



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ANA PAULA ALVES MARTINS

**MICROBIOMA URBANO: MICRORGANISMOS AEROLIZADOS EM TERMINAIS
DE INTEGRAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

FORTALEZA

2020

ANA PAULA ALVES MARTINS

MICROBIOMA URBANO: MICRORGANISMOS AEROLIZADOS EM TERMINAIS DE
INTEGRAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE FORTALEZA-CE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Oscarina Viana de Sousa

FORTALEZA

2020

ANA PAULA ALVES MARTINS

MICROBIOMA URBANO: MICRORGANISMOS AEROLIZADOS EM TERMINAIS DE
INTEGRAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE FORTALEZA-CE

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa

Aprovada em: 03 / 11 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Marina Teresa Torres Rodriguez
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Jhones de Lima Vieira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M341m Martins, Ana Paula Alves.
MICROBIOMA URBANO: MICRORGANISMOS AEROLIZADOS EM TERMINAIS DE
INTEGRAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE FORTALEZA-CE / Ana Paula Alves Martins. – 2020.
45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Oscarina Viana de Sousa.

1. Bioaerossóis. 2. Saúde humana. 3. Ambiente público. I. Título.

CDD 333.7

A Deus.

Aos meus pais, Fernando e Adriana e a todos
que me ajudaram chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Fernando e Adriana, dedico todo meu amor e gratidão pela existência de vocês na minha vida. Obrigada por serem meus maiores exemplos de seres humanos, eu admiro muito vocês. Obrigada por todo amor, compreensão, ensinamentos e por abdicarem de tudo para que eu pudesse chegar até aqui. Amo muito vocês para sempre.

Ao Natanael, por ser um dos meus maiores incentivadores, sempre acreditando em mim, quando eu não já tinha desistido. Obrigada por aguentar meus choros, ansiedade e por compreender quando minha vida estava muito corrida. Obrigada principalmente por ser meu porto seguro e me fazer feliz. Amo você.

À minha orientadora, professora Oscarina Viana, por ter me dado a oportunidade de fazer parte de seu laboratório, como bolsista e orientanda. Obrigada por me fazer apaixonar pelo mundo da microbiologia, por acreditar no meu potencial e não desistir de mim. Admiro muito a senhora como professora e mais ainda como pessoa. Uma das mulheres mais incríveis que eu já conheci na vida. Obrigada por tudo.

À Marina Rodriguez, por ter dedicado seu tempo para a realização desse trabalho, ajudando com meus experimentos em bancada e me guiando na escrita. Obrigada por todo conhecimento adquirido, pelas conversas, carinho, pela gentileza e por segurar na minha mão nos momentos de desespero e não desistir de mim. Tenho muita admiração pela senhora. Obrigada por tudo Marinita.

À Cristiane Teles por ter me acolhido de braços abertos desde o momento que cheguei até hoje, pelos conhecimentos, conselhos, risadas, compreensão, apoio, preocupação e por estar presente sempre que preciso. Obrigada por tudo Crisinha.

À Jade Abreu, minha mãe de laboratório, por toda a sua dedicação comigo, mesmo nos momentos mais corridos. Obrigada por me ajudar em tudo, pela paciência em me explicar os cálculos e por me ouvir sempre que precisei.

À Gleire Menezes, Anna Luisa e Jéssica Lucinda por sempre me ajudarem e estarem a disposição quando precisei, pelos ensinamentos e conversas.

Ao professor Antônio Geraldo, pela ajuda no fornecimento de dados importantes para a elaboração desse trabalho.

A todos os membros da família Lamap, por me ajudarem em tudo, na realização dos experimentos em bancada, lavando vidraria e pelas risadas.

Aos meus amigos adquiridos no curso de Ciências Ambientais, em especial a Gabrielle, Virginia e Yasmin. Obrigada por me aguentarem nesses anos, por estarem ao meu

lado nos momentos mais felizes e tristes e por vibrarem as minhas vitórias. Sou extremamente grata pela amizade de vocês. Também gostaria de agradecer a Evelyne, Lia, Matheus, Karol, Laymara, Vladimir e Luzanira, pela amizade, pelos momentos de descontração no RU, nos campos e a turma do 29.

Ao CNPQ pelo financiamento da minha bolsa de pesquisa.

À Prefeitura de Fortaleza pela autorização da realização das coletas nos terminais de ônibus.

À UFC e ao LABOMAR por me proporcionarem a realização do sonho de me graduar na melhor universidade do estado do Ceará.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente pela elaboração desse trabalho.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

RESUMO

Microrganismos são abundantes na atmosfera na forma de aerossóis orgânicos. A aglomeração e trânsito intenso de pessoas em áreas urbanas pode ser um agravante na dispersão de potenciais patógenos que em contato com indivíduos sensíveis pode desencadear uma série de reações alérgicas e outros problemas respiratórios. O objetivo dessa pesquisa foi analisar a diversidade da aeromicrobiota em três terminais de integração de ônibus na cidade de Fortaleza. Para isso foram realizadas quatro coletas no período de fevereiro a maio de 2019 no turno da manhã. A coleta foi feita pela técnica de sedimentação espontânea sobre meios de cultura seletivos para crescimento bacteriano (*plate count agar* + fungicida) e fúngico (*potato dextrose agar* + antibiótico). As placas de Petri, em triplicata, foram abertas e expostas ao ambiente por vinte minutos e depois o material foi acondicionado em caixa isotérmica e transportado para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado, localizado no Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará. As amostras foram incubadas a 35°C por 48h e 28°C por 7 dias para o crescimento de bactérias e fungos, respectivamente. Foram feitas as contagens das unidades formadoras de colônias por metro cúbico de ar e isoladas dez estirpes bacterianas por local de coleta e de acordo com a sua morfologia. Os isolados foram purificados e caracterizados através da técnica de coloração de Gram. Entre os terminais analisados, os valores médios de bactérias variaram entre 147,94 e 1000,15 UFC/m³ enquanto os fungos entre 75,5 e 290,61 UFC/m³. As maiores contagens microbiológicas foram registradas no terminal do Antônio Bezerra, com exceção da coleta três, com maiores números de bactérias registrados no terminal do Papicu. Em relação às características morfotintoriais, nos três terminais houve predominância de cocos Gram positivos (45,2%), seguidos de bastonetes Gram positivos (42,1%) e com menor frequência bastonetes Gram negativos (12,6%). Os fungos foram identificados pelas placas de Petri, de acordo com suas características macroscópicas e os principais gêneros encontrados foram: *Aspergillus* (22,5%), *Lichtheimia* (18,3%), *Trichoderma* e *Fusarium* (14,2%). Devido à falta parâmetros legislativos brasileiros sobre a aeromicrobiota em ambientes externos, fica difícil determinar o monitoramento da qualidade do ar nesses locais e os prejuízos à saúde e o bem-estar das pessoas. Assim, é importante a produção de índices que estabeleçam limites de exposição a esses microrganismos.

Palavras-chave: Bioaerossóis. Saúde humana. Ambiente público.

ABSTRACT

Microorganisms are abundant in the atmosphere in the form of organic aerosols. The crowding and heavy traffic of people in urban areas can be an aggravating factor in the dispersion of potential pathogens that in contact with sensitive individuals can trigger a series of allergic reactions and other respiratory problems. The goal of this research was to analyze the diversity of the aeromicrobiota in the bus terminals in the city of Fortaleza. For this, four collections were carried out from February to May 2019 in the morning. The collection was made by the spontaneous sedimentation technique on selective culture media for bacterial growth (*plate count agar*+ fungicide) and fungal growth (*potato dextrose agar*+ antibiotic). Petri dishes, in triplicate, were opened and exposed to the environment for twenty minutes and then the material was packed in an isothermal box and transported to the Laboratory of Microbiology Environmental Microbiology and Fish, located at the Institute of Marine Sciences of the Federal University of Ceará. The samples were incubated at 35°C for 48h and 28°C for 7 days for the growth of bacteria and fungi, respectively. Colony forming units were counted per cubic meter of air and ten bacterial strains were isolated per collection site and according to their morphology. The isolates were purified and characterized using the Gram stain technique. Among the analyzed terminals, the mean values of bacteria varied between 147.94 and 1000.15 CFU/m³ while the fungi between 75.5 and 290.61 CFU / m³. The highest microbiological counts were recorded at the Antônio Bezerra terminal, except for collection three, with higher numbers of bacteria recorded at the Papicu terminal. Regarding the morphotintorial characteristics, in the three terminals there was a predominance of Gram-positive cocci (45.2%), followed by Gram positive rods (42.1%) and less frequently Gram-negative rods (12.6%). Fungi were identified by Petri dishes, according to their macroscopic characteristics and the main genera found were: *Aspergillus* (22.5%), *Lichtheimia* (18.3%), *Trichoderma* and *Fusarium* (14.2%). Due to the lack of Brazilian legislative parameters on aeromicrobiota in external environments, it is difficult to determine the monitoring of air quality in these places and the damage to people's health and well-being. Thus, it is important to produce indices that establish exposure limits for these microorganisms.

Keywords: Bioaerosols. Human health. Public environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização dos terminais do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu.....	25
Figura 2 – Fluxograma do processamento e contagem das amostras.....	27
Figura 3 – Fluxograma do isolamento das estirpes bacterianas.....	28
Figura 4 – Fluxograma da técnica de coloração de Gram.....	29

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do número de UFC/m ³ de ar pela técnica de sedimentação em placa.....	27
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Representação da porcentagem de bactérias de acordo com a morfologia e característica da parede celular.....	36
Gráfico 2 – Caracterização das estirpes fúngicas isoladas do ar em três terminais de integração de ônibus na cidade de Fortaleza.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Doenças bacterianas de transmissão aérea.....	22
Tabela 2 – Doenças virais de transmissão aérea.....	23
Tabela 3 – Doenças fúngicas de transmissão aérea.....	23
Tabela 4 – Parâmetros meteorológicos registrados no período das coletas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, no ano de 2019.....	30
Tabela 5 – Valores de precipitação pluviométrica (mm) registrados no dia anterior e da coleta e o total mensal de fevereiro, março, abril e maio de 2019.....	32
Tabela 6 – Valores das contagens bacterianas em amostras de bioaerossóis coletadas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, no ano de 2019	33
Tabela 7 – Valores das contagens fúngicas em amostras de bioaerossóis coletadas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, no ano de 2019.....	34
Tabela 8 – Diversidade de pigmentos apresentados pelas estirpes bacterianas isoladas do ar em três terminais de integração de ônibus na cidade de Fortaleza.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO	Monóxido de carbono
COVs	Compostos orgânicos voláteis
CPP	Contagem Padrão em Placa
HPAs	Hidrocarbonetos poliaromáticos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LAMAP	Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
MPT	Material particulado total
PDA	Potato dextrose agar
SO ₂	Dióxido de enxofre
NO _x	Óxidos de nitrogênio
O ₃	Ozônio
PCA	Plate count agar
PDA	Potato dextrose agar
TSA	Tryptic soy agar
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTC	Coordinated universal time
UV	Ultravioleta
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$\mu\text{g/mL}$	Micrograma por mililitro
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
hPa	Hectopascal
km	Quilômetros quadrados
mm	Milímetros
m/s	Metro por segundo
UFC/m ³	Unidades Formadoras de Colônia por metro cúbico

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivos específicos	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	Poluição atmosférica	20
3.2	Bioaerossóis e aeromicrobiota	21
3.3	Saúde humana e doenças alérgicas	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Local das coletas	25
4.2	Procedimento da coleta	26
4.3	Parâmetros meteorológicos	26
4.4	Processamento das amostras	26
4.5	Análise estatística	27
4.6	Isolamento e caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas	28
4.6.1	<i>Isolamento bacteriano</i>	28
4.6.2	<i>Caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas</i>	28
4.7	Identificação das estirpes fúngicas	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	Parâmetros meteorológicos	30
5.2	Quantificação das estirpes bacterianas e fúngicas	32
5.3	Caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas	35
5.4	Identificação das estirpes fúngicas	37
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

“As pessoas constantemente interagem com o microbioma ambiental circundante através de inalação, contato e ingestão incluindo a transferência mão-boca” (PATEL *et al.* 2018). Apesar da quantidade de microrganismos presentes em ambientes públicos e com grande fluxo de pessoas, pouco se sabe sobre a diversidade e dinâmica dessa microbiota principalmente em regiões de clima tropical.

A atmosfera pode ser caracterizada como um ambiente inadequado para o crescimento microbiano, devido a diversos fatores ambientais e climáticos como a variação da temperatura, exposição a alta luminosidade, concentrações baixas de matéria orgânica e de água (NICOLAU, 2010). Apesar dessas condições, sabe-se que os microrganismos são ubíquos e podem ser aerolizados como células ou esporos individuais ou gotículas. Esses bioaerossóis são pequenas partículas formadas por material biológico (bactérias, fungos, algas, protozoários e pólen) agregado ou não à matéria resultante de processos naturais e antropogênicos (CAMBRA-LÓPEZ *et al.*, 2010).

A exposição aos poluentes atmosféricos em centros urbanos tem sido apontada como um problema com reflexos sobre a saúde das pessoas que vivem e frequentam esses locais. A principal fonte da poluição do ar não-biológica advém do crescimento da frota veicular que circula nas cidades, aumentando a emissão de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis (HABERMANN; MEDEIROS; GOUVEIA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Aliados a isso, bactérias transportadas pelo ar, de locais com grande fluxo de pessoas e atividades urbanas, contribuem com a contaminação em ambientes ao ar livre, causando doenças respiratórias que afetam milhões de pessoas em cidades no mundo todo (D’AMATO *et al.*, 2016; FANG *et al.*, 2007). Apesar disso ainda existem poucas informações sobre a abundância e diversidade dessa microbiota em ambientes urbanos com grande trânsito de pessoas.

A cidade de Fortaleza é a capital do estado do Ceará situado na região Nordeste do Brasil. O município possui uma área de 312.353 km² e uma população estimada de 2.686.612 pessoas (IBGE, 2020). Diariamente, parte dessa população transita entre os terminais de integração de coletivos, tornando esses ambientes potencialmente favoráveis a exposição e contaminação por microrganismos patogênicos.

2 OBJETIVOS

Analisar a diversidade de bactérias e fungos presentes na aeromicrobiota dos terminais de integração de ônibus, localizados na cidade de Fortaleza.

2.1 Objetivos específicos

1. Coletar e quantificar as estirpes bacterianas e fúngicas presentes no ar dos terminais de integração de ônibus;
2. Isolar e caracterizar a parede celular das estirpes bacterianas existentes no ar desses ambientes;
3. Identificar os principais gêneros fúngicos presentes entre os isolados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Poluição atmosférica

A atmosfera terrestre é formada pela radiação solar e partículas inorgânicas (sílica e subprodutos da combustão) e orgânicas (pólen e microrganismos). Além disso, ela é composta por gases como o nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono, ozônio e vapor d'água que atuam nos processos meteorológicos e na manutenção da vida (DIAS; ANDRADE-NETO; MILTÃO, 2007).

Como consequência do crescimento das cidades, a atmosfera vem sofrendo alterações na sua composição com o acúmulo de substâncias que prejudicam a saúde do homem e o meio ambiente. A poluição em centros urbanos acontece principalmente pela emissão de substâncias químicas emitidas pela indústria e veículos, das ações antropogênicas e das fontes naturais (FARIAS *et al.*, 2012; VIEIRA, 2009).

De acordo com resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº491, de 19 de novembro de 2018, os poluentes atmosféricos podem ser definidos como qualquer substância presente no ar em concentração suficiente que esteja em desacordo com limites estabelecidos e possam ser impróprios à saúde e ao bem estar das pessoas, causar danos aos materiais, a fauna e flora e afetem a segurança, o uso e gozo da propriedade e prejudique as atividades normais da população.

As condições meteorológicas e o tempo contribuem na dispersão, remoção e deposição dos poluentes atmosféricos. Os principais atuantes nesses processos são: a precipitação que contribui para a limpeza da atmosfera; a temperatura quando está baixa dificulta a dispersão do poluente, pois ele se acumula perto da superfície e quando ela está alta é mais facilitada, porém as reações químicas são mais intensificadas e os ventos agem no transporte desses contaminantes (DERÍSIO, 2012; FARIAS *et al.*, 2012).

Os contaminantes do ar são classificados em físicos, químicos e biológicos ou de origem biológica e não-biológica. Os principais poluentes encontrados no ar são o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado total (MPT), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), a fumaça, os compostos orgânicos voláteis (COVs), os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) e os bioaerossóis (CASTRO; SILVA; ARAÚJO, 2013; QUADROS; LISBOA, 2014).

3.2 Bioaerossóis e aeromicrobiota

Os bioaerossóis são pequenas partículas transportadas pelo ar, compostas por microrganismos, como bactérias, fungos, vírus e protozoários e por outros tipos de materiais biológicos, como pólen, resto de plantas e animais, podendo ser formados por fontes naturais ou artificiais. Essa aeromicrobiota pode se agregar a partículas orgânicas ou material não biológico e poeira (DESPRÉS *et al.*, 2012; GÓRNY, 2019; MORRIS *et al.*, 2011; PASTUSZKA *et al.*, 2000; SAMAKE *et al.*, 2017).

A concentração e distribuição da microbiota do ar pode variar de acordo com a altitude do local, com as mudanças climáticas, características ambientais e regionais, que podem ser encontrados tanto em ambientes internos como externos (MORRIS *et al.*, 2011; PANTOJA; COUTO; PAIXÃO, 2007; PEI-CHIN; HUEY-JEN; CHIA-YIN, 2000).

Microrganismos do ar externo foram detectados em diferentes camadas da atmosfera, como a camada limite, a troposfera superior e a estratosfera e se mostraram idênticos ou semelhantes aos encontrados em solos e ambientes aquáticos (POLYMENAKOU, 2012). O número de microrganismos encontrados na atmosfera também é influenciado pelas atividades industriais e agrícolas, pela quantidade de partículas de poeira e pela abundância de pessoas que habitam uma região (ROSA; MOSSO; ULLÁN, 2002).

Os microrganismos conseguem persistir no ar por dias ou semanas, o que possibilita ultrapassar barreiras geográficas e serem transportados a outras regiões mais distantes. Para isso, os microrganismos apresentam adaptações que os auxiliam a sobreviver a ação de fatores ambientais como a incidência de raios ultravioleta (UV) e a dessecação. Como mecanismos de sobrevivência, microrganismos podem produzir pigmentos, camada mucilaginosa ou podem formar esporos. Além disso, essa microbiota participa dos processos atmosféricos, atuando na condensação de nuvens e como nucleadoras de cristais de gelo, influenciando no clima da região (ALBRECHT *et al.*, 2007; BURROWS, 2009; FRÖHLICH-NOWOISKY, 2016; KABIR *et al.*, 2016; MOHLER *et al.*, 2007).

3.3 Saúde humana e doenças alérgicas

O ser humano para sobreviver precisa de uma quantidade regular diária de alimentação, água e ar. Assim, torna-se imprescindível que todos tenham direito e acesso a esses bens e com boa qualidade. Diariamente, as pessoas são expostas a poluentes do ar interno e externo. Em ambientes externos, as concentrações dos bioaerossóis costumam ser mais baixas em comparação com ambientes internos devido ao efeito da dispersão (GÓRNY, 2019; WHO, 2010).

Partículas de bioaerossóis podem conter substâncias infecciosas, alérgicas, toxinas e compostos cancerígenos que afetam a saúde do ecossistema, da agricultura e das pessoas, em escala local, regional e global. A exposição a esses microrganismos e outras moléculas como endotoxinas em indivíduos sensíveis pode desencadear uma série de reações alérgicas e outros problemas respiratórios (Tabelas 1, 2 e 3) (FRÖHLICH-NOWOISKY *et al.*, 2016; GÓRNY, 2019; POLYMENAKOU, 2012). Os principais grupos vulneráveis a doenças causadas pela poluição atmosférica são: crianças, mulheres grávidas, pessoas com mais de 65 anos e pessoas que possuem doenças respiratórias ou cardiovasculares (MATA, 2010).

Tabela 1 – Doenças bacterianas de transmissão aérea.

Doenças	Gêneros e espécies
Amigdalite, faringite, bronquite, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Pneumonia clássica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Pneumonia atípica, bronquite	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> , <i>Chlamydophila pneumoniae</i> , <i>Chlamydophila psittaci</i>
Meningite	<i>Neisseria meningitidis</i> ,
Meningite, epiglote, pneumonia	<i>Haemophilus influenzae</i>
Coqueluche	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelose	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicose	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiose	<i>Nocardia asteroides</i>
Febre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Antraz pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Praga	<i>Yersinia pestis</i>

Fonte: ROSA; MOSSO; ULLÁN (2002)

Tabela 2 – Doenças virais de transmissão aérea.

Doenças	Gêneros
Resfriado comum	<i>Rinovírus</i>
	<i>Mastadenovírus</i>
Gripe	<i>Vírus influenza</i>
Bronquite, pneumonia	<i>Pneumovírus</i>
	<i>Mastadenovírus</i>
	<i>Hantavírus</i>
Sarampo	<i>Morbillivirus</i>
Parotidite	<i>Rubulavírus</i>
Poliomielite	<i>Enterovirus</i>
Variola	<i>Orthopoxvirus</i>
Catapora	<i>Varicelovírus</i>
Rubéola	<i>Rubivirus</i>
Raiva	<i>Lyssavirus</i>
Gripe estomacal	<i>Rotavírus</i>
	<i>Vírus Norwalk</i>
Covid-19	<i>Coronavirus (SARS-CoV-2)</i>

Fonte: Adaptado de ROSA; MOSSO; ULLÁN (2002).

Tabela 3 – Doenças fúngicas de transmissão aérea.

Doenças	Fungos
Pneumonia	<i>Pneumocystis carinii</i>
Micoses sistêmicas	<i>Cryptococcus neoformans</i>
	<i>Blastomyces dermatitidis</i>
	<i>Histoplasma capsulatum</i>
	<i>Coccidioides immitis</i>
	<i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidade	<i>Alternaria</i>
	<i>Botrytis</i>
	<i>Aspergillus</i>
	<i>Puccinia</i>
	<i>Penicillium</i>
	<i>Serpula</i>
	<i>Cladosporium</i>
	<i>Mucor</i>
Micotoxicose	<i>Aspergillus</i>
	<i>Fusarium</i>
	<i>Stachybotrys</i>

Fonte: ROSA; MOSSO; ULLÁN (2002).

As principais formas de exposição humana a esses microrganismos se dão através da ingestão, pelo contato com a pele, que inclui a transferência da mão para boca ou para os olhos e pela inalação, sendo esta última a forma mais predominante de contágio por patógenos microbianos. Durante a inalação, os microrganismos conseguem penetrar no trato respiratório através das vias aéreas superiores, que podem causar doenças alérgicas de rinite e sinusite ou pelas vias aéreas inferiores, causando doenças como bronquites ou pneumonia. Além de afetar o trato respiratório, em alguns casos pode atingir outros órgãos do corpo como os pulmões de animais e humanos. (FIEGEL; CLARKE; EDWARDS, 2006; GÓRNY, 2019; PATEL *et al.*, 2018; SRIKANTH *et al.*, 2008).

O tamanho da gota do aerossol influencia no local onde esse patógeno será depositado. Gotículas grande com diâmetro de até 10 μm podem percorrer curtas distancias e serem expelidas em superfícies, transmitindo doenças aos indivíduos que tiverem contato físico com esses locais. Núcleo de gotículas de 0,1-5,0 μm podem permanecer no ar por bastante tempo e percorrer longos caminhos, infectando outros indivíduos (FIEGEL; CLARKE; EDWARDS, 2006).

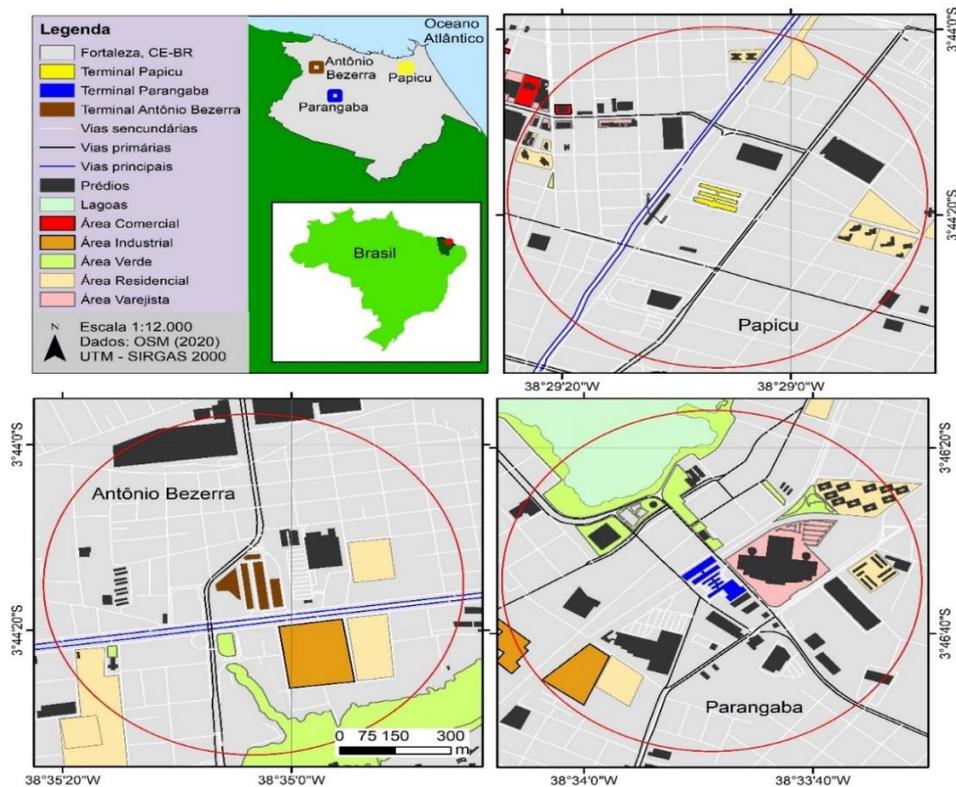
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local das coletas

Foram realizadas quatro coletas nos terminais de integração de transporte coletivo Antônio Bezerra e Parangaba nos dias 25/02, 27/03, 15/04 e 20/05 e três coletas no Papicu nos dias 27/03, 15/04 e 20/05 de 2019. As coletas aconteceram durante a quadra chuvosa e sempre no período da manhã. As coletas dos meses de fevereiro e março foram realizadas em dias ensolarados e dos meses de abril e maio em dias chuvosos. As amostras foram coletadas em três ambientes diferentes de cada terminal, considerando os locais onde ocorria o maior fluxo de pessoas, sendo estes os acessos de entrada e saída das pessoas e uma plataforma.

Ao redor do terminal do Antônio Bezerra é composto principalmente pela via expressa, áreas residenciais, prédios, indústria e algumas áreas verdes. O entorno do terminal da Parangaba é formado por vários prédios, áreas residenciais, possui uma pequena indústria, muitas áreas verdes e uma lagoa que influencia no clima da região. O terminal do Papicu é composto principalmente por prédios, áreas residenciais e comércios (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização dos terminais do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.2 Procedimento da coleta

As coletas foram realizadas pela técnica de sedimentação espontânea usando Placas de Petri, em triplicata, contendo meio de cultura seletivo para bactérias, *Plate Count Agar* (PCA) acrescido com 0,8% de ácido propiônico e meio de cultura seletivo para fungos, *Potato Dextrose Agar* (PDA) acrescidos com 10 μ g/mL de ampicilina e 10% de ácido tartárico. As placas foram abertas e expostas em três ambientes diferentes de cada terminal durante vinte minutos. Após o término do tempo de exposição das placas, o material foi acondicionado em caixa isotérmica e transportado para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) localizado no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

4.3 Parâmetros meteorológicos

Os parâmetros meteorológicos de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade dos ventos, nebulosidade e precipitação foram consultados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (<https://portal.inmet.gov.br/>).

4.4 Processamento das amostras

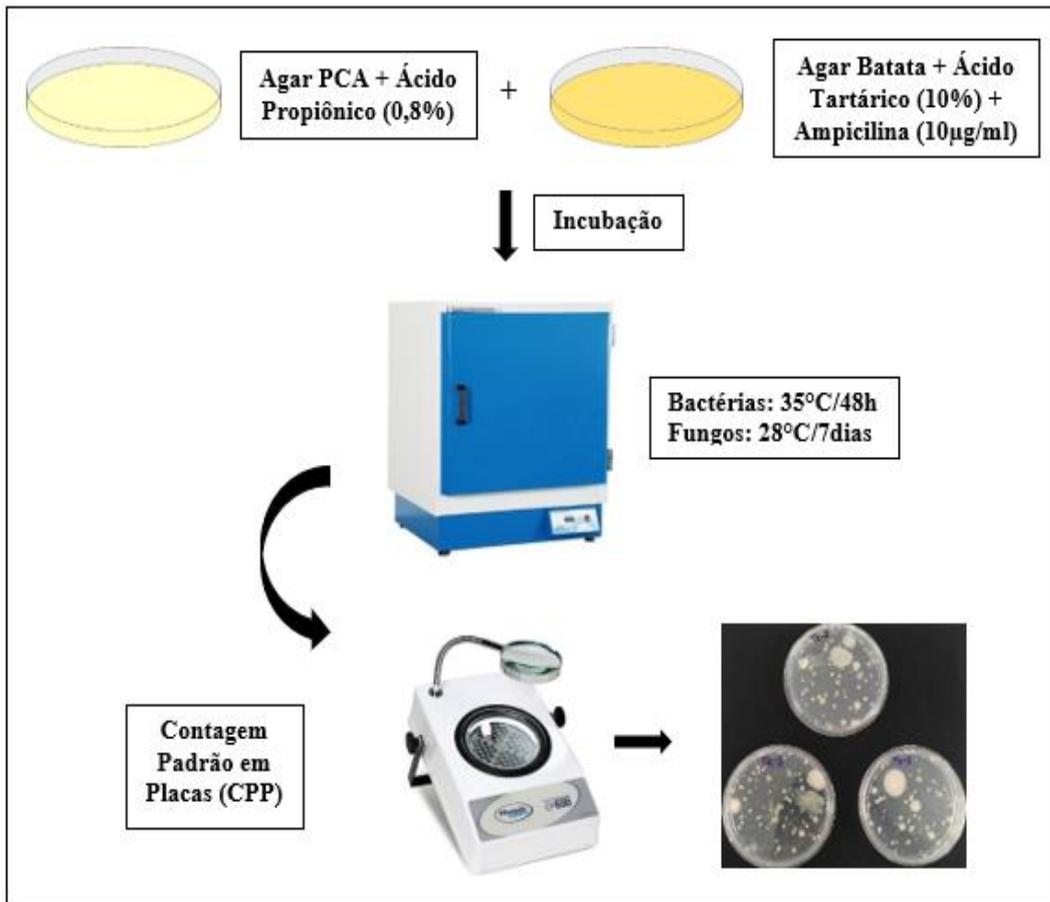
As placas de PCA foram incubadas em estufa de 35°C por 48 horas e as placas de PDA foram incubadas em estufa de 28°C por sete dias. Após a incubação foram realizadas as contagens das Unidades Formadoras de Colônias pelo método de Contagem Padrão em Placa (CPP). O número de unidades formadoras de colônias por metro cúbico de ar foi calculado de acordo com a equação 1, no qual a área da caixa simboliza a área da placa de Petri, possuindo aproximadamente 0,0064 m² e a razão 23:1 representa o número de células na superfície pelo número de células no ar (MORAIS *et al.*, 2010). A representação esquemática do processamento e contagem das amostras estão expressas na Figura 2.

Equação 1 – Cálculo do número de UFC/m³ de ar pela técnica de sedimentação espontânea em placa.

$$n^{\circ} \text{ de UFC por m}^3 = \frac{n^{\circ} \text{ UFC por caixa}}{\text{área da caixa (m}^2)} \times \frac{1}{23} \quad (1)$$

Fonte: FRIBERG; FRIBERG; BURMAN (1999).

Figura 2 – Fluxograma do processamento e contagem das amostras.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.5 Análise estatística

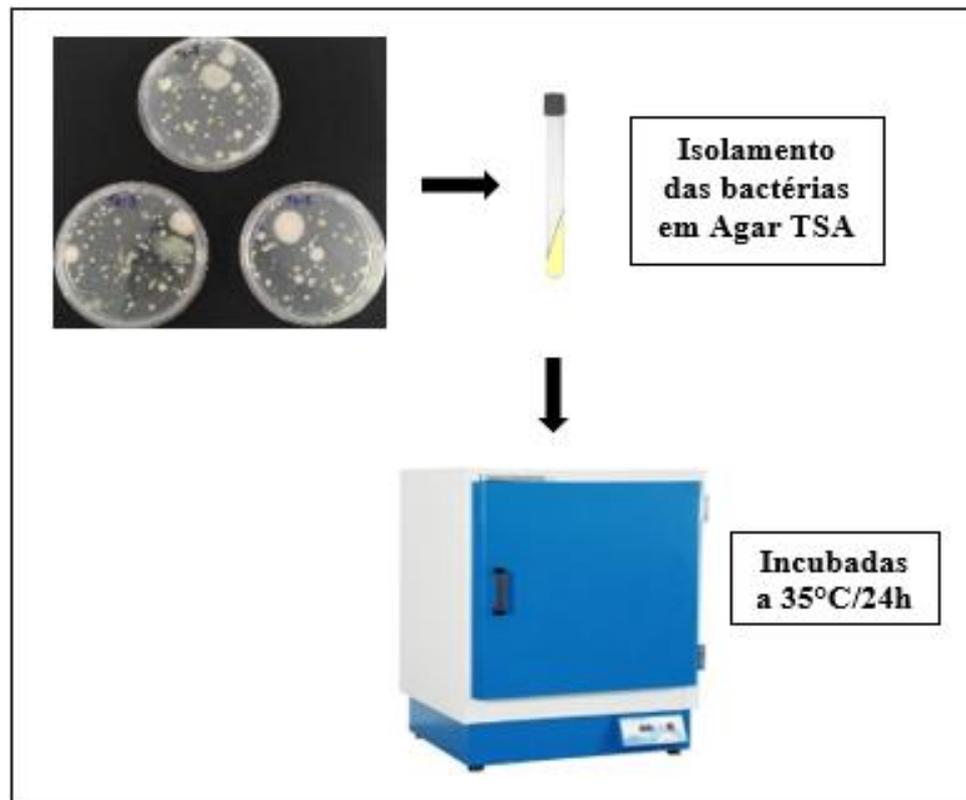
Os dados obtidos a partir das contagens foram submetidos a análise de variância e em seguida foi usado o teste t pareado para avaliar se havia diferença significativa entre os meses e entre os terminais de ônibus.

4.6 Isolamento e caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas

4.6.1 Isolamento bacteriano

Para o isolamento foram selecionadas dez colônias bacterianas a cada coleta por terminal, considerando a diversidade morfológica, o tamanho, a coloração e a textura. As bactérias foram repicadas em meio de cultura *Tryptic Soy Agar* (TSA) e incubadas em estufa de 35°C por 24 horas (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma do isolamento das estirpes bacterianas.

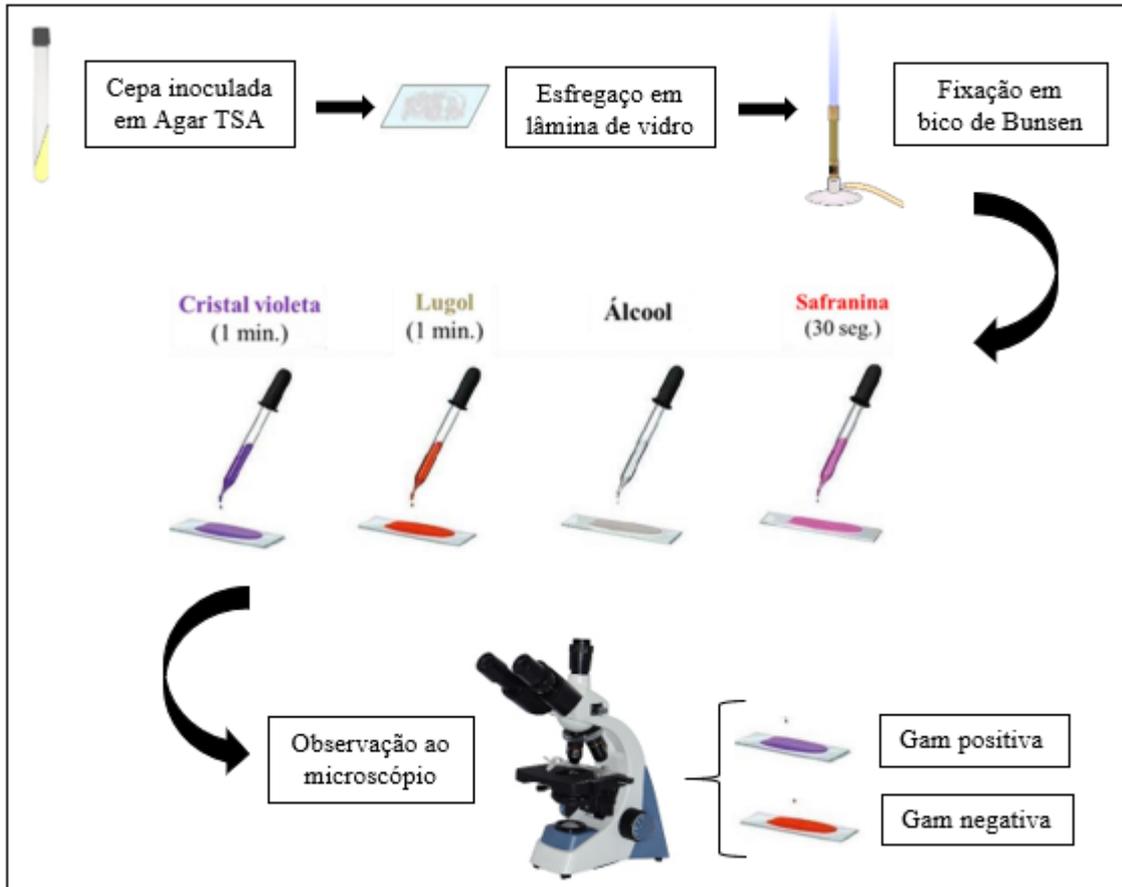


Fonte: Elaborada pela autora.

4.6.2 Caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas

Após o período de incubação das bactérias, os isolados foram submetido a técnica de Coloração de Gram, que consiste em separar as bactérias, de acordo com a estrutura da parede celular, em dois grandes grupos: Gram positivos, quando apresentam coloração roxo-violeta e Gram negativos, quando são corados em vermelho (MADIGAN *et al.*, 2016) (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma da Técnica de Coloração de Gram.



Fonte: Elaborada pela autora.

4.7 Identificação das estirpes fúngicas

A identificação das estirpes fúngicas foi feita por meio da observação visual, consideradas as suas características macroscópicas como tamanho, textura, coloração e presença de exsudados. Os fungos foram classificados a nível de gênero usando como base de identificação o manual de Descrição de fungos de importância médica (ELLIS *et al.*, 2007) e o Atlas Micologia (TOMÉ; MARQUES, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros meteorológicos

O resultado da temperatura média, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento e nebulosidade estão expressas na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros meteorológicos registrados no período das coletas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, em 2019.

Data da coleta	Hora (UTC)	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Velocidade do vento (m/s)	Nebulosidade (décimos)
25/02		26,4	90	1009,4	1,3	8,0
27/03	12:00	25,4	97	1010,9	1,1	10,0
15/04		25	95	1010,3	0,0	10,0
20/05		24,5	97	1010,9	0,0	10,0

Fonte: INMET (2020).

A temperatura teve uma pequena oscilação entre as coletas, com a mínima de 24,5 °C no mês de maio e a máxima no mês de fevereiro com 26,4 °C. Anualmente a média pode variar de 26 a 28°C (IPECE, 2017). De acordo com Ayoade (1996), a temperatura do ar sofre alteração de acordo com o lugar e o decorrer do tempo e sua distribuição sobre a superfície da Terra é influenciada pela quantidade de insolação, a distância dos corpos hídricos, o relevo, os ventos e as correntes oceânicas.

A temperatura é um importante fator que influencia no crescimento e sobrevivência dos microrganismos. Quando há o aumento temperatura, as reações químicas e enzimáticas acontecem de forma mais rápida, acelerando o crescimento. Já quando atinge acima do máximo de crescimento ocorre a desnaturação dos componentes celulares essenciais (MADIGAN *et al.* 2016).

Os valores de umidade relativa variaram de 90 (coleta 1) a 97% (coleta 2 e 4). Em regiões tropicais, a umidade é influenciada pela temperatura, que varia bastante durante o dia e pela altitude. Em locais com altitudes mais elevadas a evaporação é mais intensa, tornando esse ambiente mais favorável para o desenvolvimento dos microrganismos, que utilizam a água disponível para o seu metabolismo. Quando a umidade relativa do ar está baixa, a

disponibilidade de água diminui podendo causar desidratação. Durante o período chuvoso a umidade relativa pode chegar próxima ao seu máximo a noite, principalmente em regiões costeiras e em épocas de seca ela chega ao seu valor mínimo a tarde nos interiores continentais dos trópicos (AYOADE, 1996; BRAGOSZEWSKA; PASTUSZKA, 2018; ROSA; MOSSO; ULLÁN, 2002).

A pressão atmosférica sofreu uma variação de 1009,4 (coleta 1) a 1010,9 (coleta 2 e 4) hPa. Ela pode ser definida como o peso do ar sobre a superfície terrestre. Ao nível do mar mede em média 1013,25 hPa a uma temperatura de 15°C, sofrendo alterações de acordo com o horário, a estação do ano, a latitude e longitude. A força da pressão é inversamente proporcional a densidade do ar. Em áreas urbanas as temperaturas são mais altas (ar menos denso) do que áreas rurais e florestais, possuindo pressões mais baixas e gerando uma circulação local (AYOADE, 1996; JARDIM, 2011).

As velocidades do vento foram maiores nos meses de fevereiro e março com intensidade de 1,3 e 1,1 m/s, respectivamente e as últimas duas coletas as velocidades foram nulas. Os ventos da cidade de Fortaleza são predominantemente os alísios com direção leste e sudeste e pelas brisas marítimas, sendo mais intensos na estação seca, compreendendo o segundo semestre do ano e a média anual é de 3,7 m/s (AGUIAR *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2019). A velocidade do vento pode afetar na dispersão dos bioaerossóis e quando são altas podem diminuir a quantidade de microrganismos disponíveis no ambiente (BRAGOSZEWSKA; PASTUSZKA, 2018; LI *et al.*, 2020).

A nebulosidade foi de 10 décimos em todas as coletas, com exceção da primeira que foi 8 décimos. Segundo Ayoade (1996), a nebulosidade é representada pela quantidade de nuvens que cobrem o céu e pode variar de acordo com o local e a estação do ano.

O mês de fevereiro registrou a menor precipitação com 319,3 mm de chuva e a maior ocorreu no mês de abril com 430,4 mm (Fortaleza). Entre as coletas a maior pluviosidade foi registrada na terceira coleta com 148,4 mm no terminal do Papicu (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores de precipitação pluviométrica (mm) registrados no dia anterior e da coleta e o total mensal de fevereiro, março, abril e maio de 2019.

Coleta	Datas de registro	Antônio Bezerra	Parangaba	Papicu	Total mensal
1°	24/02	105,8	120,3	-	319,3
	25/02	0,2	0	-	
2°	26/03	0	0,8	45	397,6
	27/03	12	17,6	8	
3°	14/04	49	36,3	0	430,4
	15/04	65	39,4	148,4	
4°	19/05	0	0,5	0	353,4
	20/05	63,8	50,9	80	

Fonte: INMET (2020).

*Não foi possível realizar a coleta no terminal do Papicu.

Em Fortaleza, o clima predominante é o tropical quente sub-úmido, com pluviosidade média de 1338 mm por ano. A quadra chuvosa se concentra nos meses de fevereiro a maio e a estação seca ocorre entre os meses de agosto a novembro (CORTEZ; LIMA; SAKAMOTO, 2017; IPECE, 2017). A cidade localiza-se próxima a linha do Equador, sofrendo uma maior influência da insolação durante o ano, implicando no aumento da temperatura e na irregularidade das chuvas (FECHINE, 2015).

A precipitação em Fortaleza é influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que são bandas de nuvens formadas pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e do sul. Nos meses de agosto a setembro a ZCIT se encontra mais na porção norte, prevalecendo ventos mais intensos e precipitação baixa. Quando a ZCIT está posicionada mais ao sul, geralmente nos meses de março a abril, a precipitação é mais intensa (FERREIRA; MELLO, 2005; MAIA *et al.* 2001).

5.2 Quantificação das estirpes bacterianas e fúngicas

Nas tabelas 6 e 7 têm-se os resultados da quantificação das amostras utilizando a técnica de CPP. Os valores registrados para as médias das colônias bacterianas variaram de 147,94 no Papicu (março) a 1000,15 UFC/m³ no Antônio Bezerra (fevereiro) e as médias das

colônias fúngicas oscilaram de 75,5 no Papicu (abril) a 290,61 UFC/m³ no Antônio Bezerra (março).

Tabela 6 – Valores das contagens bacterianas (UFC/m³) em amostras de bioaerossóis coletadas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, em 2019.

Terminal	Ponto de coleta	Fev	Mar	Abr	Mai	Média
Antônio Bezerra	Entrada	767,66	677,08	104,16	880,88	607,45 ^{aA}
	Meio	1313,4	815,21	541,21	677,08	836,73 ^{aA}
	Saída	919,38	1041,66	185,68	568,38	678,78 ^{aA}
Parangaba	Entrada	699,72	178,89	609,14	409,87	474,41 ^{aA}
	Meio	559,32	452,89	1263,58	475,54	687,83 ^{aA}
	Saída	249,09	133,6	56,61	74,72	128,51 ^{bB}
Papicu	Entrada		131,34	495,92	518,56	381,94 ^{aA}
	Meio		172,1	1524	885,41	860,50 ^{aA}
	Saída		140,39	514,03	307,97	320,80 ^{aC}
Média dos terminais	Entrada		329,10 ^a	403,07 ^a	603,10 ^a	
	Meio		480,07 ^a	1109,60 ^a	679,34 ^a	
	Saída		438,55 ^a	252,11 ^a	317,02 ^a	

Fonte: Elaborada pela autora.

Não foi realizado coleta no terminal do Papicu no mês de fevereiro. Letras minúsculas diferentes indicam que houve diferença significativa entre os pontos de coleta dentro do terminal ou entre os meses de coleta. Letras maiúsculas diferentes indicam que houve diferença significativa entre os pontos de coleta de cada terminal.

Tabela 7 – Valores das contagens fúngicas (UFC/m³) em amostras de bioaerossóis coletadas nos terminais de integração de ônibus do Antônio Bezerra, Parangaba e Papicu, em 2019.

Terminal	Ponto de coleta	Fev	Mar	Abr	Mai	Média
Antônio Bezerra	Entrada	126,81	294,38	221,92	151,72	198,71 ^{aA}
	Meio	144,92	269,47	165,3	199,27	194,74 ^{aA}
	Saída	165,3	307,97	97,37	126,81	174,36 ^{aA}
Parangaba	Entrada	99,63	115,48	65,67	122,28	100,77 ^{aB}
	Meio	115,48	106,43	81,52	183,42	121,71 ^{aA}
	Saída	92,84	92,84	172,1	81,52	109,83 ^{aA}
Papicu	Entrada		92,84	67,93	138,13	99,63 ^{aB}
	Meio		115,48	110,96	110,96	112,47 ^{aB}
	Saída		149,45	47,55	158,51	118,50 ^{aA}
Média dos terminais	Entrada		167,57 ^a	118,51 ^b	137,38 ^b	
	Meio		163,79 ^a	119,26 ^a	164,55 ^a	
	Saída		183,42 ^a	105,67 ^a	122,28 ^a	

Fonte: Elaborada pela autora.

Não foi realizado coleta no terminal do Papicu no mês de fevereiro. Letras minúsculas diferentes indicam que houve diferença significativa entre os pontos de coleta dentro do terminal ou entre os meses de coleta. Letras maiúsculas diferentes indicam que houve diferença significativa entre os pontos de coleta de cada terminal.

Em relação as contagens microbiológicas, as contagens bacterianas foram superiores as fúngicas em todos os terminais e em todas as coletas. Kabir *et al.* (2016) obtiveram contagens microbiológicas maiores aos descritos nesse estudo quando analisaram o ar externo da Universidade de Jahangirnagar, localizada na cidade de Dhakar. O clima predominante dessa região é o tropical úmido e seco, com temperatura média variando entre 18 a 29 °C e precipitação anual de 1,854 mm (MONDOL *et al.* 2019). As contagens de bactérias variaram de 3965 - 7284 UFC/m³, 646 - 4112 UFC/m³ e 117 - 2408 UFC/m³ e os fungos variaram de 2056 - 5287 UFC/m³, 88 - 4141 UFC/m³, 822 - 1821 UFC/m³ em março, abril e maio de 2014, respectivamente.

Estudos realizados relatam que a concentração microbiana pode variar de acordo com a estação do ano, região e por fatores meteorológicos, como a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento (BRAGOSZEWSKA; PASTUSZKA, 2018; ZHONG *et al.*, 2016).

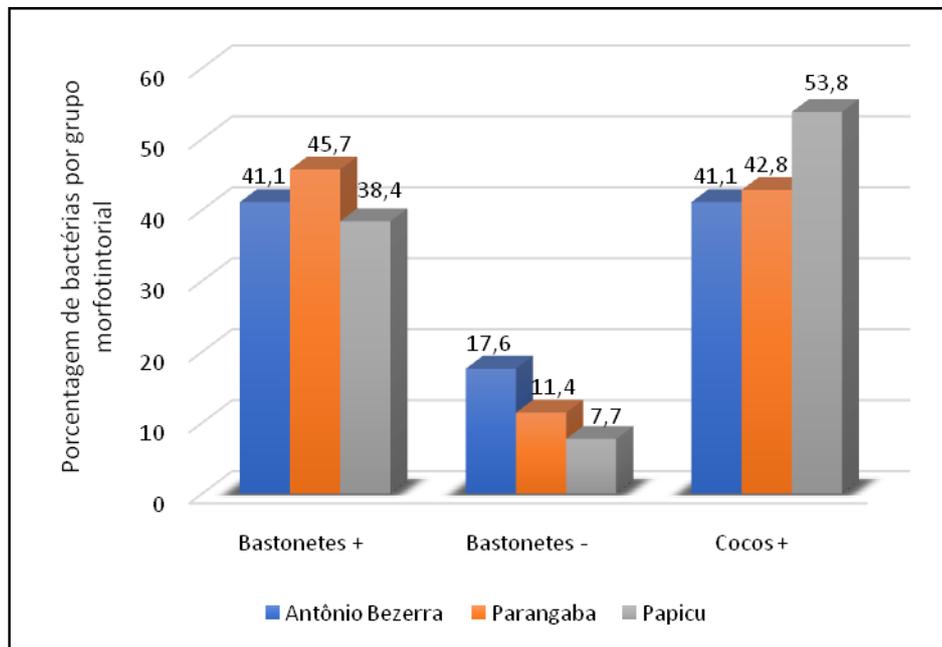
A variação climática entre os meses de março e abril influenciou as contagens de fungos na entrada dos terminais, porém a mesma diferença não foi observada entre abril e maio. Em março foi registrado uma maior temperatura e menor precipitação em comparação com o mês de abril. Em regiões com clima mais seco, existe uma grande abundância de microrganismos e essa quantidade pode diminuir no período chuvoso em que ocorre uma lavagem na atmosfera, depositando esses microrganismos na superfície (MÉNDEZ-PUENTES; CAMACHO-SUÁREZ; ECHEVERRY-HERNÁNDEZ, 2015). O mesmo efeito não aconteceu com as contagens de bactérias.

Dentre os terminais analisados, constatou-se que o Antônio Bezerra apresentou as maiores médias de contagens microbiológicas em todas as coletas com exceção da terceira, onde houve predominância de bactérias no terminal do Papicu com 844,7 UFC/m³. Uma justificativa é com relação a grande quantidade de pessoas que transitam por esse terminal diariamente por ser o maior de Fortaleza e englobar uma variedade de linhas de ônibus. Além disso, esse terminal fica próximo da via expressa, que é uma avenida que interliga vários bairros e constantemente uma grande quantidade de veículos transitam por ela. A alta carga microbiana encontrada em ambientes públicos está influenciada por um conjunto de fatores, entre eles o grande fluxo de pessoas que transitam esses espaços e fazem suas atividades básicas como conversar, espirrar e tossir, além da grande movimentação dos veículos, principalmente em horários de pico. A estrutura do local como a altura do chão até o teto e a quantidade de entradas e saídas, interferem na ventilação e dispersão da poeira, além dos pontos comerciais como lojas e áreas de alimentação e a limpeza podem contribuir na quantificação da microbiota no ar (KABIR *et al.*, 2016; OHAGIM *et al.*, 2017; PATEL *et al.* 2018).

5.3 Caracterização morfotintorial das estirpes bacterianas

Na caracterização da parede celular dos isolados bacterianos, a maior frequência pertencia ao grupo dos cocos Gram positivos com 43 isolados (45,2%), seguidos de 40 (42,1%) bastonetes Gram positivos e por último, com a menor representatividade, bastonetes Gram negativos com 12 (12,6%) estirpes (Gráfico 1). Em um estudo realizado na zona urbana da cidade de Neiva (Colômbia), foram obtidos resultados diferentes a essa pesquisa, em que o principal grupo bacteriano encontrado foi o bastonete Gram positivo, seguidos de cocos Gram positivos, bastonetes Gram negativos e por último cocos Gram negativos (MÉNDEZ-PUENTES; CAMACHO-SUÁREZ; ECHEVERRY-HERNÁNDEZ, 2015).

Gráfico 1 – Representação da porcentagem de bactérias de acordo com a morfologia e característica da parede celular.



Fonte: Elaborada pela autora.

Bactérias Gram-positivas conseguem resistir por mais tempo na atmosfera do que as Gram-negativas aos fatores de estresse do meio ambiente como a dessecação, a radiação solar e os poluentes químicos, devido a composição da parede celular ser mais espessa (FANG *et al.* 2007; MÉNDEZ-PUENTES; CAMACHO-SUÁREZ; ECHEVERRY-HERNÁNDEZ, 2015).

A Tabela 8 representa a diversidade dos pigmentos das bactérias encontradas nos terminais. A maioria das colônias identificadas possui coloração branca (26,3%), amarela (25,2%), laranja (22,1%) e rosa (21,1%) e a minoria na cor verde (4,2%) e marrom (1,1%).

Tabela 8 – Distribuição e diversidade de pigmentos apresentados pelas estirpes bacterianas isoladas do ar em três terminais de integração de ônibus na cidade de Fortaleza.

Pigmentos bacterianos	Coletas										
	Antônio Bezerra				Parangaba				Papicu		
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	2°	3°	4°
Amarelo	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X
Amarelo com halo branco	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
Branco	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Laranja	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	X
Laranja com centro branco	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Laranja com halo branco	X	-	X	X	-	-	-	X	-	-	X
Marrom com halo branco	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosa	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X
Verde	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Verde com centro transparente	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

X: Presença de pigmento; -: Ausência de pigmento.

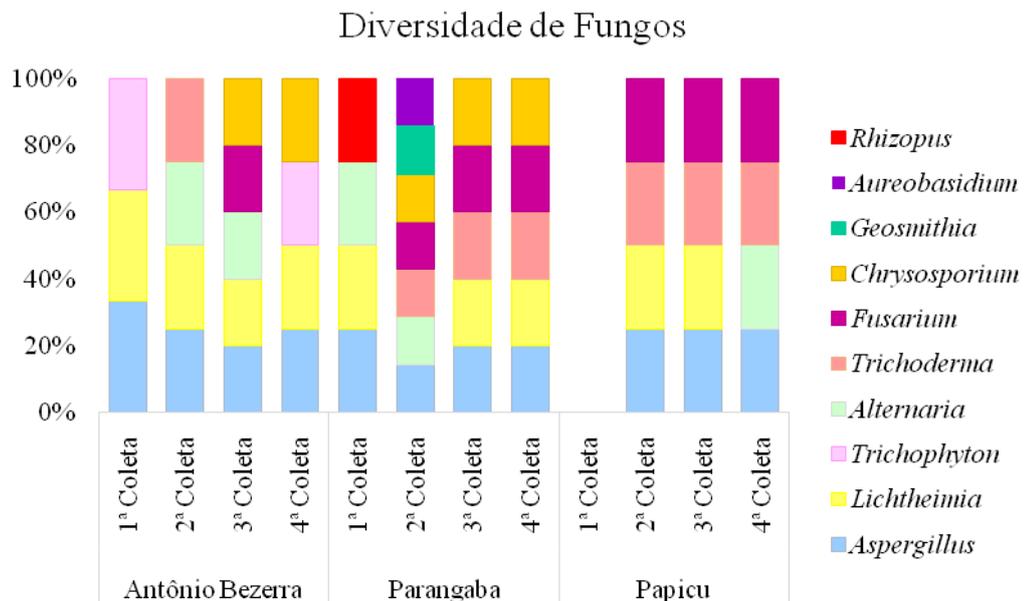
Dentre os locais de coleta, a Parangaba apresentou a menor frequência de estirpes pigmentadas. O entorno desse terminal é composto por bastante áreas verdes, comparando-se aos outros terminais e possui uma lagoa próxima a esse local, ocasionando um maior conforto térmico no ambiente. A estrutura do prédio também pode ter influenciado na diminuição da incidência solar nesse ambiente. A pigmentação é um mecanismo de proteção das bactérias contra os raios UV, favorecendo a sobrevivência desses microrganismos por mais tempo no ar (FAHLGREN *et al.*, 2010).

5.4 Identificação das estirpes fúngicas

No total de todas as coletas, foram identificados 10 tipos de gêneros fúngicos nos terminais de Fortaleza, com a maior abundância o *Aspergillus* representando 22,5%, em seguida *Lichtheimia* com 18,3%, *Trichoderma* e *Fusarium* com 14,2%, *Alternaria* e

Chrysosporium com 10,2%. Os gêneros menos encontrados foram *Trichophyton*, representando 4,1%, *Rhizopus*, *Geosmithia* e *Aureobasidium* com 2,1% (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Caracterização das estirpes fúngicas isoladas do ar em três terminais de integração de ônibus na cidade de Fortaleza.



Fonte: Elaborada pela autora.

Menezes *et al.* (2004) estudaram 10 ambientes de Fortaleza, entre eles a Cidade dos Funcionários, Papicu, Aldeota, Centro, Barrado Ceará, Antônio Bezerra, Parangaba, Mondubim, Rodolfo Teófilo e Fátima, durante um ano. Eles destacaram a maior presença dos gêneros *Aspergillus* (44.7%), *Penicillium* (13.3%), *Curvularia* (9.8%), *Cladosporium* (6.8%), *Mycelia sterilia* (6.0%), *Fusarium* (3.5%), *Rhizophus* (3.1%), *Drechslera* (2.6%), *Alternaria* (2.4%) e *Absidia* (2.2%).

Já em outro estudo similar realizado por Souza *et al.* (2019), foram isolados fungos de dois centros comerciais de climatização natural em Fortaleza e os principais gêneros encontrados nesses ambientes foram *Aspergillus* (100% das amostras), *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, entre outros.

Pode ser observado que o fungo *Aspergillus* foi o mais frequentemente encontrado, estando presente em todos os terminais e coletas. Esse fato pode ser explicado por esse gênero ser considerados ubíquo na atmosfera, pois possuem alta capacidade de dispersão e conseguem se desenvolver em muitos ambientes que lhe proporcionam condições adequadas de crescimento, como por exemplo em regiões tropicais que possuem clima favorável.

Também pode ter sido influenciado pela leveza de seus esporos, facilitando sua disseminação no ar. Possuem diâmetros entre 2-3,5 μm , no qual essas partículas conseguem ser inaladas pelos humanos, causando doenças infecciosas nos pulmões, nos seios paranasais e doenças alérgicas (BENNETT, 2010; LEE *et al.*, 2016; MÉNDEZ-PUENTES; CAMACHO-SUÁREZ; ECHEVERRY-HERNÁNDEZ, 2015; MENEZES *et al.* 2004).

6 CONCLUSÃO

- De acordo com os valores das contagens microbiológicas, as bacterianas foram superiores as fúngicas em todos os terminais e em todas as coletas.
- O terminal do Antônio Bezerra apresentou a maior abundância de microrganismos em todas as coletas com exceção apenas da terceira, onde houve predominância de bactérias no Papicu.
- Apesar dos valores das contagens encontrados, não é possível enquadrar dentro dos padrões de qualidade do ar, dado que a legislação brasileira inclui apenas fungos em ambientes internos.
- Em relação as estirpes bacterianas foram encontradas em sua maioria cocos Gram positivos (45,2%), seguidos de bastonetes Gram positivos (42,1%) e com menor frequência bastonetes Gram negativos (12,6%).
- Os gêneros fúngicos encontrado foram: *Aspergillus*, *Lichtheimia*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Chrysosporium*, *Trichophyton*, *Rhizopus*, *Geosmithia* e *Aureobasidium*. *Aspergillus* foi o gênero fúngico mais frequente das amostras e algumas espécies estão associadas a doenças infecciosas e alérgicas que afetam a saúde humana.

Como demonstrando nesse estudo, os terminais de ônibus de Fortaleza possuem carga microbiana no ambiente atmosférico e que podem estar associadas a diversas doenças. Esse quadro torna-se preocupante, pois não existe nenhum padrão de qualidade do ar externo na legislação brasileira que estabeleçam limites seguros para a saúde humana. Assim, é necessário que se façam mais estudos sobre esse tipo de ambiente e ação dos órgãos responsáveis na adoção de programas de monitoramento e na criação de parâmetros de qualidade do ar nesses ambientes com grande circulação de pessoas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. F. M. C. *et al.* Caracterização de Cânions urbanos e seus efeitos climáticos em área com intenso processo de verticalização na cidade de Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1046-1058, 2017.
- ALBRECHT, A. *et al.* Detection of airborne microbes in a composting facility by cultivation based and cultivation-independent methods. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 14, n. 1, 2007.
- ASIF, A. *et al.* Microbial quality assessment of indoor air in a large hospital building during winter and spring seasons. **Building and Environment**, v. 135, p. 68-73, 2018.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BENNETT, J. W. An overview of the genus *Aspergillus*. *In*: MACHIDA, M; GOMI, K. **Aspergillus: molecular biology and genomics**. Caister Academic Press, 2010. p. 1-17.
- BRAGOSZEWSKA, E.; PASTUSZKA, J. S. Influence of meteorological factors on the level and characteristics of culturable bacteria in the air in Gliwice, Upper Silesia (Poland). **Aerobiologia**, v. 34, n. 2, p. 241-255, 2018.
- BURROWS, S. M. *et al.* Bacteria in the global atmosphere-Part 2: Modeling of emissions and transport between different ecosystems. **Atmospheric Chemistry & Physics**, v. 9, n. 23, 2009.
- CAMBRA-LÓPEZ, M. *et al.* Airborne particulate matter from livestock production systems: a review of an air pollution problem. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 1, p. 1-17, 2010.
- CASTRO, A. H.; SILVA, G. M.; ARAÚJO, R. S. Qualidade do ar-parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. **Holos**, v. 5, p. 107-121, 2013.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21/11/2018. Disponível em:
<<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=21/11/2018&jornal=515&pagina=155>>. Acesso em: 10 out. 2020.
- CORTEZ, H.S.; LIMA, G. P.; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

- D'AMATO, G. *et al.* Asthma-related deaths. **Multidisciplinary Respiratory Medicine**, v. 11, n. 1, p. 37, 2016.
- DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- DESPRÉS, V. R. *et al.* Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. **Tellus B: Chemical and Physical Meteorology**, v. 64, n. 1, p. 15598, 2012.
- DIAS, A. A. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; MILTAO, M. S. R. A atmosfera terrestre: composição e estrutura. **Caderno de Física da UEFS**, n. 1 e 2, p. 21-40, 2007.
- ELLIS, D. **Exophiala sp.** Micologia online. Universidade de Adelaide, 2007. Disponível em: <<http://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/exophiala/>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- FAHLGREN, C. *et al.* Annual variations in the diversity, viability, and origin of airborne bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 9, p. 3015-3025, 2010.
- FANG, Z. *et al.* Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China. **Microbial Ecology**, v. 54, n. 3, p. 487-496, 2007.
- FARIAS, S. E. M. *et al.* Características das condições de tempo e clima e poluição do ar em Goiânia. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - Goiânia (GO)**, 2012.
- FECHINE, J. A. L. Identificação de secas meteorológicas na região metropolitana de Fortaleza, usando o índice de precipitação padronizada (spi). **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 2, p. 18 - 33, 2015.
- FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p. 15-28, 2005.
- FIEGEL, J.; CLARKE, R.; EDWARDS, D. A. Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols. **Drug Discovery Today**, v. 11, n. 1-2, p. 51-57, 2006.
- FRIBERG, B.; FRIBERG, S.; BURMAN, L.G. Correlation between surface and air count of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation. **Journal of Hospital Infection**, v. 42, n. 1, p. 61-68, 1999.
- FRÖHLICH-NOWOISKY *et at.* Bioaerosols in the Earth system: Climate, health, and ecosystems interactions. **Atmospheric Research**, v. 182, p. 346-376, 2016.

- GÓRNY, R. L. Microbial Aerosols: Sources, Properties, Health Effects, Exposure Assessment - A Review. **KONA Powder and Particle Journal**, p. 2020005, 2019.
- HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 14, p. 120-130, 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama da Cidade de Fortaleza**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>>. Acesso em: 19 de nov. 2020.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Tabela de Dados das Estações**. 2020. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>>. Acesso em: 07ago. 2020.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal de Fortaleza**. 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- JARDIM, C. H. Relações entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-SP. **Revista Geografias**, p. 128-142, 2011.
- KABIR, M. S. *et al.* Microbiological pollutants in air and antibiotic resistance profile of some bacterial isolates. **Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 1, p. 47-56, 2016.
- LEE, S. *et al.* High-throughput sequencing reveals unprecedented diversities of *Aspergillus* species in outdoor air. **Letters in Applied Microbiology**, v. 63, n. 3, p. 165-171, 2016.
- LI, X. *et al.* Forecasting of bioaerosol concentration by a Back Propagation neural network model. **Science of The Total Environment**, v. 698, p. 134315, 2020.
- MADIGAN, M.T. *et al.* Microbiologia de Brock, 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 1160 p.
- MAIA, L. P. *et al.* Dynamics of coastal dunes at Ceará state, Northeastern Brazil: dimensions and migration rate. **Arquivo de Ciências do Mar**. v. 34, p. 11-22, 2001.
- MATA, E. V. Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. **Éxito empresarial**, n. 149, 2010.

- MÉNDEZ-PUENTES, C. A.; CAMACHO-SUÁREZ, J. G.; ECHEVERRY-HERNÁNDEZ, S. Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. **Revista de Salud Pública**, v. 17, p. 728-737, 2015.
- MENEZES, E. A. *et al.* Airborne fungi isolated from Fortaleza city, State of Ceara, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 46, n. 3, p. 133-137, 2004.
- MOHLER, O. *et al.* Microbiology and atmospheric processes: the role of biological particles in cloud physics. **Biogeosciences**, v. 4, p. 1059-1071, 2007.
- MONDOL, M. A. H. *et al.* Microclimatic study using temperature data of Jahangirnagar University of Bangladesh. **Discovery Journals**, v. 5, 2019.
- MORRIS, C. E. *et al.* Microbiology and atmospheric processes: research challenges concerning the impact of airborne micro-organisms on the atmosphere and climate. **Biogeosciences**, v. 8, p. 17-25, 2011.
- NICOLAU, P. B. **Microrganismos e Ambiente: ar e água, solo e extremos**. Universidade aberta, 2010.
- OHAGIM, P. I. *et al.* Microbiological assessment of indoor air in public toilets across selected motor parks in Owerri Metropolis, Nigeria. **Journal of Microbiology & Experimentation**, v. 5, n. 6, p. 00166, 2017.
- OLIVEIRA, M. L. M. *et al.* Avaliação de poluentes do ar em áreas de recreação urbana da cidade de Fortaleza. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.
- PANTOJA, L. D. M.; COUTO, M. S.; PAIXÃO, G. C. Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário. **Biológico, São Paulo**, v. 69, n. 1, p. 41-47, 2007.
- PASTUSZKA, J. S.; PAW, U. K. T.; LIS, D. O.; WLAZLO, A.; ULFIG, K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 3, p. 3833-3842, 2000.
- PATEL, K.V. *et al.* Background levels of micro-organisms in the busy urban environment of transport hubs. **Journal of Applied Microbiology**, v. 125, n. 5, p. 1541-1551, 2018.

PEI-CHIN, W.; HUEY-JEN, S.; CHIA-YIN, L. Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons. **The Science of the Total Environment**, v. 253, n. 2, p. 111-118, 2000.

POLYMENAKOU, P. N. Atmosphere: a source of pathogenic or beneficial microbes? **Atmosphere**, v. 3, n. 1, p. 87-102, 2012.

QUADROS, M. E.; LISBOA, H. M.; Capítulo IX – Qualidade do ar interno. *In*: LISBOA, H. de M. **Controle da Poluição Atmosférica**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina | Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1-37, 2014.

ROSA, M. C.; MOSSO, M. A.; ULLÁN, C. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. **Observatorio Medio Ambiental**, v. 5, n. 2002, p. 375-402, 2002.

SAMAKE, A. *et al.* The unexpected role of bioaerosols in the Oxidative Potential of PM. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

SOUZA, J. C. *et al.* Diversidade fúngica no ar de centros comerciais em Fortaleza, Ceará. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, v. 3, n. 2, 2019.

SRIKANTH, P. *et al.* Bio-aerosols in indoor environment: composition, health effects and analysis. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 26, n. 4, p. 302, 2008.

TOMÉ, R.; MARQUES, G. **Atlas Micologia**. Grupo de Estudo de Micologia Médica, 2016. Disponível em: <<http://atlasmicologia.blogspot.com.br/>>. Acesso em 18 out. 2020.

VIEIRA, N. R. **Poluição do Ar: indicadores ambientais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2009.220 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen p.484, 2010.

ZHONG, X. *et al.* Seasonal distribution of microbial activity in bioaerosols in the outdoor environment of the Qingdao coastal region. **Atmospheric Environment**, v. 140, p. 506-513, 2016.