro e contorno verde escuro	Cotonosa
1-B	Externo	Verde	Rugosa e com sulcos
1-C	Interno	Branca	Rugosa
1-D	Interno	Branca com laranja	Rugosa e com sulcos
1-E	Interno	Branca	Algodonosa
1-F	Externo	Verde	Aveludada
1-G	Interno	Branca	Lisa
1-H	Interno	Verde com branco	Aveludada
1-I	Externo	Marrom escuro	Rugosa e com sulcos
1-J	Externo	Branca	Algodonosa
1-K	Externo	Branca	Filamentosa
1-L	Externo	Creme	Lisa

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 36 – Isolado 1-4 observado ao microscópio e caracterizado como levedura.



Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 5 – Características dos fungos da segunda campanha de amostragem posteriormente ao isolamento.

<b>Isolado</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Cor</b>	<b>Aspecto/Textura</b>
2-1	Externo	Salmão	Lisa
2-2	Interno	Verde	Aveludada
2-3	Interno	Verde musgo	Aveludada
2-4	Interno	Branca com verde	Rugosa e com sulcos/Aveludada
2-5	Externo	Branca	Algodonosa
2-6	Interno	Preta	Pulverulenta
2-7	Interno	Branca	Cotonosa
2-8	Interno	Branca	Algoonosa
2-9	Interno	Verde	Rugosa e com sulcos
2-10	Interno	Branca	Algodonosa
2-A	Externo	Branca	Algodonosa
2-B	Externo	Branca	Algodonosa
2-C	Externo	Branca com verde	Rugosa e com sulcos/Aveludada
2-D	Interno	Verde claro	Seca
2-E	Externo	Branca	Lisa
2-F	Interno	Bege	Lisa
2-G	Interno	Rosa claro	Lisa
2-H	Interno	Branca com vermelha	Algodonosa
2-I	Externo	Branca	Algodonosa
2-J	Interno	Branca	Cotonosa
2-K	Externo	Preta	Cotonosa/Pulverulenta
2-L	Externo	Branca	Cotonosa

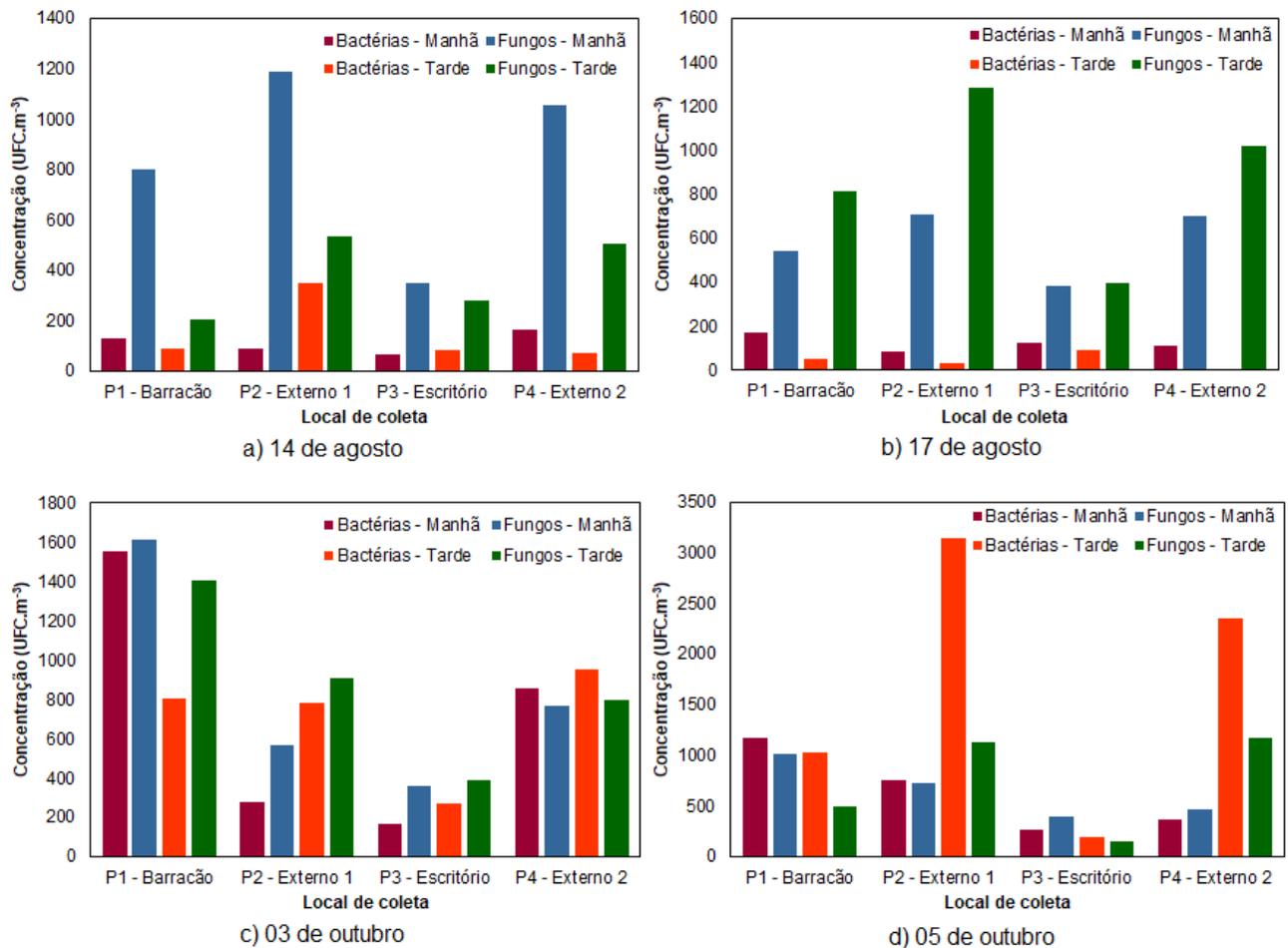
Fonte: Elaborada pela autora.

A identificação em nível de gênero dos fungos está prevista para ser feita em trabalhos posteriores.

### 5.3.3 Comparação entre Fungos e Bactérias

Na Figura 37 podem ser observados os dados referentes à concentração de fungos e bactérias (UFC.m<sup>-3</sup>) em cada ambiente de coleta e em cada período do dia para ambas as campanhas de amostragem.

Figura 37 – Comparação entre a concentração de bactérias e fungos em cada ambiente e em cada período do dia para ambas as campanhas de amostragem.



Fonte: Elaborada pela autora.

Constata-se que a concentração de fungos foi maior que a de bactérias em todos os locais analisados para os dias 14 e 17 de agosto (Figura 37a e 37b). Enquanto os valores da concentração de bactérias não ultrapassaram os 400,0 UFC.m<sup>-3</sup>, as médias de concentração para os fungos atingiram mais de 1.000,0 UFC.m<sup>-3</sup> nos ambientes externos 1 e 2 no período da manhã do dia 14 e durante a tarde do dia 17.

Para a segunda campanha de amostragem (Figura 37c e 37d) as concentrações atingiram valores mais próximos, sendo observados diversos valores maiores que 1.000,0 UFC.m<sup>-3</sup> para ambos os microrganismos. Analisando a Figura 37c nota-se que as concentrações de fungos foram mais elevadas em comparação às bactérias no barracão, no externo 1 e no escritório em ambos os períodos do dia 03 de outubro. No

ambiente externo 2, entretanto, os maiores valores registrados foram para as bactérias tanto pela manhã quanto à tarde.

Para o dia 05 (Figura 37d) os valores médios mais elevados de concentração foram observados para as bactérias no barracão e no ambiente externo 1, sendo que nesse local houve a ocorrência de um pico de mais de 3.000,0 UFC.m<sup>-3</sup> durante a coleta da tarde. No escritório e no externo 2 houve maior concentração de fungos pela manhã e de bactérias à tarde, mas os valores registrados foram bem diferentes. No primeiro local os valores não excederam os 500,0 UFC.m<sup>-3</sup> para ambos os microrganismos e para os dois períodos do dia. No externo 2 notam-se dois picos de concentração: um de cerca de 2.300,0 UFC.m<sup>-3</sup> para as bactérias e outro de 1.100,0 UFC.m<sup>-3</sup> para os fungos.

Conforme relatado anteriormente, a grande maioria dos trabalhos disponíveis na literatura sobre a presença de bioaerossóis em atividades de gerenciamento de resíduos sólidos se concentra no trabalho dos coletores de materiais. Ncube e colaboradores (2017), por exemplo, encontraram resultados superiores para a concentração de fungos em comparação às bactérias Gram-negativas em todos os locais amostrados referentes ao trabalho de coletores e varredores de resíduos. Eles ainda citam que, de acordo com estudos disponíveis nessa área, os valores médios típicos encontrados variam entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>6</sup> UFC.m<sup>-3</sup> para esses microrganismos.

Lavoie e colaboradores (2006) estudaram a exposição de coletores de diversos tipos de resíduos no Canadá à aerossóis de bactérias e fungos. Os resultados encontrados mostram concentrações que variaram de 4.800,0 a 10.400,0 UFC.m<sup>-3</sup> para bactérias e de 4.800,0 a 57.400,0 UFC.m<sup>-3</sup> para fungos em cenários de exposição a resíduos recicláveis. Lavoie e Guertin (2001), por sua vez, obtiveram resultados que variaram entre 150,0 e 21.900,0 UFC.m<sup>-3</sup> para bactérias e de 10,0 a 19.210,0 UFC.m<sup>-3</sup> para fungos em usinas de reciclagem. Park e colaboradores (2013) encontraram resultados médios de concentração de 16.600,0 UFC.m<sup>-3</sup> para bactérias e 18.600,0 UFC.m<sup>-3</sup> para fungos ao analisarem o trabalho de manuseio de resíduos na Coreia do Sul.

Em geral, esses trabalhos apresentaram valores superiores para fungos, com exceção do estudo de Lavoie e Guertin (2001). Entretanto, as concentrações foram muito superiores as encontradas no presente estudo. No entanto, todos os autores utilizaram

amostradores específicos como impactadores de ar em meio sólido de ágar ou por meio da filtração do ar em filtros de policarbonato ou fibra de vidro, diferentemente do utilizado neste trabalho (LAVOIE; GUERTIN, 2001; LAVOIE et al., 2006; PARK et al., 2013; NCUBE et al., 2017). Além disso, espera-se que muitas bactérias, principalmente as Gram-negativas, morram rapidamente ao se transformar em bioaerossóis (LAVOIE et al., 2006). Assim, os resultados encontrados no presente estudo podem ser menores do que as concentrações a que os trabalhadores podem estar expostos durante seu trabalho.

Caldeira e colaboradores (2012) afirmam que a baixa concentração de microrganismos presentes no ar, por si só, não indica um ambiente limpo e saudável. Mesmo que os valores encontrados tenham sido menores que as concentrações reportadas na literatura para o trabalho com resíduos sólidos, os catadores da cooperativa estudada estão expostos a valores superiores aos recomendáveis pelas legislações analisadas.

As análises de correlação para cada ambiente de coleta estão expostas nas Tabelas 32, 33, 34 e 35. Observam-se correlações significativas no barracão entre os valores de concentração de bactérias e as variáveis meteorológicas na primavera, sendo negativa com a temperatura e positiva com a umidade relativa. Esse comportamento também foi registrado para fungos no inverno, sendo negativa a correlação com a temperatura e positiva com a umidade, conforme pode ser visualizado na Tabela 32. Assim, há a tendência de aumento da concentração de bactérias e fungos com a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa. Emygdio (2016), por sua vez, encontrou correlações positivas entre fungos e temperatura e tanto positivas quanto negativas entre fungos e umidade relativa, dependendo de seu gênero.

Tabela 32 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no barracão para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>	<b>T</b>	<b>UR</b>
<b>Inverno</b>	<b>Bactérias</b>	1,00			
<b>Primavera</b>		1,00			
<b>Inverno</b>	<b>Fungos</b>	-0,07	1,00		
<b>Primavera</b>		0,28	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>T</b>	-0,37	-0,80	1,00	
<b>Primavera</b>		-0,89	-0,44	1,00	
<b>Inverno</b>	<b>UR</b>	0,33	0,78	-0,97	1,00
<b>Primavera</b>		0,91	0,49	-0,66	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Pode-se perceber que as correlações significativas entre bactérias e fungos no ambiente externo 1 ocorreram em ambas as campanhas de amostragem, com valor negativo para o inverno e positivo para a primavera (Tabela 33).

Tabela 33 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 1 para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>
<b>Inverno</b>	<b>Bactérias</b>	1,00	
<b>Primavera</b>		1,00	
<b>Inverno</b>	<b>Fungos</b>	-0,73	1,00
<b>Primavera</b>		0,80	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 34 nota-se que foram registradas correlações significativas negativas entre fungos e temperatura em ambas as campanhas de amostragem no escritório. Entre fungos e umidade relativa, a correlação foi forte no inverno e fraca na primavera, ambas positivas. Analisando as bactérias e as variáveis meteorológicas, os valores variaram entre muito fracos, fracos e moderados.

Tabela 34 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no escritório para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>	<b>T</b>	<b>UR</b>
<b>Inverno</b>	<b>Bactérias</b>	1,00			
<b>Primavera</b>		1,00			
<b>Inverno</b>	<b>Fungos</b>	0,28	1,00		
<b>Primavera</b>		0,32	1,00		
<b>Inverno</b>	<b>T</b>	-0,36	-0,70	1,00	
<b>Primavera</b>		-0,01	-0,78	1,00	
<b>Inverno</b>	<b>UR</b>	0,32	0,71	-0,96	1,00
<b>Primavera</b>		-0,43	0,19	-0,26	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Analisando a Tabela 35 constata-se que a correlação positiva mais significativa no ambiente externo 2 foi entre bactérias e fungos para a coleta da primavera.

Tabela 35 – Análise de correlação entre as variáveis medidas no ambiente externo 2 para ambas as campanhas de amostragem.

		<b>Bactérias</b>	<b>Fungos</b>
<b>Inverno</b>	<b>Bactérias</b>	1,00	
<b>Primavera</b>		1,00	
<b>Inverno</b>	<b>Fungos</b>	0,40	1,00
<b>Primavera</b>		0,79	1,00

Fonte: Elaborada pela autora.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que houve muita variabilidade entre as concentrações de material particulado e bioaerossóis, não sendo observado um comportamento similar entre os poluentes no que diz respeito aos locais e aos períodos do dia com maiores valores de concentração. A diversidade de atividades realizadas que promovem a geração de partículas é responsável por essa grande variabilidade.

Para a concentração em número, os maiores valores foram registrados para os menores diâmetros, enquanto para a concentração em massa foram para os maiores tamanhos de material particulado. Para o NP<sub>0,3</sub> e o MP<sub>1,0</sub> as concentrações foram mais altas no inverno para o barracão e os ambientes externos 1 e 2, e na primavera para o escritório. Para o NP<sub>0,5</sub> e o MP<sub>2,5</sub> isso ocorreu na primavera para o barracão, o externo 1 e o escritório, e no inverno para o externo 2. Para o NP<sub>1,0</sub>, o NP<sub>2,5</sub>, o MP<sub>4,0</sub> e o MP<sub>10</sub> foram registrados valores mais altos na primavera em todos os locais analisados.

Para as bactérias os maiores valores de concentração foram na primavera em todos os locais, enquanto para os fungos foram na primavera para o barracão e o ambiente externo 2, e no inverno para o ambiente externo 1 e o escritório. A temperatura e a umidade relativa podem ter influenciado no comportamento encontrado para os poluentes.

Os ambientes de trabalho da cooperativa de catadores de materiais recicláveis estudada apresentam valores de concentração de material particulado e bioaerossóis superiores aos recomendados pela Resolução ANVISA nº 09/03 e pela Nota Técnica NT-SCE-02. O barracão, seguido do escritório foram os mais comprometidos em termos da qualidade do ar ambiente. Assim, esses locais são insalubres e a exposição a esses poluentes pode estar relacionada à ocorrência de efeitos negativos à saúde dos trabalhadores.

Portanto, recomenda-se que, em trabalhos futuros, seja aplicado um questionário para verificar quais doenças são predominantes e avaliar a relação entre a sua ocorrência e a exposição aos poluentes supracitados. A identificação dos fungos também é um parâmetro importante, pois determinados gêneros são relacionados a doenças específicas na literatura.

Além disso, recomenda-se que os catadores que trabalham diretamente com os resíduos utilizem EPIs (principalmente luvas e máscaras) de forma a atenuar a exposição aos poluentes. No escritório, sugere-se que as janelas existentes em algumas das salas sejam abertas para que haja maior circulação de ar.

## REFERÊNCIAS

ABELHO, M. **Protocolos de microbiologia ambiental**: parte 3 – microbiologia ambiental aplicada. Coimbra: Instituto Politécnico de Coimbra, 2013.

ABNT. **NBR 10.004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016.

ADENE. **Nota técnica NT-SCE-02**: metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE. Lisboa: Agência para a Energia, 2009.

ALMEIDA, D. S. de. **Estudo da exposição pessoal ao material particulado atmosférico em Londrina**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

ALMEIDA, I. T. de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ANDERSON, J. O.; THUNDIYIL, J. G.; STOLBACH, A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. **Journal of Medical Toxicology**, v. 8, p. 166-175, 2012.

ANVISA. **Deteção e identificação dos fungos de importância médica** – módulo VII. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2004.

AQUINO, I. F. de; CASTILHO JUNIOR, A. B. de; PIRES, T. S. de L. A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 1, p. 15-24, 2009.

ARRUDA, V. L. **Estudo da qualidade microbiológica do ar em ambiente hospitalar climatizado e sua relação como elemento de risco para o aumento de infecções**: estudo de caso do hospital regional de Araranguá, SC. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

AZUAGA, D. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

BEAL, A. **Avaliação inorgânica de material particulado atmosférico inalável na região Norte do Paraná**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

BECHER, S.; LICHTNECKER, H. Immunological aspects and affections of rubbish collectors caused by bioaerosols. **Journal of Occupational Health**, v. 44, p. 125-130, 2002.

BERNSTEIN, J. A.; ALEXIS, N.; BARNES, C.; BERNSTEIN, I. L.; NEL, A.; PEDEN, D.; DIAZ-SANCHEZ, D.; TARLO, S. M.; WILLIAMS, P. B. Health effects of air pollution. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v.114, n. 5, p. 1116-1123, 2004.

BISPO, C. de S. **Gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis**: estudo de caso das cooperativas do município de Natal/RN. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 03, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago. 1990. Seção 1, p. 15937-15939.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003. Dispõe sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jan. 2003. Seção 1, p. 35.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010a. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Decreto nº 7.405, de 30 de dezembro de 2010. Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 2010b. p. 7.

CALDEIRA, C.; PRESGRAVE, O. A. F.; MORAES, A. M. L de; DELGADO, I. F. Avaliação microbiológica da qualidade do ar de interiores: aspectos metodológicos e legais. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 10, n. 1, p. 51-60, 2012.

CAMACHO, I. G. C. **Estudo aerobiológico da cidade do Funchal**: detecção bioquímica dos principais aeroalergénios polínicos. 2007. Tese (Doutoramento) – Universidade da Madeira, Funchal, 2007.

CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2016.

CETESB. **Poluentes**. 2017. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

CHEN, Q.; HILDEMAN, L. M. Size-resolved concentrations of particulate matter and bioaerosols inside versus outside of homes. **Aerosol Science and Technology**, v. 43, p. 699-713, 2009.

CLAUSS, M. Particle size distribution of airborne micro-organisms in the environment – a review. **Landbauforschung – Applied Agricultural and Forestry Research**, v. 2, n. 65, p. 77-100, 2015.

CMTU. **Coleta de resíduos recicláveis**. 2017a. Disponível em: <<http://www.cmtuld.com.br/index.php/coleta-reciclavel.html>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

CMTU. **Londrina recicla em dados**. 2017b. Disponível em: <<http://www.cmtuld.com.br/index.php/coleta-reciclavel/londrina-recicla-em-dados.html>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

COELHO, C. D. **Análise dos contaminantes biológicos presentes no material particulado (PM<sub>2,5</sub>) de amostras da região metropolitana de São Paulo**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CUSSIOL, N. A. M.; ROCHA, G. H. T.; LANGE, L. C. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 6, p. 1183-1191, 2006.

ÇELIK, M. B.; KADI, I. The relation between meteorological factors and pollutants concentrations in Karabuk City. **Gazi University Journal of Science**, v. 20, n. 4, p. 87-95, 2007.

DALLAROSA, J. B. **Estudo da formação e dispersão de ozônio troposférico em áreas de atividade de processamento de carvão aplicando modelos numéricos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DAWSON, J. P.; ADAMS, P. J.; PANDIS, S. N. Sensitivity of PM<sub>2.5</sub> to climate in the Eastern US: a modeling case study. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 7, p. 4295-4309, 2007.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M.S.; KEMERICH, P. D. da C. Poluição atmosférica proveniente da queima de

combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014.

EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

EMYGDIO, A. P. M. **Identificação de bioaerossóis de origem fúngica na cidade de São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

EPA. **Particulate matter (PM) basics**. 2016a. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

EPA. **Health and environmental effects of particulate matter (PM)**. 2016b. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

EPA. **NAAQS table**. 2016c. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

EPA. **The inside story: a guide to indoor air quality**. 2017a. Disponível em: <<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/inside-story-guide-indoor-air-quality>>. Acesso em: 18 set. 2017.

EPA. **Summary of the Clean Air Act**. 2017b. Disponível em: <<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

FERNANDES, H. P. **Avaliação microbiológica da qualidade do ar no interior da biblioteca central do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

FERRON, M. M. **Saúde, trabalho e meio ambiente: exposição a metais de catadores de materiais recicláveis**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FONTANA, R. T.; RIECHEL, B.; FREITAS, C. W.; FREITAS, N. A saúde do trabalhador da reciclagem do resíduo urbano. **Vigilância Sanitária em Debate**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 29-35, 2015.

FRANKEL, M.; BEKO, G.; TIMM, M.; GUSTAVSEN, S.; HANSEN, E. W.; MADSEN, A. M. Seasonal variations of indoor microbial exposures and their relation to temperature, relative humidity, and air exchange rate. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 23, p. 8289-8297, 2012.

FROHLICH-NOWOISKY, J.; BURROWS, S. M.; XIE, Z.; ENGLING, G.; SOLOMON, P. A.; FRASER, M. P.; MAYOL-BRACERO, O. L.; ARTAXO, P.; BEGEROW, D.; CONRAD, R.; ANDREAE, M. O.; DESPRÉS, V. R.; POSCHL, U. Biogeography in the air: fungal diversity over land and oceans. **Biogeosciences**, v. 9, p. 1125-1136, 2012.

FROHLICH-NOWOISKY, J.; KAMPF, C. J.; WEBER, B.; HUFFMAN, J. A.; POHLKER, C.; ANDREAE, M. O.; LANG-YONA, N.; BURROWS, S. M.; GUNTHER, S. S.; ELBERT, W.; SU, H.; HOOR, P.; THINES, E.; HOFFMANN, T.; DESPRÉS, V. R.; POSCHL, U. Bioaerosols in the Earth System: climate, health, and ecosystem interactions. **Atmospheric Research**, v. 182, p. 346-376, 2016.

FUNASA. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de resíduos sólidos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GRIMBERG, E. (Coord.). **Coleta seletiva com inclusão dos catadores**. São Paulo: Instituto Pólis, 2007.

GURJAR, B. R.; MOLINA, L. T.; OJHA, C. S. P. **Air pollution: health and environmental impacts**. Boca Raton: CRC Press, 2010.

HIGASKINO, C. E. K.; FIGEL, I. C.; YAMADA, M. P. A. **Qualidade microbiológica do ar de ambientes condicionados**. Maringá: Instituto de Tecnologia do Paraná, 2007.

HINDS, W. C. **Aerosol technology: properties, behavior, and measurements of airborne particles**. New York: John Wiley & Sons, 2. ed., 1999.

HYVARINEN, A.; VAHTERISTO, M.; MEKLIN, T.; JANTUNEN, M.; NEVALAINEN, A.; MOSCHANDREAS, D. Temporal and spatial variation of fungal concentrations in indoor air. **Aerosol Science and Technology**, v. 35, p. 688-695, 2001.

IAPAR. **Dados diários de Londrina**. 2017. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>>. Acesso em: 10 out. 2017.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015.

IBGE. **Brasil em síntese**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

INPE; CPTEC. **Boletim técnico**. 2017. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>>. Acesso em: 28 set. 2017.

IPEA. **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013.

JENSEN, P. A.; SCHAFER, M. P. Sampling and characterization of bioaerosols. In: LIGHTHART, B.; MOHR, A. J. (Ed.). **Atmospheric microbial aerosols: theory and applications**. New York: Chapman & Hall, 1994.

KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental Pollution**, v. 151, n. 5, p. 362-367, 2008.

LANDRIGAN, P. J. et al. The Lancet Commission on pollution and health. **The Lancet**, 2017.

LAVOIE, J.; DUNKERLEY, C. J. Assessing waste collectors' exposure to bioaerosols. **Aerobiologia**, v. 18, p. 277-285, 2002.

LAVOIE, J.; DUNKERLEY, C. J.; KOSATSKY, T.; DUFRESNE, A. Exposure to aerosolized bacteria and fungi among collectors of commercial, mixed residential, recyclable and compostable waste. **Science of the Total Environment**, v. 370, p. 23-28, 2006.

LAVOIE, J.; GUERTIN, S. Evaluation of health and safety risks in municipal solid waste recycling plants. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 51, p. 352-360, 2001.

LEE, K.; JUNG, H.; PARK, D.; RYU, S.; KIM, B.; HA, K.; KIM, S.; YI, G.; YOON, C. Occupational exposure to diesel particulate matter in municipal household waste workers. **PLOS One**, v. 10, n. 8, 2015.

LEE, T. Relationship between indoor and outdoor bioaerosols collected with a button inhalable aerosol sampler in urban homes. **Indoor Air**, Copenhagen, v. 16, p. 37-47, 2006.

LIMA, R. M. R. **Resíduos sólidos domiciliares: um programa de coleta seletiva com inclusão social**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

LONDRINA. **Dados geográficos**. 2017. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=40&Itemid=58](http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58)>. Acesso em: 07 out. 2017.

LONDRINA. Decreto nº 769, de 23 de setembro de 2009. Regulamenta a gestão dos resíduos orgânicos e rejeitos de responsabilidade pública e privada no Município de Londrina e dá outras providências. **Jornal Oficial do Município de Londrina**, Londrina, PR, 29 set. 2009. n. 1139, p. 11.

MASIOL, M.; HOPKE, P. K.; FELTON, H. D.; FRANK, B. P.; RATTIGAN, O. V.; WURTH, M. J.; LADUKE, G. H. Source apportionment of PM<sub>2.5</sub> chemically speciated

mass and particle number concentrations in New York City. **Atmospheric Environment**, v. 148, p. 215-229, 2017.

MATTHIAS-MASER, S.; OBOLKIN, V. A.; KOHDZER, T.; JAENICKE, R. Seasonal variation of primary biological aerosol particles in the remote continental region of Lake Baikal/Siberia. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 22, p. 3805-3811, 2000.

MCCARTHY, N. The countries winning the recycling race [Infographic]. **Forbes**, New York City, 04 mar. 2016. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2016/03/04/the-countries-winning-the-recycling-race-infographic/#19b63f102b3d>>. Acesso em: 20 set. 2017.

MEDICINE HACK. **Gram staining – procedure, mechanism, explanation**. 2015. Disponível em: <<http://www.medicinehack.com/2012/02/gram-staining-procedure-mechanism.html>>. Acesso em: 06 out. 2017.

MENETREZ, M. Y.; FOARDE, K. K.; ESCH, R. K.; SCHWARTZ, T. D.; DEAN, T. R.; HAYS, M. D.; CHO, S. H.; BETANCOURT, D. A.; MOORE, S. A. An evaluation of indoor and outdoor biological particulate matter. **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 5476-5483, 2009.

MMA. **Cidades sustentáveis - qualidade do ar**. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/perguntasfrequentes?catid=10>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

MMA. **Fontes fixas - poluição ambiental**. 2017a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

MMA. **Poluentes atmosféricos**. 2017b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosfericos>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

MNCR. **Mulheres são maioria entre catadores de materiais recicláveis**. 2014. Disponível em: <<http://www.mnrc.org.br/noticias/noticias-regionais/mulheres-sao-maioria-entre-catadores-organizados-em-cooperativas>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

MOHAMMED, O. A. M.; SONG, W.; MA, W.; LI, W.; AMBUCHI, J. J.; THABIT, M.; LI, Y. Trends in indoor-outdoor PM<sub>2.5</sub> research: a systematic review of studies conducted during the last decade (2003-2013). **Atmospheric Pollution Research**, v. 6, p. 893-903, 2015.

MORAIS, G. R.; SILVA, M. A. da; CARVALHO, M. V. de; SANTOS, J. G. S. dos; DOLINGER, E. J. O. von; BRITO, D. von D. de. Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 305-310, 2010.

MORRIS, C. E.; SANDS, D. C.; GLAUX, C.; SAMSATLY, J.; ASAAD, S.; MOUKAHEL, A. R.; GONÇALVES, F. L. T.; BIGG, E. K. Urediospores of rust fungi are ice nucleation active at  $> -10^{\circ}\text{C}$  and harbor ice nucleation active bacteria. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 13, p. 4223-4233, 2013.

NAIME, R.; ABREU, E. F.; ABREU, J. N. de. Avaliação das condições de trabalho dos catadores da central de triagem de lixo do aterro sanitário de Cuiabá, MT. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, São Leopoldo, v. 4, n. 3, p. 251-270, 2008.

NASCIMENTO, A. **Chuva deve avançar mais nos próximos dias**. 2017. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/08/12/chuva-deve-avancar-mais-nos-proximos-dias-7916>>. Acesso em: 06 out. 2017.

NCUBE, F.; NCUBE, E. J.; VOYI, K. Bioaerosols, noise, and ultraviolet radiation exposures for municipal solid waste handlers. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2017, 2017.

NEL, A. Air pollution-related illness: effects of particles. **Science**, Washington, v. 308, n. 5723, p. 804-806, 2005.

NOGUEIRA, J. M. da R.; MIGUEL, L. de F. S. Bacteriologia. In: MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R (Org.). **Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde**. 4 v. Rio de Janeiro: EPSJV, IOC, 2009. cap. 3.

NUNES, Z das G. **Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados**. 2005. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.

OECD. **Environment at a glance: OECD indicators**. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing, 2015.

OMS. **Air quality guidelines: global update 2005**. Rheinbach: Druckpartner Moser, 2006.

OMS. **WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould**. Rheinbach: Druckpartner Moser, 2009.

OMS. **Ambient (outdoor) air quality and health**. 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

PARK, D.; LEE, K.; RYU, S.; KIM, S.; YOON, C.; HA, K. Characteristics of particulate matter generated while handling municipal household waste. **Journal of Occupational Health**, v. 55, n. 6, p. 503-510, 2013.

PARK, D.; RYU, S.; KIM, S.; BYUN, H.; YOON, C.; LEE, K. Airborne bacteria and fungi associated with waste-handling work. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 19, n. 4, p. 311-318, 2013.

PEGORIM, J. **Sul do Brasil tem muita chuva até a 2ª feira**. 2017. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/09/30/sul-do-br-tem-muita-chuva-ate-a-2o-feira-0526>>. Acesso em: 21 out. 2017.

PEREIRA, C. de Q. M. **Identificação de espécies de fungos causadores de onicomicoses em idosos institucionalizados no município de São Bernardo do Campo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Dermatologia) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

POPE III, C. A.; BURNETT, R. T.; THUN, M. J.; CALLE, E. E.; KREWSKI, D.; ITO, K.; THURSTON, G. D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. **The Journal of the American Medical Association**, v. 287, n. 9, p. 1132-1141, 2002.

QUADROS, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares**: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

RESENDE, F. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado**: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RIBEIRO, L. C. de S.; FREITAS, L. F. da S.; CARVALHO, J. T. A.; OLIVEIRA FILHO, J. D. de. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 191-214, 2014.

RODINA, A. G. **Methods in aquatic microbiology**. Baltimore: University Park Press, 1972.

RODRIGUES, G. L.; FEITOSA, M. J. da S.; SILVA, G. F. L. da. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na Coopecamarest em Serra Talhada – PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2015.

SANTANA, E.; CUNHA, K. B. da; FERREIRA, A. L.; ZAMBONI, A. **Padrões de qualidade do ar**: experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

SANTIAGO, A. **Material particulado total suspenso na baixa atmosfera em Cuiabá-MT no período de queimadas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

SANTOS, T. C.; CARVALHO, V. S. B.; REBOLTA, M. S. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 307-313, 2016.

SANTOS, Z. dos. **Coleta seletiva e responsabilidade social: o caso da cooperativa de reciclagem Trabalho e Produção – Cortrap, em Brasília**. 2011. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Brasília, 2011.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, 3583-3590, 2011.

SEGALIN, B.; KUMAR, P.; MICADEI, K.; FORNARO, A.; GONÇALVES, F. L. T. Size-segregated particulate matter inside residences of elderly in the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 148, p. 139-151, 2016.

SHIMAKURA, S. E. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

SILVA JUNIOR, R. S. da; ANDRADE, M. de F. Validação de poluentes fotoquímicos e inclusão do inventário de emissões no modelo de qualidade do ar WRF/CHEM, para a Região Metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n.1, p. 105-121, 2013.

SIMEPAR. **Boletim climático**. 2017. Disponível em: <[http://www.simepar.br/site/internas/conteudo/meteorologia/clima\\_estacoes/arquivos/pri mavera2017.pdf](http://www.simepar.br/site/internas/conteudo/meteorologia/clima_estacoes/arquivos/pri mavera2017.pdf)>. Acesso em: 06 out. 2017.

SOUZA, G. F. de. **Avaliação ambiental nas cooperativas de materiais recicláveis**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SQUIZZATO, R. **Avaliação de curto prazo nos sintomas respiratórios em indivíduos expostos ao material particulado em ar ambiente**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

SRIKANTH, P.; SUDHARSANAM, S.; STEINBERG, R. Bio-aerosols in indoor environment: composition, health effects, and analysis. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 26, n. 4, p. 302-312, 2008.

TRIVEDI, C. The great smog of London. **BBC News**, Londres, 05 dez. 2002. Disponível em: <[http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/england/2545759.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/2545759.stm)>. Acesso em: 04 nov. 2016.

VIEGAS, C. A. A. Agravos respiratórios decorrentes da atividade agrícola. **Jornal de Pneumologia**, v. 26, n. 2, p. 83-90, 2000.

VON ESSEN, S.; ROBBINS, R. A.; THOMPSON, A. B.; RENNARD, S. I. Organic dust toxic syndrome: an acute febrile reaction to organic dust exposure distinct from hypersensitivity pneumonitis. **Journal of Toxicology: Clinical Toxicology**, v. 28, n. 4, p. 289-420, 1990.

VORMITTAG, E. M. P. A. de A.; COSTA, R. R. da; BRAGA, A. A.; MIRANDA, M.; NASCIMENTO, N. C. do; SALDIVA, P. H. N. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014.

WILLIAMS, R.; KAUFMAN, A.; GARVEY, S. **Met one 831**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-15/114 (NTIS PB2015-104893), 2015.

WOUTERS, I. M.; HILHORST, S. K. M.; KLEPPE, P.; DOEKES, G.; DOUWES, J.; PERETZ, C.; HEEDERIK, D. Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 59, p. 106-112, 2002.