UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO

COMUNIDADES DE LIQUENS E NÍVEIS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) COMO INDICADORES DE QUALIDADE DO AR EM TRÊS ÁREAS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE/MG

VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS

Belo Horizonte

2019

VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS

COMUNIDADES DE LIQUENS E NÍVEIS DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO) COMO INDICADORES DE QUALIDADE DO AR EM TRÊS ÁREAS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE/MG

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM – versão final, apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr. José Eugênio Côrtes Figueira

Belo Horizonte

2019

043 Morais, Vergílio Silva de Alvarenga.

Comunidades de liquens e níveis de monóxido de carbono (co) como indicadores de qualidade do ar em três áreas no município de Belo Horizonte/MG [manuscrito] / Vergílio Silva de Alvarenga Morais. – 2019.

86 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Dr. José Eugênio Côrtes Figueira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Monitoramento ambiental. 3. Sequências didáticas. 4. Poluição do ar. I. Figueira, José Eugênio Cortes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 372.857.01

Ficha elaborada por Sônia M. S. Moraes CRB 6/1357 - ICB/UFMG

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE **VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS**	**Defesa No. 36 Entrada 2º/2017**

No dia 29 de agosto de 2019, às 14:00, reuniram-se, na Sala 315, CAD1/UFMG, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: **"Assembleia de Liquens e Níveis de Monóxido de Carbono (CO) como Possíveis Indicadores de Qualidade do Ar em Três Áreas no Município de Belo Horizonte/MG"** como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: Ensino de Biologia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. José Eugênio Côrtes Figueira, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato **VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS**, para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Professor examinador	Instituição	Indicação (Aprovado/Reprovado)
Dr/a. Paulina Barbosa	UFMG	APROVADO
Dr/a. Daniel M. Maronze	UFMG	Aprovado
Dr/a.	UFMG	Aprovado

Pelas indicações, o candidato foi considerado: Aprovado

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão. Comunicou-se ainda ao candidato que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda à homologação.

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 29 de agosto de 2019.

Nome Daniel marchetti maronze Assinatura Daniel m. maronze

Nome Paulina Barbosa Assinatura PBarbosa

Nome Daniel m. maronze Assinatura
José Eugênio C. Fiqueiredo

Obs.: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Colegiado local do PROFBIO.

Tânia Mara Segatelli
Coordenadora PROFBIO
ICB-UFMG

À minha família, meus pais José e Elza, e meu irmão Josué!

E à minha esposa Francislene!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, causa original de todas as coisas.

Agradeço ao meu orientador, José Eugênio, pela sua dedicação e paciência, fundamentais na elaboração e execução do projeto.

À minha esposa, Francislene, pelo apoiado do início ao fim nessa empreitada.

Aos meus pais, José e Elza, e ao meu irmão, Josué, por sempre terem acreditado no meu potencial, me apoiando sempre.

Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO, da UFMG, por contribuírem para a minha formação.

Aos membros da banca, prof. Daniel e profª Paulina, pelas inestimáveis sugestões.

Aos colegas do mestrado, pelos bons momentos vividos juntos.

Aos amigos Robson e Luciana, pelo apoio.

À Fabíola, secretária do PROFBIO-UFMG, pela atenção e disposição em atender aos meus pedidos.

Ao colégio público, pela autorização para o desenvolvimento do projeto em suas dependências.

Aos meus alunos, pela participação ativa e envolvimento no projeto.

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

“O poço ainda profundo da ignorância sobre a biodiversidade é um problema não apenas para os especialistas, mas para todas as pessoas. Como vamos administrar o planeta e mantê-lo sustentável sabendo pouco sobre ele?”

Edward O. Wilson – Cartas a um Jovem Cientista

RESUMO

O ambiente, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), merece bastante atenção. Ao se tratar de temas relacionados ao ambiente, procura-se dar destaque à ação humana face à natureza. O nível de poluição do ar varia muito nas grandes metrópoles, como Belo Horizonte. Esses níveis podem ser mais acentuados nas regiões em torno de vias de intenso tráfego de automóveis, caminhões, motos e ônibus, e baixos em locais próximos a parques ou áreas de preservação. O presente trabalho promoveu a aferição da qualidade do ar em três áreas: 1) um colégio público situado em bairro tradicional próximo ao hipercentro de Belo Horizonte; 2) entorno do ICB, situado no Campus Pampulha da UFMG; e 3) Avenida Antônio Carlos, nº 6.627 (próximo à entrada do Campus Pampulha da UFMG), via de intenso tráfego veículos automotores. No colégio, a coleta e análise de dados sobre a qualidade do ar foram feitas pelos estudantes sob a orientação do professor de Biologia. Nas três áreas foram coletados dados sobre o nível de monóxido de carbono (CO) usando o aparelho AKSO CO77 Medidor de Monóxido de Carbono, e sobre comunidades de líquens epifíticos encontrados em troncos de palmeiras imperiais através de uma adaptação da metodologia proposta por Troppmair. Esses dados foram comparados pelos estudantes, que obtiveram como resultado que a área 1 (colégio) é mais poluída que a área 2 (UFMG), e menos poluída que a área 3 (Av. Antônio Carlos).

Palavras chaves: Monitoramento ambiental, sequência didática, poluição do ar, bioindicadores.

ABSTRACT

The environment, according to the National High School Curriculum Parameters (PCNEM), deserves a lot of attention. When dealing with environmental issues, the focus is on human action towards nature. The level of air pollution varies greatly in large cities, such as Belo Horizonte. These levels may be higher in regions around high traffic roads of cars, trucks, motorcycles, and buses, and low in locations near parks or preservation areas. The present work promoted the measurement of air quality in three areas: 1) a public school located in a traditional neighborhood near the hypercentre of Belo Horizonte; 2) within the forested Campus of UFMG; and 3) a high-traffic Avenue near the Campus entrance. At school, the collection and analysis of data on air quality was done by students through a didactic sequence, under the guidance of the biology teacher. Data were collected on carbono monoxide (CO) levels using the AKSO CO77 Carbon Monoxide Meter, and on epiphytic lichen communities found on imperial palm tree trunks by adapting the methodology proposed by Troppmair. These data were compared by the students, who obtained that área 1 (school) is more polluted than área 2 (UFMG), and less polluted than área 3 (Antônio Carlos Avenue).

Key words: Environmental monitoring, teaching sequence, air pollution, bioindicators.

LISTA DE FIGURAS	Pg.
Figura 1 - Poluição do ar em São Paulo nos dias 23 e 30 de maio de 2018	19
Figura 2 - Diferentes níveis da biodiversidade	23
Figura 3 - Áreas de estudo	29
Figura 4A - Aparelho AKSO	31
Figura 4B - Visor do Aparelho AKSO	31
Figura 5 - Área 1: árvore 2	32
Figura 6 - Área 1: árvore 3	32
Figura 7 – Amostragem 1	34
Figura 8 - Amostragem 2	34
Figura 9 - Área 2: árvore 1	35
Figura 10 - Área 2: árvore 2	35
Figura 11 - Área 3: árvore 1	36
Figura 12 - Área 3: árvore 2	36
Figura 13 - Classificação por cores (I a V) das classes de poluição	42
Figura 14 - Distribuição das classes de poluição na área 1 (colégio)	43
Figura 15 - Distribuição das classes de poluição na área 2 (UFMG)	43
Figura 16 - Distribuição das classes de poluição na área 3 (Av. Antônio Carlos)	44
Figura 17 - Intensidade de trânsito na área 1 (colégio)	44
Figura 18 - Intensidade de trânsito na área 2 (UFMG)	45
Figura 19 - Intensidade de trânsito na área 3 (Av. Antônio Carlos)	45
Figura 20 - Resposta do grupo 1	46
Figura 21 - Resposta do grupo 2	46
Figura 22 - Resposta do grupo 3	46
Figura 23 - Resposta do grupo 4	46
Figura 24 - Resposta do grupo 5	46
Figura 25 - Resposta do grupo 6	47
Figura 26 - Resposta do grupo 7	47
Figura 27 - Resposta do grupo 8	47

Figura 28 - Branco folioso	48
Figura 29 - Amarelo folioso	48
Figura 30 - Verde oliva crostoso	48
Figura 31 - Branco crostoso	48
Figura 32 - Cinza crostoso	48
Figura 33 - Verde claro crostoso	48
Figura 34 - Verde escuro crostoso	48

LISTA DE TABELAS	Pg.
Tabela 1 - Quantidade total de líquens por árvore por área	38
Tabela 2 - Classes de poluição da área 1 (colégio)	40
Tabela 3 - Classes de poluição da área 2 (UFMG)	41
Tabela 4 - Classes de poluição da área 3 (Av. Antônio Carlos)	41
Tabela 5 - Descrição das morfoespécies de líquens	47
Tabela 6 - Quantidade de líquens por morfoespécie na área 1 (colégio)	49
Tabela 7 - Quantidade de líquens por morfoespécie na área 2 (UFMG)	49
Tabela 8 - Quantidade de líquens por morfoespécie na área 3 (Av. Antônio Carlos)	50
Tabela 9 - Sequência de morfoespécies (mais abundante para menos abundante), tendo como referência a área 2	54
Tabela 10 - Sequência de morfoespécies (mais abundante para menos abundante), tomando as áreas independentemente umas das outras	56
Tabela 11 - Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 1 (colégio)	58
Tabela 12 - Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 2 (UFMG)	59
Tabela 13 - Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 3 (Av. Antônio Carlos)	60

LISTA DE GRÁFICOS	**Pg.**
Gráfico 1 - Riqueza de morfoespécies de líquens	51
Gráfico 2 - Nº total de indivíduos por área	52
Gráfico 3 - Nº de indivíduos por morfoespécie por área	52
Gráfico 4 - Ranque de morfoespécies, tendo referência a área 2	55
Gráfico 5 - Ranque abundância	56
Gráfico 6 - Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 1 (colégio)	58
Gráfico 7 - Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 2 (UFMG)	59
Gráfico 8 - Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 3 (Av. Antônio Carlos)	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 24
3. OBJETIVOS 27
   - 3.1. OBJETIVO GERAL 27
   - 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 27
4. HIPÓTESE 28
5. MATERIAL E MÉTODOS 29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 37
7. CONCLUSÃO 62
8. PRODUTO FINAL 65
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

ANEXOS 74

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente é assunto de grande destaque na sociedade. Diversos problemas ambientais são noticiados pela mídia diariamente, mostrando os graves efeitos do impacto da ação humana no ambiente. Conforme Vormittag et al. (2014)

> *"Diante do intenso desenvolvimento econômico das últimas décadas, a humanidade vivencia o agravamento de questões socioambientais. Cada vez mais as externalidades provenientes de atividades antrópicas resultam em impactos negativos, provocando a diminuição da qualidade de vida em diferentes aspectos."*

A poluição do ar é um desses impactos negativos. Nos grandes centros urbanos os poluentes do ar são os principais agentes causadores de problemas na saúde humana, animal e vegetal (PIQUE et al., 2006). Braga et al. (2007) relata que

> *"Os problemas de poluição do ar não são recentes. (...) Em 1952, ocorreu o evento mais crítico que se tem notícia: cerca de 4 mil pessoas morreram em Londres por causa da poluição do ar. Merecem ainda destaques outros eventos. Em 1956, 1957 e 1962, morreram aproximadamente 2.500 pessoas, em Londres. Nos Estados Unidos, um dos eventos mais críticos ocorreu em 1948, na cidade de Donora, Pensilvânia, matando 30 pessoas e deixando cerca de 6 mil internadas com problemas respiratórios. Em 1963, na cidade de Nova York, 300 pessoas morreram e milhares tiveram problemas diversos causados pela poluição do ar. Em certas cidades, como Los Angeles, São Paulo e Cidade do México, são conhecidos os eventos críticos de poluição do ar provocados pelos gases emitidos por veículos."*

Assim, é perceptível que a queima de combustíveis fósseis por veículos automotores libera grande quantidade de poluentes na atmosfera.

Mas o que é poluição do ar?

Poluição do ar é a condição em que o ar contém uma ou mais substâncias químicas em concentração suficiente para causar danos em humanos, animais, vegetais, ou mesmo em materiais (BRAGA et al., 2007; PIQUE et al., 2006).

Os indicadores de poluição do ar são determinados pela Resolução CONAMA 03/90: partículas inaláveis (PM_{10}) (concentração média diária permitida: 150 µg/m³), partículas respiráveis ($PM_{2,5}$) (valores não determinados), dióxido de enxofre (SO_2) (concentração média diária permitida: 365 µg/m³), monóxido de carbono (CO) (limite máximo de concentração média em 8 horas: 9 ppm; ou concentração média permitida em 8 horas: 10.000 µg/m³), ozônio (O_3) (concentração média diária permitida: 160 µg/m³), dióxido de nitrogênio (NO_2) (concentração média diária permitida: 320 µg/m³), hidrocarbonetos totais (HCT) (valores não determinados), metanos (CH_4) (valores não determinados), e hidrocarbonetos não metanos (HCNM) (valores não determinados) (FEAM, 2016).

Se os veículos automotores são grandes responsáveis por emissão de poluentes, pode-se indagar: e se a maioria desses veículos não circulassem?

A pergunta acima pode ser respondida, por exemplo, através da análise da greve dos caminhoneiros ocorrida em 2018, com início em 21 de maio, e término no dia 30 de maio. Devido à retirada de circulação da maioria dos veículos automotores, pelo medo de faltar combustível, foi possível observar o efeito essa não circulação em relação à poluição do ar, que foi reduzida.

Diversos jornais noticiaram essa redução na cidade de São Paulo no período citado. As notícias informam que a poluição em São Paulo diminuiu pela metade com a greve dos caminhoneiros (ZIEGLER, 2018; PINHONI, 2018).

A redução do tráfego de veículos automotores, principalmente de caminhões, possibilitou a avaliação dos efeitos da poluição do ar em São Paulo (ZIEGLER, 2018).

A figura 1 mostra a diferença da poluição do ar nos dias 23 de maio e 30 de maio de 2018.

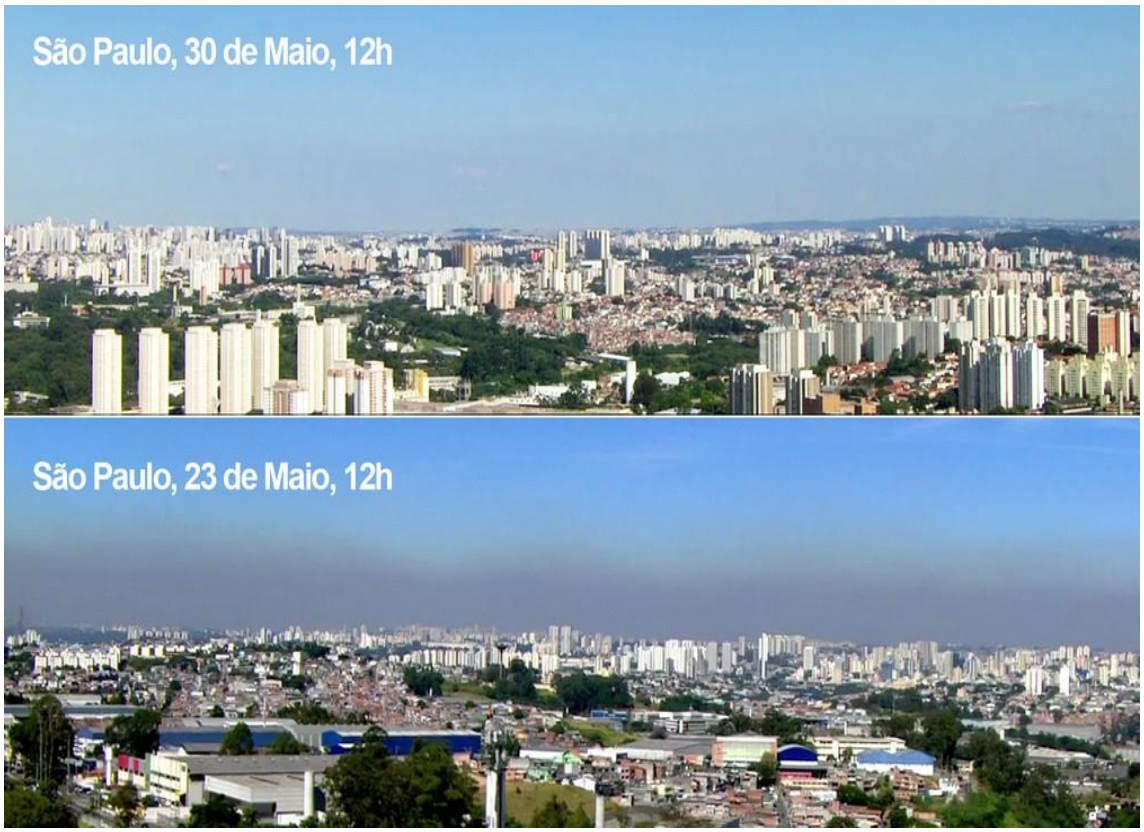

Figura 1 – Poluição do ar em São Paulo nos dias 23 e 30 de maio de 2018[1]

No dia 28 de maio a qualidade do ar era considerada boa para todos os poluentes analisados (Poluição em São Paulo cai pela metade com paralisação de caminhoneiros, 2018).

A poluição do ar também é um problema em Belo Horizonte/MG. A qualidade do ar na cidade não é boa em um terço do ano, segundo a Secretaria do Município de Meio Ambiente (LOPES, 2015). Conforme Lopes (2015)

> *"(...) ao analisar os dados do levantamento dos últimos 12 meses, revelando que em cerca de um terço dos 365 dias analisados a qualidade do ar não esteve boa ou não foi medida nas duas estações da capital gerenciadas pela Prefeitura de Belo Horizonte.*
>
> *No período, 28,4% dos dias tiveram índice regular, 1,6% inadequado e 5,7% das medições não estavam disponíveis na estação no Centro Mineiro de Referência de Resíduos, no Bairro*

[1] Disponível em <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/poluicao-do-ar-em-sao-paulo-cair-pela-metade-com-greve-de-caminhoneiros-diz-instituto.ghtml>. Acesso em: 20 jun 2019.

> *Esplanada, na Região Leste. Na outra, no Instituto Nacional de Meteorologia, no Bairro Cidade Jardim, Região Centro-Sul, os percentuais registrados foram de 23,5%, 0,8% e 4,3% (veja arte), respectivamente. Além de afirmar que os números exigem atenção, especialmente pelo crescente aumento da frota de veículos na capital e consequente aumento da emissão de poluentes, estudiosos do assunto fazem críticas sobre a base de dados."*

O fato de Belo Horizonte ter apenas duas estações de medição de poluição dificulta a análise da poluição do ar no município (LOPES, 2015). Conforme a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, a indisponibilidade de dados não indica que os dados não foram medidos, e sim que a comunicação desses dados não ocorreu em tempo hábil para geração e publicação de um boletim (LOPES, 2015).

Devido a situações como essas, a educação ambiental deve fazer parte, como tema transversal, do currículo de todo o sistema de ensino, seja no ensino básico ou no ensino superior. É importante que os alunos aprendam sobre o meio ambiente e os impactos causados pelas ações e comportamento negligente do ser humano ao trabalhar e produzir, principalmente em uma sociedade industrial como a atual sociedade em que estão inseridos.

A abordagem investigativa é uma das formas de introduzir na escola a temática sobre meio ambiente, possibilitando aos alunos a participação ativa na produção do conhecimento que eles mesmos irão aprender. Segundo Vicente (2012)

> *"A pesquisa como prática pedagógica favorece aos alunos a aprendizagem significativa, onde o aluno associa o conhecimento à sua realidade gerando significado ao conteúdo estudado. O processo de ensino quando executado neste caminho torna-se muito mais prazeroso ao aluno.*
>
> *Também como característica problematizadora, a pesquisa instiga os sujeitos envolvidos a buscarem respostas, onde interagem, discutem e colocam sua posição contrária ou não a*

> *determinado tema, isso gera o conhecimento de forma construtiva e cooperativa, onde todos corroboram para o conhecimento final."*

No mesmo sentido, a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) aponta como sua segunda competência

> *"2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base no conhecimento das diferentes áreas."* (PEREZ, 2018).

A análise da poluição do ar com a utilização de bioindicadores possui abordagem investigativa ao proporcionar que os alunos coletem e analisem dados, testem hipóteses, argumentem e apresentem resultados, possibilitando a eles o contato direto com o método científico. Ademais, induz os alunos a pensarem sobre a importância da conservação do ambiente escolar, seja a parte natural, seja a antrópica. Segundo Piqué et al. (2007) os líquens são utilizados para monitorar a qualidade do ar em algumas cidades brasileiras. Essa utilização se deve ao fato deles serem considerados bioindicadores, pois são sensíveis à poluição atmosférica (BELO, 2013).

O presente trabalho propiciou a inserção dos alunos de um colégio público em uma prática investigativa de modo que eles avaliassem a seguinte questão: como está a qualidade do ar na região do colégio, situado em um tradicional bairro de Belo Horizonte/MG?

Para tentar respondê-la, os alunos utilizaram, como bioindicadores, a quantidade de líquens e de morfoespécies encontrados na casca de palmeiras imperiais situadas no pátio do colégio. Ressalta-se que as comunidades liquênicas sofrem importantes alterações devido ao impacto que a ação humana provoca no ambiente (CONFORTIN & CRIPPA, 2018).

Morfoespécie pode ser definida como um grupo de organismos que difere em algum aspecto morfológico de todos os outros grupos (CERQUEIRA et al.,

2003). Esse conceito é utilizado em estudos ecológicos quando ainda não foi possível a identificação da espécie (CERQUEIRA et al., 2003).

Com a finalidade de comparar a qualidade do ar do colégio, dados sobre bioindicadores também foram coletados fora do colégio. Um dos locais escolhidos foi o Campus Pampulha da UFMG, onde está situado o Instituto de Ciências Biológicas (ICB). Nesse local há palmeiras imperiais em que crescem líquens. Outro local foi a avenida Antônio Carlos, nº 6.627, em frente à entrada principal do Campus Pampulha da UFMG. Ali também há palmeiras imperiais onde podem crescer liquens. Assim, padronizou-se o substrato.

A pesquisa analisou a densidade, a riqueza e a abundância de morfoespécies, e similaridade de comunidades nestas 3 áreas.

A densidade de espécies pode ser definida como o número de espécies por unidade de amostra ou área (GOTELLI, 2009).

A riqueza de espécies pode ser definida como o número de espécies que ocorrem em uma determinada área ou comunidade (CERQUEIRA et al., 2003).

A abundância pode ser definida como número total de indivíduos em uma determinada área (CERQUEIRA et al., 2003). Existe, também, o conceito de abundância relativa, que é a quantidade relativa de indivíduos de uma espécie em relação às demais (CERQUEIRA et al., 2003).

A similaridade pode ser definida como a magnitude de semelhança na composição de espécies entre duas áreas ou comunidades, e essa magnitude pode ser medida por meio de índices baseados nas igualdades e similaridades entre a composição de espécies de cada local a ser comparado (CERQUEIRA et al., 2003).

Dados sobre riqueza e abundância são fundamentais para que se possa analisar a diversidade através de índices, como o Índice de Shannon-Weaver ou combinados nos gráficos de abundâncias das espécies ranqueadas das mais abundantes para as mais raras.

A diversidade pode apresentar 3 (três) níveis: diversidade genética dentro de uma espécie; diversidade de espécies dentro de uma comunidade; e

diversidade de comunidades dentro de um ecossistema. A figura 2 ilustra bem esses níveis.

Figura 2 – Diferentes níveis da biodiversidade[2]

Além dos bioindicadores, foram coletados dados sobre o nível de monóxido de carbono (CO) nessas três áreas. Esse gás resulta da queima incompleta de combustíveis, o que ocorre em motores de combustão interna presentes em veículos automotores. A importância do estudo desse gás está na possibilidade de ser letal para o ser humano quando inalado, podendo conjugar à hemoglobina presente nas hemácias. Essas células são responsáveis pelo transporte do gás oxigênio no corpo humano. Assim, se a hemoglobina for inutilizada pelo monóxido de carbono (CO), as hemácias não poderão transportar o gás oxigênio, o que acarretará a morte do indivíduo. Dessa forma, analisar o nível de monóxido de carbono é de extrema importância para a avaliação da qualidade do ar e, indiretamente, pelo risco à saúde humana que ele representa.

[2] Disponível em <https://www.facebook.com/arvoresertecnologico/photos/a.501991869943424/1417726368369965/?type=3&theater>. Acesso em: 20 jun 2019.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ambiente, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), merece bastante atenção. Ao se tratar de temas relacionados ao ambiente, procura-se dar destaque à ação humana face à natureza. Os PCNEM propõem que os diversos conteúdos trabalhados realcem a importância de materiais extraídos e sintetizados pelo ser humano, além dos impactos da introdução destes, pela agricultura e pela indústria, no ambiente, abordando todas as facetas socioeconômicas e políticas (BRASIL, 2000). Deve-se analisar os processos de transformação, além dos usos dos materiais resultantes desses processos, inclusive em relação à poluição atmosférica, promovendo o entendimento das pessoas quanto ao papel do cidadão e da sociedade nesse tema (BRASIL, 2000). O monitoramento ambiental da qualidade do ar, portanto, é conteúdo relevante nas escolas de ensino básico, pois o entendimento pode acarretar mudança de mentalidade e de comportamento.

O monitoramento ambiental abrange várias áreas de análises, principalmente em relação à qualidade do ar (COMIN, 2012). O nível de poluição do ar resulta da interação de vários fatores como, por exemplo, quais e quantas são as fontes poluidoras, a atmosfera, e os fenômenos meteorológicos que ocorrem nela, pois estes são capazes de influenciar na dispersão dos poluentes (COMIN, 2012).

O entendimento de que os poluentes atmosféricos podem causar danos à saúde levou à criação de diversos órgãos ambientais em diversos países como, por exemplo, os Estados Unidos e o Brasil (COMIN, 2012). Nos Estados Unidos há a Agência de Proteção Ambiental (EPA), criada em 1970, e no Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), criado em 1981 (COMIN, 2012).

O monitoramento da qualidade do ar pode ser realizado tanto no ambiente externo quanto no ambiente interno. A qualidade do ar interior, denominada QAI, é um dos principais riscos ambientais para a saúde pública, principalmente quando afeta os denominados grupos vulneráveis (crianças e idosos), pois estes são mais afetados pela poluição atmosférica e apresentam decréscimo da função pulmonar, o que acarreta o aumento do uso de medicamentos, principalmente pelos idosos, e alterações significativas no sistema imunológico

(FERREIRA & CARDOSO, 2013; MOREIRA et al., 2015). Percebe-se, dessa forma, a importância dos estudos sobre a poluição do ar (MOREIRA et al., 2015).

Segundo Ferreira e Cardoso (2013)

> *"O nível de poluição do ar no interior dos edifícios é muitas vezes pior do que o do exterior e pode atingir valores duas a cinco vezes, ocasionalmente até cem vezes, superiores ao nível de poluição do ar exterior. Os níveis de contaminação do ar interior adquirem mais relevância quando se considera que as pessoas passam cerca de 80,0% a 90,0% do seu tempo dentro dos edifícios.*
>
> *Devido às funções complexas e diversificadas exercidas nas escolas, a qualidade do ar assume grande importância face aos efeitos adversos que pode ter na saúde, na concentração e no desempenho dos ocupantes.*
>
> *Os efeitos da poluição do ar sobre as crianças estão aumentando, em decorrência da escolarização cada vez mais precoce e do maior tempo de permanência da criança nas escolas. Uma das consequências é o aumento dos problemas respiratórios, nomeadamente o aumento da prevalência de rinite alérgica, bronquite e asma. A qualidade do ar das escolas possui extrema importância (...)"*

Uma das formas de avaliar e monitorar a qualidade do ar é através da utilização de aparelhos específicos, como o medidor de CO (monóxido de carbono). Uma importante fonte desse gás é o tubo de escapamento dos automóveis (ROCHA et al., 2015).

O gás monóxido de carbono (CO) provoca graves lesões no organismo humano, principalmente pela afinidade da hemoglobina por esse gás ser 200 vezes maior do que a afinidade pelo gás oxigênio, o que compromete o fornecimento desse gás para os tecidos, uma vez que a capacidade de transporte de oxigênio depende da quantidade de hemoglobina disponível para realizar esse transporte (BASSI et al., 2014). Bassi et al. (2014) indicam os seguintes sintomas de intoxicação com monóxido de carbono: cefaleia, náusea,

mal-estar inespecífico, alteração cognitiva, dispneia, *angina pectoris*, convulsões, coma, arritmia e até insuficiência cardíaca.

Outra forma de se realizar o monitoramento ambiental da qualidade do ar é através de bioindicadores. Diversos organismos podem ser utilizados como indicadores da qualidade ambiental como, por exemplo, os líquens, que apresentam alta sensibilidade a poluentes (MARTINS et al., 2008). O motivo de tal sensibilidade deriva da biologia dos líquens, pois a poluição promove a alteração do balanço simbiótico entre o fotobionte e o micobionte, podendo ocorrer a ruptura da associação (MARTINS et al., 2008). Os poluentes causam diversos efeitos a esses organismos: inibição de crescimento e desenvolvimento do talo, alterações nos processos metabólicos, e mudanças anatômicas e morfofisiológicas (KÄFFER, 2011). Dos integrantes da associação, o fotobionte é o primeiro afetado, o que é evidenciado pela ocorrência de anormalidades no talo, pelo branqueamento da clorofila, além da presença de áreas pardas nos cloroplastos (KÄFFER, 2011). Dentre os danos, a necrose e a clorose são visíveis a olho nu (LIMA, 2001).

Devido a essa grande sensibilidade aos poluentes, principalmente os poluentes atmosféricos, os líquens são utilizados desde o século 19 como bioindicadores (MARTINS et al., 2008). Se a “saúde” do líquen é alterada pela poluição, surge a indagação: como a riqueza e abundância de tais organismos reagem a diferentes níveis de poluição? Essa é, provavelmente, uma das maneiras de detectar e usar os líquens como bioindicadores de poluição. A utilização de morfoespécies de líquens é estratégia adequada para obter dados para os cálculos de riqueza e abundância.

Souza et al. (2006) comparam riqueza entre morfoespécies de líquens em áreas de Mata Atlântica e de mangue no município de Ubatuba. Pode-se, por exemplo, verificar locais de concentração de poluição atmosférica conforme as alterações verificadas nas amostras de líquens (SOUZA, 2003). A análise de comunidades de líquens contribuirá para inferir a poluição do ar.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Inserir estudantes do ensino médio em uma prática investigativa, com o uso de uma sequência didática, para inferir a qualidade do ar em três áreas distintas no município de Belo Horizonte/MG utilizando comunidades de líquens e os níveis de monóxido de carbono (CO) como indicadores da qualidade do ar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Engajar os estudantes no método científico, realizando atividades em que eles coletaram dados, levantaram hipóteses, argumentaram, discutiram e questionaram os resultados obtidos;
- Inserir os estudantes na cultura científica, de modo que eles se apropriassem de saberes da ciência;
- Promover a avaliação da qualidade do ar nas três áreas de amostragem, mediante a mensuração do nível de monóxido de carbono (CO) e do uso de líquens como possíveis bioindicadores;
- Propiciar conhecimento a respeito de bioindicadores;
- Desenvolver uma sequência didática de monitoramento da qualidade do ar a partir da execução do presente projeto;
- Promover a conscientização dos estudantes em relação aos efeitos da poluição do ar;
- Promover o debate sobre as formas de poluição do ar presentes nas três áreas e como podemos ajudar a mitigar os seus impactos.

4. HIPÓTESE

O nível de poluição é diferente nas 3 áreas e pode ser medido via comunidades de líquens e nível de CO.

Predição: o nível de poluição do ar no pátio do colégio público é superior ao nível de poluição no entorno do ICB-UFMG, e inferior ao nível de poluição na Avenida Antônio Carlos, nº 6.627, no município de Belo Horizonte/MG.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Tipo de pesquisa

A pesquisa, do tipo quantitativa, se desenvolveu através de uma abordagem investigativa sobre o tema com a participação ativa de 34 alunos do 1º ano do Ensino Médio de um colégio público situado em Belo Horizonte/MG.

5.2. Áreas de estudo

O estudo foi realizado em três áreas distintas (figura 3):

1) Área 1: colégio público (pátio e entorno);
2) Área 2: entorno do Instituto de Ciências Biológicas, no Campus Pampulha, da UFMG;
3) Área 3: entorno da Avenida Antônio Carlos, nº 6.627, Belo Horizonte/MG, próximo à Portaria 1 da UFMG.

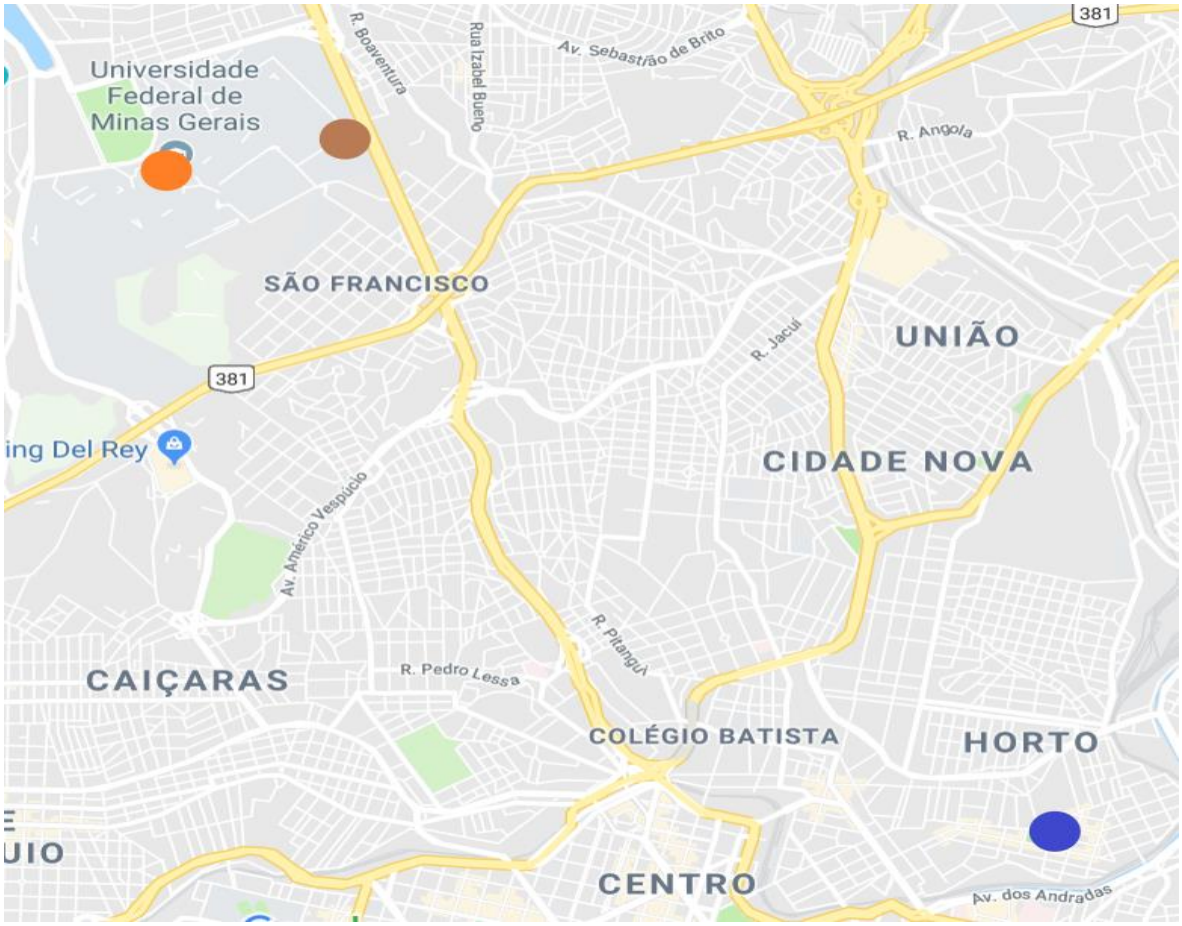

Figura 3 – Áreas de estudo. Legenda: Azul – área 1; laranja – área 2; marrom – área 3.[3]

[3] Montagem sobre o GoogleMap.

O colégio da área 1 está situado em bairro tradicional próximo ao hipercentro de Belo Horizonte. O entorno da área 1 apresenta várias construções residenciais e comerciais. E a entrada do colégio fica em uma praça ampla e arborizada.

Entre as construções e o colégio há vias de grande circulação de veículos automotores, principalmente nos horários de entrada e saída dos alunos (7h, 12h35min, e 18h).

O colégio possui 35 salas de aula, 2 bibliotecas, 1 auditório grande, 1 auditório pequeno, 1 laboratório de biologia, 1 laboratório de física, 1 laboratório de química, e 5 quadras esportivas. Atende cerca de 2.400 alunos diariamente.

O entorno da área 2 pode ser descrito da seguinte forma: no entorno há construção predial (ICB-UFMG) e mata preservada com predomínio de vegetação de porte arbóreo.

Entre a área 2 e a mata há uma via com razoável circulação de veículos automotores (rua Prof. Baeta Viana) nos períodos de entrada e saída de estudantes.

A área 3 está situada em um dos canteiros centrais da Avenida Antônio Carlos, via com intensa circulação de veículos automotores, principalmente nos denominados “horários de pico” (entre 07h00min e 09h00min da manhã, e entre 17h e 19h da tarde).

Próximo à área 3 há uma mata com predomínio de vegetação de porte arbóreo, situada no interior do Campus Pampulha da UFMG.

A distância entre as áreas 1 e 2 é de 7,36 km. E a distância entre as áreas 1 e 3 é de 7,13 km. Por fim, a distância entre as áreas 2 e 3 é de 1,07 km.

5.3. Desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em três aulas.

Na primeira aula a atividade foi apresentada aos alunos, que receberam informações sobre método científico, coleta de dados, poluição do ar, monitoramento ambiental, líquens e bioindicadores. A turma foi dividia em 8 grupos.

Na segunda aula ocorreu a coleta de dados no pátio do colégio. Cada grupo ficou responsável pela coleta em uma palmeira. No caso dos líquens, cada grupo recebeu um plástico, onde o contorno dos líquens foi assinalado. Mediu-se, em cada palmeira, a altura de 1 (um) metro a partir do solo, e foram coletados dados sobre quantidade total de líquens, número de morfoespécies, e número de indivíduos por morfoespécie.

Na terceira aula os grupos elaboraram relatórios tendo como base os dados obtidos.

5.4. Aferição do nível de monóxido de carbono (CO)

Nas três áreas, a medição de CO foi realizada pelo professor, que utilizou o aparelho CO77 MEDIDOR DE MONÓXIDO DE CARBONO – AKSO (figuras 4A e 4B).

O aparelho possui uma entrada para a medição do monóxido de carbono (CO), um visor e dois botões: um para acionar o aparelho (botão com ícone vermelho), e outro para ligar a iluminação do visor (botão com ícone de lâmpada em amarelo).

O aparelho foi calibrado tendo como referência a medida de 0 ppm (parte por milhão) em um ambiente livre de monóxido de carbono (CO), conforme manual de instruções (anexo 5).

Figura 4A – Aparelho AKSO (foto do autor) Figura 4B – Visor do Aparelho AKSO (foto do autor)

O manuseio do aparelho é simples: após ser ligado, deve-se aguardar a inicialização (aproximadamente 15 segundos); o aparelho deve ser posicionado no local a ser monitorado, aguardando-se a estabilização da leitura. O valor de

monóxido de carbono medido aparecerá na parte superior do visor. Deve-se observar, na parte inferior do visor, a indicação Max e o valor máximo de monóxido de carbono medido (a partir do momento em que se ligou o aparelho). Ao final da medição, o aparelho deve ser desligado.

A medição do nível de CO foi efetuada pelo professor devido aos cuidados necessários para o manuseio do aparelho, a fim de evitar danos a este que comprometessem a execução do trabalho.

O nível de CO mensurado no interior do colégio (pátio) foi comparado ao nível de CO obtido no Campus Pampulha, ou seja, no entorno do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UFMG, e ao obtido na Avenida Antônio Carlos, nº 6.627, em Belo Horizonte/MG.

5.5. Coleta de dados de comunidades de líquens

5.5.1. Área 1 - colégio

Na área 1 os dados sobre os líquens foram coletados pelos alunos, com a supervisão do professor. No pátio interno foram escolhidas 8 (oito) palmeiras imperiais, numeradas de 1 a 8, que serviram para a amostragem dos llíquens (bioindicadores) (figuras 5 e 6). Essas palmeiras foram escolhidas por serem as que estavam disponíveis no pátio do colégio. Para complementar a amostragem, foram escolhidas 2 (duas) árvores situadas no pátio e uma igreja no entorno do colégio.

Figura 5 – Área 1: árvore 2 (foto do autor)

Figura 6 – Área 1: árvore 3 (foto do autor)

Antes de se dirigirem ao pátio do colégio, a turma foi dividida em grupos, e os alunos foram orientados sobre como realizarem a coleta de dados sobre os líquens. O professor explicou o que eram líquens, e qual a sua importância ecológica, principalmente relacionada à sua utilização como bioindicadores.

Para caracterizar a morfoespécie, o professor sugeriu que os alunos descrevessem os líquens através de suas características como cor e forma do talo. O professor elaborou um guia sobre as diferentes formas que os talos dos líquens podem apresentar (anexo 1). E, caso os líquens apresentassem a mesma cor, orientou-se que os alunos detalhassem as diferentes intensidades de uma mesma cor, caso fosse necessário para caracterizar a morfoespécie. Assim, anotando-se essas duas características, foi possível definir diferentes morfoespécies para a execução do trabalho. Sugere-se, também, que os alunos utilizem o celular para fotografar as morfoespécies definidas.

A coleta foi feita a 1 (um) metro do solo. Essa altura foi determinada para evitar erros na produção dos dados, pois os líquens de uma mesma morfoespécie diminuem de tamanho da base da árvore (onde são maiores) para o topo (onde são menores). Assim, padronizou-se a altura para coletar dados de líquens conforme metodologia proposta por Troppmair (ALMEIDA et al., 2012).

Para realizara coleta foram utilizados plásticos transparentes retangulares de 1 metro de altura e 50 cm de largura, sobre os quais os alunos assinalaram o contorno dos líquens com pincel de quadro-branco (figuras 7 e 8). Posteriormente, foram contadas as morfoespécies identificadas, e a quantidade de líquens de cada morfoespécie, além do tamanho dos líquens.

Figura 7 – Amostragem 1 (foto do autor)

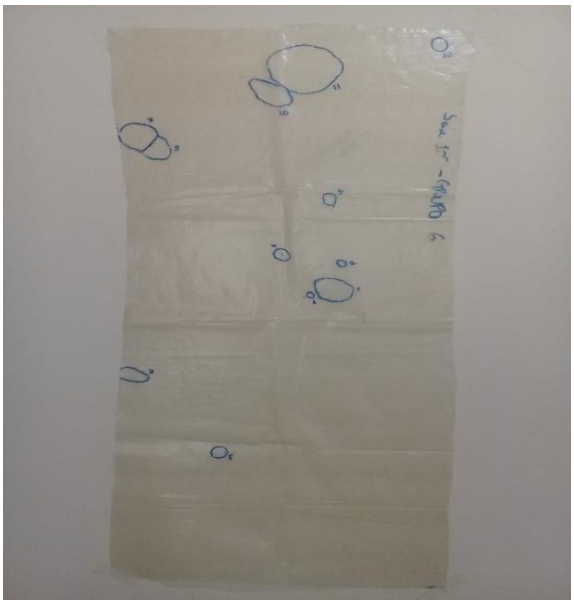

Figura 8 – Amostragem 2 (foto do autor)

Os grupos anotaram os dados coletados, e o professor sugeriu a criação de uma ficha própria (anexo 2).

O mesmo procedimento foi realizado pelo professor nas duas palmeiras situadas fora do colégio. A dificuldade de retirar os alunos do colégio foi o fator determinante para essa medida.

Com base nos dados coletados pelos alunos, o professor estimou a área de cobertura de líquens no tronco de cada palmeira. Considerando-se que os líquens possuíam formato circular, mediu-se o diâmetro de cada líquen e, a partir desse dado, calculou-se o raio (r). Então, foi calculada a área de cada líquen, utilizando-se a fórmula matemática para o cálculo da área de um círculo ($A = \pi r^2$).

Por fim, para cada tronco de palmeira foram somadas as áreas dos líquens que a cobriam, obtendo-se a área de cobertura.

O professor forneceu esses dados para os grupos de alunos, que os utilizaram para estabelecer as classes de poluição propostas por Troppmair (FERREIRA, 1984; ALMEIDA et al., 2012). Utilizou-se, então, a ficha sobre análise de dados (anexo 3).

Após analisarem os dados fornecidos pelo professor, os grupos responderam a um relatório em que tiveram que comparar os dados das três

áreas; citar quais as classes de poluição presentes no colégio, e uma possível fonte de poluição no entorno do colégio (anexo 4).

5.5.2. Áreas 2 e 3

Nas duas outras áreas (área 2 e área 3) os dados foram coletados pelo professor. Como a maioria dos alunos possuem a idade de 15 anos, questões jurídicas e operacionais se tornam relevantes. A responsabilidade por qualquer problema ocorrido durante a execução do projeto é imputada tanto ao colégio (por ter autorizado a saída dos alunos) quanto ao professor (responsável direto pelos alunos). Assim, os com previsão de saída dos alunos para o ambiente externo ao colégio encontram maiores dificuldades em serem autorizados, o que inviabiliza a sua execução.

O procedimento nas áreas 2 e 3 foi o mesmo do da área 1.

Na área 2 (entorno do ICB/UFMG) Foram selecionadas 10 (dez) palmeiras para a amostragem de bioindicadores, numerada de 1 a 10 (figuras 9 e 10).

Figura 9 – Área 2: árvore 1 (foto do autor)

Figura 10 – Área 2: árvore 2 (foto do autor)

Na área 3 (Avenida Antônio Carlos, nº 6.627, Belo Horizonte/MG) foram selecionadas 10 (dez) palmeiras para a amostragem, numeradas de 1 a 10 (figuras 11 e 12).

Figura 11 – Área 3: árvore 1 (foto do autor) Figura 12 – Área 3: árvore 2 (foto do autor)

Os dados coletados nessas duas áreas foram fornecidos aos alunos, para que preenchessem a ficha de análise de dados e o relatório.

5.5.3. Análise de riqueza, abundância, similaridade e densidade de morfoespécies.

Foram realizadas, pelo professor, análises de riqueza e de abundância de morfoespécies dos líquens encontrados, de similaridade de Bray-Curtis entre as áreas, e de densidade de morfoespécies por área de superfície.

O motivo de ter sido o professor, e não os alunos, a realizar essas análises se deve ao fato desses cálculos apresentarem complexidade que dificulta enormemente sua realização pelos alunos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Distribuição de atividades

As diversas atividades de execução do presente trabalho foram divididas entre os alunos e o professor, conforme o grau de complexidade destas.

Os grupos de alunos foram responsáveis pela coleta de dados relacionados aos líquens, como contorno dos líquens com pincel de quadro branco, contagem da quantidade total de líquens assinalados, contagem da quantidade de indivíduos por morfoespécie e anotação dos dados; pela definição das morfoespécies (em conjunto com o professor), pela classificação das árvores conforme as classes propostas por Troppmair (FERREIRA, 1984; ALMEIDA et al., 2012), e pela resposta aos relatórios a partir dos resultados obtidos.

Por serem atividades que exigem menos experiência com o método científico e conhecimentos acadêmicos, foram atribuídas aos alunos.

Já o professor foi responsável pela organização do trabalho (escolha das áreas para o levantamento de dados, divisão da turma em grupos, encaminhamento dos grupos para a área de coleta de dados), pela mensuração do nível de monóxido de carbono (CO), pela definição das morfoespécies (em conjunto com os alunos), pela elaboração de tabelas com os dados obtidos, pelo cálculo do grau de cobertura, pela montagem da distribuição das classes de poluição.

O professor, também, foi responsável pela produção dos dados de densidade, riqueza, abundância e similaridade das morfoespécies de líquens.

Ressalta-se que a definição das morfoespécies foi um trabalho conjunto dos alunos e o professor pois, apesar da dificuldade de definir na prática uma morfoespécie, o professor pretendeu demonstrar aos alunos o quão árduo é produzir conhecimento.

6.2. Aferição do nível de monóxido de carbono (CO)

A aferição ocorreu entre 7h e 9h15min no período da manhã.

O gás monóxido de carbono não foi detectado em nenhuma das três áreas de estudo. O aparelho indicou, em todas elas, 0 ppm (zero parte por milhão).

Os dados mais recentes disponíveis em relação a esse gás foram publicados em um relatório técnico pela FEAM no ano de 2016. Esse relatório, com ano base 2013, informa que

> *"verifica-se que durante o ano de 2013 não foram registradas ultrapassagens para os padrões estabelecidos na legislação vigente. Nota-se que com exceção das estações Centro Administrativo Betim e Piratininga, o restante dos valores medidos não ultrapassaram a concentração diária de 3 ppm."* (FEAM, 2016)

Assim, é provável que as três áreas analisadas possuam concentrações médias diárias insignificantes de monóxido de carbono (CO), o que justifica a indicação do valor 0 ppm (zero parte por milhão).

6.3. Dados obtidos das comunidades de líquens

O número total de líquens por árvore nas 3 áreas está apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade total de líquens por árvore por área

Nº Árvore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nº total de líquens
Quantidade Área 1 (colégio)	43	25	19	12	68	12	66	13	30	90	378
Quantidade Área 2 (UFMG)	96	52	82	91	47	93	58	38	61	3	621
Quantidade Área 3 (Av. Antônio Carlos)	6	0	5	28	46	0	11	4	0	13	113

Troppmair propôs cinco classes de poluição, conforme o grau de cobertura de líquens, pois esse dado está relacionado à poluição do ar (FERREIRA, 1984; ALMEIDA et al., 2012). As cinco classes de poluição são: Classe V: 51 a 100% - Zona sem poluição; Classe IV: 26 a 50% - Zona de poluição fraca; Classe III: 13 a 25% - Zona de poluição média; Classe II: 6 a 12% - Zona de poluição alta; Classe I: 0 a 5% - Zona de poluição muito alta (ALMEIDA et al., 2012).

Para aplicar as classes de poluição propostas por Troppmair (FERREIRA, 1984; ALMEIDA et al., 2012), o professor estimou a área de cobertura de líquens em cada palmeira. Para facilitar o cálculo, considerou-se que cada líquen possuía o formato circular. Então mediu-se o diâmetro de cada líquen e, com esse dado, calculou-se o raio. Então, o professor calculou a área de cada líquen, somando-se os resultados obtidos. Por fim, os alunos compararam a área total de cobertura de líquens em cada área com a área amostrada (0,5m²).

Ressalta-se que houve a necessidade de adaptação dos valores numéricos que limitam as classes de poluição, pois a forma como Troppmair calcula o grau de cobertura difere da forma como o professor fez esse cálculo. Troppmair utiliza uma tela tapume (ALMEIDA et al., 2012), enquanto no presente trabalho foi utilizado plástico transparente.

Inclusive, durante a execução do presente trabalho, houve certa confusão entre os alunos ao correlacionarem os valores obtidos pelo cálculo realizado pelo professor e os valores das classes de poluição conforme Troppmair.

Para corrigir distorções e facilitar o uso da metodologia de Troppmair foram adotados os seguintes valores para as classes de poluição: Classe V: 51,00 a 100,00% - Zona sem poluição; Classe IV: 26,00 a 50,99% - Zona de poluição fraca; Classe III: 13,00 a 25,99% - Zona de poluição média; Classe II: 6,00 a 12,99% - Zona de poluição alta; Classe I: 0,00 a 5,99% - Zona de poluição muito alta.

Os novos limites superiores foram necessários porque na metodologia aplicada pelo professor os cálculos incluiram casas decimais, ao contrário da metodologia proposta por Troppmair, cujos cálculos incluíam apenas valores inteiros.

Troppmair propõe o uso de uma tela tapume plástica contendo 100 (cem) lacunas para cobrir parte do tronco (ALMEIDA et al. 2012). Posteriormente, são contadas quantas lacunas possuem a presença de líquens (ALMEIDA et al., 2012). Assim, os valores obtidos pela utilização da metodologia proposta por Troppmair são todos inteiros, pois cada lacuna equivale a 1% do grau de cobertura, e não à área de cada líquen.

Uma crítica que se pode fazer em relação à metodologia proposta por Troppmair está no fato de que uma lacuna totalmente preenchida por líquens e outra lacuna parcialmente preenchida pelos líquens são consideradas como preenchidas, o que pode induzir a erros na produção do resultado.

Dessa forma, justifica-se a adaptação dos valores limites superiores para definir as classes de poluição. E baseando-se nessa adaptação de Troppmair feita pelo professor, os alunos classificaram as palmeiras, nas áreas 1, 2 e 3. As tabelas 2, 3 e 4 mostram os resultados.

Tabela 2 – Classes de poluição da área 1 (colégio)

Árvore	Área de cobertura (m²)	Grau de cobertura (%)	Classe	Poluição
1	0,0157	3,14	Classe I	Muito alta
2	0,0338	6,75	Classe II	Alta
3	0,0113	2,27	Classe I	Muito alta
4	0,0084	1,67	Classe I	Muito alta
5	0,0223	4,46	Classe I	Muito alta
6	0,0191	3,81	Classe I	Muito alta
7	0,0151	3,01	Classe I	Muito alta
8	0,0231	4,62	Classe I	Muito alta
9	0,0291	5,83	Classe I	Muito alta
10	0,0561	11,23	Classe II	Alta

Tabela 3 – Classes de poluição da área 2 (UFMG)

Árvore	Área de cobertura (m²)	Grau de cobertura (%)	Classe	Poluição
1	0,1265	25,30	Classe III	Média
2	0,1015	20,30	Classe III	Média
3	0,0905	18,11	Classe III	Média
4	0,0549	10,98	Classe II	Alta
5	0,1355	27,09	Classe IV	Fraca
6	0,0474	9,48	Classe II	Alta
7	0,0485	9,70	Classe II	Alta
8	0,2154	43,07	Classe IV	Fraca
9	0,0192	3,85	Classe I	Muito alta
10	0,0100	2,00	Classe I	Muito alta

Tabela 4 – Classes de poluição da área 3 (Av. Antônio Carlos)

Árvore	Área de cobertura (m²)	Grau de cobertura (%)	Classe	Poluição
1	0,0030	0,60	Classe I	Muito alta
2	0,0000	0,00	Classe I	Muito alta
3	0,0006	0,14	Classe I	Muito alta
4	0,0151	3,03	Classe I	Muito alta
5	0,0287	5,75	Classe I	Muito alta
6	0,0000	0,00	Classe I	Muito alta
7	0,0050	1,00	Classe I	Muito alta
8	0,0077	1,55	Classe I	Muito alta
9	0,0000	0,00	Classe I	Muito alta
10	0,0053	1,05	Classe I	Muito alta

A partir dos dados das tabelas 2, 3 e 4, os alunos puderam preencher o relatório em que diagnosticaram a qualidade do ar nas três áreas, principalmente no colégio que frequentam.

Duas explicações podem ser deduzidas a partir desses dados: a intensidade de fluxo de veículos automotores interferiu fortemente nos resultados, pois as áreas com maiores fluxos de veículos apresentaram maiores níveis de poluição (explicaria o pequeno grau de cobertura das árvores nas áreas 1 e 3); e a proximidade da vegetação arbórea pode ter contribuído para o aumento de morfoespécies na área 2. Souza et al. (2006) relata que, em sua pesquisa, foi encontrado maior número de morfoespécies na mata do que no outro ambiente (nesse caso, o mangue).

Para possibilitar a visualização da distribuição das classes de poluição, Almeida et al. (2012) criaram uma classificação por cores dessas classes. No presente trabalho o professor fez o mesmo (figura 13).

Figura 13 – Classificação por cores (I a V) das classes de poluição

A distribuição das classes de poluição na área 1 está representada na figura 14.

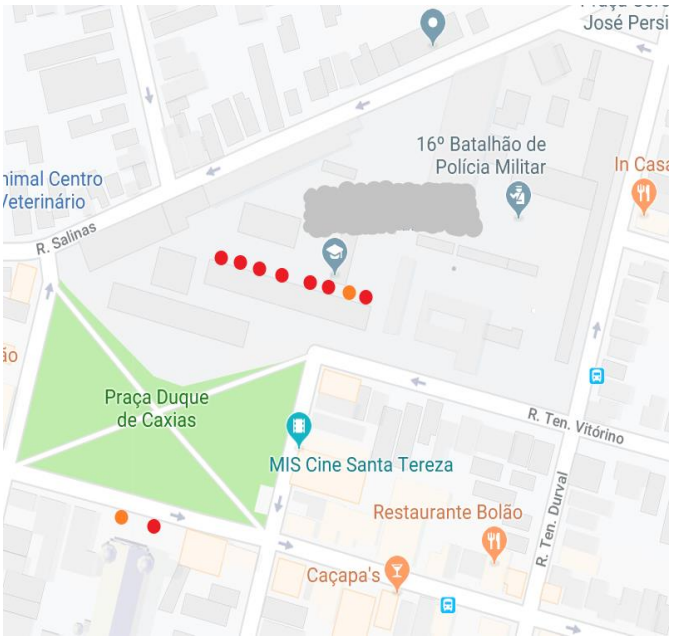

Figura 14 – Distribuição das classes de poluição na área 1 (colégio)[4]

A distribuição das classes de poluição na área 2 está representada na figura 15.

Figura 15 – Distribuição das classes de poluição na área 2 (UFMG)[5]

[4] Montagem a partir do GoogleMap.
[5] Montagem a partir do GoogleMap.

A distribuição das classes de poluição na área 3 está representada na figura 16.

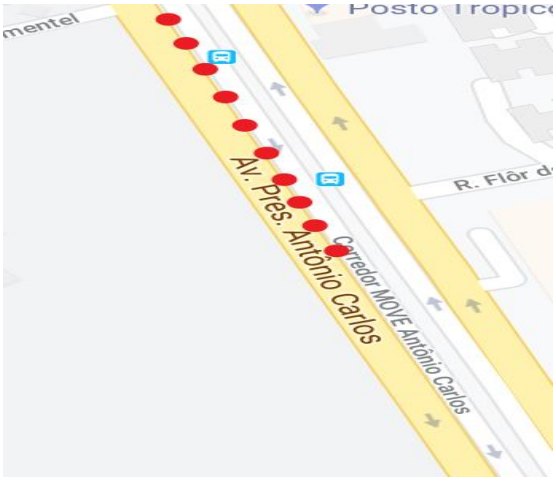

Figura 16 – Distribuição das classes de poluição na área 3 (Av. Antônio Carlos)[6]

Os dados das classes de poluição podem ser sobrepostos aos mapas que indicam a intensidade de trânsito nas três áreas (figuras 17, 18, e 19). Nesses mapas, quanto mais forte a cor da via, maior o tráfego de veículos automotores. Esses veículos constituem fontes móveis de emissão de poluentes (VORMITTAG et al., 2014).

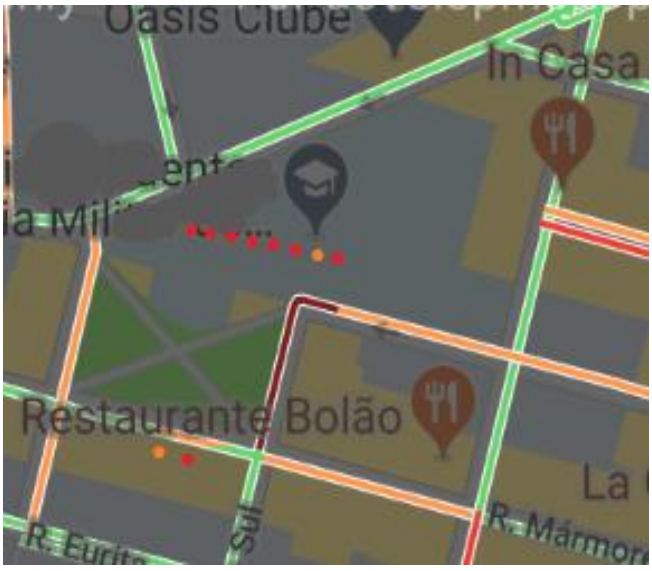

Figura 17 – Intensidade de trânsito na área 1 (colégio)[7]. Legenda - Vermelho: maior tráfego de veículos; Laranja: tráfego intermediário; verde: menor tráfego de veículos.

[6] Montagem a partir do GoogleMap.
[7] Montagem a partir de http://infotrafego.pbh.gov.br/info_trafego_mapa.htm . Acesso em: 22 maio 2019.

Figura 18 – Intensidade de trânsito na área 2 (UFMG)[8]. Legenda - Vermelho: maior tráfego de veículos; Laranja: tráfego intermediário; verde: menor tráfego de veículos.

Figura 19 – Intensidade de trânsito na área 3 (Av. Antônio Carlos)[9]. Legenda - Vermelho: maior tráfego de veículos; Laranja: tráfego intermediário; verde: menor tráfego de veículos.

Para averiguar o entendimento dos alunos sobre a relação entre a poluição do ar e veículos automotores foi pedido, na 5ª questão do relatório, que os alunos indicassem uma possível fonte de poluição no entorno do colégio.

[8] Montagem a partir de http://infotrafego.pbh.gov.br/info_trafego_mapa.htm . Acesso em: 22 maio 2019.
[9] Montagem a partir de http://infotrafego.pbh.gov.br/info_trafego_mapa.htm . Acesso em: 22 maio 2019.

As respostas dadas pelos grupos de alunos geralmente indicavam que a fonte da poluição eram os veículos automotores (figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, e 27).

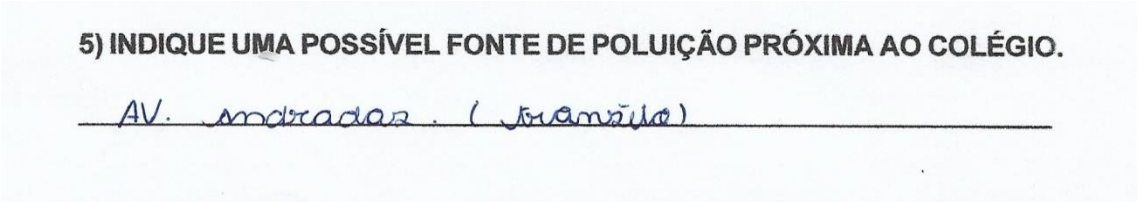

Figura 20 – Resposta do grupo 1

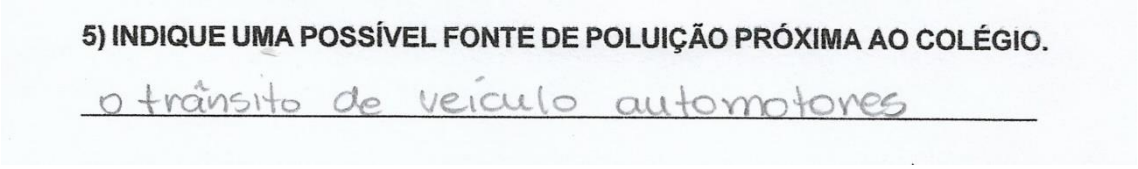

Figura 21 – Resposta do grupo 2

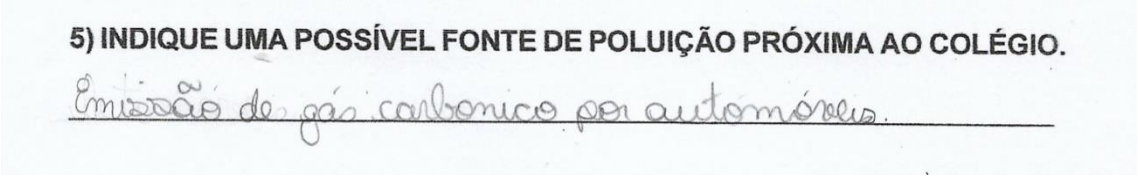

Figura 22 – Resposta do grupo 3

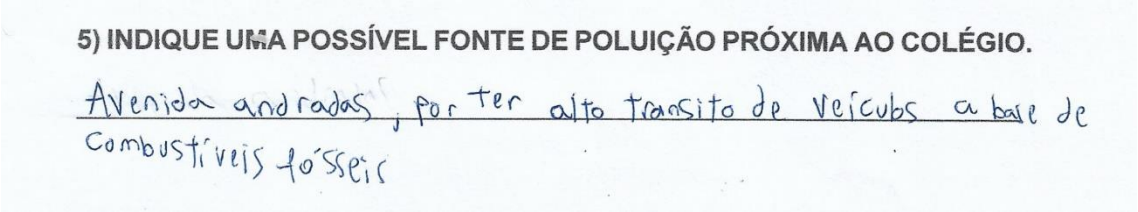

Figura 23 – Resposta do grupo 4

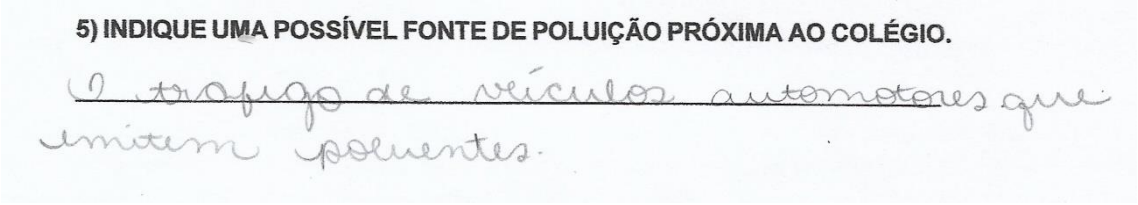

Figura 24 – Resposta do grupo 5

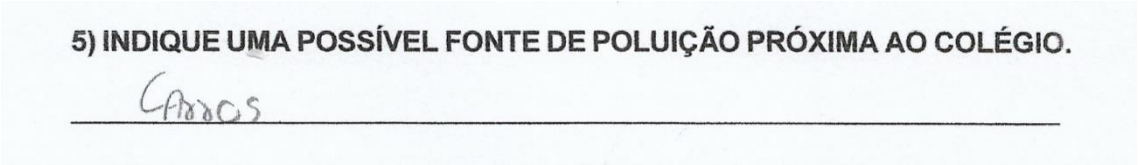

Figura 25 – Resposta do grupo 6

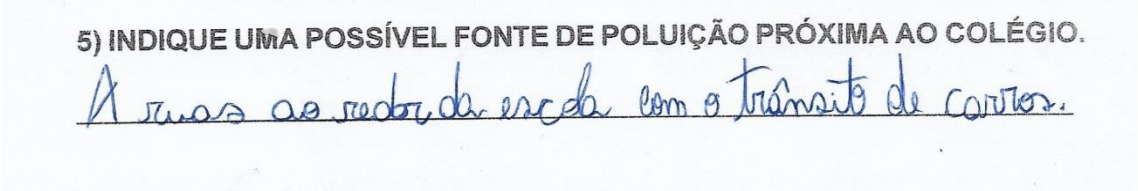

Figura 26 – Resposta do grupo 7

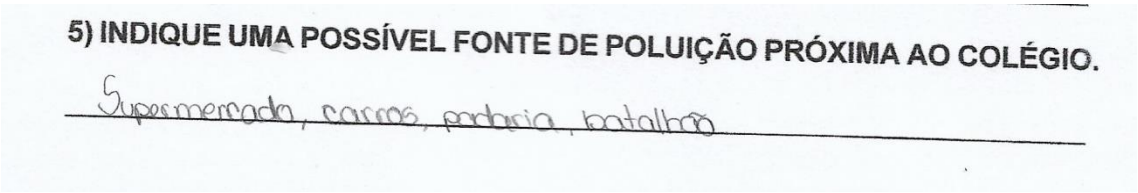

Figura 27 – Resposta do grupo 8

Essas respostas mostram que os alunos compreenderam que os veículos automotores são importantes fontes de poluição do ar. Houve, também, a indicação de outras possíveis fontes de poluição (supermercado, padaria).

Procedeu-se, então, à caracterização das morfoespécies de líquens. No conjunto de todas as áreas, foram encontradas 7 (sete) morfoespécies de líquens, numeradas de M1 a M7 para realizar a análise.

A tabela 5 descreve as morfoespécies encontradas.

Tabela 5 – Descrição das morfoespécies de líquens

Morfoespécie	Descrição
M1	Branco folioso (figura 28)
M2	Amarelo folioso (figura 29)
M3	Verde oliva crostoso (figura 30)
M4	Branco crostoso (figura 31)
M5	Cinza crostoso (figura 32)
M6	Verde claro crostoso (figura 33)
M7	Verde escuro crostoso (figura 34)

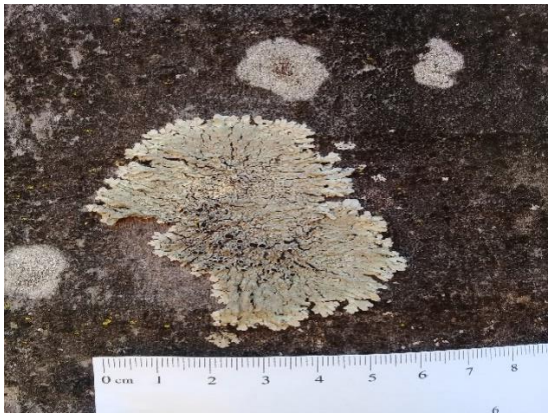

Figura 28 – Branco folioso (foto do autor)

Figura 29 – Amarelo folioso (foto do autor)

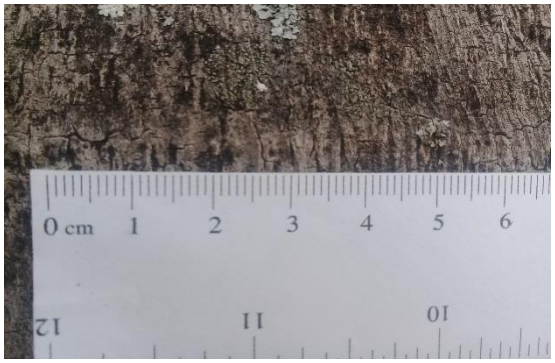

Figura 30 – Verde oliva (foto do autor)

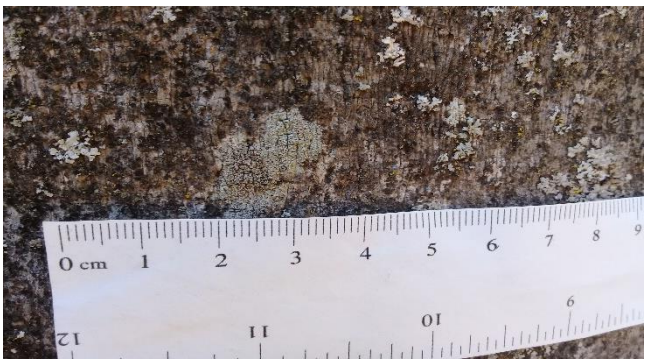

Figura 31 – Branco crostoso (foto do autor)

Figura 32 – Cinza crostoso (foto do autor)

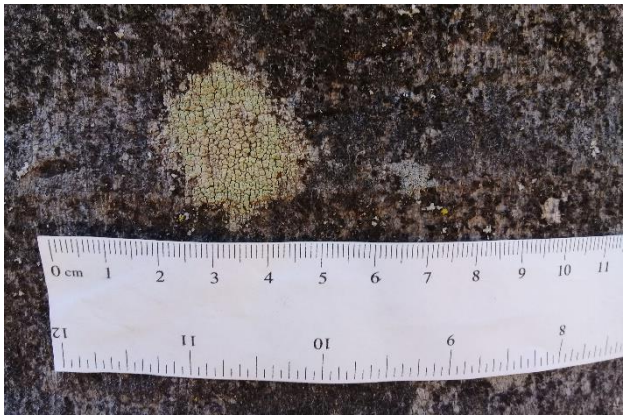

Figura 33 – Verde claro crostoso (foto do autor)

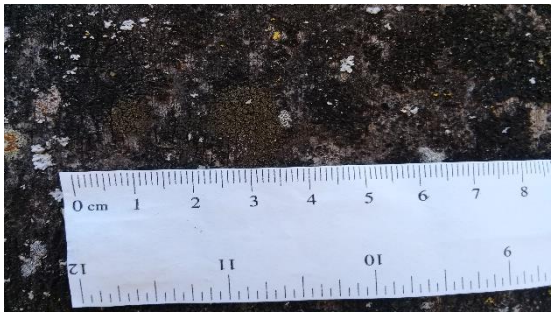

Figura 34 – Verde escuro crostoso (foto do autor)

Com base nessa caracterização das morfoespécies, procedeu-se à contagem dos indivíduos por morfoespécie.

A quantidade de líquens por morfoespécie na área 1 está representada na tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de líquens por morfoespécie na área 1 (colégio)

Morfoespécie	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5	Árvore 6	Árvore 7	Árvore 8	Árvore 9	Árvore 10
M1	40	23	5	10	62	7	61	8	13	80
M2	1	2	6	1	3	5	0	5	2	7
M3	2	0	8	1	3	0	4	0	0	0
M4	0	0	0	0	0	0	1	0	15	3
M5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A quantidade de líquens por morfoespécie na área 2 está representada na tabela 7.

Tabela 7 – Quantidade de líquens por morfoespécie na área 2 (UFMG)

Morfoespécie	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5	Árvore 6	Árvore 7	Árvore 8	Árvore 9	Árvore 10
M1	76	33	56	1	12	8	9	10	5	3
M2	10	3	4	0	1	3	2	3	5	0
M3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M4	10	0	19	61	32	66	30	25	50	0
M5	0	16	0	15	0	0	16	0	0	0
M6	0	0	3	14	2	15	1	0	0	0
M7	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

A quantidade de líquens por morfoespécie na área 3 está representada na tabela 8.

Tabela 8 – Quantidade de líquens por morfoespécie na área 3 (Av. Antônio Carlos)

Morfoespécie	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5	Árvore 6	Árvore 7	Árvore 8	Árvore 9	Árvore 10
M1	3	0	5	16	34	0	4	4	0	1
M2	3	0	0	12	12	0	7	0	0	12
M3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A partir dessa experiência, foi possível elaborar uma sequência didática com 16 passos (ver Produto Final). Essa sequência didática sugere, também, a elaboração de uma cartilha ou um folder, a fim de socializar, para a comunidade, o conhecimento produzido pelos alunos.

6.4. Cálculo de riqueza e abundância de morfoespécies, similaridade entre as áreas, e densidade de morfoespécies

O cálculo da similaridade entre as áreas e densidade de morfoespécies de líquens foi feito com o intuito de complementar a análise da qualidade do ar efetuada pelos alunos através da metodologia proposta por Troppmair.

Devido à exigência de maior conhecimento do método científico e de conhecimento acadêmico sobre conceitos em ecologia, além de prática na utilização de *softwares* científicos, todos os cálculos foram realizados pelo professor.

A riqueza de morfoespécies de líquens de cada uma das áreas é apresentada no gráfico 1.

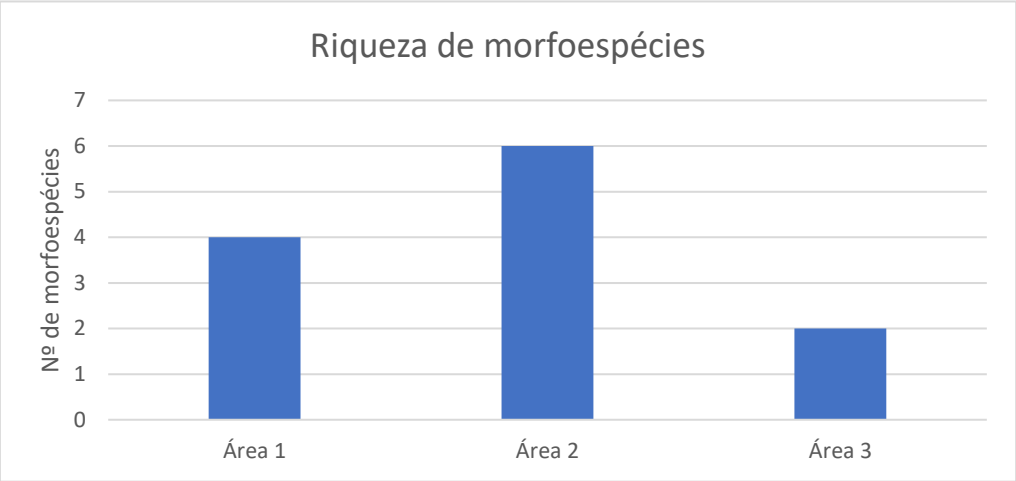

Gráfico 1 – Riqueza de morfoespécies de líquens

Para calcular a abundância de espécies, utilizou-se o Índice Shannon-Weaver (H') para cada área.

Ressalta-se que quanto maior o valor numérico do Índice Shannon-Weaver maior será a biodiversidade.

Na área 1, obteve-se H'= 0,669. Já na área 2, obteve-se H'= 1,247, e na área 3, obteve-se H'= 0,676.

Com base nesses índices, a área 2 possui maior quantidade de morfoespécies, enquanto as áreas 1 e 3 possuem quantidades muito próximas.

Na área 1, há predomínio da M1 (309 indivíduos), enquanto a M2 possui 32 indivíduos, a M3 possui 18 indivíduos, e a M4 possui 19 indivíduos, totalizando 378 indivíduos.

Na área 2 há predomínio de duas morfoespécies: M1 (213 indivíduos) e M4 (293 indivíduos). E a quantidade de indivíduos das demais morfoespécies é maior: a M2 possui 31 indivíduos, a M5 possui 47 indivíduos, a M6 possui 35 indivíduos), e a M7 possui 2 indivíduos, totalizando 621 indivíduos.

Na área 3 não foi detectado predomínio da M1 (67 indivíduos) sobre a M2 (46 indivíduos). O total de indivíduos na área 3 foi de 113 indivíduos.

O gráfico 2 representa o número total de talos por área.

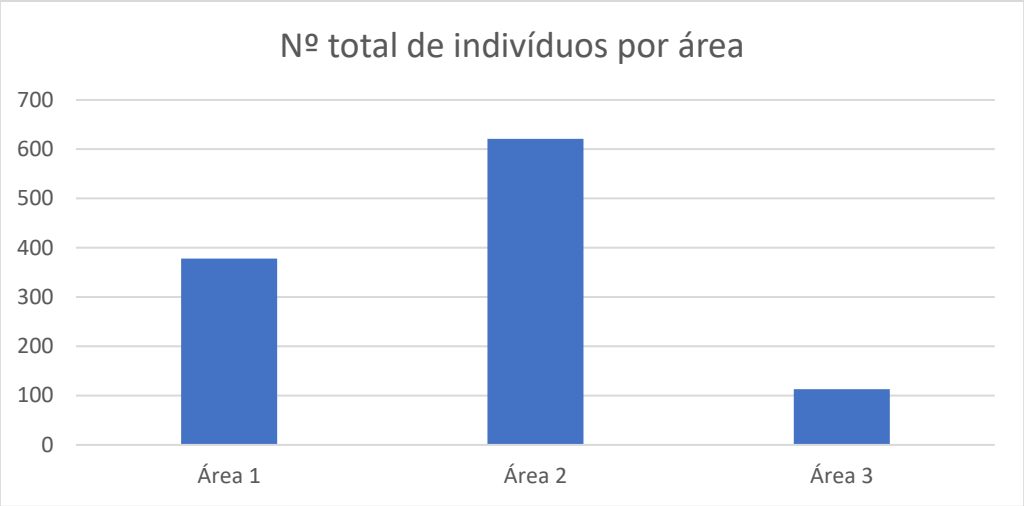

Gráfico 2 – Nº total de indivíduos por área

O gráfico 3 representa o número de indivíduos por morfoespécie por área.

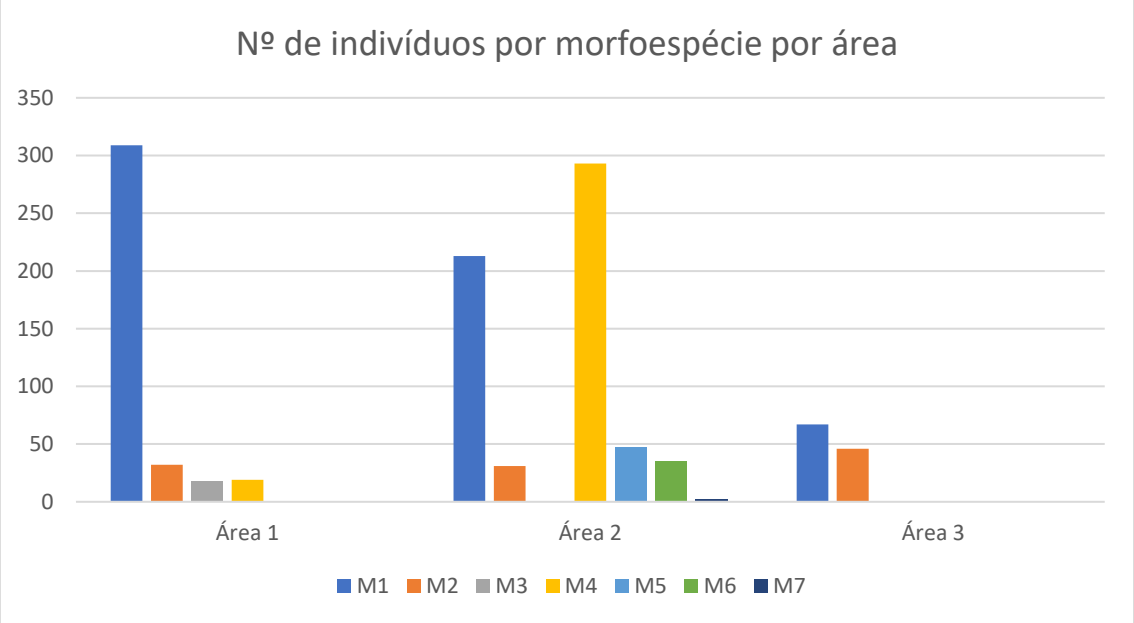

Gráfico 3 – Nº de indivíduos por morfoespécie por área

A semelhança entre as áreas 1 e 2 está na grande quantidade de indivíduos da M1, pois a área 1 possui 309 indivíduos dessa morfoespécie, e a área 2 possui 213 indivíduos.

As diferenças entre as áreas 1 e 2 são bem destacadas.

A primeira diferença está no número total de indivíduos. Foram encontrados 378 indivíduos na área 1, e 621 na área 2. Assim, a quantidade de indivíduos da área 1 é 60,9% da quantidade de indivíduos da área 2.

Outra diferença está nas morfoespécies encontradas. Na área 1 tem-se as morfoespécies M1, M2, M3 e M4. Já na área 2 tem-se as morfoespécies M1, M2, M4, M5, M6 e M7.

Há diferença, também, entre a quantidade de indivíduos das morfoespécies. Ressalta-se que na área 1 há predomínio de uma morfoespécie (M1), enquanto na área 2 há predomínio de duas morfoespécies (M1 e M4). E na área 1 a M1 possui 309 indivíduos (81,7% do total) e as demais morfoespécies possuem poucos indivíduos (M2 possui 32 indivíduos, M3 possui 18 indivíduos e M4 possui 19 indivíduos), na área 2 a M1 possui 213 indivíduos (34,3% do total), a M4 possui 293 indivíduos (47,2% do total). Assim, na área 2 há maior biodiversidade, o que é bem representado pelo Índice Shannon-Weaver da área 2 (H'= 1,247), enquanto esse índice na área 1 é H'= 0,669. Demonstra-se que uma melhor distribuição de indivíduos entre as espécies aumenta o valor do índice de diversidade.

A primeira diferença entre as áreas 1 e 3 está na quantidade de líquens. Na área 1 há 378 indivíduos, e na área 3 há 113 indivíduos. Assim, a área 3 possui menos de 50% de indivíduos da área 1.

Outra diferença relaciona-se às morfoespécies. Na área 1 há 4 morfoespécies (M1, M2, M3 e M4). Já na área 3 há apenas 2 morfoespécies (M1 e M2).

Em relação à M1, na área 1 há predomínio dessa morfoespécie, enquanto na área 3 não há esse predomínio. Ocorrem 309 indivíduos da M1 na área 1, enquanto na área 3 ocorrem 67 indivíduos dessa morfoespécie.

Em relação à M2, na área 1 há 32 indivíduos, e na área 3 há 46 indivíduos.

Por fim, as morfoespécies M3 e M4 são encontradas somente na área 1.

No entanto, a diversidade das duas áreas é bem próxima, o que é representado pelo Índice Shannon-Weaver. A área 1 possui H'= 0,669, enquanto a área 3 possui H'= 0,676. Ressalta-se que a dominância da morfoespécie M1 influenciou o Índice Shannon-Weaver, pois tal fato pode reduzir o índice de diversidade na área 1, apesar dessa área possuir maior número de morfoespécies (4 morfoespécies) do que a área 3 (apenas duas morfoespécies).

E na área 3 há uma distribuição menos desigual entre as morfoespécies M1 e M2. No gráfico 3 pode-se visualizar esse fato.

As maiores diferenças são encontradas entre as áreas 2 e 3.

A primeira diferença está na quantidade de líquens. Na área 2 há 621 indivíduos, e na área 3 foram encontrados 113 indivíduos. Assim, a quantidade de indivíduos da área 3 corresponde a cerca de 18,2% dos indivíduos da área 2.

Outra diferença relaciona-se às morfoespécies encontradas. Na área 2 tem-se 6 morfoespécies (M1, M2, M4, M5, M6 e M7), e na área 3 há apenas 2 morfoespécies (M1 e M2).

Na área 2 há predomínio das morfoespécies M1 e M4, enquanto na área 3 não se encontra predomínio da M1 sobre a M2.

Analisando-se o Índice Shannon-Weaver, a área 2 possui H'= 1,247, e a área 3 possui H'= 0,676, o que demonstra que a biodiversidade da área 2 é superior à da área 3.

Os dados sobre as morfoespécies foram reorganizadas em ordem decrescente (mais abundante para menos abundante) para produzir gráficos representativos do ranque de morfoespécies.

A tabela 9 representa a sequência de morfoespécies da mais abundante para a menos abundante, tendo como referência a área 2 (UFMG), que apresenta a maior abundância de morfoespécies.

Tabela 9 – Sequência de morfoespécies (mais abundante para menos abundante), tendo como referência a área 2

Ranque (nº)	Área 1	Área 2	Área 3
0	19 (M4)	293 (M4)	0 (M4)
1	309 (M1)	213 (M1)	67 (M1)
2	0 (M5)	47 (M5)	0 (M5)
3	0 (M6)	35 (M6)	0 (M6)
4	32 (M2)	31 (M2)	46 (M2)
5	0 (M7)	2 (M7)	0 (M7)
6	18 (M3)	0 (M3)	0 (M3)

Assim, o gráfico 4 demonstra o ranque de morfoespécies, tendo como referência a área 2 (UFMG).

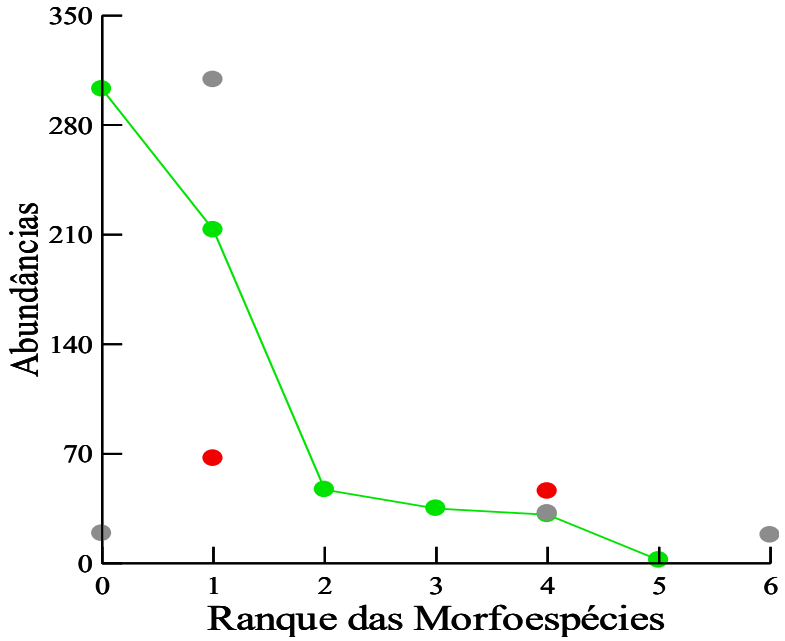

Gráfico 4 – Ranque de morfoespécies, tendo referência a área 2. Legenda: verde: curva da área 2; cinza: curva da área 1; vermelho: curva da área 3.

O gráfico 4, que apresenta a mesma sequência de morfoespécies para todas as áreas, permite identificar a área 2 (UFMG) como a de maior riqueza e abundância, o que significa maior diversidade. Além disso, mostra as morfoespécies provavelmente mais sensíveis (2 e 3) e as mais tolerantes à poluição (1 e 4), que são bioindicadoras da qualidade do ar.

A tabela 10 representa a sequência de morfoespécies, das mais abundantes para as menos abundantes, tomando as áreas independentemente umas das outras. Ressalta-se que os dados das morfoespécies não encontradas na área não foram inseridos.

Tabela 10 – Sequência de morfoespécies (mais abundante para menos abundante), tomando as áreas independentementes umas das outras

Ranque (nº)	Área 1	Área 2	Área 3
0	309 (M1)	293 (M4)	67 (M1)
1	32 (M2)	213 (M1)	46 (M2)
2	19 (M4)	47 (M5)	-
3	18 (M3)	35 (M6)	-
4	-	31 (M2)	-
5	-	2 (M7)	-
6	-	-	-

O gráfico 5 compara as curvas de ranque abundância. Ressalta-se que ao ranque não corresponde as mesmas morfoespécies.

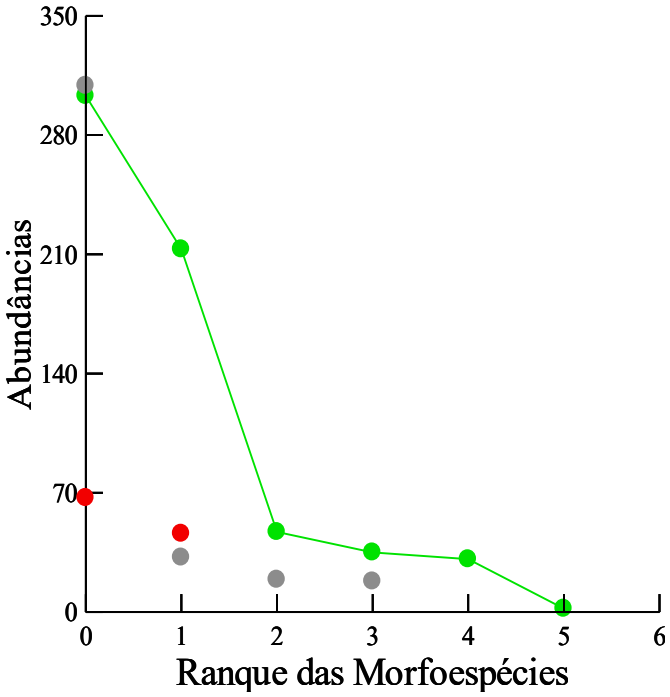

Gráfico 5 – Ranque abundância. Legenda: verde: curva da área 2; cinza: curva da área 1; vermelho: curva da área 3.

Os índices de diversidade obtidos (Índice Shannon-Weaver) estão correlacionados às curvas do gráfico 5. O índice da área 2 (H'= 1,247) demonstra que essa área possui maior diversidade. Já o índice da área 1 (H'= 0,669) demonstra a predominância da morfoespécie M1 (nº 0 no gráfico), o que impacta

na diversidade da área. Assim, a inclinação de sua curva é tão abrupta entre as morfoespécies M1 (nº 0 no gráfico) e M2 (nº 1 no gráfico).

Ressalta-se que na área 2 também há uma morfoespécie que predomina.

Por fim, o índice da área 3 (H'= 0,676) é muito próximo ao da área 1, o que pode ser visualizado pela inclinação da sua curva, que é similar à da área 3.

Calculou-se, também, a similaridade entre as áreas através do Índice de Bray-Curtis (BC).

A similaridade entre as áreas 1 e 2 é 52,7%.

Já a similaridade entre as áreas 1 e 3 é 40,3%.

Em relação às áreas 2 e 3, a similaridade é 26,7%.

As áreas que apresentam maior similaridade entre si são as áreas 1 e 2 (52,7%). A isso se deve o fato dessas duas áreas compartilharem as morfoespécies M1 (309 indivíduos na área 1, e 213 indivíduos na área 2), M2 (32 indivíduos na área 1, e 31 indivíduos na área 2), e M4 (19 indivíduos na área 1, e 293 indivíduos na área 2).

Já a similaridade entre as áreas 1 e 3 é 40,3%. Essas áreas compartilham apenas as morfoespécies M1 (309 indivíduos na área 1, e 67 indivíduos na área 3) e M2 (32 indivíduos na área 1, e 46 indivíduos na área 3).

Por fim, as áreas que apresentaram a menor similaridade são as áreas 2 e 3. Apesar de mais próximas, elas apresentaram a menor similaridade: 26,7%. A isso se deve ao fato dessas duas áreas compartilharem apenas duas morfoespécies: M1 (213 indivíduos na área 2, e 67 indivíduos na área 3) e M2 (31 indivíduos na área 2, e 46 indivíduos na área 3). As demais morfoespécies (M4, M5, M6 e M7) só são encontradas na área 2.

Calculou-se, também, a densidade de morfoespécies (nº de morfoespécies/área) em cada árvore em todas as áreas. A base para tal cálculo foi a área de superfície de 0,5m², correspondente à área do plástico utilizado para a amostragem (1m x 0,5m).

A densidade de morfoespécies, por árvore, na área 1 está representada na tabela 11.

Tabela 11 – Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 1 (colégio)

Nº Árvore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº morfoespécies	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3
Densidade	6	4	6	6	6	4	6	4	6	6

Comparando-se as densidades nas árvores da área 1, obtém-se o gráfico 6.

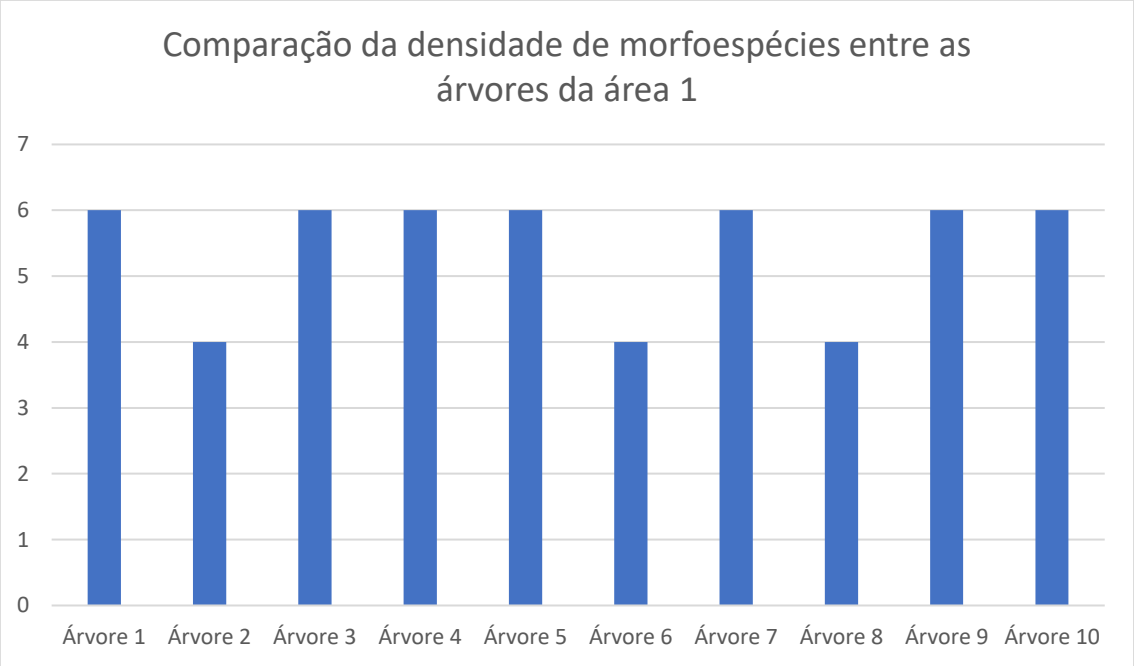

Gráfico 6 – Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 1 (colégio)

Com base nesses resultados, pode-se perceber que a densidade de morfoespécies na área 1 varia entre o mínimo de 4 morfoespécies/0,5m² (árvores 2, 6 e 8) e o máximo de 6 morfoespécies/0,5m² (árvores 1, 3, 4, 5, 7, 9 e 10). Nota-se que, das 10 árvores, 7 delas apresentavam a maior densidade.

A densidade de morfoespécies, por árvore, na área 2 está representada na tabela 12.

Tabela 12 – Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 2 (UFMG)

Nº Árvore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº morfoespécies	3	3	4	4	4	5	5	3	4	1
Densidade	6	6	8	8	8	10	10	6	8	2

Comparando-se as densidades nas árvores da área 2, obtém-se o gráfico 7.

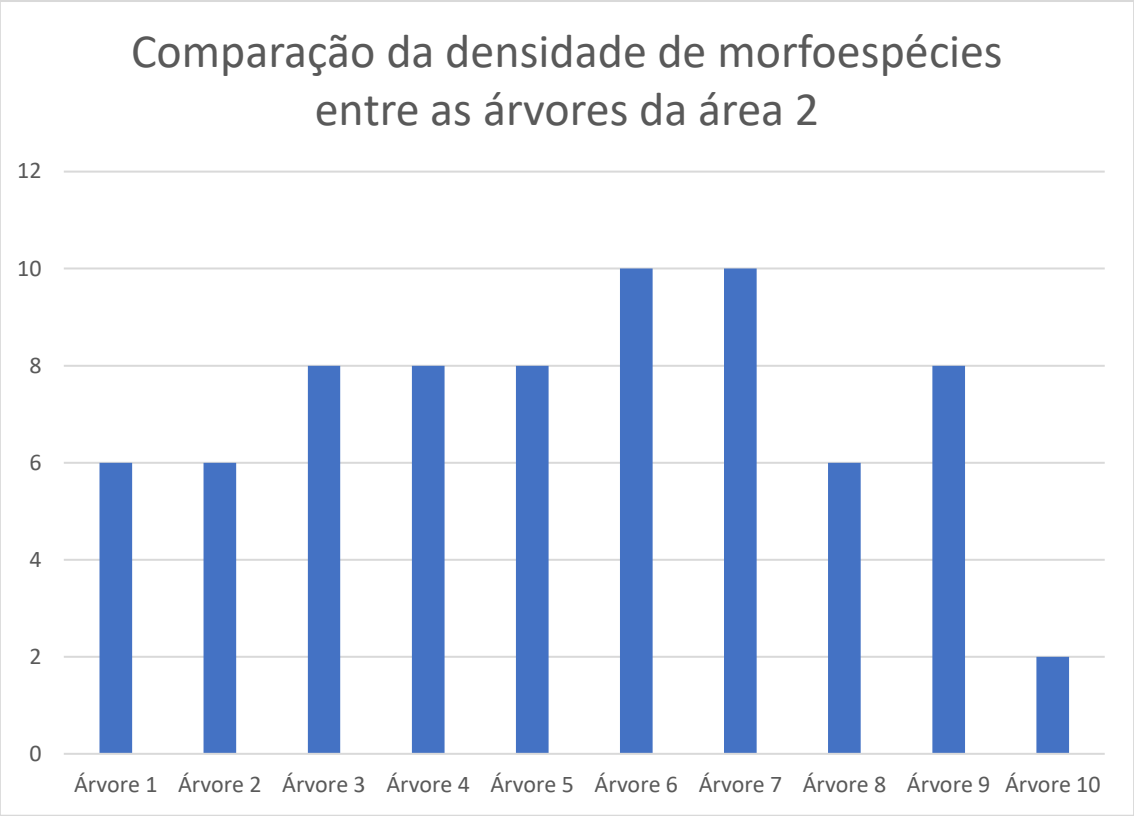

Gráfico 7 – Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 2 (UFMG)

Na área 2 houve a maior variação de densidade, variando de 2 morfoespécies/0,5m² (árvore 10) a 10 morfoespécies/0,5m² (árvores 6 e 7). Das 10 árvores, 3 apresentavam densidade de 6 morfoespécies/0,5m² (árvores 1, 2 e 8), 4 apresentavam densidade de 8 morfoespécies/0,5m² (árvores 3, 4, 5 e 9), 2 apresentavam densidade de 10 morfoespécies/0,5m² (árvores 6 e 7), e apenas uma apresentava densidade de 2 morfoespécies/0,5m² (árvore 10).

A densidade de morfoespécies, por árvore, na área 3 está representada na tabela 13.

Tabela 13 – Densidade de morfoespécies, por árvore, na área 3 (Av. Antônio Carlos)

Nº Árvore	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nº morfoespécies	2	0	1	2	2	0	2	1	0	2
Densidade	4	0	2	4	4	0	4	2	0	4

Comparando-se as densidades nas árvores da área 3, obtém-se o gráfico 8.

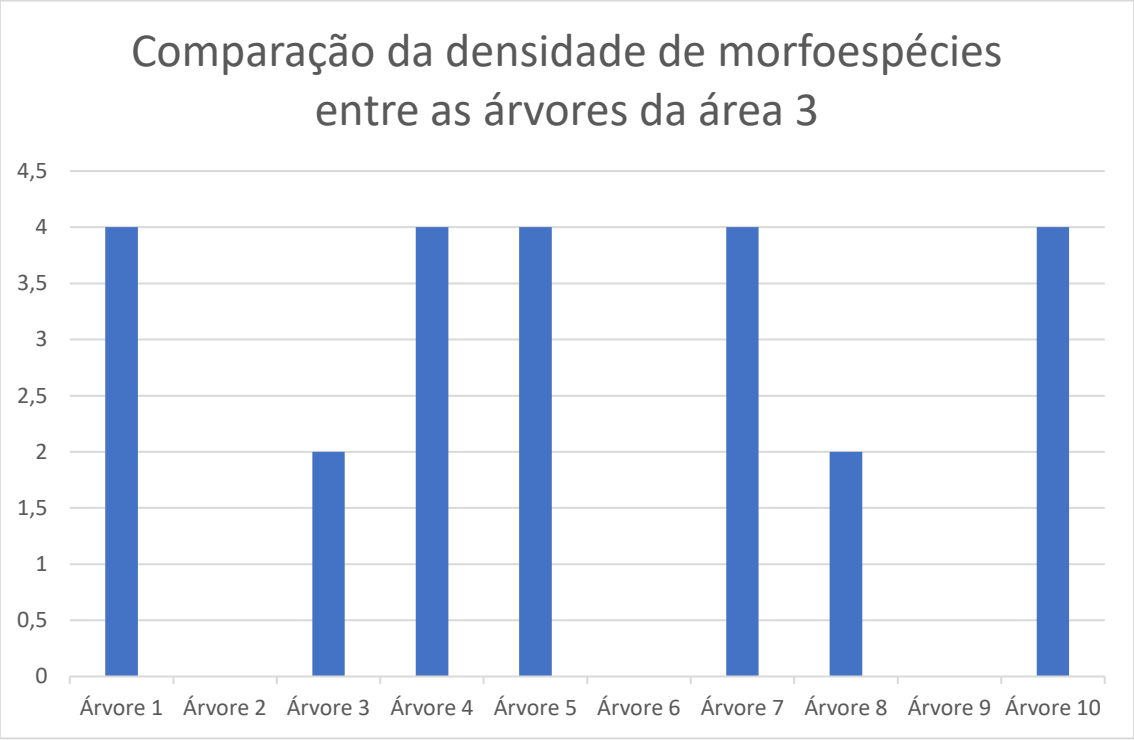

Gráfico 8 – Comparação da densidade de morfoespécies entre as árvores da área 3 (Av. Antônio Carlos)

A área 3 apresentou variação de 0 morfoespécie/0,5m² (árvores 2, 6 e 9) a 4 morfoespécies/0,5m² (árvores 1, 4, 5, 7 e 10). As árvores 3 e 8 apresentaram densidade de 2 morfoespécies/0,5m².

A comparação entre os resultados obtidos nas 3 áreas demonstra que as árvores da área 2 possuem a maior densidade de morfoespécies, enquanto as árvores da área 3 possuem a menor densidade.

A análise dos dados sobre riqueza e abundância, densidade de morfoespécies e similaridade entre as áreas são indicativos sobre o nível de poluição do ar. A análise desses dados permite inferir que a poluição do ar na

área 1 é superior à da área 2, e inferior à da área 3. Esses os resultados estão de acordo com a análise realizada pelos alunos a partir das classes de poluição.

Assim, o presente trabalho mostrou que a riqueza, a densidade e a diversidade dos líquens podem ser utilizadas como métricas para indicar a qualidade do ar uma vez que foram concordantes com a proposta de Troppmair.

7. CONCLUSÃO

Os alunos diagnosticaram a qualidade do ar utilizando-se as classes de poluição proposta por Troppmair. Eles correlacionaram o grau de cobertura de líquens para cada árvore nas três áreas. Partindo desses dados, os alunos concluíram que o ar do colégio (área 1) apresentava poluição intermediária entre as áreas 2 (ICB-UFMG), menos poluída, e 3 (Avenida Antônio Carlos, nº 6.627), mais poluída. Eles também indicaram corretamente que os veículos automotores que circulam pelas ruas próximas ao colégio são as principais fontes de poluição na região. Dessa forma, os alunos foram introduzidos na prática científica, além de propiciar a eles a vivência na avaliação ambiental e o conhecimento do ambiente antrópico em que vivem.

Os demais dados coletados pelos alunos contribuíram para a análise de riqueza e abundância, similaridade e densidade das comunidades de morfoespécies de liquens.

O uso de morfoespécies de líquens facilitou a execução do trabalho pelos alunos, pois a caracterização dessas morfoespécies não necessita de conhecimentos aprofundados de biologia dos fungos e das algas. Embora a identificação em nível específico seja mais interessante, os resultados do presente trabalho demonstraram ser possível fazer a avaliação ambiental da qualidade do ar utilizando-se de morfoespécies, o que contribui para que essa ação seja realizada por alunos do ensino médio.

Com base nessa análise, pode-se concluir que a hipótese proposta é verdadeira, pois ficou demonstrado que a qualidade do ar no colégio é inferior à qualidade do ar de uma área que sofre menos impactos ambientais, em relação à emissão de poluentes do ar por fontes móveis (veículos automotores), e superior à qualidade do ar de uma área que sofre mais impactos ambientais por emissão de poluentes do ar por fontes móveis.

O efeito da poluição do ar por fontes móveis é, provavelmente, o fator determinante para que a diversidade de líquens no colégio seja inferior à diversidade de líquens próxima ao ICB-UFMG, localizado no Campus Pampulha. A diversidade de líquens no colégio é comparável, por exemplo, à diversidade de líquens de uma área extremamente poluída, como a Avenida Antônio Carlos,

via na qual há intenso tráfego de veículos automotores emissores de poluentes no ar. Ressalta-se que os Índices Shannon-Weaver para comunidades liquênicas na área 1 (colégio) e na área 3 (Avenida Antônio Carlos, nº 6.627) são bem próximos. A diferença da riqueza e abundância, e da similaridade, entre as áreas pode ser explicada pelo nível distinto de poluição do ar entre as áreas.

A partir do presente trabalho, propõe-se uma sequência didática que contribuirá para a conscientização dos estudantes acerca da qualidade do ar no ambiente escolar em que frequentam. Pode-se desenvolve-lo de forma interdisciplinar, abrangendo, além da disciplina Biologia, a Matemática, a Geografia e a Química.

Pode-se utilizar a tela tapume para coletar dados sobre a cobertura de líquens nos troncos, pois essa metodologia apresenta maior facilidade de execução por parte dos alunos.

O professor deve analisar a realidade da escola em que leciona, e definir quais passos da sequência didática podem ser executados pelos alunos. A organização do trabalho e a divisão das atividades, dessa forma, ficam abertas para adequações às peculiaridades (e limitações) de cada escola.

O apoio da escola ao projeto é fundamental, principalmente autorizando a saída dos alunos do ambiente escolar (se o professor escolher essa opção), a fim de realizar a coleta de dados em áreas no entono escolar, ou mesmo distantes. Assim, pode-se ampliar a vivência dos estudantes em relação à coleta e análise de dados, e o conhecimento sobre a poluição do ar nessas áreas.

Uma opção de continuidade do estudo seria a realização de uma prática no laboratório de biologia, em que os líquens seriam observados ao microscópio, para os alunos visualizarem as algas em conexão íntima com as hifas dos fungos.

O de presente trabalho pode ser complementado por uma análise da presença de estruturas reprodutivas produtoras de sorédios, o que indicaria potencial reprodutivo dos líquens que varia com seus tamanhos (ausentes nos pequenos, que são imaturos) e que poderia ser inibido por poluição. Podem ser construídos, a partir desses dados, gráficos de número de sorédios por área dos

líquens (de uma mesma morfoespécie) e gráfico de porcentagem de líquens com sorédios em classes de áreas dos líquens. Assim, seria possível responder à seguinte pergunta: quais morfoespécies são resistentes à poluição, e quais seriam boas indicadoras?

8. PRODUTO FINAL

ROTEIRO – SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MONITORAMENTO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR COM O USO DE BIOINDICADORES (LIQUENS)

INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) fundamentam a atividade de monitoramento ambiental da qualidade do ar, ao estabelecer como competências e habilidade a compreensão dos fenômenos naturais e utilizar instrumentos adequados para medidas e determinação de amostras, além de fazer uso de elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões ambientais (BRASIL, 2000).

OBJETIVOS

- Promover a vivência dos estudantes no método científico;
- Promover a prática de monitoramento da qualidade do ar nas três áreas de amostragem, mediante a mensuração do nível de monóxido de carbono (CO) e do uso de bioindicadores (líquens);
- Promover a conscientização dos estudantes em relação aos efeitos da poluição do ar;
- Promover o debate sobre as formas de poluição do ar presentes nas áreas analisadas.

MATERIAIS

Os materiais a serem utilizados são:

- Plástico transparente retangular (1m x 0,5m);
- Pincel de quadro branco;
- Aparelho CO77 MEDIDOR DE MONÓXIDO DE CARBONO – AKSO;
- Trena;
- Régua (30 cm);
- Ficha de dados;
- Caderno de campo;
- Caneta.

PROCEDIMENTO

1º) Deve-se escolher, no mínimo, duas áreas para o levantamento de dados;

2º) A turma será dividida em grupos, tantos quanto forem as árvores a serem estudadas;

3º) Deve-se encaminhar os grupos para o(s) local(is) onde há árvores com líquens no tronco (de preferência deve-se procurar troncos parecidos em termos de estrutura, como rugoso ou mais liso);

4º) Será medido o nível de monóxido de carbono (CO) utilização do aparelho;

5º) Serão coletados dados a 1 metro do solo;

6º) Serão contornados os líquens com o pincel de quadro branco;

7º) Será contada a quantidade total de líquens assinalados;

8º) Serão definidas as morfoespécies de líquens conforme suas características visuais;

9º) Será contada a quantidade de indivíduos existem para cada morfoespécie;

10º) Serão anotados todos os dados serão anotados na ficha de dados ou no caderno de campo;

11º) Deve-se voltar para a sala de aula, onde serão elaboradas tabelas com os dados obtidos;

12º) Será calculado o grau de cobertura de líquens por árvore;

13º) Serão classificadas as classes de poluição conforme proposto por Troppmair (1988);

14º) Será indicada, em um mapa, a distribuição das classes de poluição, por árvore, nas áreas analisadas;

15º) Serão elaborados relatórios com os resultados obtidos;

16º) Serão apresentados os resultados na forma de cartilha ou de folder.

CRONOGRAMA SUGERIDO

AULAS	ATIVIDADE	DESCRIÇÃO
1ª AULA	Apresentação da atividade	A atividade será apresentada aos alunos, que receberão informações sobre método científico, coleta de dados, poluição do ar, monitoramento ambiental, liquens e bioindicadores; os alunos serão divididos em grupos.
2ª AULA	Coleta de dados	Os alunos serão direcionados aos locais de coleta, ficando cada grupo responsável por uma árvore, a fim de coletarem dados sobre os líquens utilizando o plástico, no qual serão contornados os líquens; os dados serão anotados na ficha apropriada.
3ª AULA	Discussão dos resultados obtidos	Os resultados obtidos serão discutidos com os alunos. Os alunos elaboração relatório com esses resultados.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Alexandre Esteves; BAGGIO, Ariane; SOARES, Jéssica Fernanda; ROMANO, Maiara. Comparação dos níveis de poluição atmosférica entre o *campus* da Unicamp e a região central da cidade de Campinas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**. Março 2012; Volume 8, Número 1. Disponível em file:///C:/Users/Samsung/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/314-1099-1-PB%20(1).pdf. Acesso em 19 jun 2019.

BASSI, Estevão; MIRANDA, Leandro Costa, TIERNO, Paulo Fernando Guimarães Morando Marzocchi; FERREIRA, César Biselli; CADAMURO, Filipe Matheus; FIGUEIREDO, Viviane Rossi; DAMASCENO, Maria Cecília de Toledo; MALBOUISSON, Luiz Marcelo Sá. Atendimento às vítimas de lesão inalatória por incêndio em ambiente fechado: o que aprendemos com a tragédia de Santa Maria. **Rev Bras Ter Intensiva**. 2014; 26(4):421-429. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/rbti/v26n4/0103-507X-rbti-26-04-0421.pdf. Acesso em 27 fev 2018.

BELO, José Alexandre. **Líquens como bioindicadores: qualidade do ar em centros urbanos**. 2013. Disponível em https://pt.slideshare.net/adrianaheloisa940091/lquens-como-bioindicadores-qualidade-do-ar-em-centros-urbanos. Acesso em 04 jun 2019.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo; MIERZWA, José Carlos; BARROS, Mario Thadeu L. de; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental**: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2 ed., 2007, 318 p.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. 2000. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf. Acesso em 27 fev 2018.

CERQUEIRA, R.; ANTONINI, Y.; FERNANDES, R.V.; FONTENELLE, J.C.R.; GODOY, F.; HASS, A.; LANDAU, E.C.; OLIVEIRA, P.P.; PINTO, J.R.R.; RAMBALDI, D.M.; RIBON, R.; SAMPAIO, A.B.; SANTOS, F.A.M.; SCARIOT, A.; SEVILHA, A.C. 2003. Glossário. In: RAMBALDI, D.M. & OLIVEIRA, D.A.S. (orgs.). **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p.: 485-508. Disponível em https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/refer/Glossario.pdf. Acesso em 11 ago 2019.

COMIN, Tatiane Tagino. **Monitoramento ambiental em uma escola da cidade de São Carlos-SP.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4088. Acesso em 27 fev 2018.

CONFORTIN, Camila; CRIPPA, Liziane Bertotti. Utilização de liquens como bioindicades ambientais na cidade de farroupilha – rs. **Anais do 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**. Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018. Disponível em https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=267&ano=_sexto. Acesso em 27 maio 2019.

FEAM. **Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte Ano Base de 2013**. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 2016. Disponível em http://www.feam.br/images/stories/2016/QUALIDADE_AR/Rel_05_monitoramento_qualidade_ar_RMBH_2013_REV_versão_final_1.pdf. Acesso em 10 ago 2019.

FERREIRA, Ana Maria Conceição; CARDOSO, Salvador Massano. Estudo exploratório da qualidade do ar em escolas de educação básica, Coimbra, Portugal. **Rev Saúde Pública**. 2013; 47(6):1059-68. Disponível em

http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n6/0034-8910-rsp-47-06-01059.pdf. Acesso em 27 fev 2018.

FERREIRA, Maria Eugênia M. Costa. Estudo biogeográfico de líquens como indicadores de poluição do ar em Cubatão – SP. **Boletim de Geografia**. UEM – Ano 2 – nº 2 – jan 1984. Disponível em http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12927. Acesso em 19 jun 2019.

GOTELLI, Nicholas J. **Ecologia**. Londrina: Planta, 4 ed., 2009, 287 p.

KÄFFER, Márcia Isabel. **Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre, RS**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/30187. Acesso em 28 fev 2018.

LIMA, J. S. Processos Biológicos e o biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L; BARRELA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. 1 ed. São Paulo: EDUC, 2001, p. 95-115. Disponível em http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/impressao_artigo/172. Acesso em 10 ago 2019.

LOPES, Valquiria. Qualidade do ar de BH não é boa em um terço do ano. **Estado de Minas**. 08 out 2015. Disponível em https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/10/08/interna_gerais,695949/qualidade-do-ar-de-bh-nao-e-boa-em-um-terco-do-ano.shtml. Acesso em 19 maio 2019.

MARTINS, Suzana Maria de Azevedo; KÄFFER, Márcia Isabel; LEMOS, Alessandra. Liquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasl. **Hoehnea** 35(3):425-433, 2 tab., 2 fig.,

2008. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v35n3/v35n3a11.pdf. Acesso em 27 fev 2018.

MOREIRA, Josiana Kely Rodrigues; CARDOSO, Biatriz Araújo; VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque; LIMA, Alberto Carlos de Melo. **Avaliação da qualidade do ar através de parâmetros biológicos e visuais nos bairros de São Brás, Nazaré e Cidade Velha, em Belém (PA)**. 2015. Disponível em http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=2104. Acesso em 27 fev 2018.

PEREZ, Tereza (org.). BNCC – a Base Nacional Curricular na prática da gestão escolar e pedagógica. São Paulo: Moderna, 2018, 112 p. Disponível em https://implantacaosfb.files.wordpress.com/2018/08/bncc_gestacc83o-escolar.pdf. Acesso em 16 ago 2019.

PINHONI, Marina. Poluição do ar em SP cai pela metade com greve de caminhoneiros, diz instituto. **Portal G1**. 30 maio 2018. Disponível em https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/poluicao-do-ar-em-sao-paulo-cair-pela-metade-com-greve-de-caminhoneiros-diz-instituto.ghtml. Acesso em 19 maio 2019.

PIQUE, Maria Pilar Rojals; PALHARES, Juliana Barbosa; BENEVENTI, Mariana Aparecida Borguetti; SILVA, Lívia Fernanda Mendonça; FEITOSA, Hádia Christiny Amorim Araújo; MACHADO, Thiago Nora. Metodologia experimental para avaliar os efeitos de gases poluentes sobre fotobionte liquênico. **Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2007**. Disponível em http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/12/artigos/448-Maria%20Pique.pdf. Acesso em 03 mar 2018.

PIQUE, Maria Pilar Rojals; PALHARES, Juliana Barbosa; TACIOLI, André; FEITOSA, Hádia Christiny Amorim Araújo; TREVISAN, Vanessa. Monitoramento automático (direto) versus biológico (indireto) na avaliação da qualidade do ar. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2006**. Disponível em <

http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/13/artigos/1_117_662.pdf. Acesso em 03 mar 2018.

POLUIÇÃO em São Paulo cai pela metade com paralisação dos caminhoneiros. **Agência Brasil**. 30 maio 2018. Disponível em http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-05/poluicao-em-sao-paulo-cai-pela-metade-com-paralisacao-de-caminhoneiros. Acesso em 19 maio 2019.

RADICCHI, Antônio Leite Alves. A poluição na bacia aérea da região metropolitana de Belo Horizonte e sua repercussão na saúde da população. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p.195-198, jan./jun. 2012. Disponível em < http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v29n1/v29n1a13.pdf. Acesso em 03 mar 2018.

ROCHA, Amanda Silva; LINS, Juliana Paiva; SILVA, Dênis Xavier da; SANTOS, Pollyana Lorrany Ribeiro dos; JÚNIOR, Welton de Assunção e Silva; OLIVEIRA, Márcia Silva; PEREIRA, Darlles Bruno de Souza. Ensaios ecotoxicológicos com uso de líquens como bioindicadores do ar no Eixo Monumental de Brasília. **XV Safety, Health and Environment World Congress**, July 19-22, 2015, Porto, Portugal. Disponível em http://copec.eu/congresses/shewc2015/proc/works/93.pdf. Acesso em 28 fev 2018.

SOUZA, Andréa Aparecida Romano de; BITARELLO, Bárbara Domingues; ABRAMCZUK, Beatriz Mariana; PEREIRA, Eliane; PRADO, Laura Rocha; CARDOSO, Poliana Ramos; LINGUANOTTO, Thais Fernandes; SANTOS, Flavio Antonio Maës dos. **Comparação entre Riqueza de Morfoespécies de Liquens em Áreas de Mata e Mangue em Ubatuba**. 2006. Disponível em < https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/be180/Relatorios/P3-Liquens.pdf. Acesso em 19 maio 2019.

SOUZA, Sidney Vaz de. **Monitoramento da poluição do ar pelo uso de líquens na cidade de Curitiba/PR**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba. Disponível em

https://tcconline.utp.br/wp-content/uploads/2012/10/MONITORAMENTO-DA-POLUICAO-DO-AR-PELO-USO-DE-LIQUENS-NA-CIDADE-DE-CURITIBA-PR.pdf. Acesso em 10 ago 2019.

VICENTE, Reginaldo Rodrigues. **A pesquisa no ensino de Biologia: avaliação da qualidade do ar utilizando líquenes como bioindicadres**. 2012. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2545/1/MD_ENSCIE_III_2012_64.pdf. Acesso em 28 maio 2019.

VORMITTAG, Evangelina Motta Pacheco Alves de Araujo; COSTA, Renan Rodrigues da; BRAGA, Aline Atsuta; MIRANDA, Marina; NASCIMENTO, Nicole Cristina do; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014. Disponível em https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf. Acesso em 27 maio 2019.

ZIEGLER, Maria Fernanda. Poluição em São Paulo diminuiu pela metade com greve dos caminhoneiros. **Agência FAPESP**. 30 maio 2018. Disponível em http://agencia.fapesp.br/poluicao-em-sao-paulo-diminuiu-pela-metade-com-greve-dos-caminhoneiros/27927/. Acesso em 19 maio 2019.

ANEXO 1 – GUIA DE LÍQUENS

ROTEIRO MONITORAMENTO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR

LÍQUENS - EXEMPLOS

LÍQUEN CROSTOSO

O talo é semelhante a uma crosta e encontra-se fortemente aderido ao substrato. Na forma como se aderem, apresentam pequenas escamas em sua estrutura.

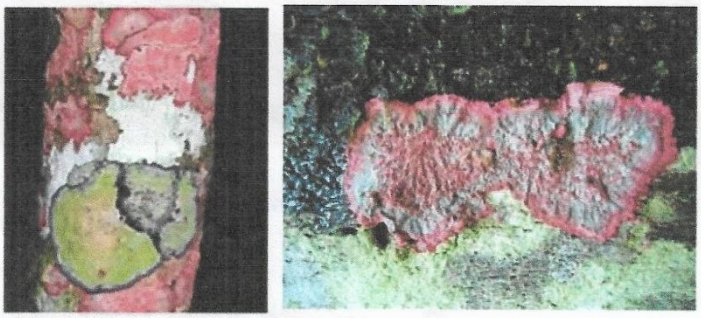

FIG. 1 – Fonte: https://www.slideshare.net/victor14b/liquens-67405318

LÍQUEN FOLIOSO

O talo é parecido com folhas. Não se prende ao substrato por toda a superfície.

FIG. 2 – Fonte: https://www.slideshare.net/victor14b/liquens-67405318

LÍQUEN FRUTICULOSO

O talo é parecido com um arbusto e tem posição ereta. São ramificados, cilíndrico ou achatados.

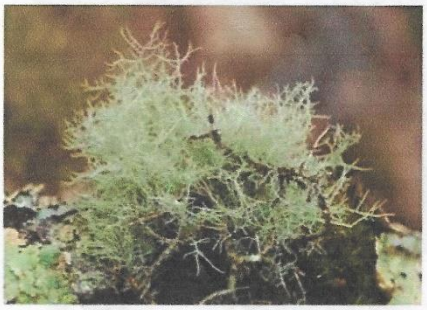

FIG. 3 – Fonte: https://www.slideshare.net/victor14b/liquens-67405318

LÍQUEN GELATINOSO

Variação do folhoso, com consistência gelatinosa, apresenta uma estrutura pastosa, lembrando folhas umedecidas.

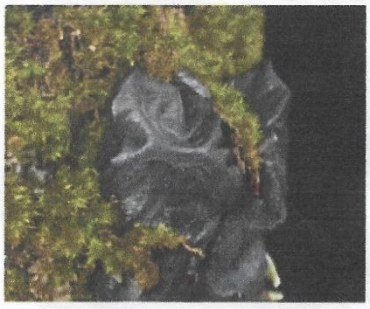

FIG. 4 – Fonte: https://www.slideshare.net/victor14b/liquens-67405318

ANEXO 2 - FICHA DE DADOS - MONITORAMENTO AMBIENTAL DA QUALIDADE DO AR – ÁREA _____

Grupo: _____

Integrantes:

_____

_____

_____

_____

_____

Data: ____/____/____ Hora: ____h____min

Número da árvore: _____

Nível de monóxido de carbono (CO): _____ ppm.

Número total de líquens: _____

Número de morfoespécies de líquens: _____

Número de indivíduos por morfoespécie:

M1: _____ M6: _____

M2: _____ M7: _____

M3: _____ M8: _____

M4: _____ M9: _____

M5: _____ M10: _____

Observações:

_____

_____

_____

_____

_____

ANEXO 3 - FICHA DE ANÁLISE DE DADOS

Grupo: _____

Integrantes:

_____
_____
_____
_____
_____

Área: _____ Área: ____

Árvore	Grau de cobertura (%)	Classe	Árvore	Grau de cobertura (%)	Classe
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		

Área: ____

Árvore	Grau de cobertura (%)	Classe
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Classes de poluição (TROPPMAIR, 1988)

Classe	Grau de cobertura (%)	Poluição
Classe I	0 a 5%	Zona de poluição muito alta
Classe II	6 a 12%	Zona de poluição alta
Classe III	13 a 25%	Zona de poluição média
Classe IV	26 a 50%	Zona de poluição fraca
Classe V	51 a 100%	Zona sem poluição

ANEXO 4 - RELATÓRIO

Grupo: _____

Integrantes:

_____

_____

_____

_____

_____

1) QUAL ÁREA APRESENTOU MELHOR QUALIDADE DO AR?

_____

2) QUAL ÁREA APRESENTOU PIOR QUALIDADE DO AR?

_____

3) QUAIS CLASSES DE POLUIÇÃO FORAM ENCONTRADAS NO COLÉGIO?

_____

_____

4) PODE-SE CONSIDERAR QUE A POLUIÇÃO DO AR NO COLÉGIO É MAIOR, MENOR OU IGUAL À POLUIÇÃO DAS OUTRAS ÁREAS? EXPLIQUE.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

5) INDIQUE UMA POSSÍVEL FONTE DE POLUIÇÃO PRÓXIMA AO COLÉGIO.

_____

ANEXO 5 – MANUAL DE INSTRUÇÕES APARELHO CO77 MEDIDOR DE MONÓXIDO DE CARBONO – AKSO

AKSO

Qualidade que se Mede

CO77

MEDIDOR DE MONÓXIDO DE CARBONO

Imagem meramente ilustrativa

CO77-03-1017

MANUAL DE INSTRUÇÕES

1 - ESPECIFICAÇÕES

- **Faixa de medição:** 0 a 999 ppm
- **Resolução:** 1ppm
- **Exatidão:** ± 20% (0 a 100 ppm)
  ± 15% (101 a 500 ppm)
- **Tipo de sensor:** eletroquímico
- **Ajuste (calibração):** até 3 pontos (0, 100 e 500 ppm)
- **Desligamento automático por inatividade:** 15 minutos
- **Temperatura de operação:** 0 a 50 °C
- **Umidade de operação:** 10 a 90 %UR
- **Alimentação:** 4.5Vdc (3 pilhas AAA alcalinas)
- **Dimensões (LxAxP):** 46 x 174 x 28 mm
- **Peso:** 120g (com pilhas)
- **Recursos adicionais:**
  Indicação de pilhas sem carga
  Iluminação do visor (backlight)
  Registro de máxima
  Alarme configurável (25 a 200 ppm)

2 - ACESSÓRIOS

Itens que acompanham o CO77:

- 1 alça de mão
- 1 estojo para transporte
- 1 manual de instruções

Antes de utilizar, examine o instrumento e os itens que o acompanham com atenção. Caso detecte alguma anormalidade, entre em contato com a AKSO.

3 - INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO

MEDIÇÃO

1) Ligue o CO77, pressionando o botão ⏻;
2) Aguarde a inicialização do instrumento (aprox. 15seg.);
3) Posicione o instrumento no local a ser monitorado e aguarde a estabilização da leitura;
4) Observe, na parte superior do visor, o valor de monóxido de carbono medido;
5) Observe, na parte inferior do visor, a indicação **Max** e o valor máximo de monóxido de carbono medido (desde que o instrumento foi ligado);
6) Para desligar o CO77, pressione o botão ⏻.

ILUMINAÇÃO DO VISOR (Backlight)

Para ativar / desativar a iluminação do visor, com o instrumento ligado, pressione brevemente o botão ☼.

CONFIGURAÇÃO DO ALARME

1) Com o CO77 desligado, mantenha pressionado o botão ⏻ até começar a alternar no visor as opções de alarme: **... 25 → 30 → 35 → 45 → 50 → 70 → 100 → 200** ppm...
2) Quando aparecer o valor desejado, solte o botão ⏻. O CO77 salvará esse valor no alarme e inicializará o medidor automaticamente;
3) Durante a medição, caso o valor medido de monóxido de carbono exceda ao valor de alarme configurado, o CO77 ativará a sua sinalização sonora.

AJUSTE (Calibração) → 0ppm / 100ppm / 500ppm

1) Com o CO77 desligado, pressione simultaneamente, por 2 segundos, os botões ☼ e ⏻. Piscará um valor em **ppm** na parte superior do visor e o valor **0** na parte inferior, sinalizando que o modo de ajuste está ativo;
2) Mantenha pressionado o botão ☼ até aparecer, na parte inferior do visor, o valor de ajuste desejado: 0, 100 ou 500 ppm;
   - **Para ajuste em 0ppm**, posicione o CO77 em ambiente livre de monóxido de carbono - CO.
   - **Para ajuste em 100 ou 500 ppm**, Posicione o CO77 em uma caixa selada com o gás padrão (100 ou 500 ppm);
3) Aguarde aproximadamente de 10 a 15 minutos para conclusão do ajuste;
4) Os valores irão parar de piscar no visor e o instrumento salvará o ajuste no ponto selecionado.

GARANTIA E SUPORTE TÉCNICO
Este produto possui garantia de 2 anos contra defeitos de fabricação.
garantia@akso.com.br

AKSO PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA
www.akso.com.br • vendas@akso.com.br
(51) 3406 1717

ANEXO 6 – CARTA DE ANUÊNCIA INSTITUCIONAL

CARTA DE ANUÊNCIA INSTITUCIONAL

Aceito que o pesquisador **VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS**, pertencente ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (ProfBio-UFMG) desenvolvam sua pesquisa intitulada "Monitoramento Ambiental da Qualidade do Ar em Colégio Público, pelo Corpo Discente, em Belo Horizonte/MG", tal como foi submetida à Plataforma Brasil, sob a orientação do(a) professor(a) **JOSÉ EUGÊNIO CÔRTES FIGUEIRA**, vinculado(a) ao Departamento de Genética, Ecologia e Evolução do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UFMG.

Ciente dos objetivos, métodos e técnicas que serão utilizados nessa pesquisa, concordo em fornecer todos os subsídios para seu desenvolvimento, desde que seja assegurado o que segue:

1) O cumprimento das determinações éticas da Resolução CNS nº 466/2012;

2) A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa;

3) Que não haverá nenhuma despesa para esta instituição que seja decorrente da participação nessa pesquisa;

4) No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

O referido projeto será realizado no pátio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar – Unidade Argentino Madeira, e poderá ocorrer somente a partir da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG.

Belo Horizonte, 09 de julho de 2019

EFBatista

Diretora Pedagógica do CTPM

Elizabeth Mª Franca Caetano Batista
Diretora Pedagógica/CTPM - Argentino Madeira
Nº Autorização: 766362 - SEE/MG

COLÉGIO TIRADENTES DA PMMG
UNIDADE ARGENTINO MADEIRA
BELO HORIZONTE
CRIAÇÃO LEI Nº 480, DE 10/11/49
RECONHECIMENTO PORT 13 DE 02/11/63
PRAÇA DUQUE DE CAXIAS, S/Nº B. SANTA TEREZA CEP 31 010-230
TEL. (31) 3307-0604 BELO HORIZONTE/MG

ANEXO 7 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de monitorar a qualidade do ar no Colégio Tiradentes da Polícia Militar-Unidade Argentino Madeira. O título do projeto é "Monitoramento Ambiental da Qualidade do Ar em um Colégio, pelo Corpo Discente, em Belo Horizonte/MG". O investigador é o mestrando VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS.

A pesquisa consiste no levantamento de dados sobre monóxido de carbono (CO) e sobre a utilização de bioindicadores (líquens), ambos para monitorar a qualidade do ar no colégio.

Tal pesquisa é importante para a comunidade escolar (alunos, professores, funcionários, pais e responsáveis) adquirir conhecimento sobre a qualidade do ar no colégio.

A metodologia proposta é a seguinte: a pesquisa será feita no pátio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar – Unidade Argentino Madeira, situado na Praça Duque de Caxias, s/n, Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte/MG. No interior do colégio (pátio e salas de aula), os dados sobre o nível de CO e sobre os líquens serão coletados no período da manhã pelos alunos com a supervisão do professor.

Em relação ao monóxido de carbono (CO), seus níveis serão medidos através de um aparelho próprio (ASKO).

Em relação aos bioindicadores (líquens), serão utilizados plásticos (1mx0,5m), onde serão assinalados os contornos dos líquens. Estes serão medidos e contados, e diferenciados em morfoespécies.

Você será avaliado pela sua participação no levantamento de dados e pelo preenchimento de um relatório em que você analisará os dados coletados.

Os benefícios da pesquisa serão o aprendizado do(a) estudante, e o levantamento de informações sobre a qualidade do ar no colégio.

Não haverá filmagens/vídeos da sua participação na pesquisa. Também não serão tiradas fotografias suas durante a realização da pesquisa.

Sua participação na pesquisa é voluntária. Caso opte por não participar, não terá nenhum efeito ou represálias.

Caso opte por não participar, você ficará em sala de aula fazendo atividades do livro didático. Você será avaliado pela realização dessa atividade.

Caso você aceita, a pesquisa envolverá sua saída de sala durante a aula do professor/investigador, e se dirigirá ao pátio do colégio, onde manuseará o plástico para assinalar os contornos dos líquens. Você também contará quantos líquens existem naquela área, e identificará as morfoespécies. O tempo para realizar essas atividades é de 45 minutos.

Os riscos da pesquisa estão em você se machucar durante deslocamento da sala para o pátio, e na sua exposição à radiação solar. Esses riscos serão minimizados com o apoio dos assistentes de turno, e na alternância de alunos para executar a atividade.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido (a) sobre este projeto de ensino em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. os resultados da pesquisa serão utilizados em trabalhos científicos publicados ou apresentados oralmente em congressos e palestras sem revelar sua identidade ou da criança. Os dados obtidos durante a pesquisa são confidenciais e não serão usados para outros fins.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: A participação neste projeto não acarretará em custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira em caso de haver gastos de tempo, transporte, alimentação.

RUBRICA DO SUJEITO DE PESQUISA

RUBRICA DO PESQUISADOR

DECLARAÇÃO DO(A) PARTICIPANTE OU DO RESPONSÁVEL PELO(A) PARTICIPANTE:

Eu li os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito. Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma via assinada e datada deste Documento DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

Nome do participante: _____

Assinatura: _____ Data:___/___/__

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome do investigador: _____

Assinatura: _____ Data:___/___/__

Se você ou os responsáveis por você(s) tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o(a) investigador do estudo ou membro de sua equipe: **JOSÉ EUGÊNIO CÔRTES FIGUEIRA** e **VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS**, telefone fixo número: (31) 3409-2593 e celular (31) 97344-4905. Se você tiver dúvidas sobre direitos como um participante de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP/UFMG). **Endereço:** Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31.270-901. **Telefone:** (31) 3409-4592, **e-mail:** coep@prpq.ufmg.br.

ANEXO 8 – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de monitorar a qualidade do ar no Colégio Tiradentes da Polícia Militar-Unidade Argentino Madeira. O título do projeto é "Monitoramento Ambiental da Qualidade do Ar em um Colégio, pelo Corpo Discente, em Belo Horizonte/MG". O investigador é o mestrando VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS.

Esse assentimento assinado pelo adolescente demonstra a sua cooperação na pesquisa. Esse assentimento informado para o adolescente não substitui a necessidade de consentimento informado dos pais ou responsáveis. O assentimento significa que você concordara em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa etária (de 15 a 17 anos) para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer.

A pesquisa consiste no levantamento de dados sobre monóxido de carbono (CO) e sobre a utilização de bioindicadores (líquens), ambos para monitorar a qualidade do ar no colégio.

Tal pesquisa é importante para a comunidade escolar (alunos, professores, funcionários, pais e responsáveis) adquirir conhecimento sobre a qualidade do ar no colégio.

A metodologia proposta é a seguinte: a pesquisa será feita no pátio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar – Unidade Argentino Madeira, situado na Praça Duque de Caxias, s/n, Bairro Santa Tereza, em Belo Horizonte/MG. No interior do colégio (pátio e salas de aula), os dados sobre o nível de CO e sobre os líquens serão coletados no período da manhã pelos alunos com a supervisão do professor.

Em relação ao monóxido de carbono (CO), seus níveis serão medidos através de um aparelho próprio (ASKO).

Em relação aos bioindicadores (líquens), serão utilizados plásticos (1mx0,5m), onde serão assinalados os contornos dos líquens. Estes serão medidos e contados, e diferenciados em morfoespécies.

Você será avaliado pela sua participação no levantamento de dados e pelo preenchimento de um relatório em que você analisará os dados coletados.

Os benefícios da pesquisa serão o aprendizado do(a) estudante, e o levantamento de informações sobre a qualidade do ar no colégio.

Não haverá filmagens/vídeos da sua participação na pesquisa. Também não serão tiradas fotografias suas durante a realização da pesquisa.

Sua participação na pesquisa é voluntária. Caso opte por não participar, não terá nenhum efeito ou represálias.

Caso opte por não participar, você ficará em sala de aula fazendo atividades do livro didático. Você será avaliado pela realização dessa atividade.

Caso você aceita, a pesquisa envolverá sua saída de sala durante a aula do professor/investigador, e se dirigirá ao pátio do colégio, onde manuseará o plástico para assinalar os contornos dos líquens. Você também contará quantos líquens existem naquela área, e identificará as morfoespécies. O tempo para realizar essas atividades é de 45 minutos.

Os riscos da pesquisa estão em você se machucar durante deslocamento da sala para o pátio, e na sua exposição à radiação solar. Esses riscos serão minimizados com o apoio dos assistentes de turno, e na alternância de alunos para executar a atividade.

Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

Você possui os direitos de sair pesquisa a qualquer momento e de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa. Você não sofrerá qualquer penalização por recusar ou retirar o seu consentimento a qualquer momento.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso

RÚBRICA DO SUJEITO DE PESQUISA

RÚBRICA DO PESQUISADOR

seja de seu interesse:
( ) quero receber os resultados da pesquisa (e-mail para envio :_____)
( ) não quero receber os resultados da pesquisa

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma via assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

Nome do participante: _____
Assinatura: _____ Data:__/__/__

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome do (a) investigador (a): _____
Assinatura: _____ Data:__/__/__

Se você ou os responsáveis por você (s) tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o(a) investigador do estudo ou membro de sua equipe: **JOSÉ EUGÊNIO CÔRTES FIGUEIRA** e **VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS**, telefone fixo número: (31) 3409-2593 e celular (31) 97344-4905. Se você tiver dúvidas sobre direitos como um participante de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:
O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CEP/UFMG). **Endereço:** Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP 31.270-901. **Telefone:** (31) 3409-4592, **e-mail:** coep@prpq.ufmg.br.

Relato do Mestrando

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)
Mestrando: VERGÍLIO SILVA DE ALVARENGA MORAIS
Título do TCM: Comunidades de líquens e níveis de monóxido de carbono (CO) como indicadores de qualidade do ar em três áreas no município de Belo Horizonte/MG
Data da defesa: 29/08/2019
A minha participação no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) promoveu um repensar das minhas práticas pedagógicas, possibilitando uma mudança de paradigmas em relação à aplicação de estratégias de ensino-aprendizagem. A execução do projeto de aferição da qualidade do ar em três áreas de Belo Horizonte possibilitou o desenvolvimento de uma sequência didática aplicável aos alunos do ensino médio da rede pública estadual, propiciando a estes uma vivência no método científico. O interesse demonstrado pelos alunos durante a execução do trabalho foi um fato marcante, pois eu tinha dúvidas se o presente projeto despertaria a curiosidade nos estudantes. E o entendimento, por parte dos alunos, sobre os problemas oriundos da poluição do ar permitiu que o projeto atingisse todos os seus objetivos. Dessa formar, sinto-me plenamente realizado por ter cursado o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).