

JORGE LUIZ DOS SANTOS

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS
NA ÁREA URBANA DE IPATINGA (MG): EM FOCO A PROPOSIÇÃO DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA CONTEXTUALIZADA E INTERDISCIPLINAR PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Alexandre Fontes Pereira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S237p
2021 Santos, Jorge Luiz dos, 1967-
Poluição atmosférica por emissão de partículas sedimentáveis na
área urbana de Ipatinga (MG): em foco a proposição de uma sequência
didática contextualizada e interdisciplinar para o ensino de química /
Jorge Luiz dos Santos. - Viçosa, MG, 2021.
1 dissertação eletrônica (187 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Alexandre Fontes Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Química, 2021.

Referências bibliográficas: f. 108-114.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.273>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Química - Estudo e ensino. 2. Ar - Poluição. 3. Sedimentos em
suspensão. 4. Didática. I. Pereira, Alexandre Fontes, 1979-. II.
Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. Programa
de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. III. Título.

CDD 22. ed. 540.7

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

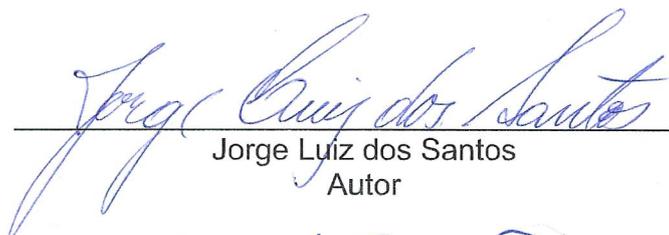
JORGE LUIZ DOS SANTOS

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS
NA ÁREA URBANA DE IPATINGA (MG): EM FOCO A PROPOSIÇÃO DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA CONTEXTUALIZADA E INTERDISCIPLINAR PARA O
ENSINO DE QUÍMICA**

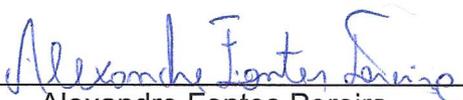
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de dezembro de 2021.

Assentimento:



Jorge Luiz dos Santos
Autor



Alexandre Fontes Pereira
Orientador

Dedico

Aos meus irmãos (*in memoriam*): Fernando e Cláudio – por todos os seus exemplos, convivência e importância em minha formação humana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por dispor todas as condições que permitem a todos estarmos nesta vida trocando conhecimentos e evoluindo em nossa condição humana e espiritual.

À minha companheira e amiga Nilcéia, pelo carinho e pela cumplicidade em todos os momentos da realização deste trabalho.

A toda minha família, pais, irmãos, sobrinhos e primos, que sempre tiveram admiração por mim e que me ajudaram na minha educação.

Aos colegas de trabalho, em especial Osilanda e Alan, que me auxiliaram, incentivaram e apoiaram no cumprimento deste projeto.

À USIMINAS, ao Instituto Federal de Timóteo-MG e ao Ministério Público de Minas Gerais, pelos materiais e informações cedidos que permitiram a realização deste trabalho.

À Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais, por me conceder recursos para estudos que me proporcionou tranquilidade e tempo para dedicação à dissertação.

Aos diretores escolares Luciano, Lúcia e Jaine, da Rede Estadual de Educação de Minas Gerais, por me receberem nas escolas com enorme disponibilidade, por darem brilho a esta pesquisa e me proporcionarem a oportunidade de participar e conhecer um pouco de seus trabalhos.

Aos colegas do Mestrado, especialmente André Castro e José Alberto, pelos bons momentos, pela convivência na universidade, nos estudos, nas viagens e nas conversas depois das aulas.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e apoio na realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Efraim Lázaro Reis e a todos os professores do mestrado, pelos conhecimentos, atenção e conselhos dispensados.

Ao meu orientador, Alexandre Fontes Pereira, por me aceitar como aluno, pela amizade sincera, ensinamentos, apoio e orientação. Obrigado, meu professor!

A todos aqueles que de alguma forma, me ajudaram na construção deste trabalho.

RESUMO

SANTOS, Jorge Luiz dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2021. **Poluição atmosférica por emissão de partículas sedimentáveis na área urbana de Ipatinga (MG): em foco a proposição de uma Sequência Didática contextualizada e interdisciplinar para o ensino de Química** Orientador: Alexandre Fontes Pereira.

A presente pesquisa descreve a construção de uma proposta de uma Sequência Didática (SD) a ser aplicada a estudantes da 2ª Série do Ensino Médio, com o foco no conteúdo Soluções. Esta proposta de ensino se baseou nos conhecimentos químicos relacionados à Solução, articulados à contextualização social da poluição atmosférica, em termos de partículas sedimentáveis. O trabalho foi desenvolvido em Ipatinga, um município de perfil econômico industrial, localizado na Região Metropolitana do Vale do Aço, a leste do Estado de Minas Gerais. A pesquisa contou com a participação de três escolas da região. Todo o trabalho envolveu a execução de cinco objetivos específicos. Inicialmente, foi executada a determinação da taxa de poeira sedimentável total em três pontos da região urbana da cidade de Ipatinga, seguindo os procedimentos metodológicos da ABNT NBR 12065 de 1991. Foram doze períodos de ensaios completos (30 ± 2 dias) com início em 21 de julho de 2020 e fim em 26 de julho de 2021. A pesquisa considerou os padrões de qualidade do ar segundo a DN COPAM nº 01/1981, que define para áreas residenciais e comerciais ($5\text{g}/\text{m}^2/\text{mês}$). Ficou evidenciado que a área mais urbanizada de Ipatinga sofre com a poluição atmosférica, em termos de partículas sedimentáveis, ficando conclusivo que o problema se intensifica em períodos de menor precipitação pluviométrica, baixas temperaturas e calmaria dos ventos. Num segundo momento da pesquisa, foi realizada um inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos nas proximidades das áreas dos três pontos de coleta selecionados, desta forma pode-se ter noção de onde era gerada a poluição. Em uma terceira etapa foi realizado um estudo estatístico sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar de Ipatinga-MG, foram analisados os dados fornecidos pela FEAM da estação automática de monitoramento de qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga-MG, ano 2019. Com uso das ferramentas do software Excel, fez-se análise das médias aritméticas mensais dos dados válidos e pode ser observado que os poluentes: PTS, PM10 e

PM_{2,5}, SO₂, CO, O₃ e NO₂ tendem a aumentar em períodos de menor precipitação pluviométrica, de baixas temperaturas e de calmaria dos ventos. O quarto objetivo da pesquisa consistiu em aferir da percepção de alunos do 2º ano sobre vários aspectos da vida cotidiana, as discussões se deram a partir de fontes primárias com base em variáveis relativas ao perfil dos participantes, de seu “habitat”, dos aspectos da qualidade de vida, conhecimentos e relacionamento com sua escola e com a cidade de Ipatinga-MG. Por fim, foi concebida a proposta de Sequência Didática (SD) elaborada para auxiliar o ensino de Química. Por motivos diversos, principalmente, a pandemia COVID-19, a SD não foi aplicada. Todavia, em sua construção foram consideradas as características que envolve este tipo de material pedagógico. Assim sendo, a expectativa é que possa ser um material útil para professores no ensino de Química, em especial, Soluções.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Partículas sedimentáveis. Sequência didática. Ensino de Química.

ABSTRACT

SANTOS, Jorge Luiz dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December 2021. **Atmospheric pollution by emission of sedimentable particles in the urban area of Ipatinga (MG): in focus the proposition of a contextualized and interdisciplinary Didactic Sequence for the teaching of Chemistry.** Advisor: Alexandre Fontes Pereira.

This research describes the construction of a proposal for an Didactic Sequence (SD) to be applied to 2nd Grade High School students, with a focus on Solutions. This teaching proposal was based on chemical knowledge related to the Solution, articulated to the social context of atmospheric pollution, in terms of sedimentable particles. The work was carried out in Ipatinga, a municipality with an industrial economic profile, located in the Metropolitan Region of Vale do Aço, east of the State of Minas Gerais. For the purpose of this research, help was recruited from three schools in the region. All work involved the execution of five specific objectives. Initially, the determination of the total sedimentable dust rate was carried out in three points in the urban region of the city of Ipatinga, following the methodological procedures of ABNT NBR 12065 of 1991. There were twelve complete test periods (30 ± 2 days) starting on July 21, 2020 and ending on July 26, 2021. The research considered the air quality standards according to DN COPAM No. 01/1981, which defines for residential and commercial areas ($5\text{g/m}^2/\text{month}$). It was evident that the most urbanized area of Ipatinga suffers from atmospheric pollution, in terms of sedimentable particles, concluding that the problem is intensified in periods of lower rainfall, low temperatures and calm winds. In a second moment of the research, an inventory of fixed sources of emission of atmospheric pollutants was carried out in the proximities of the areas of the three selected collection points, in this way it is possible to have an idea of where the pollution was generated. In a third step, a statistical study was carried out on the air quality monitoring data in Ipatinga-MG, data provided by the FEAM from the automatic air quality monitoring station in the Cariru district, Ipatinga-MG, year 2019 were analyzed. Using Excel software tools, monthly arithmetic averages of valid data were analyzed and it can be observed that pollutants: PTS, PM₁₀ and PM_{2.5}, SO₂, CO, O₃ and NO₂ tend to increase in periods of lower precipitation rainfall, low temperatures and calm winds. The fourth objective

of the research was to assess the perception of 2nd year students about various aspects of daily life, the discussions took place from primary sources based on variables related to the profile of the participants, their "habitat" , aspects of quality of life, knowledge and relationship with their school and with the city of Ipatinga-MG. Finally, the proposal for an Didactic Sequence (DS) was designed to assist in the teaching of Chemistry. For various reasons, mainly the COVID-19 pandemic, DS was not applied. However, in its construction, the characteristics involved in this type of teaching material were considered. Therefore, the expectation is that it can be a useful material for teachers in teaching Chemistry, especially Solutions.

Keywords: Atmospheric pollution. Sedimentable particles. Didactic sequence. Teaching Chemistry.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Poluentes atmosféricos que formam o Material Particulado.	23
Quadro 2 - Poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais para o monitoramento contínuo e descontínuo em função da atividade industrial.	26
Quadro 3 - Padrões de qualidade do ar	28
Quadro 4 - Breve descrição dos pontos de coletas das amostras P1, P2 e P3.	43
Quadro 5 - Atividade econômica estabelecida no bairro Bela Vista.	59
Quadro 6 - Atividade econômica estabelecida no Centro de Ipatinga.	59
Quadro 7 - Atividade econômica estabelecida no bairro Cariru.	61
Quadro 8 - Perfil dos alunos do 2º ano.	73
Quadro 9 - Lista de bairros de residência dos alunos do 2º ano.	74
Quadro 10 - Grau de instrução e fonte de renda do responsável domiciliar.	76
Quadro 11 - Aspectos do “habitat” dos alunos do 2º ano.	77
Quadro 12 - Níveis de satisfação atribuídos aos componentes da qualidade de vida, referentes às famílias dos alunos do 2º ano.	80
Quadro 13 - Dados referentes ao conhecimento sobre questões relacionadas à poluição ambiental	82
Quadro 14 - Dados referentes à vida escolar dos alunos do 2º ano	85
Quadro 15 - Níveis de satisfação atribuídos aos componentes relacionados à escola dos alunos do 2º ano.	87
Quadro 16 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 1.	88
Quadro 17 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 2.	89
Quadro 18 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 3.	89
Quadro 19 - Descrição resumida das aulas da Sequência Didática.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de poeira sedimentável.	54
Tabela 2 - Dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga – MG, 2019.	65

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas da atmosfera.....	21
Figura 2 - Mapa de Ipatinga – MG e entorno.....	37
Figura 3 - Frasco de plástico para coleta.	44
Figura 4 - Estrutura de proteção e fixação dos coletores construídos com madeira e metal.....	45
Figura 5 - Área da circunferência de influência local dos pontos de coleta.....	52
Figura 6 - Taxa de poeira sedimentável.....	55
Figura 7 - Média da taxa de poeira sedimentável.....	55
Figura 8 - Precipitação pluviométrica ocorrida no período dos ensaios.	56
Figura 9 - Temperatura no período dos ensaios.	56
Figura 10 - Pressão no período dos ensaios.....	57
Figura 11 - Velocidade do vento no período dos ensaios.	57
Figura 12 - Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar em Ipatinga-MG.	63
Figura 13 - Estação Automática do bairro Cariru, Ipatinga – MG.....	64
Figura 14 - Evolução da precipitação pluviométrica.....	66
Figura 15 - Evolução da temperatura.....	67
Figura 16 - Evolução da pressão.....	67
Figura 17 - Evolução da velocidade do vento.....	68
Figura 18 - Evolução do poluente PTS.....	68
Figura 19 - Evolução do poluente MP10	69
Figura 20 - Evolução do poluente MP2,5	69
Figura 21 - Evolução do poluente CO	70
Figura 22 - Evolução do poluente SO ₂	70
Figura 23 - Evolução do poluente O ₃	71
Figura 24 - Evolução do poluente NO ₂	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
	2.1 Objetivo geral.....	18
	2.2. Objetivos específicos	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
	3.1 Atmosfera da Terra.....	20
	3.1.1 Poluição atmosférica.....	21
	3.1.2 Fontes emissoras de poluição atmosférica	24
	3.1.2.1 Emissão de fontes móveis	24
	3.1.2.2 Emissão de fontes fixas.....	25
	3.1.3 Padrões de qualidade do ar.....	27
	3.1.3.1 Material particulado	27
	3.1.3.2 Material particulado sedimentável	29
	3.2 Ciências da Natureza e suas Tecnologias	29
	3.2.1 Ensino aprendizagem do conteúdo de Soluções.....	31
	3.2.2 Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).....	33
	3.2.3 Sequência Didática (SD).....	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS	37
	4.1 Área de estudo.....	37
	4.1.1 Aspectos geográficos gerais.....	38
	4.1.1.1 Território	38
	4.1.1.2 Sociedade.....	39
	4.1.2 Pontos de amostragem.....	40
	4.2 Tipo e etapas da pesquisa	41
	4.2.1 Etapa 1 – Pesquisa e análise bibliográfica e documental.....	41
	4.2.2 Etapa 2 – Determinação da taxa de poeira sedimentável total – Método de ensaio (Método do Jarro)	42
	4.2.2.1 Definição e descrição dos pontos de coletas das amostras	42
	4.2.2.2 Construção e fixação dos aparelhos de coletas das amostras	44
	4.2.2.3 Execução dos ensaios.....	46

4.2.3	Etapa 3 – Elaboração do inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos.....	47
4.2.4	Etapa 4 – Estudo estatístico dos dados da rede de monitoramento automático de Ipatinga	47
4.2.5	Etapa 5 – Percepção dos alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Ipatinga, acerca da qualidade do ar do município.....	48
4.2.6	Etapa 6 – Análise de dados e proposta de Sequência Didática (SD) sobre Soluções.....	50
4.3	Procedimentos de análise dos dados	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	Determinação da taxa de poeira sedimentável total	51
5.1.1	Área da circunferência de influência local.....	51
5.1.2	Taxa de Poeira Sedimentável Total.....	53
5.2	Inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos.....	58
5.3	Estudo estatístico sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar de Ipatinga-MG.....	62
5.3.1	Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar e Meteorologia .	62
5.3.2	Análise dos dados, ano 2019, da estação automática de monitoramento de qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga-MG.	64
5.4	Percepção de alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública sobre vários aspectos da vida cotidiana	72
5.4.1	Caracterização dos alunos do 2º ano	73
5.4.2	Caracterização do “Habitat” dos alunos do 2º ano.....	76
5.4.3	Caracterização dos alunos do 2º ano quanto ao nível de satisfação familiar com a qualidade de vida.....	79
5.4.4	Conhecimento dos alunos do 2º ano sobre algumas questões relacionadas à poluição ambiental.....	81
5.4.5	Aspectos da vida escolar e relacionamento dos alunos do 2º ano com a escola	85
5.5	Proposição de uma Sequência Didática elaborada para auxiliar o ensino de Química.	87
5.5.1	Proposta de Sequência Didática.....	88
5.5.2	Descrição breve das aulas da Sequência Didática	90
5.5.3	Expectativas e resultados esperados do processo de ensino.....	91

5.5.3.1 Aula 1: Acolhimento, apresentação e discussão da proposta de ensino: Sequência Didática	92
5.5.3.2 Aula 2: Dispersões e as Soluções verdadeiras	94
5.5.3.3 Aula 3: Soluções e concentração de soluções	96
5.5.3.7 Aula 7: Resultado da determinação da taxa de poeira sedimentável total e questionário avaliativo	103
6 CONCLUSÕES	105
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES	115
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	115
APÊNDICE B – AUTORIZAÇÃO PRÉVIA	162
APÊNDICE C – TCLE	163
APÊNDICE D – TALE	166
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO	169
ANEXO	179
ANEXO A – NORMA BRASILEIRA NBR 12065 DE 05/1991.	179

1 INTRODUÇÃO

Ipatinga-MG é um município de perfil econômico industrial, localizado na região leste do Estado de Minas Gerais, que possui uma população estimada em 267.333 habitantes e ocupa uma área territorial de 164,88 km². A cidade apresenta o maior crescimento demográfico quando comparado a Coronel Fabriciano, Santana do Paraíso e Timóteo, três municípios que lhe fazem companhia na composição da Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) que, por sua vez, integra a mesorregião do Vale do Rio Doce (IBGE, 2021).

São três grandes indústrias de base que ditam o ritmo do desenvolvimento econômico e social da RMVA e seu entorno. A usina siderúrgica de aço ao carbono Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A (Usiminas), Ipatinga-MG, a usina siderúrgica de aço inoxidável Aperam South America (Aperam), Timóteo-MG, e a fábrica de celulose Celulose Nipo-Brasileira S/A. (Cenibra), Belo Oriente-MG, são as principais responsáveis por construir e marcar, a partir da metade do século XX, a história, a economia, o meio ambiente e o espaço geográfico dessa porção do território do leste mineiro.

Em Ipatinga, a Usiminas é a principal locomotiva do setor industrial, apresentando um relevante volume de bens exportados, com destaque para o aço e produtos metalmeccânicos. O seu complexo industrial que ocupa uma área total de 10,5 milhões de m² no município atrai empresas tanto para atuar em atividades produtivas correlatas, como para as demandas da cidade e dos demais municípios da RMVA. Ipatinga possui, também, um distrito industrial, administrado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (Codemig), implantado numa área de 200 mil m² (IPATINGA, 2019).

Outras atividades econômicas relevantes no mercado de Ipatinga são a confecção de artigos e acessórios de vestuário, extração e manipulação de minerais não-metálicos, fabricação de móveis, fabricação de artefatos automotivos, produção de alimentos e bebidas, fabricação de produtos oriundos da metalurgia, além da extração de eucalipto destinado a abastecer a fábrica da empresa Celulose Nipo-Brasileira S/A. (Cenibra), grande exportadora de celulose situada no município de Belo Oriente-MG, distante a cerca de 20 km de Ipatinga (IPATINGA, 2019).

Não obstante, apesar dos benefícios que essas atividades econômicas trazem, alguns desafios estão no caminho do desenvolvimento dos municípios da região e a poluição atmosférica é um desses grandes problemas a serem enfrentados. De acordo com Araújo (2011), em consequência do modelo econômico praticado pelas cidades inseridas na RMVA, uma das ameaças ao meio ambiente local é a poluição atmosférica que, majoritariamente, advém das indústrias (fontes fixas), em especial Ipatinga e Timóteo, e do intenso tráfego de veículos na região (fontes moveis), destacadamente em Coronel Fabriciano, por ser a cidade que interliga os demais municípios.

As principais fontes de poluição atmosférica na RMVA e entorno são as indústrias de base, as indústrias de transformação, as queimadas e o tráfego de veículos, o que torna importante a quantificação de elementos químicos que se aglomeram no material particulado. A provável concentração elevada de material particulado no ar da região pode levar a problemas respiratórios na população. Desta forma, o número de internações por doenças respiratórias na rede hospitalar local pode estar relacionado à quantidade de material particulado oriundo de atividades dentro da região (ARAÚJO, 2011).

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. A área de conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), portanto, propõe-se discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (BRASIL, 2017).

Os processos e práticas de investigação merecem destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BRASIL, 2017).

Uma abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos, como no caso das matrizes energéticas e dos processos industriais, em que são indispensáveis os conhecimentos científicos, tais como os tipos e as transformações de energia, e as propriedades dos materiais. Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente (BRASIL, 2017).

Segundo Pinheiro *et al.* (2007), o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade, manifestado desde 1970, tem sido base para construir currículos em vários países, em especial os de ciências, dando prioridade a uma alfabetização em ciência e tecnologia interligada ao contexto social. Rebatizado de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), seu caráter interdisciplinar compreende um campo de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia tendo em vista suas relações, consequências e respostas sociais. Ressalta a importância socioambiental da ciência e da tecnologia e enfatiza a necessidade de avaliações críticas e análises reflexivas sobre a relação científico-tecnológica e a sociedade. Além dos currículos de ciências, tem abrangido as disciplinas das ciências sociais e humanidades, entre elas a filosofia, história e economia.

Diante do contexto exposto anteriormente, o presente trabalho almeja elaborar e propor, dentro da perspectiva do movimento CTSA, uma Sequência Didática (SD) com o foco em soluções químicas e no estudo da poluição atmosférica, em termos de partículas sedimentáveis, procurando promover, de uma maneira objetiva e esclarecedora, o processo de ensino aprendizagem da Química como um do componente curricular do ensino médio. A pesquisa se justifica pela necessidade de difundir e fomentar o debate sobre as questões ambientais ligadas à poluição atmosférica nas cidades urbanas, em especial, no município de Ipatinga.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade do ar, em termos de partículas sedimentáveis, em três pontos determinados da região urbana da cidade de Ipatinga-MG. A seguir, propor uma Sequência Didática (SD) a ser aplicada a alunos do 2º ano do Ensino Médio, com o foco em Soluções e no estudo da poluição atmosférica.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar a taxa de poeira sedimentável em três pontos determinados da região urbana da cidade de Ipatinga-MG;
- Elaborar um inventário das principais fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos localizadas nas adjacências dos três pontos de coleta da poeira sedimentável.
- Realizar estudo estatístico sobre os dados válidos de monitoramento contínuo da qualidade do ar fornecidos pelas estações automáticas de Ipatinga-MG, que compõem a Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar e Meteorologia (RAMQAM) de Minas Gerais;
- Examinar a percepção dos alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública de Ipatinga sobre diferentes aspectos do convívio no município;
- Propor uma Sequência Didática (SD) com a temática “Poluição atmosférica por emissão de partículas sedimentáveis” para subsidiar o estudo do conteúdo de Soluções.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A atmosfera terrestre é um ambiente sensível, e preservar o seu equilíbrio é condição vital para a sobrevivência das espécies que habitam o planeta. Apesar disto, desde a Revolução Industrial, no final do século XVIII, este equilíbrio sofre ameaças e ataques diversos, sobretudo por ações antrópicas causadoras de muitos prejuízos. Consequentemente, por estas razões, as condições da atmosfera terrestre se tornaram matéria de estudos, longos debates e acordos entre nações no intuito de minimizar os impactos nocivos das interferências humanas.

Entre os dias 1º e 12 de novembro de 2021, aconteceu a 26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP-26), principal cúpula da ONU para debate sobre questões climáticas, realizada, em Glasgow, na Escócia. A temática em questão na conferência é de enorme relevância, sobretudo quando se consideram os problemas causados ao meio ambiente resultantes das políticas energéticas atuais, que ainda estão fortemente associadas à queima de combustíveis de origem fóssil, principal responsável pelo aumento de efeito estufa e pelo aquecimento global.

O mundo trabalhar para cortar em 50% as emissões gasosas de dióxido de carbono (CO₂) até o ano de 2030 e ter a chance de limitar o aquecimento global a uma temperatura de 1,5°C são os compromissos encorajadores e esperançosos que foram ratificados na COP-26.

Considera-se importante esta disposição de líderes mundiais de se colocarem à mesa de negociações para traçar estratégias com objetivo de diminuir as emissões de poluentes atmosféricos. Todavia, essa problemática, por ser vultosa e de alcance global, exige que as discussões e tomadas de decisões respeitem as aspirações e necessidades de todos os setores das sociedades. O presente trabalho compartilha com este pensamento e almeja ser mais um instrumento para fomentar o debate, dentro das escolas, sobre poluição atmosférica, particularmente, associado ao estudo da Química.

Diante deste contexto e, coerente com os objetivos propostos, procurou-se centrar a revisão de literatura nos seguintes tópicos: atmosfera da terra, poluição atmosférica, fontes emissoras de poluição atmosférica, padrões de qualidade do ar, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ensino aprendizagem de Soluções,

Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e, por fim, Sequência Didática (SD).

3.1 Atmosfera da Terra

A atmosfera — camada gasosa que envolve a Terra — não se apresenta de forma homogênea em toda a sua extensão. Torna-se rarefeita e tem sua composição alterada à medida que a altitude aumenta. Ao nível do mar, é constituída de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e apenas 1% de outros gases (argônio, xenônio, neônio, gás carbônico, etc.), além de poeira. O oxigênio que existe no ar atmosférico é indispensável para que haja vida na superfície da Terra (ALMEIDA E RIGOLIN, 2016).

De acordo com Braga *et al.* (2005), a atmosfera atual é consequência de fenômenos físico-químicos e biológicos iniciados há milhões de anos. Várias são as teorias que procuram explicar sua origem e evolução. Uma das hipóteses aceita hoje é de que a Terra, ainda sem atmosfera, formou-se a partir da acumulação de partículas sólidas e, relativamente, frias dos mais diversos tamanhos, procedente da nuvem de gás e poeira que originou o sistema solar. As reações térmicas que se seguiram provocaram o aumento da temperatura terrestre. Essas mudanças desencadearam reações nas camadas superficiais da terra, dando origem à atmosfera.

Sobre a importância da atmosfera e de suas camadas, Figura 1, Lucci *et al.* (2016, p. 117) destacam que:

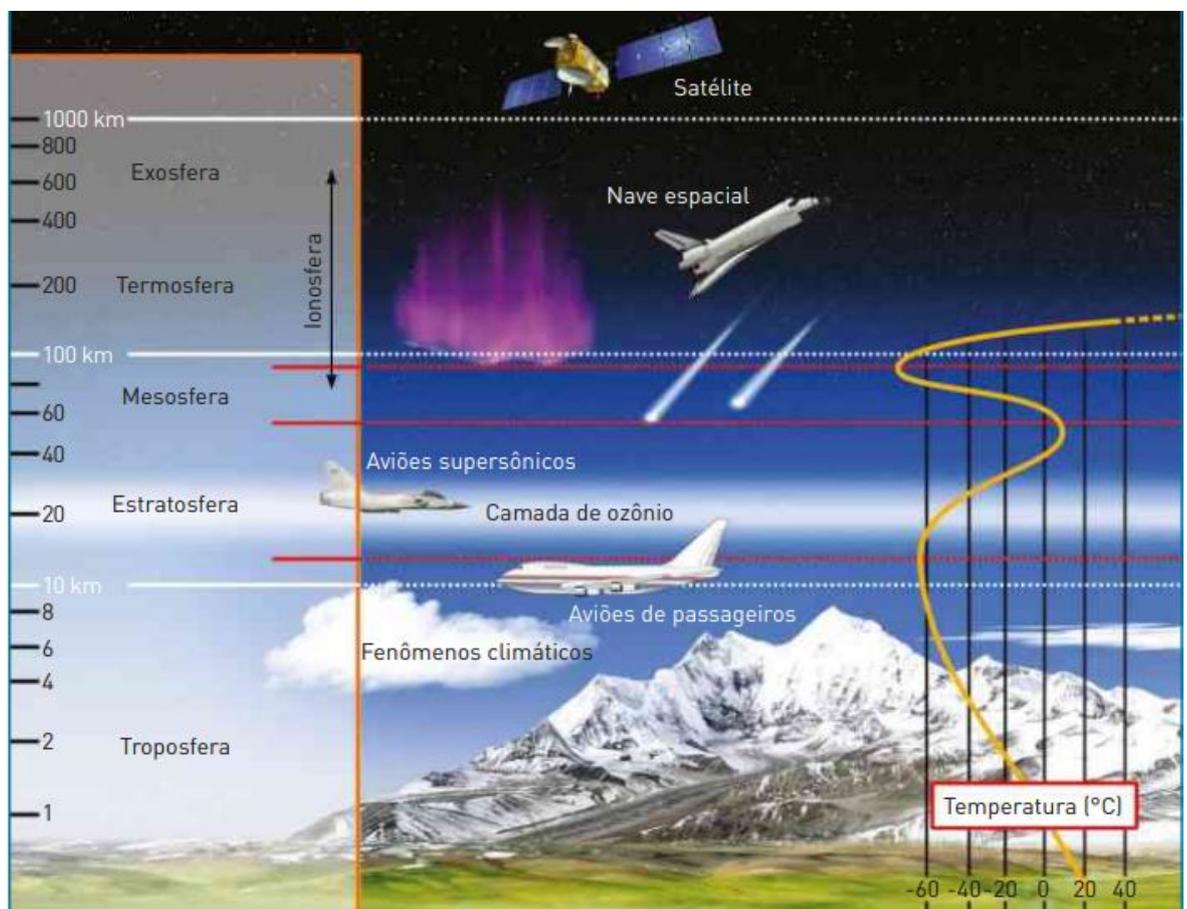
Ela nos protege dos impactos de asteroides e filtra a radiação eletromagnética proveniente do Sol, permitindo que apenas os raios infravermelho e ultravioleta atinjam a superfície. A troposfera, camada próxima à superfície em que vivemos, é a mais densa. Corresponde a cerca de 75% da massa da atmosfera, apesar de sua fina espessura: aproximadamente 12 km (8 km sobre os polos e 16 km sobre o Equador). Quase todo o vapor de água está concentrado nessa camada. É nela que os fenômenos meteorológicos como chuva, geada, furacão, precipitação de neve e outros se manifestam. Na troposfera, as moléculas de ar movimentam-se para as camadas mais elevadas e retornam para a superfície da Terra. O movimento do ar ascendente, ao se resfriar, produz a condensação do vapor que forma nuvens e chuvas que alteram as condições do tempo dos diferentes lugares do planeta.

A estratosfera, entre 12 e 50 km aproximadamente, favorece a aviação e é essencial à vida humana. Nela, ao contrário da troposfera, as temperaturas

aumentam com a altitude. É essa camada que absorve e filtra os raios ultravioleta (UV), através da camada de ozônio. Na estratosfera, o ar mais rarefeito impõe menor resistência às aeronaves e as condições atmosféricas de grande estabilidade favorecem o tráfego aéreo de longa distância (LUCCI *et al.*, 2016).

A mesosfera é a onde os meteoros se queimam e se desfazem após entrar na atmosfera da Terra. A termosfera é aquela por onde navega o ônibus espacial e, por fim, a camada exosfera, o topo mais elevado, para onde são lançados os satélites artificiais (LUCCI *et al.*, 2016).

Figura 1 - Camadas da atmosfera



Fonte: Lucci *et al.* (2016).

3.1.1 Poluição atmosférica

A poluição do ar, provavelmente, acompanha a humanidade desde os tempos remotos. No entanto, passou a ser sentida de forma acentuada quando as pessoas começaram a viver em assentamentos urbanos de grande densidade demográfica,

em consequência da Revolução Industrial, a partir de quando o carvão mineral começou a ser utilizado como fonte de energia. As inovações tecnológicas ocorridas no século XX e a utilização de petróleo como combustível acentuaram ainda mais essa poluição, bem como os processos industriais e a crescente utilização de automóveis e outros meios de transporte movidos a combustíveis fósseis, que passaram a predominar no cotidiano como agentes poluidores de destaque. Atualmente, a poluição é um problema mundial, com reflexos em todo o planeta, como o aumento do efeito estufa e o aquecimento global, a chuva ácida e a redução da camada de ozônio (O₃) estratosférico (PHILIPPI JR *et al.*, 2004)

A legislação brasileira, por meio da Resolução Conama 491/2018, define como poluente atmosférico qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (BRASIL, 2018).

De acordo com a Cetesb (2021), sob a denominação geral de Material Particulado se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros.

O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar. O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera (CETESB, 2021).

O Quadro 1 descreve características dos poluentes atmosféricos que compõem o material particulado e que, atualmente, estão em constante monitoramento.

Quadro 1 - Poluentes atmosféricos que formam o Material Particulado.

Poluente	Características
Material Particulado MP2,5	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;
Material Particulado MP10	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;
Partículas Totais em Suspensão - PTS:	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros;
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. É um dos principais formadores da chuva ácida. O dióxido de enxofre pode reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera.
Monóxido de Carbono (CO)	É um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa etc.). Em geral é encontrado em maiores concentrações nas cidades, emitido principalmente por veículos automotores. Altas concentrações de CO são encontradas em áreas de intensa circulação de veículos.
Ozônio (O ₃)	“Oxidantes fotoquímicos” é a denominação que se dá à mistura de poluentes secundários formados por reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo estes últimos liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes. O principal produto dessa reação é o Ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou “smog fotoquímico”, que possui esse nome porque causa na atmosfera diminuição da visibilidade.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	São formados durante processos de combustão. Em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação de luz solar se transforma em NO ₂ tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. Dependendo das concentrações, o NO ₂ causa prejuízos à saúde.
Chumbo (Pb)	No passado, os veículos eram os principais contribuintes de emissões de chumbo para o ar. Atualmente, o chumbo é encontrado em maior quantidade em locais específicos como próximo a fundições de chumbo e indústrias de fabricação de baterias chumbo-ácido.
Fumaça (FMC)	Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

Fonte: BRASIL (2018) e CETESB (2021).

Em relação ao Material Particulado Sedimentável, também denominado poeira sedimentável ou partícula sedimentável, segundo a Norma Brasileira NBR 12065 de março de 1991, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ANEXO A), é definido como sendo a poeira presente na atmosfera, suscetível à coleta por sedimentação livre, composta de partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para se depositarem no frasco coletor e bastante pequenas para atravessarem a peneira de 0,84 mm (20 mesh) (ABNT, 1991).

3.1.2 Fontes emissoras de poluição atmosférica

Os poluentes atmosféricos podem ser originados de processos naturais ou antropogênicos. São exemplos de fontes naturais os gases emitidos por erupções vulcânicas, decomposição de animais e vegetais, ressuspensão de poeiras do solo pelos ventos, formação de gás metano em pântanos, aerossóis marinhos, pólen de plantas, incêndios naturais em florestas. As fontes antropogênicas são diversas, tais como: construções, incineração de lixo, equipamentos de refrigeração e ar condicionado, queima de combustíveis diversos, queimas na agricultura, processos e operações industriais, entre outros (RESENDE, 2007).

As fontes são classificadas em móveis e fixas ou estacionárias. As fontes móveis são aquelas que produzem cargas difusas, como os veículos automotores, aeronaves, locomotivas e embarcações, ou simplesmente, que se movem ou podem se mover de um lugar a outro. As fontes fixas são as que produzem cargas pontuais de poluentes, como chaminé de uma atividade industrial (VIEIRA, 2009).

3.1.2.1 Emissão de fontes móveis

Nas regiões metropolitanas, as emissões dos veículos rodoviários, tais como automóveis, ônibus, caminhões e motocicletas, se constituem nas principais fontes de poluição. Essas emissões são compostas por diversas substâncias tóxicas que, absorvidas pelo sistema respiratório, produzem efeitos negativos sobre a saúde. Essa emissão é composta de gases como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x), material particulado (MP), entre outros (CETESB, 2021).

Apesar de, individualmente, esse tipo de emissão ser aparentemente insignificante, ao se analisar o número de veículos existentes nas grandes cidades, verifica-se a geração de toneladas de poluentes por dia. Diversos fatores influenciam o montante da emissão de veículos nas áreas urbanas como os tipos de veículos, a idade da frota, o tipo de combustível, a quantidade de veículos circulantes e as condições do trânsito. Tendo em vista este fato, para uma melhoria da qualidade do ar nas áreas urbanas é necessário preocupar-se, não somente com a emissão de cada veículo, mas de todos os veículos em circulação, que perfazem a emissão do tráfego (FEAM, 2021).

3.1.2.2 Emissão de fontes fixas

O Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, por meio da Deliberação Normativa COPAM 187 de 20 de setembro de 2013, artigo 2º, inciso III, define fonte fixa de emissão de poluentes atmosféricos como qualquer instalação, equipamento ou processo situado em local fixo, que libere para a atmosfera substâncias no estado sólido, líquido ou gasoso (MINAS GERAIS, 2013)

Estas fontes podem ser também pontuais (chaminés, dutos) ou difusas (não pontual e aleatórias), isto é, não têm um ponto de lançamento específico ou não advêm de um ponto preciso de geração. As emissões das fontes difusas se denominam fugitivas, tais como: a emissão evaporativa em furo de tubulação, válvula ou superfície de um tanque; emissão de material particulado de uma pilha de minério (FEAM, 2021).

Em Minas Gerais, a norma vigente que estabelece Limites Máximos de Emissão (LME) para poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais é a DN COPAM 187/2013, que revogou a DN COPAM 11/86 e a DN COPAM 49/2001. No Anexo XVIII dessa Deliberação Normativa encontram-se as diretrizes para verificação do LME e critérios para o monitoramento contínuo e descontínuo (amostragem) dos parâmetros mínimos recomendados a cada tipologia industrial apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais para o monitoramento, em função da atividade industrial.

ANEXOS DN 187	ATIVIDADES INDUSTRIAIS	POLUENTES MONITORADOS											
		MP	NO _x	SO ₂	SO ₃	CO	NH ₃	Pb	ERT	F ⁻	Cl ₂	HCl	Cov
I – A	Processos de geração de calor a partir da combustão exte óleo combustível												
I – B	Processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural												
I – C	Processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa.												
I – D	Processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira.												
II	Turbinas geradoras de energia elétrica movidas a gás ou a combustíveis líquidos.												
III	Refinarias de petróleo												
IV	Indústria de celulose												
V	Processos de fusão secundária de chumbo												
VI	Indústria de alumínio primário												
VII	Fornos de fusão de vidro												
VIII	Indústria de cimento												
IX	Indústria de fertilizantes ou ácido fosfórico												
X	Indústria de ácido sulfúrico e de ácido nítrico												
XI	indústrias siderúrgicas integradas, semi-integradas e usinas de pelotização de minério de ferro.												
XII	indústrias siderúrgicas não integradas (fabricação de ferro gusa).												
XIII	indústrias de ferroligas, silício metálico, carbureto de cálcio, ligas Ca-Si.												
XIV	Indústria de cal												
XV	Usinas de asfalto quente												
XVI	Indústria de cerâmica vermelha												
XVII	Fontes não expressamente listadas nos demais anexos desta DN 187/2013												

Fonte: Minas Gerais (2013). MP = material particulado; NO_x =óxido de nitrogênio; SO₂ = dióxido de enxofre; SO₃ = trióxido de enxofre; CO = monóxido de carbono; NH₃ = amônia; Pb = chumbo; ERT = enxofre reduzido total; F⁻ = fluoretos totais; Cl₂ = cloro; HCl = ácido clorídrico; Cov = compostos orgânicos voláteis.

3.1.3 Padrões de qualidade do ar

O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração de um grupo de poluentes universalmente consagrados como indicadores, selecionados devido à sua maior frequência de ocorrência na atmosfera e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. Para cada poluente foi definido o padrão de qualidade do ar, ou seja, limites máximos de concentração que, quando ultrapassados, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente em geral (FEAM, 2021).

3.1.3.1 Material particulado

No Brasil, para material particulado os padrões de qualidade do ar são os fixados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da Resolução Conama nº 491/2018. Em seu artigo 2º, considera algumas definições para gestão da qualidade do ar, a saber:

I - poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade;

II - padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica;

III - padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;

IV - padrão de qualidade do ar final - PF: valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS em 2005;

V - episódio crítico de poluição do ar: situação caracterizada pela presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos;

VI - Plano de Controle de Emissões Atmosféricas: documento contendo abrangência, identificação de fontes de emissões atmosféricas, diretrizes e ações, com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação, visando ao controle da poluição do ar no território estadual ou distrital, observando as estratégias estabelecidas no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR;

X - Índice de Qualidade do Ar - IQAR: valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde (BRASIL, 2018, [s.p.]).

O Quadro 3 informa os valores estabelecidos como padrão de qualidade do ar referente cada poluente atmosférico, regularmente, monitorado: Material particulado (MP10); Material particulado (MP2,5); Dióxido de enxofre (SO₂); Dióxido de nitrogênio (NO₂); Ozônio (O₃); Fumaça; Monóxido de carbono (CO); Partículas totais em suspensão e, por fim, Chumbo (Pb).

Quadro 3 - Padrões de qualidade do ar

Poluente atmosférico	Período de referência	PI1	PI2	PI3	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

1 média aritmética anual

2 média horária

3 máxima média móvel obtida no dia

4 média geométrica anual

5 medido nas partículas totais em suspensão

Fonte: Resolução Conama nº 491, (BRASIL, 2018).

O artigo 4º da Resolução nº 491/2018 informa que os padrões de qualidade serão adotados sequencialmente, em quatro etapas. A primeira e atual etapa, que entrou em vigor a partir da publicação da resolução, compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1.

3.1.3.2 Material particulado sedimentável

Para material particulado sedimentável, Minas Gerais adota os padrões de qualidade do ar que são os estabelecidos na Deliberação Normativa nº 01, de 26 de maio de 1981, do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), que define para áreas industriais (10g/m²/mês) e para as demais áreas, inclusive residenciais e comerciais (5g/m²/mês). O método científico de referência é o Método do Jarro de Deposição de Poeira (MINAS GERAIS, 1981).

3.2 Ciências da Natureza e suas Tecnologias

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Este documento normativo aplica-se exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN) (BRASIL, 2017).

O Currículo Referência de Minas Gerais é um documento elaborado a partir dos fundamentos educacionais expostos na nossa Constituição Federal (CF/1988), na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), no Plano Nacional de Educação (PNE/2014), na Base Nacional Comum Curricular (BNCC/2017) e a partir do reconhecimento e da valorização dos diferentes povos, culturas, territórios e tradições existentes em nosso estado (MINAS GERAIS, 2021).

Ambos os documentos, BNCC e Currículo Referência de MG, se destinam a orientar o processo de implementação dos projetos pedagógicos a cargo das instituições de ensino básica, públicas e privadas. O primeiro elaborado para ser de abrangência nacional e o segundo concebido para ter diferentes formas de abordagem e atuar de acordo com as peculiaridades e realidade mineira.

Visando atender aos objetivos do Ensino Médio, a BNCC definiu a organização curricular deste nível escolar por áreas de conhecimentos: 1. Linguagens e suas Tecnologias; 2. Matemática e suas Tecnologias; 3. Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e, finalmente, 4. Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

O conjunto dos componentes curriculares de Biologia, Física e Química constitui a área das Ciências da Natureza do Ensino Médio, conforme determina a LDB. Ela preconiza o fortalecimento das relações entre as disciplinas e a sua contextualização de forma interdisciplinar, tendo como princípio o estudo dos fenômenos naturais e suas tecnologias, desde seus aspectos mais singulares aos mais complexos (MINAS GERAIS, 2021).

Para cada uma das quatro (04) áreas do conhecimento são descritas algumas competências específicas. Competência é definida pela BNCC como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2017).

O Currículo Referência descreve as três (03) competências específicas para a área de Ciências da Natureza, a saber:

Competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
3. Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos

contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (MINAS GERAIS, 2021, p.38).

Aos estudantes do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza oferece a possibilidade de compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas da área, de analisar fenômenos e processos relativos ao mundo natural e tecnológico, desenvolvendo cuidados pessoais e o compromisso com a sustentabilidade e a defesa do ambiente. Nessa perspectiva, no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias propõe-lhes o desenvolvimento da capacidade de utilizar os conhecimentos específicos da área, aprendidos no Ensino Fundamental, para criar, argumentar e propor soluções aos desafios locais e globais, relacionados à vida e ao ambiente (MINAS GERAIS, 2021).

3.2.1 Ensino aprendizagem do conteúdo de Soluções

A Química é a ciência da natureza que estuda a estrutura, composição e propriedades dos materiais, bem como as transformações que podem ocorrer com eles. Mas o que isso significa? É muito comum que os estudantes perguntem qual é a utilidade de se estudar Química. Mas, muito além da memorização de regras ou fórmulas, o que geralmente não se menciona é a vasta utilização do conhecimento químico em diversas atividades humanas, como na agricultura, na indústria petroquímica, têxtil, na pesquisa de fármacos – só para citar algumas áreas (MINAS GERAIS, 2021).

As modificações introduzidas pela LDB (1996) e pelos PCNs e BNCC (2017) apresentaram diretrizes relacionadas aos arranjos dos conteúdos fundamentais do currículo escolar. O componente curricular sobre o Ensino da Química foi estruturado, a fim de que os conteúdos fundantes da primeira série propiciem aos estudantes um panorama geral da Química, contemplando as bases dos conceitos químicos. Na segunda e terceira séries, o estudante seria levado a interpretar os processos químicos que permeiam a sua vida cotidiana, ampliando a consciência crítica e a transformação da realidade. (MINAS GERAIS, 2021).

Para Alarcão (2010), estimular o estudo e fazer os alunos gostarem de uma disciplina consiste em estabelecer uma afinidade entre o estudante e o conteúdo estudado, ter como princípio norteador de sua prática pedagógica a preocupação em

dar liberdade e responsabilidade ao seu aluno, para que ele possa, por meio das atividades pedagógicas, adquirir sua autonomia e superar as dificuldades enfrentadas no processo de aprendizagem.

É adequado que o professor desenvolva metodologias que estimulem o aluno a estudar a disciplina de Química. Para despertar esse interesse, é necessário que ele mesmo encontre empolgação em ensinar essa disciplina e demonstre, efetivamente, que gosta do que faz. Ele deve buscar instrumentos capazes de ajudar a criar um entusiasmo maior com relação ao conteúdo trabalhado, além de estimular o interesse e a motivação do aluno em expressar-se, agir e interagir nas atividades realizadas em sala de aula. Para isso, ele pode lançar mão de sequências didáticas, jogos, brincadeiras, filmes, experimentos simples, exemplos do cotidiano, entre outros (PILETTI, 2010)

Na concepção de Bernardelli (2004), quanto mais integradas estiverem a prática, a teoria e a contextualização, mais significativa e motivadora se tornará a aprendizagem de Química, fazendo com que o aluno goste de estudar seus conteúdos. Somente por meio de uma metodologia de ensino diferenciada, será possível aos alunos perceberem que esses conteúdos são práticos, divertidos, interessantes, prazerosos e eficientes para a construção de um mundo mais participativo e cidadão.

Solução é o nome dado pelos químicos para qualquer mistura homogênea (PERUZZO e CANTO, 2006). Atualmente, se considera que nas soluções químicas ocorram interações entre as partículas (moléculas ou íons) do soluto (componente em menor quantidade ou substância dissolvida) com as do solvente (componente mais abundante ou agente da dissolução). Dessa forma, as forças eletrostáticas (interatômicas e intermoleculares), que permitem interações entre as partículas de soluto e entre as de solvente, devem dar lugar a novas interações soluto/solvente quando da formação de uma Solução (CARMO e MARCONDES, 2008).

Segundo o entendimento de Echeverria (1993), ensinar o conceito de Soluções no Ensino Médio, vinculado à noção microscópica do processo de dissolução, não tem se mostrado uma prática pedagógica muito efetiva e o que se percebe é a valorização dos aspectos quantitativos em detrimento dos aspectos qualitativos.

Dificuldades na construção de noções mais complexas em relação a esse tema poderiam estar ligadas: aos conceitos prévios não articulados pelo aluno, à ausência de uma visão microscópica por parte do professor e ao emprego de um material didático que valorize aspectos quantitativos. Assim, o que se percebe é o abandono de práticas pedagógicas que conjecturem tais finalidades (CARMO e MARCONDES, 2008).

Em uma pesquisa sobre abordagens de Soluções em sala de aula a partir das ideias dos alunos, Carmo e Marcondes (2008) detectaram que os estudantes fornecem explicações macroscópicas aos conceitos relacionados às Soluções, influenciados pelos aspectos observáveis e pelas experiências que vivenciam em seu cotidiano. Desse modo, situações do dia-a-dia devem ser exploradas com objetivo de oportunizar aos estudantes transitarem de níveis menos complexos a mais complexos de suas estruturas de pensamento.

Os pesquisadores concluíram que as atividades desenvolvidas apoiadas no concreto foram importantes para que as ideias dos alunos evoluíssem, uma vez que, no concreto, é que ele inicia a ancoragem e diferenciação das informações às quais é submetido, podendo reorganizar seu pensamento. A ideia da homogeneidade da solução foi uma característica relevante e explorada, auxiliando o aluno a refletir e buscar explicações mais razoáveis que a justificasse. Esse processo de ensino-aprendizagem parece ter dado subsídios para que o aluno fosse além dos fatos perceptíveis, contribuindo para a construção de uma visão microscópica do processo de dissolução.

3.2.2 Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)

O Currículo Referência de Minas Gerais (2021) destaca que o componente curricular Química tem um papel fundamental na formação integral do estudante, pois está presente em seu cotidiano: sentir os aromas dos perfumes e os sabores das refeições que prepara, por meio das interações de substâncias químicas com as terminações nervosas dos órgãos do sentido; os vários materiais que utiliza em sua locomoção (gasolina, diesel ou álcool), xampu e pasta de dente na higiene pessoal, tecidos sintéticos produzidos por indústrias químicas, as eficientes baterias e

circuitos eletrônicos dos smartphones, tudo isso é fruto de pesquisas realizadas por vários profissionais, entre eles, os químicos.

São maneiras de se explorar essas temáticas as propostas de Sequências Didáticas (SD) e as propostas do tipo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Ambas apresentam um potencial expressivo no processo de ensino e aprendizagem, pois partem de uma situação problemática relevante para os estudantes, propiciam um olhar investigativo dos conceitos científicos e permitem a compreensão dos fenômenos, a partir do diálogo entre teoria e prática. Além disso, promovem o desenvolvimento de competências esperadas para os jovens do século XXI: o domínio dos conhecimentos cognitivo, intrapessoal e interpessoal. Ressalta-se, ainda, a importância da interseção entre esses domínios e o embasamento dos conceitos científicos, de forma que proporcionem aos estudantes o aprofundamento no campo da investigação e a capacidade de questionar problemas de ordem social, ambiental, econômica, da saúde, da educação, da política, entre outros (MINAS GERAIS, 2021).

A expressão Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), originalmente sem a palavra Ambiente, logo (CTS), surgiu por volta das décadas de 1960/1970 como uma forma de criticar e avaliar a ciência e a tecnologia dentro do contexto social. O que despertou este interesse sobre a ciência e a tecnologia foram questões como degradação ambiental e o desenvolvimento de ambas as áreas voltado às guerras (pesquisa e criação de bombas, armas químicas e biológicas). Os aspectos negativos e devastadores que podem vir atrelados ao desenvolvimento técnico-científico sem controle começaram a chamar mais atenção que seus benefícios. Iniciam-se, assim, discussões que buscam as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (KOEPEL, 2003).

Segundo Nascimento (2015), os objetivos mais simples e básicos de muitos programas de CTSA são: aumentar a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos; promover nos estudantes o interesse pela ciência e tecnologia; fomentar a contextualização social dos estudos científicos por meio das interações entre ciência, tecnologia e sociedade e, por fim, ajudar os estudantes a melhorar o pensamento crítico, o raciocínio lógico, a resolução criativa de problemas e a tomada de decisões.

Para Nascimento (2015), de acordo com a característica multidisciplinar da abordagem que relaciona o movimento CTSA as áreas de conhecimento acadêmico tradicional devem ser tratadas de forma integrada e contextualizada, introduzindo o aluno na reflexão sobre os fenômenos sociais e as condições da existência humana sob a ótica da ciência e tecnologia e promovendo uma análise sobre as dimensões sociais e o desenvolvimento tecnológico.

Segundo a perspectiva CTSA, o bem-estar social é uma consequência lógica da evolução científica, que por sua vez busca a verdade absoluta, sem sofrer interferência dos interesses da sociedade. Da mesma forma, a tecnologia é vista como autônoma e, visa favorecer a sociedade, não porque este era seu objetivo inicial, mas como uma consequência inerente ao seu desenvolvimento. A ciência e a tecnologia são autônomas e neutras; acredita-se ainda que a ciência busca a verdade e, a consequência natural dos avanços alcançados por ambas é o bem-estar social (KOEPEL, 2003).

3.2.3 Sequência Didática (SD)

O Currículo Referência reitera que, no ensino médio, os saberes agora estão estruturados a fim de possibilitar um diálogo entre os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), em um trabalho contextualizado e interdisciplinar, promovendo um aprofundamento das competências e habilidades desenvolvidas no Ensino Fundamental e a aquisição de novas competências específicas da área. Essa estruturação também possibilita maior participação e protagonismo do estudante, levando-o a interagir com o conhecimento, com seus pares e com os professores, na construção de saberes e na resolução de problemas cotidianos, que vão muito além da informação sobre um conceito científico explicitado em sala de aula. Deve-se incluir, também, a utilização de Atividades Investigativas e Sequência Didática (SD) elaboradas a partir de situações-problema que possibilitem a interação do estudante de maneira mais efetiva nas aulas (MINAS GERAIS, 2021)

Segundo o educador Antoni Zabala (1998) Sequências Didáticas são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de

certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

Uma Sequência Didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor. As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e são variadas em termos de estratégia: leituras, aula dialogada, simulações computacionais, experimentos, etc. Assim o tema será tratado durante um conjunto de aulas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie dos temas desenvolvidos (ARAYA *et al.*, 2017).

Cruz (2013), ressalta que para construção de uma sequência devemos estar atentos a quatro componentes centrais, que são: professor, aluno, mundo material e conhecimento científico. A partir da relação entre esses componentes algumas dimensões irão permear toda a sequência, a saber: dimensão epistemológica e a pedagógica. A dimensão epistemológica representa a construção do conhecimento científico e sua relação com o mundo material. Já a dimensão pedagógica relaciona as relações interpessoais, entre professor-aluno e aluno-aluno na gestão do conhecimento científico.

Há dois tipos de validação para uma SD: a externa ou comparativa e a interna, que se completam. A validação externa normalmente é realizada através de pré-testes e pós-testes, em que são comparados o ensino tradicional com os efeitos após aplicação da sequência. A validação interna vai avaliar os resultados obtidos em relação aos objetivos traçados no início do trabalho, utilizando também pré e pós testes e acompanhando o desempenho dos alunos no desenvolvimento de cada etapa da sequência. Dessa forma é possível observar a validação, ou o indício de validação, das Sequências Didáticas comparando os efeitos reais ocorridos com os esperados (NASCIMENTO *et al.*, 2009).

O presente trabalho de dissertação de mestrado tem entre seus objetivos a proposição de uma Sequência Didática como instrumento para a aprendizagem de soluções químicas, utilizando o tema poluição atmosférica para envolvimento dos alunos. Nos tópicos seguintes serão detalhadas as etapas de construção da SD, assim como, disponibilizado um produto educacional que é um material contendo a própria SD destinado a professores que trabalham com o ensino de Química.

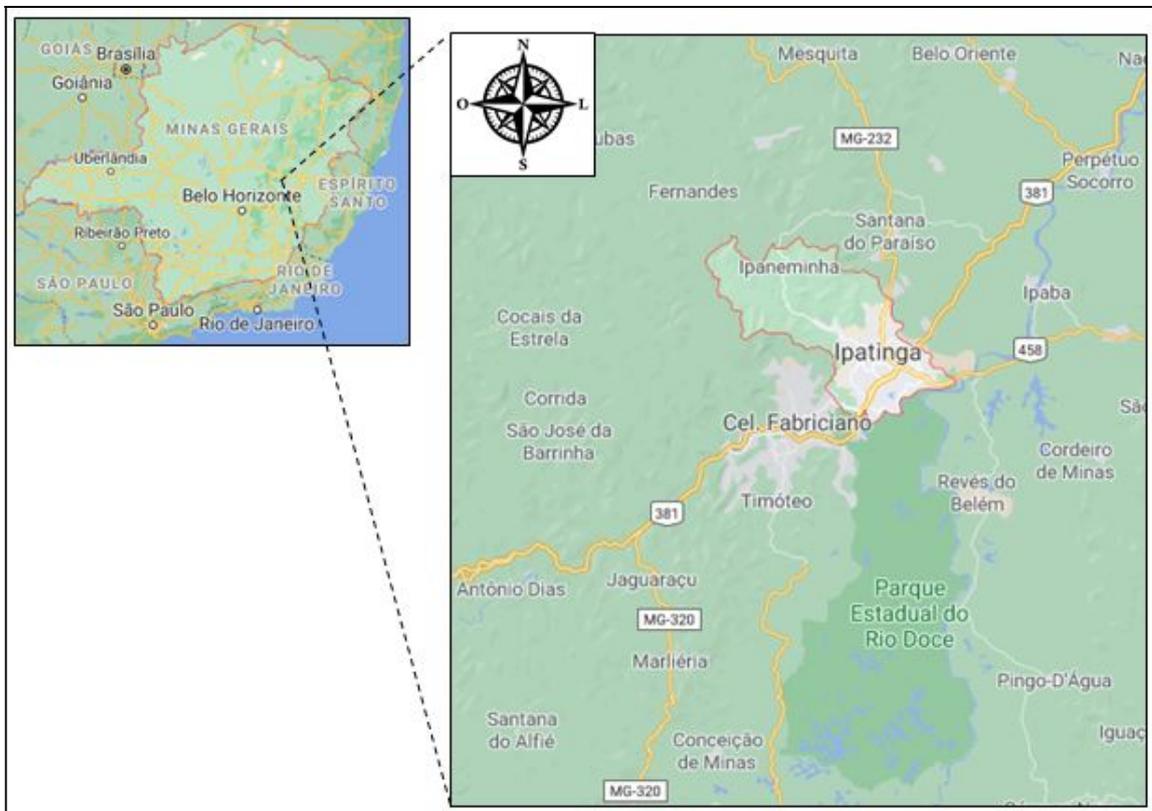
4 MATERIAIS E MÉTODOS

Procurou-se esclarecer os diferentes métodos utilizados na pesquisa para o alcance de cada um dos objetivos específicos propostos. Assim sendo, os materiais e métodos estão estruturados em: área de estudo; o tipo e as etapas da pesquisa e os procedimentos de análise de dados.

4.1 Área de estudo

Pertencente à mesorregião do Vale do Rio Doce, Ipatinga está situada na RMVA, a leste de Minas Gerais, Figura 2. A cidade é cortada pela ferrovia Estrada de Ferro Vitória a Minas e pelas rodovias MG 232 e BR's 381 e 458, que a inclui no contexto de importantes corredores do transporte de cargas e passageiros brasileiro. Sua vocação industrial exige vias que possam escoar a produção para os principais destinos do país, além dos portos usados para exportação (IPATINGA, 2019).

Figura 2 - Mapa de Ipatinga – MG e entorno.



Fonte: Google Maps (2021).

4.1.1 Aspectos geográficos gerais

4.1.1.1 Território

Em perspectiva abrangente, a área de estudo é o município de Ipatinga. Uma cidade do interior do Estado de Minas Gerais ocupando 164,88 km² de área territorial e se localizando em coordenadas geográficas de 19° 28' 45" de Latitude Sul e 42° 31' 39" Longitude Oeste (IBGE, 2021). Posiciona-se a nordeste da capital do estado, Belo Horizonte, a uma distância de cerca de 217 km (IPATINGA, 2019).

Ipatinga e os demais municípios da RMVA estão, integralmente, inseridos em área do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2021). Por conseguinte, conforme descrição de Murta (2004), a vegetação desta microrregião pertence ao domínio florestal de Mata Atlântica, sendo caracterizada pela floresta estacional semidecidual, que se desenvolve em áreas onde dominam dois períodos bem distintos, ou seja, um chuvoso e outro seco. Todavia, a vegetação outrora formada por tipos arbóreos de médio e grande porte se encontra, atualmente, descaracterizada sendo substituída por pastagens e capoeiras. Alguns vestígios desta vegetação natural são encontrados em áreas de difícil acesso, principalmente nos topos dos morros.

O clima registrado na área da RMVA está compreendido na zona tropical quente semiúmida que se submete a forte radiação solar. A precipitação máxima atinge 1000 a 1300 mm no trimestre de novembro a janeiro. O período mais seco compreende os meses de junho a agosto com uma precipitação total de até 200 mm. (MURTA, 2004).

Quanto ao relevo, a RMVA está em domínio dos Mares de Morros, sua topografia é de 55% da área plana, ondulado 30% e serras 15%, sendo que 80 % do relevo de serra se encontra no município de Coronel Fabriciano. As cotas altimétricas variam de 220 m e as drenagens que recortam o relevo são alongadas e encaixadas em forma de "V". O solo da região é caracterizado por formações rochosas de origem granítica havendo a presença de latossolos (MURTA, 2004). Por ser uma região de relevo ondulado e em processo de urbanização é possível a ocorrência do fenômeno da Ilha de Calor Urbana (ARAÚJO, 2011).

No caso específico de Ipatinga, a cidade tem a altitude média de 250 metros. O ponto culminante, na Serra dos Cocais, é de 1.163 metros, próximo a divisa com

Coronel Fabriciano, e a altitude mínima se encontra no local de desague do Rio Piracicaba sobre o Rio Doce, com 220 metros (IPATINGA, 2018).

Apesar de pertencer à bacia do Rio Doce a cidade possui outros dois cursos d'água que são importantes em sua configuração. O Ribeirão Ipanema que dá nome à sub-bacia do Ribeirão Ipanema, nasce e desagua em seu território. E o, tão importante quanto, Rio Piracicaba que é o rio que irriga parte das terras do município, o abastece com água para consumo humano e funciona como a fronteira física entre a cidade e a unidade de conservação Parque Estadual do Rio Doce (PERD)

4.1.1.2 Sociedade

O município de Ipatinga é composto por sua Sede e pelo distrito de Barra Alegre. Outrora, os povoados de Ipatinga e Barra Alegre pertenceram a quatro outros municípios: Itabira, Ferros, Antônio Dias e Coronel Fabriciano. Os primeiros habitantes da região foram os índios botocudos, assim chamados por causa dos adornos de madeira (botoque ou batoque) em forma arredondada, que usavam abaixo do lábio inferior e nos lóbulos das orelhas (MORAES, 2009).

A versão tradicional relata que o nome de Ipatinga nasceu de um arranjo formado por uma aglutinação de palavras, aproveitando os radicais Ipa (de Ipanema) e tinga (de Caratinga), de acordo com a versão do Engenheiro Pedro Nolasco. Entretanto, segundo os estudos linguísticos, a palavra Ipatinga tem legítima formação tupi e significa Pouso de Água Limpa (I + PA+ TINGA) (MORAES, 2009).

Em 12 de dezembro de 1953, Ipatinga passou a ser distrito do município de Coronel Fabriciano sendo traçada, no ano seguinte, a sua delimitação urbana e suburbana. O grande desenvolvimento da região começou na década de 50, com o início das obras de construção da Usina Siderúrgica de Minas Gerais S/A, a USIMINAS, que seria inaugurada em 26 de outubro de 1962. Com o crescimento muito rápido do distrito, seus líderes comunitários começaram a reivindicar do governo estadual a emancipação e, após muito esforço e diversas idas e vindas à capital do Estado, Ipatinga foi emancipada, exatamente a 29 de abril de 1964 (MORAES, 2009).

Atualmente, a cidade possui uma população estimada de 267.333 habitantes, área territorial de 164,88 km² e, por óbvio, uma estimativa de densidade demográfica superior à 1.621 pessoas por km². O último Censo, 2010, apontou a cidade como a décima mais populosa de Minas Gerais e a primeira da RMVA, com 99,25% de seus habitantes vivendo na área urbana e 0,75% na zona rural (IBGE, 2021).

A rede de ensino da cidade mantém 76 escolas de Ensino Fundamental e 21 de Ensino Médio, além de oferecer, também, universidade pública e faculdades particulares com diversificados cursos de ensino superior (IBGE, 2021).

Levantado estatístico de 2018, apontaram que o Produto Interno Bruto (PIB) per/capita de Ipatinga é o maior da RMVA e ultrapassa R\$ 43 mil por habitante, muito em função da diversidade econômica local, com destaque o setor industrial. Em 2019, o salário médio mensal era de 2.3 salários-mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 29.0% (IBGE, 2021).

Em 2010, a cidade apresentava 97.7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 88.5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 77.8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2021)

4.1.2 Pontos de amostragem

De modo mais específico, a área estudada está localizada em três pontos determinados do núcleo urbano do município de Ipatinga. O trabalho foi realizado com o apoio de três escolas públicas da Rede Estadual de Educação de Minas Gerais que atendem alunos que moram, em maioria, na zona urbana da cidade. Em cada escola foi instalado uma aparelhagem de coleta do material sedimentável que foi analisado ao longo deste estudo.

A principal escola do estudo está localizada no bairro Bela Vista e, outras duas, no centro da cidade de Ipatinga e no bairro Cariru, foram as escolas anexas. Importante destacar que as três escolas são circunvizinhas da maior indústria da cidade, a Usiminas, e que todas se localizam a menos de 2 km dos limites da empresa.

4.2 Tipo e etapas da pesquisa

Considerando o critério de classificação de pesquisa, proposto por Gil (2008), uma pesquisa pode ser definida, entre outros aspectos, quanto aos seus objetivos, podendo ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. Pesquisa exploratória têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de casos. Quanto à pesquisa descritiva a finalidade primordial é a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados.

Nesse sentido, o tipo de pesquisa realizada para mensurar a qualidade do ar, em termos de partículas sedimentáveis, da região urbana de Ipatinga-MG e a, posterior, proposição de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) que considere esta temática foi de caráter descritivo-exploratória e esteve em consonância com os conceitos da perspectiva da Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

Os dados da pesquisa foram coletados através de diferentes métodos e técnicas de pesquisa, a saber:

- Pesquisa bibliográfica e documental: Prefeitura Municipal de Ipatinga; Ministério Público Estadual; Fundação Estadual do Meio Ambiente; bibliotecas públicas e privadas; vídeos e relatórios de instituições e *site* da internet;
- Pesquisa de campo: determinação da taxa de poeira sedimentável total – método de ensaio; inventário descritivo de fontes poluidoras e método *Survey*.

A pesquisa compreendeu seis (6) etapas as vezes de forma isolada e, por vezes, concomitantes, a saber:

4.2.1 Etapa 1 – Pesquisa e análise bibliográfica e documental

Realizou-se pesquisa e análise bibliográfica e documental, assim como visitas técnicas à área de estudo, objetivando obter informações relativas aos aspectos físicos e humanos, grupos e instituições diretamente ligados ao fenômeno em estudo. Como nas palavras de Gil (2008), as pesquisas bibliográfica e documental

têm a vantagem de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito maior do que aquela que poderia pesquisar diretamente.

Para tanto, inicialmente foram consultados livros e artigos científicos, boletins e prospectos informativos, jornais, mapas, vídeos informativos e promocionais, normas técnicas, leis, decretos, portarias, resoluções, deliberações normativas, relatórios técnicos de instituições públicas e privadas. As informações fatuais identificadas nestes documentos fundamentaram e consolidaram os dados obtidos nos demais métodos utilizados nesta pesquisa.

4.2.2 Etapa 2 – Determinação da taxa de poeira sedimentável total – Método de ensaio (Método do Jarro)

Nesta etapa da pesquisa, conforme metodologia descrita na Norma Brasileira NBR 12065, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1991), realizou-se a determinação da taxa de poeira sedimentável total em três pontos determinados da região urbana da cidade de Ipatinga-MG.

4.2.2.1 Definição e descrição dos pontos de coletas das amostras

Definiu-se três pontos de coletas de amostras, sendo um ponto para cada um de três bairros distintos da zona urbana do município de Ipatinga-MG: o primeiro ponto em uma escola pública no bairro Bela Vista, identificado como ponto 1 (P1); o segundo ponto em uma escola pública no centro da cidade, identificado como ponto 2 (P2) e, por fim, o terceiro ponto em uma escola pública no bairro Cariru, identificado como ponto 3 (P3), Quadro 4.

Os critérios que determinaram a escolha destes pontos de coletas foram: a escola do bairro Bela Vista ser o principal local de execução deste trabalho; os três pontos se localizarem na zona urbana e serem circunvizinhos Usiminas e, por fim, o fato destes locais fazerem parte de um conjunto de seis regiões que formam a área de abrangência da Rede de Monitoramento do Material Particulado, em Ipatinga-MG, mantida e financiada pela Usiminas e acompanhada pelo Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) (USIMINAS, 2020).

Quadro 4 - Breve descrição dos pontos de coletas das amostras P1, P2 e P3.

Ponto	Descrição	Coordenadas geográficas	Aparelhagem
P1	A estrutura de coleta foi montada com um auxílio de um cavalete de metal, instalada na laje da fachada da escola, no bairro Bela Vista. A altura da estrutura foi de cerca de 6 metros em relação ao nível do solo.	Lat. 19° 30' 26,1"S Long. 42° 32' 37,9"O Altitude 291 m	
P2	A estrutura de coleta foi montada com um auxílio de um mastro de metal, instalada na entrada da garagem da escola com acesso à avenida João Valentin Pascoal, no Centro. A altura da estrutura foi de cerca de 7 metros em relação ao nível do solo.	Lat. 19° 28' 44,6"S e Long. 42° 31' 33,9"O Altitude 238 m	
P3	A estrutura de coleta foi montada com um auxílio de um tubo metálico que funcionava como suporte de antena de TV. Foi instalada no telhado das salas de aulas da escola, no bairro Cariru. A altura da estrutura foi de cerca de 7 metros em relação ao nível do solo.	Lat. 19° 29' 27,7"S e Long. 42° 31' 36,8"O Altitude 240 m	

Fonte: Autoria própria (2021).

O Quadro 4 apresenta uma breve descrição dos locais que foram previamente determinados para a pesquisa. As aparelhagens para as coletas foram instaladas em terrenos do estado, logo, houve visitas antecipadas para pedidos de permissão do uso dos locais, esclarecimentos e orientações às pessoas sobre a importância do monitoramento para a comunidades das imediações.

4.2.2.2 Construção e fixação dos aparelhos de coletas das amostras

Pela natureza do material estudado, partícula sedimentável (poeira sedimentável), as amostras devem ser coletadas em campo aberto e, no caso desta pesquisa, para construção e fixação dos aparelhos de coletas das amostras considerou-se as orientações descritas na NBR 12065/91.

Figura 3 - Frasco de plástico para coleta.



Fonte: Autoria própria (2021).

Plástico foi o material escolhido para compor os frascos coletores e, visando economia e praticidade, diversos recipientes foram testados para encontrar aquele que melhor atendia às exigências da obtenção das amostras. Assim sendo, pela perfeita medida da área da boca do frasco e pela resistência à deformação, optou-se por usar garrafas de refrigerantes pet de dois litros retornável como frascos coletores, Figura 3, com 100 mm de diâmetro da boca e 200 mm de altura.

Em conformidade com NBR 12065/91, para compor a estrutura de proteção do frasco coletor usou-se recortes de tábuas de madeira pinus e para compor as estruturas do aro de pouso (poleiro de pássaros) e de fixação de todo o conjunto da aparelhagem usou-se metal, Figura 4. Para mitigar às agressões do tempo, a estrutura de madeira foi pintada com tinta óleo cor branca e a estrutura de metal com tinta óleo cor preta. Os custos das peças de madeira e da estrutura metálica ficaram R\$ 30,00 e R\$ 120,00, respectivamente.

Figura 4 - Estrutura de proteção e fixação dos coletores construídos com madeira e metal



Fonte: Autoria própria (2021).

4.2.2.3 Execução dos ensaios

O período de coletas, análises e obtenção dos resultados foi de julho de 2020 a junho de 2021 perfazendo, desta maneira, o ciclo de um ano completo. Isto permitiu uma análise segura do comportamento da variável taxa de sedimentação em relação à outras variáveis, em especial, climáticas.

A dinâmica de funcionamento do método NBR 12065/91 consistiu na instalação de um frasco coletor de poeira sedimentável em cada um dos pontos de coleta dentro das regiões escolhidas para estudo e deixá-lo exposto por um período de 30 ± 2 dias. Vale ressaltar que antes de expor o coletor ao tempo foi preciso colocar em seu interior de uma solução algicida (0,5 mL de solução de sulfato à 20% m/v e água destilada até o volume de 250 mL) que deve ser suficiente para impedir o crescimento de algas. Este cuidado preliminar foi realizado em todos os coletores expostos e, também, em um coletor não exposto que foi, adequadamente, vedado e acondicionado em local seguro para servir como prova em branco.

Após cada período de coleta, os frascos coletores, incluindo o não exposto, eram encaminhados ao laboratório da escola pública do bairro Bela Vista para análise. Em descrição resumida, a amostra úmida de cada um dos coletores foi transferida para um béquer de vidro correspondente e, logo em seguida, submetida à evaporação forçada para obtenção da amostra seca (poeira) atendendo ao princípio da gravimetria através da vaporização da fase líquida da solução de amostragem.

Os cálculos para apurar a massa de poeira sedimentada foram realizados seguindo a fórmula a seguir:

$$m = (m_2 - m_1) - (m'_2 - m'_1)$$

em que:

m = massa de poeira coletada, em g

m_1 = massa inicial do béquer (sem amostra), em g

m_2 = massa final do béquer (com amostra), em g

m'_1 = massa inicial do béquer da prova em branco, em g

m'_2 = massa final do béquer da prova em branco, em g

Por fim, foi determinado a taxa de poeira sedimentável total a partir de cálculos realizados por meio fórmula a seguir:

$$Q = \frac{3 m 10^5}{t A}$$

em que:

Q = taxa de poeira sedimentável total em toneladas por quilometro quadrado em 30dias, $(t/km^2 \cdot 30dias)$

m = massa de poeira coletada, em g

t = período de exposição, em dias

A = área interna da boca do frasco, em cm^2

4.2.3 Etapa 3 – Elaboração do inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos

Por meio de pesquisa documental realizado junto à Prefeitura Municipal de Ipatinga foi possível elencar todos os empreendimentos comerciais e industriais, legalmente constituídos, localizados nas proximidades dos locais onde foram definidos os pontos de coletas de poeira sedimentável.

De cada um dos empreendimentos identificados foi solicitado que fosse informado, apenas, a razão social ou o nome fantasia, o ramo de atuação e em qual das regiões definidas estava estabelecido.

De posse da listagem fez-se necessário incursão à campo para confirmar a possível presença de outros estabelecimentos não elencados e, também, para verificar a presença de algum estabelecimento clandestino, porém com estrutura para ser uma fonte fixa de emissão de poluentes atmosféricos.

4.2.4 Etapa 4 – Estudo estatístico dos dados da rede de monitoramento automático de Ipatinga

O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração de um grupo de poluentes universalmente consagrados como indicadores, selecionados devido à sua maior frequência de ocorrência na atmosfera

e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. São eles: partículas totais em suspensão (PTS), material particulado (PM10), material particulado (PM2,5), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃) (FEAM, 2021).

Para cada uma dessas substâncias, foram definidos padrões de qualidade do ar, ou seja, limites máximos de concentração que, quando ultrapassados, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente em geral. No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram fixados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da Resolução Conama 491/2018 que revogou a Resolução Conama 03/1990, sendo também adotados em Minas Gerais (FEAM, 2021).

No site da Fundação do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) constam os dados quantitativos diários do grupo de poluentes supracitado em séries históricas que iniciaram em 2015 e vão até 2019. A cidade de Ipatinga possui quatro estações de monitoramento: Bom Retiro; Cariru; Veneza e Cidade Nobre e cada uma dessas estações possui, separadamente, sua própria série histórica de dados registrada.

Assim sendo, por meio de pesquisa documental, esses dados foram extraídos e, logo em seguida, dado um tratamento estatístico de modo que se permitisse a interpretação da relação entre a evolução dos poluentes atmosféricos e fatores meteorológicos.

4.2.5 Etapa 5 – Percepção dos alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Ipatinga, acerca da qualidade do ar do município.

Os dados da percepção dos alunos acerca da qualidade do ar, além de outros aspectos de seu convívio em Ipatinga-MG, foram obtidos pelo método *Survey*, mediante a aplicação de questionário estruturado on-line junto aos alunos do 2º ano do Ensino Médio da uma escola pública que apoiou e autorizou, formalmente, a pesquisa (APÊNDICE B).

Para Baptista e Campos (2007), o método *Survey* é o que melhor representa hoje as características da pesquisa quantitativa. Corresponde a uma abordagem do fenômeno investigado, envolvendo a realização de uma pesquisa de campo, na qual a coleta de dados é feita por meio de aplicação de questionário ou formulário junto à população alvo da pesquisa.

O questionário envolveu questões sobre as características pessoais e familiares; aspectos subjetivos da qualidade de vida em relação à cidade e à escola; pretensões futuras relativas à ensino e trabalho; questões relacionadas ao seu conhecimento sobre questões ambientais; entre outras (APÊNDICE E).

Considerando o número de quatro (4) turmas e cento e cinquenta e um (151) alunos, regularmente, matriculados no 2º ano de Ensino Médio da escola (SIMAVE, 2020), a amostragem representou, aproximadamente, 76,82% do total de estudantes, uma vez que foram entregues questionários a todos os 151 alunos matriculados, porém, 116 participantes os devolveram respondidos.

Neste sentido, o tamanho da amostra foi calculado tendo como principal parâmetro um nível de percentual amostrado, equivalente a um nível de significância de 95% e um erro amostral de 5% (BARBETTA *et al.*, 2004).

Como parte da pesquisa ocorreu em tempos pandêmicos (Covid-19), logo em período de suspensão de aulas escolares presenciais, essa ação do projeto foi realizada em regime de trabalho remoto. Assim, a abordagem junto aos participantes da pesquisa e seus responsáveis seguiu um determinado conjunto de procedimentos, a saber:

- Por meio dos recursos disponíveis na web (email, aplicativos e redes sociais), aos alunos e aos seus responsáveis foram dados todos os esclarecimentos acerca da pesquisa.
- Para ciência e concordância na participação da pesquisa, aos participantes e seus responsáveis foram entregues os documentos Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE C) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (APÊNDICE D).
- Por meio do aplicativo Google Formulários aplicou-se um questionário on-line aos participantes da pesquisa.
- Além dos itens contidos no TALE e no TCLE, o questionário on-line conteve os seguintes elementos: a informação de que o participante, ao clicar no botão para prosseguir, concorda com a participação; o participante será informado que deverá guardar o TALE e o TCLE, imprimindo, printando ou da forma como preferir; e caso queira ter acesso ao texto, poderá entrar em contato com os(as) pesquisadores(as) a qualquer momento pelo e-mail informado para contato.

4.2.6 Etapa 6 – Análise de dados e proposta de Sequência Didática (SD) sobre Soluções

Na etapa final os dados coletados sobre o material particulado, a identificação das principais fontes de emissão de poluentes, os dados a rede de monitoramento contínuo da qualidade do ar de Ipatinga e a percepção dos alunos do 2º ano do Ensino Médio foram analisados, objetivando a proposição de uma sequência didática.

Uma sequência didática é um conjunto sequencial de atividades planejadas por um professor para intencionalmente atingir objetivos educacionais, guiar sua prática profissional, construindo assim um caminho claro e organizado de suas ações pedagógicas (GALBIATTI e CAMARGO, 2016)

Neste sentido, foi elaborada uma SD que discutirá questões relacionadas à poluição ambiental com o foco na alfabetização científica, tendo um viés interdisciplinar que aborda temáticas relacionadas à Química Ambiental, em um diálogo direto com o conteúdo de Soluções.

4.3 Procedimentos de análise dos dados

Os dados quantitativos foram analisados por meio do uso de métodos estatísticos descritivos (soma, média, porcentagem) complementados com análises tabulares, em função do caráter descritivo e exploratório da pesquisa. Para tanto, foi empregado o *software* Microsoft Excel com suas planilhas eletrônicas e demais recursos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram discutidos considerando a taxa de poeira sedimentável determinada, o inventário de fontes poluidoras, o estudo estatístico sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar, a percepção de alunos de uma escola pública sobre vários aspectos da vida cotidiana e a proposição de uma sequência didática elaborada para auxiliar o ensino de química.

5.1 Determinação da taxa de poeira sedimentável total

A determinação da taxa de poeira sedimentável total em três pontos determinados da região urbana da cidade de Ipatinga seguindo, rigorosamente, os procedimentos metodológicos propostos na Norma Brasileira NBR 12065 de 1991.

Dois erros procedimentais e eventos externos foram determinantes para o desenvolvimento dos ensaios do início ao final. Essa etapa da pesquisa estava prevista para iniciar no primeiro dia de fevereiro de 2020, porém, a eclosão da pandemia Covid-19, a greve dos profissionais da educação da rede estadual de Minas Gerais e as falhas de execução prejudicaram os ensaios que tiveram que reiniciar no dia vinte e um de julho de 2020.

Um segundo erro procedimental provocou a segunda alteração no cronograma das atividades. Um acidente resultou em nova perda de amostras e uma lacuna de dez dias se abriu entre o segundo e terceiro intervalo de ensaios. Entretanto, esses erros provocaram apenas atrasos, mas sem prejuízos para coletas e análises de amostras e, assim, a finalização desta etapa ocorreu conforme as orientações da metodologia empregada.

5.1.1 Área da circunferência de influência local

O objetivo do método de Determinação da taxa de poeira sedimentável total (Método de Ensaio ou Método do Jarro), descrito na NBR 12065/91, é determinar a quantidade de poeira sedimentável total na atmosfera, precipitada em uma área de 1 km², durante um período de 30 dias. A Figura 5 ilustra as áreas da circunferência de influência de cada dos três pontos de coleta escolhidos nesta pesquisa.

Figura 5 - Área da circunferência de influência local dos pontos de coleta.



Fonte: Google Earth Pro (2021).

É possível observar que, dentro da circunferência de influência do ponto 1, se encontra quase a totalidade do bairro Bela Vista, um pequeno trecho do curso do Rio Piracicaba e um fragmento de floresta do Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Não há interseção com a área que delimita a Usiminas, porém este detalhe não implica que a área não é afetada pelas atividades da siderúrgica.

Em relação a área da circunferência de influência do ponto 2, podemos observar a presença um fragmento pequeno da Estrada de Ferro Vitória a Minas, uma porção significativa de área da Usiminas e uma grande parte do centro da cidade de Ipatinga, incluindo a praça dos três poderes: legislativo, judiciário e executivo.

Por fim, a área da circunferência de influência do ponto 3 abrange mais da metade do bairro Cariru, um pequeno trecho do curso do Rio Piracicaba, um fragmento de floresta do PERD e uma pequena porção de área da Usiminas.

5.1.2 Taxa de Poeira Sedimentável Total

Doze (12) períodos de ensaios completos (30 ± 2 dias) compõem esta etapa da pesquisa que teve início em 21 de julho de 2020 e fim em 26 de julho de 2021. E os resultados podem ser visualizados na Tabela 1, que serviu de base para construção dos gráficos, Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11, que mostram, respectivamente, os valores da taxa de poeira sedimentável, a média das taxas de poeira sedimentável e as variáveis climáticas: precipitação pluviométrica, temperatura ambiente, pressão atmosférica e velocidade dos ventos.

Os dados das variáveis climáticas foram extraídos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que disponibiliza informações apuradas pelas inúmeras estações meteorológicas distribuídas pelo país, incluindo a Estação Meteorológica A511 de Timóteo-MG que cobre a RMVA, fonte de informações para esta pesquisa (INMET, 2021).

A pesquisa considerou os padrões de qualidade do ar, em termos de poeira sedimentável, estabelecidos na Deliberação Normativa nº 01, de 26 de maio de 1981, do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), que define para áreas industriais ($10\text{g}/\text{m}^2/\text{mês}$) e para as demais áreas, inclusive residenciais e comerciais ($5\text{g}/\text{m}^2/\text{mês}$). O método científico de referência é o Método do Jarro de Deposição de Poeira (MINAS GERAIS, 1981).

Tabela 1 - Taxa de poeira sedimentável.

TAXA DE POEIRA SEDIMENTÁVEL													
Ensaio	Data		Dias	Precipitação total (mm)	Velocidade do vento média (m/s)	Pressão média (mB)	Temperatura média (°C)	Massa (g)			Taxa de poeira sedimentável g/m ² .30dias		
	Início	Final						Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1	21/07/20	19/08/20	30	17,00	0,83	964,91	19,84	0,2086	0,1823	0,2005	26,5732	23,2229	25,5414
2	20/08/20	18/09/20	30	14,60	1,10	962,84	21,45	0,1125	0,0982	0,1092	14,3312	12,5095	13,9108
3	29/09/20	28/10/20	30	192,20	0,88	958,88	23,49	0,0810	0,0950	0,0436	10,3185	12,1019	5,5541
4	29/10/20	25/11/20	28	177,20	0,94	957,80	22,79	0,1097	0,0500	0,0199	14,9727	6,8243	2,7161
5	26/11/20	27/12/20	32	280,80	0,87	958,20	23,63	0,0998	0,0660	0,0385	11,9187	7,8821	4,5979
6	28/12/20	26/01/21	30	74,80	0,85	958,40	24,26	0,0899	0,0537	0,0301	11,4522	6,8407	3,8344
7	27/01/21	25/02/21	30	312,40	0,97	957,22	23,72	0,0590	0,0095	0,0131	7,5159	1,2101	1,6687
8	26/02/21	28/03/21	31	78,20	0,83	958,67	23,52	0,0701	0,0602	0,0302	8,6418	7,4214	3,7230
9	29/03/21	27/04/21	30	48,80	0,66	958,97	22,15	0,0603	0,1097	0,0501	7,6815	13,9752	6,3821
10	28/04/21	27/05/21	30	1,40	0,67	961,57	20,93	0,0511	0,0914	0,0512	6,5095	11,6433	6,5222
11	28/05/21	27/06/21	31	16,80	0,69	962,49	19,75	0,0603	0,1104	0,0504	7,4337	13,6100	6,2133
12	28/07/21	26/07/21	29	1,40	0,74	964,88	18,58	0,0595	0,1697	0,0506	7,8409	22,3632	6,6681

Fonte: INMET (2021).

Figura 6 - Taxa de poeira sedimentável.

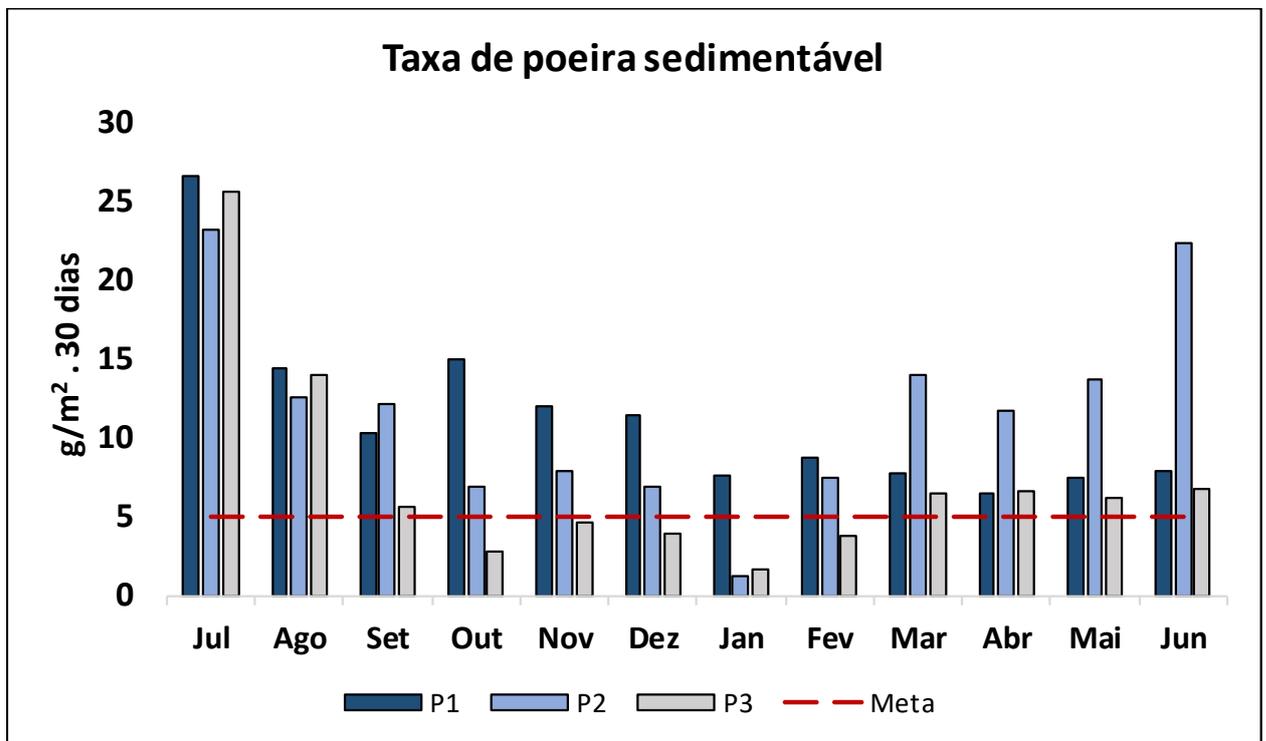


Figura 7 - Média da taxa de poeira sedimentável.

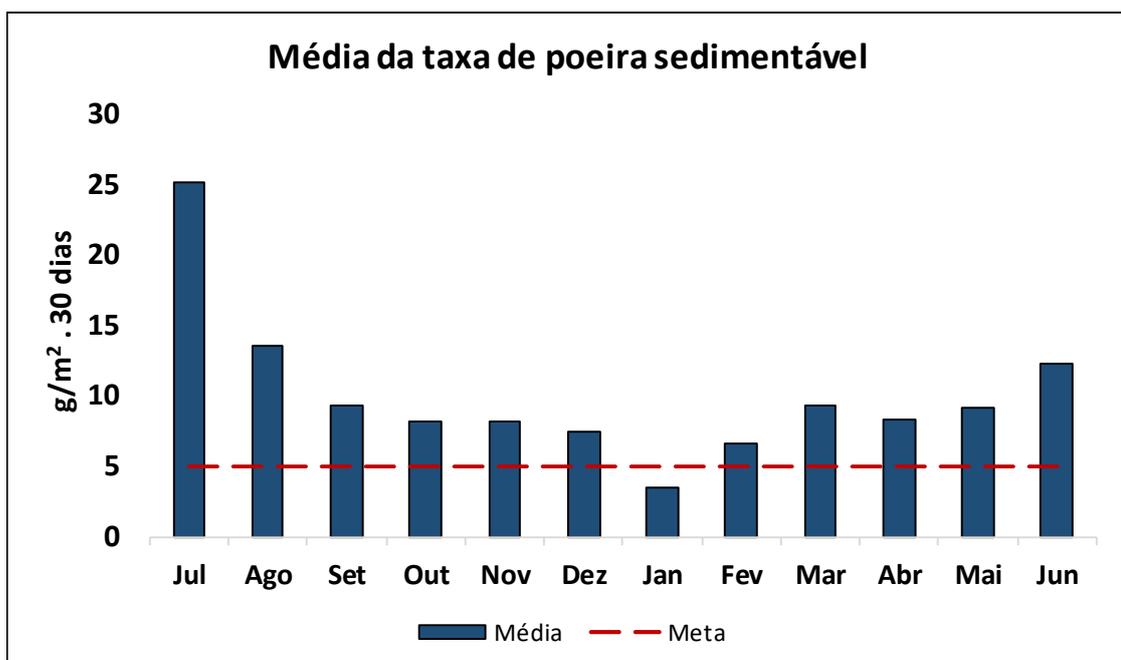
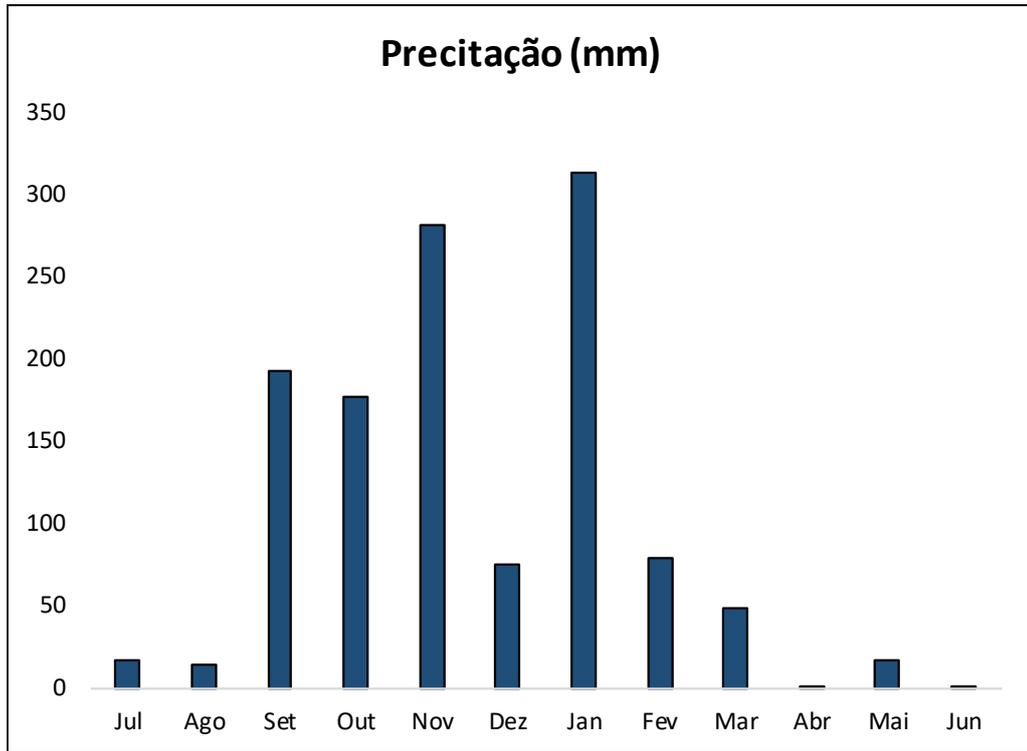
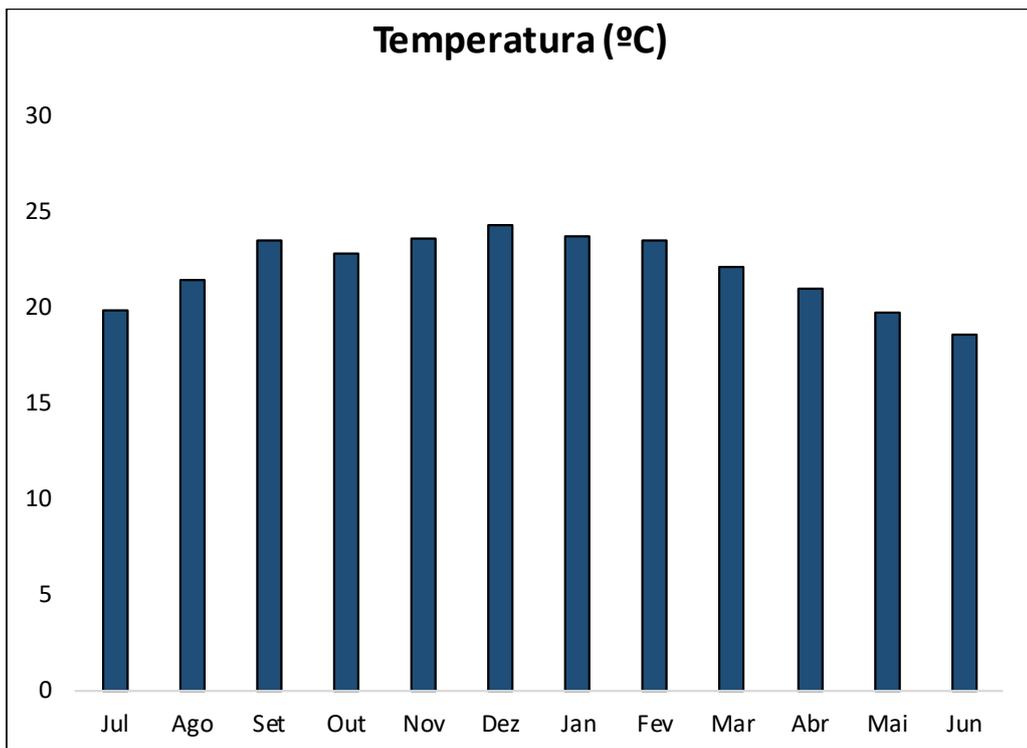


Figura 8 - Precipitação pluviométrica ocorrida no período dos ensaios.



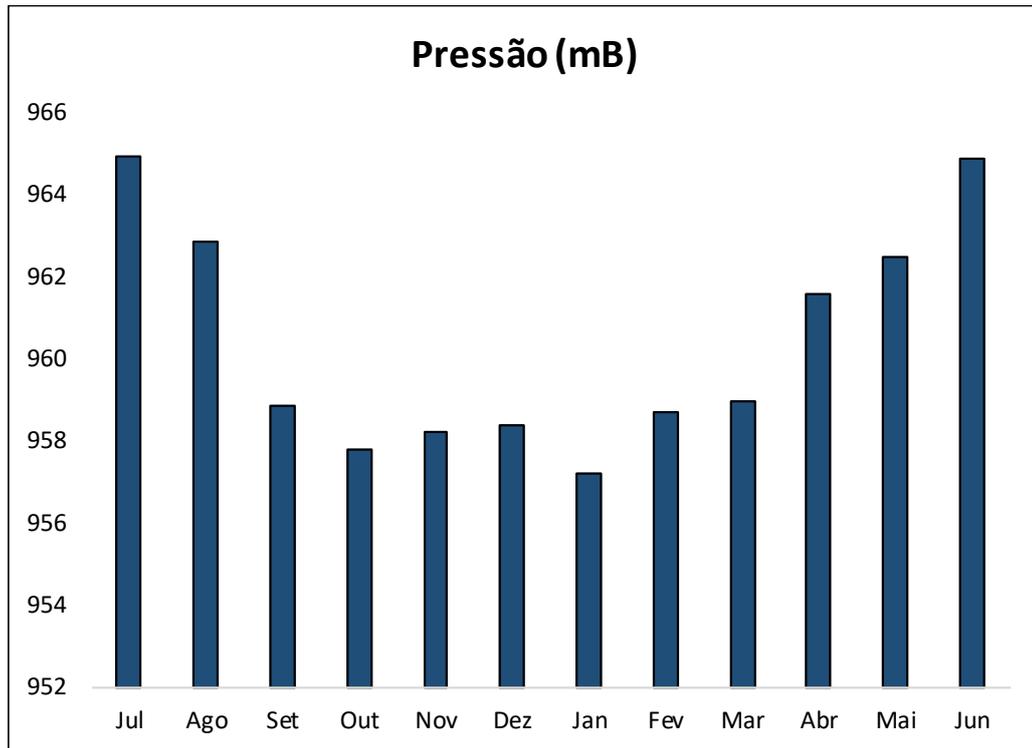
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 9 - Temperatura no período dos ensaios.



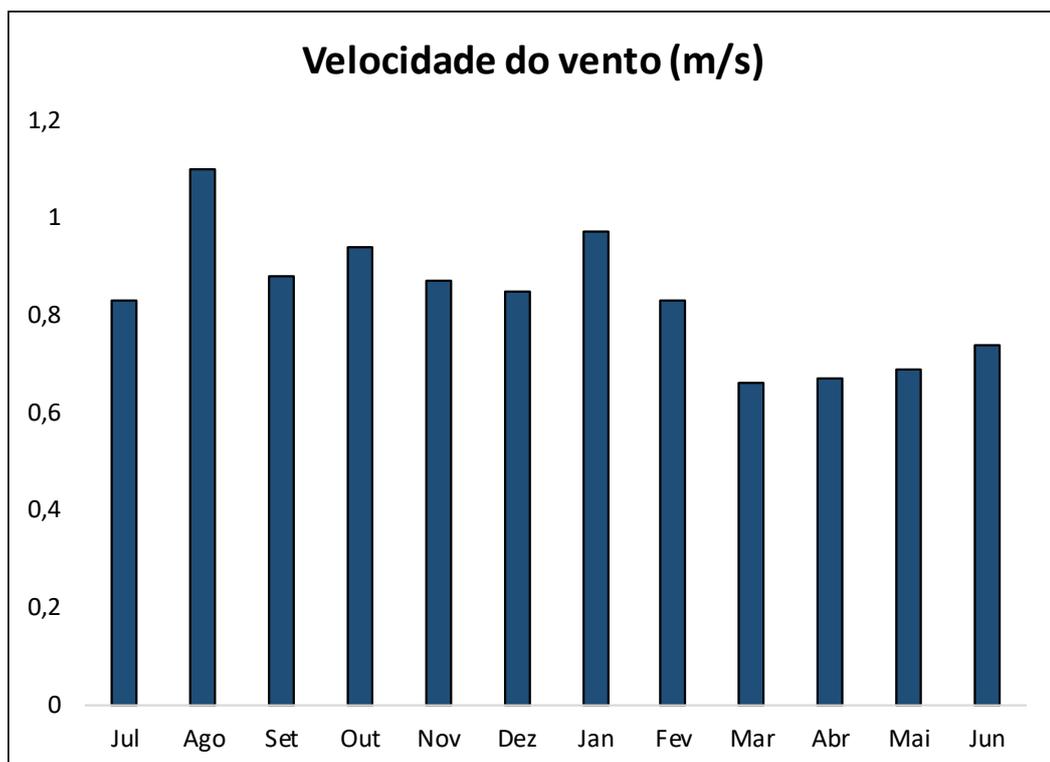
Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 10 - Pressão no período dos ensaios.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 11 - Velocidade do vento no período dos ensaios.



Fonte: Autoria própria (2021).

Os dados evidenciam que as maiores taxas de sedimentação ocorrem no meio do ano com tendência de baixa para o final do ano. Embora não haja uma correspondência diretamente proporcional, é possível concluir que em período de maior precipitação pluviométrica as taxas de sedimentação tendem a diminuir.

As chuvas afetam a concentração de poluentes por diluição e por ajudarem na precipitação de partículas (VIEIRA, 2009). Segundo Resende (2007) é por meio da ação das chuvas que o material particulado é depositado no solo. Os gases poluentes solúveis, como o dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio, também são levados para o solo, onde são neutralizados.

Os resultados dos ensaios realizados no ponto 01 indicaram que em todos os períodos as taxas ficaram acima do padrão estabelecido para residenciais e comerciais, com destaques para os períodos julho/agosto de 2020 que alcançou o maior alto valor da série com 26,5732 g/m²/30 dias e abril/maio de 2021 que registrou o menor valor com 6,5095 g/m²/30 dias.

No ponto 02 centro da cidade, os resultados também evidenciaram altos índices de particulados no ar, pois somente no sétimo período da série, janeiro/fevereiro de 2021, que o padrão estabelecido em lei foi respeitado, com a marca de 1,2101 g/m²/30dias. O maior alto valor da série foi alcançado no período julho/agosto de 2020 com 23,2229 g/m²/30 dias.

Os dados permitem concluir que a região do bairro Cariru é a área menos afetada pela poluição, em termos de poeira sedimentável. Pois, os experimentos no ponto 03 mostraram que cinco dos 12 períodos ficaram com taxas abaixo do padrão estabelecido na legislação vigente, sendo o maior valor aferido 25,5414 g/m²/30 dias no período julho/agosto de 2020 e o menor 1,6687 g/m²/30dias no período janeiro/fevereiro de 2021.

5.2 Inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos

As fontes de emissão de poluentes podem ser naturais, como os vulcões, ou antrópicas, as produzidas pelo homem. As principais fontes antrópicas de poluentes atmosféricos são denominadas fontes fixas, a exemplo das indústrias, ou fontes móveis, a exemplo dos veículos a gasolina/diesel/álcool/gás natural, podendo ser decorrentes da combustão externa, caso de caldeiras e fornos, ou combustão interna, o caso de automóveis (FEAM, 2021).

A norma vigente que estabelece Limites Máximos de Emissão (LME) para poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais é a Deliberação Normativa COPAM nº 187/2013. Em seu artigo 2º, inciso III, define que fonte fixa de emissão de poluentes atmosféricos são quaisquer instalações, equipamentos ou processos situados em local fixo, que libere para a atmosfera substâncias no estado sólido, líquido ou gasoso (MINAS GERAIS, 2013).

Neste sentido, os Quadros 5, 6 e 7 identificam e quantificam, em função da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2021), os empreendimentos industriais e comerciais instalados no bairro Bela Vista, no Centro de Ipatinga e no bairro Cariru, que possuem fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos.

Quadro 5 - Atividade econômica estabelecida no bairro Bela Vista.

Anexos COPAM 187/2013	Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)	Quant.	Fontes de poluentes presumidas
	Fabricação de produtos de panificação industrial	2	Sub produtos do preparo de alimentos e uso de forno
XVII	Serviços de usinagem, tornearia e solda	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos e lubrificação
	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	3	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação

Fonte: IBGE (2021). Receita Federal (2021).

Quadro 6 - Atividade econômica estabelecida no Centro de Ipatinga.

Anexos COPAM 187/2013	Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)	Quant.	Fontes de poluentes presumidas
XII	Produção de laminados planos de aço ao carbono, revestidos ou não	1	Pátios de minério e carvão e áreas de fabricação do aço
XVI	Fabricação de produtos cerâmicos não refratários	1	Poeira de cerâmica e uso de fornos

Continua

	Fabricação de estruturas metálicas	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos e pinturas
	Produção de forjados de aço	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos e pinturas
	Fabricação de artigos de serralheria, exceto esquadrias	2	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos e pinturas
	Fabricação de outros produtos de metal não especificados anteriormente	2	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos e pinturas
	Fabricação de móveis com predominância de madeira	2	Pó de serra e pintura
XVII	Fabricação de letras, letreiros e placas de qualquer material, exceto luminosos	9	Corte, soldagem, pintura e resinas
	Manutenção e reparação de tanques, reservatórios metálicos e caldeiras, exceto para veículos	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação
	Manutenção e reparação de máquinas e aparelhos de refrigeração e ventilação para uso industrial e comercial	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação
	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos para uso na extração mineral, exceto na extração de petróleo	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação
	Instalação de máquinas e equipamentos industriais	1	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação
	Obras de montagem industrial	3	Corte, soldagem, desgaste de equipamentos, pinturas e lubrificação

Fonte: IBGE (2021). Receita Federal (2021).

Quadro 7 - Atividade econômica estabelecida no bairro Cariru.

Anexos COPAM 187/2013	Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)	Quant.	Fontes de poluentes presumidas
	Fabricação de produtos de panificação industrial	2	Sub produto do preparo de alimentos e uso de forno
XVII	Fabricação de casas pré-moldadas de concreto	1	Poeira de materiais de construção civil
	Aparelhamento de placas e execução de trabalhos em mármore, granito, ardósia e outras pedras	2	Poeira de pedra

Fonte: IBGE (2021). Receita Federal (2021).

O município de Ipatinga possui milhares empresas, industriais e comerciais, com CNPJ ativo. Portanto, definidas sob os critérios da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), um instrumento de padronização nacional dos códigos de atividade econômica e dos critérios de enquadramento utilizados pelos diversos órgãos da Administração Tributária do país (IBGE, 2021).

Destas empresas, muitas estão estabelecidas no bairro Bela Vista, no bairro Cariru e no centro da cidade. Os Quadros 5, 6 e 7 foram construídos a partir da análise deste conjunto de empresas, do qual foram identificados os empreendimentos que possuem atividade econômica capaz de gerar fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos.

Tão relevantes e perigosas quanto as fontes fixas de emissões de poluentes atmosféricos, existem as fontes moveis exemplificadas pelos veículos de transporte de passageiros e cargas, sejam aéreos, aquáticos, ferroviários ou rodoviários, as quais provocam interesse e preocupação dos órgãos de fiscalização ambiental.

Em relação ao transporte terrestre, a frota de veículos nos quatro municípios da Região Metropolitana do Vale do Aço (RMVA) é de 10.794, 45.775, 49.975 e

156.405 veículos para Santana do Paraíso, Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga, respectivamente. São veículos identificados como automóveis de passeio, utilitários, caminhões, caminhões tratores, caminhonetes, caminhonetes, ciclomotor, micro-ônibus, motocicletas, motonetas, ônibus, triciclos, quadriciclos, trator de esteira e trator de rodas (DENATRAN, 2021).

5.3 Estudo estatístico sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar de Ipatinga-MG.

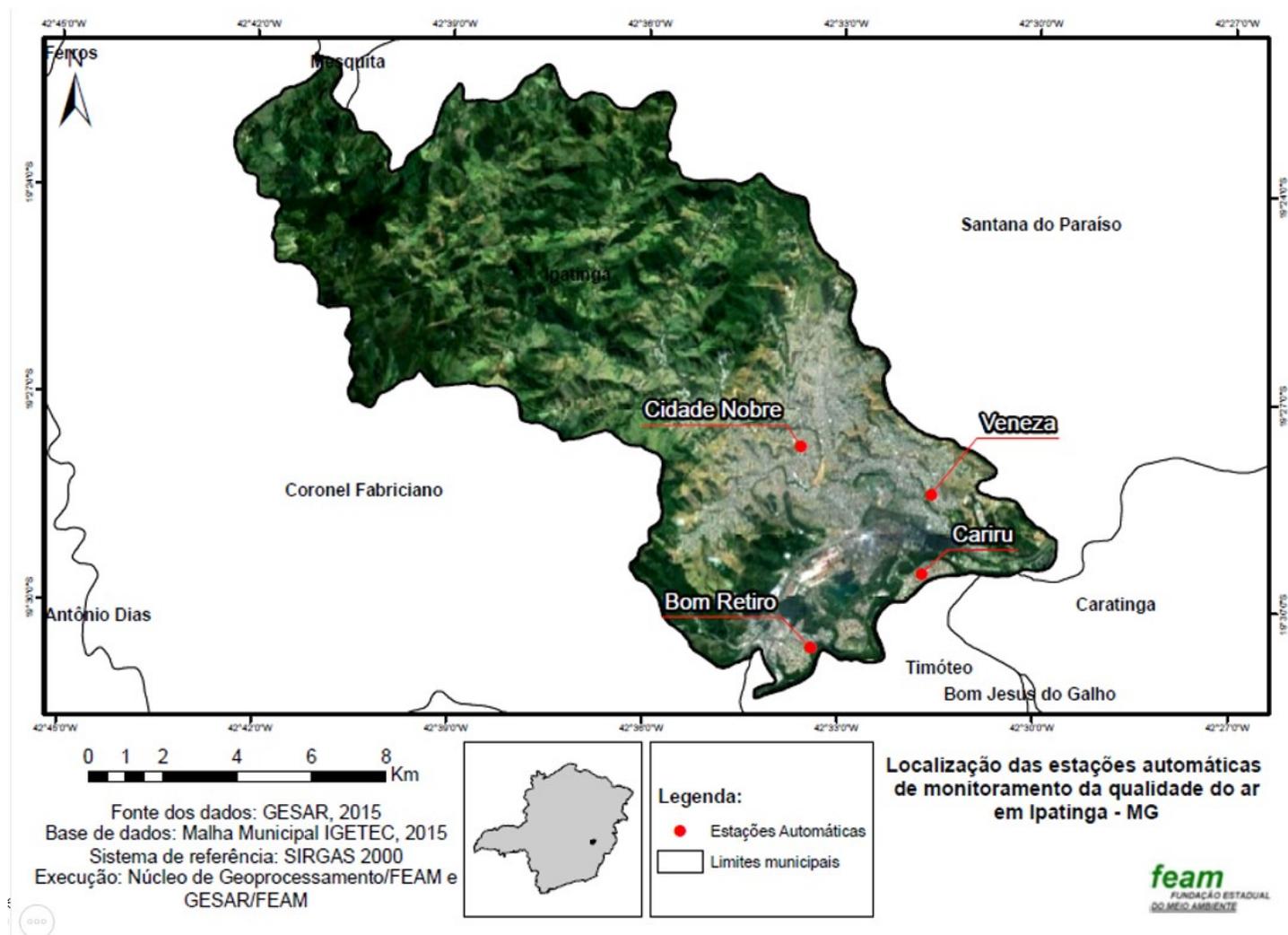
No estudo sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar de Ipatinga-MG, recorreu-se ao banco de dados da FEAM e, com uso das ferramentas do software Excel, fez-se análise das médias aritméticas mensais dos dados válidos do ano de 2019. A seguir, gráficos foram construídos para permitir a interpretação da relação entre a evolução dos poluentes atmosféricos e fatores meteorológicos.

5.3.1 Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar e Meteorologia

Em conformidade com a Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, que regula o acesso à informação (BRASIL, 2011), a Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR), vinculada à FEAM, torna público os dados válidos de monitoramento contínuo da qualidade do ar, na medida em que forem validados. E, assim sendo, mantém disponível a série histórica, iniciada em 2015, de todos os dados sobre poluentes atmosféricos analisados pela Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar e Meteorologia (RAMQAM) do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2021).

Sob gerência da GESAR, a rede de monitoramento automático, em campo, é formada por cinquenta e oito estações de monitoramento distribuídas em dezoito municípios de Minas Gerais. O município de Ipatinga-MG está incluso nessa rede e possui quatro estações localizadas nos bairros Bom Retiro, Cariru, Cidade Nobre e Veneza, Figura 12.

Figura 12 - Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar em Ipatinga-MG.



Fonte: FEAM (2015).

5.3.2 Análise dos dados, ano 2019, da estação automática de monitoramento de qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga-MG.

Os dados da estação automática de monitoramento do bairro Cariru, Figura 13, foram escolhidos para análise devido a localização da estação coincidir com um dos pontos de coletas de poeira sedimentável da presente pesquisa. O ano de 2019 foi o selecionado por ser o último ano da série histórica, iniciada em 2015, dos dados sobre poluentes atmosféricos disponibilizados pela FEAM.

As estações são constituídas de cabines climatizadas nas quais estão instalados os monitores de PTS, PM10 e PM2,5 e os analisadores de SO₂, CO, O₃, NO₂, os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados com acesso à internet. Os resultados são transmitidos via internet à GESAR que, após validar os dados, os tornam públicos em arquivo no formato Microsoft Excel, separados por municípios e por estações (FEAM, 2021).

Figura 13 - Estação Automática do bairro Cariru, Ipatinga – MG.



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 2 - Dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga – MG, 2019.

Dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga – MG											
Ano	Poluentes							Dados meteorológicos			
2019	PTS média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO média (ppm)	SO ₂ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Precipitação total (mm)	Velocidade do vento média (m/s)	Temperatura média (°C)	Pressão atmosférica média (MB)
Jan	49,0358	29,4601	7,5721	0,1177	1,4119	19,7871	4,5925	6,40	1,07	25,76	960,17
Fev	41,8699	23,3795	10,7244	0,1851	0,9651	22,5228	5,8002	175,80	0,76	24,96	957,79
Mar	41,6021	26,9302	10,0104	0,1973	0,6196	19,5914	5,3847	253,0	0,69	24,20	959,10
Abr	41,6484	25,7951	11,3601	0,1706	0,2144	17,4328	5,6062	67,20	0,68	23,89	958,92
Mai	43,9913	28,0745	12,8365	0,2266	0,4636	15,0255	6,7084	34,00	0,54	22,23	960,26
Jun	54,2203	26,2266	12,2418	0,2257	0,7372	15,1303	6,3009	5,20	0,44	20,60	964,57
Jul	66,1440	29,4840	13,5235	0,2654	1,9279	19,6899	7,9796	0,00	0,57	19,57	964,08
Ago	66,7118	29,9745	12,7313	0,1872	1,3877	24,6276	7,2079	0,20	0,95	20,95	965,43
Set	69,5291	36,3159	14,6513	0,2213	0,8701	24,6093	7,3104	13,20	1,26	23,30	961,91
Out	69,2705	33,3142	13,7377	0,2100	1,1060	31,6498	7,0479	101,20	1,29	24,88	959,47
Nov	46,2328	23,3392	10,1717	0,1807	0,7944	27,9225	5,7935	218,20	0,96	24,35	957,53
Dez	42,7297	21,4400	7,2302	0,1356	1,2111	21,3230	4,9472	210,20	0,96	24,28	958,16

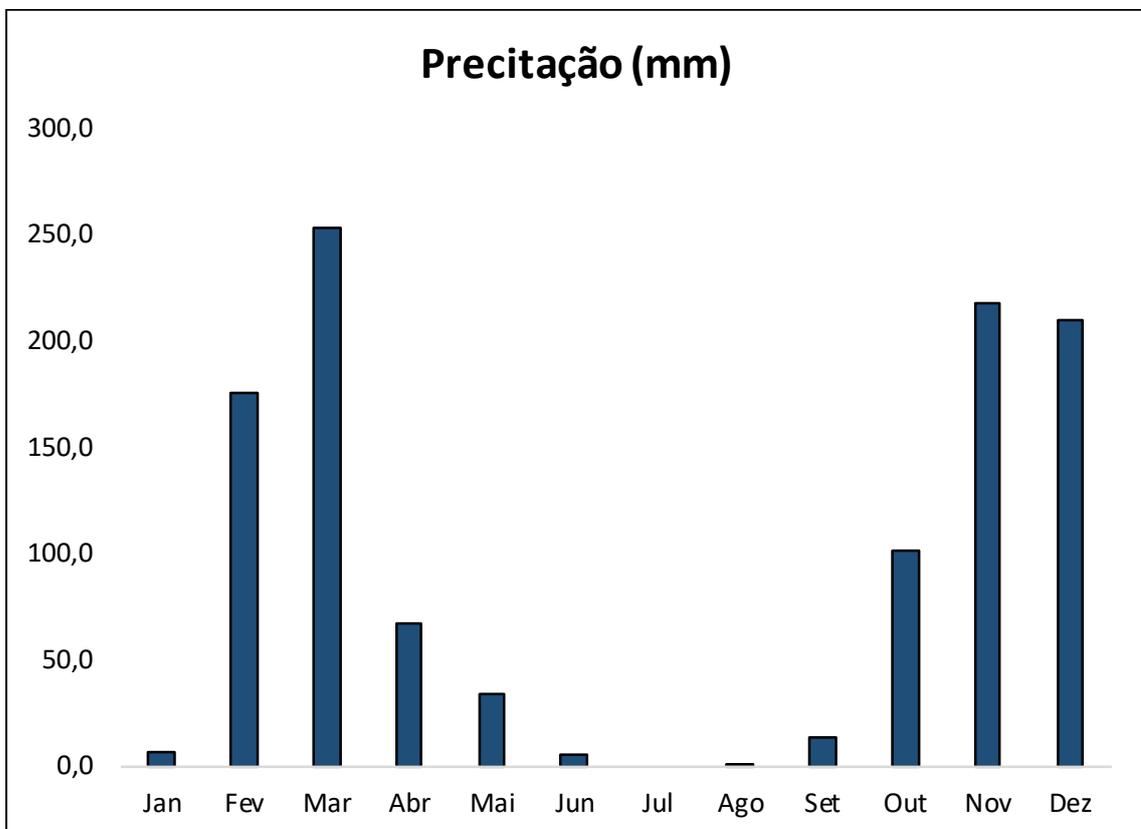
Fonte: FEAM (2019). INMET (2019).

A análise dos dados compreendeu os doze meses completos do ano de 2019 e os resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

Informações sobre fatores meteorológicos foram extraídos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Estação Meteorológica A511 de Timóteo-MG que cobre a RMVA (INMET, 2019). Disponíveis em planilhas do Microsoft, permitiram os cálculos de soma mensal da precipitação pluviométrica e das médias aritméticas mensais da velocidade do vento, da pressão atmosférica e da temperatura. Os valores serviram para construção de gráficos ilustrados nas Figuras 14, 15, 16 e 17, que mostram a evolução de fatores meteorológicos, ao longo do ano de 2019.

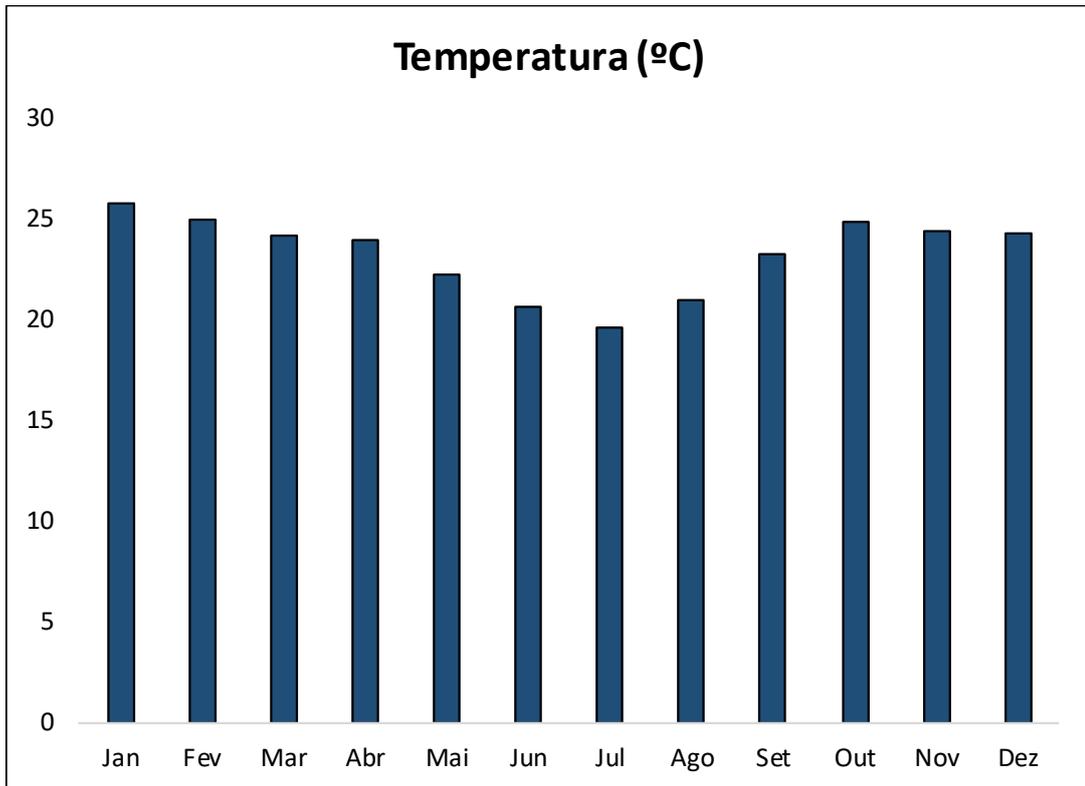
A tabela 2, também, contém informações que permitiram a construção de gráficos, Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24, que mostram a evolução de poluentes atmosféricos, ao longo do ano de 2019, na região de abrangência da estação automática de monitoramento no bairro Cariru, Ipatinga – MG

Figura 14 - Evolução da precipitação pluviométrica.



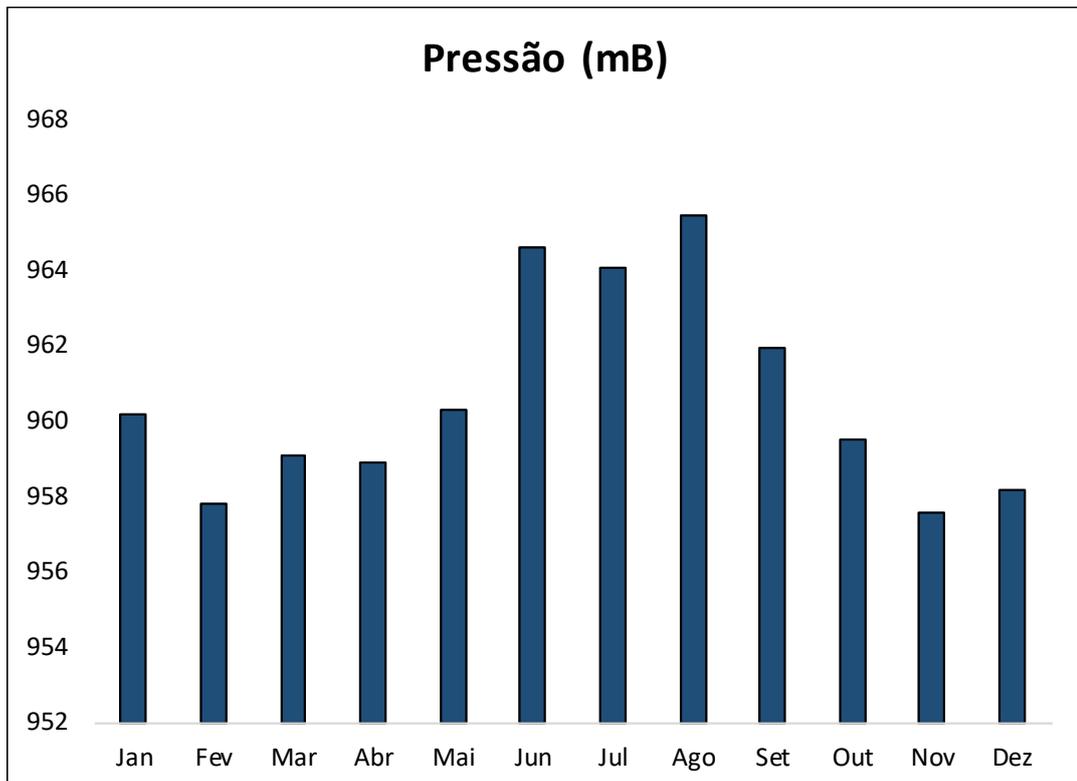
Fonte: INMET (2019).

Figura 15 - Evolução da temperatura.



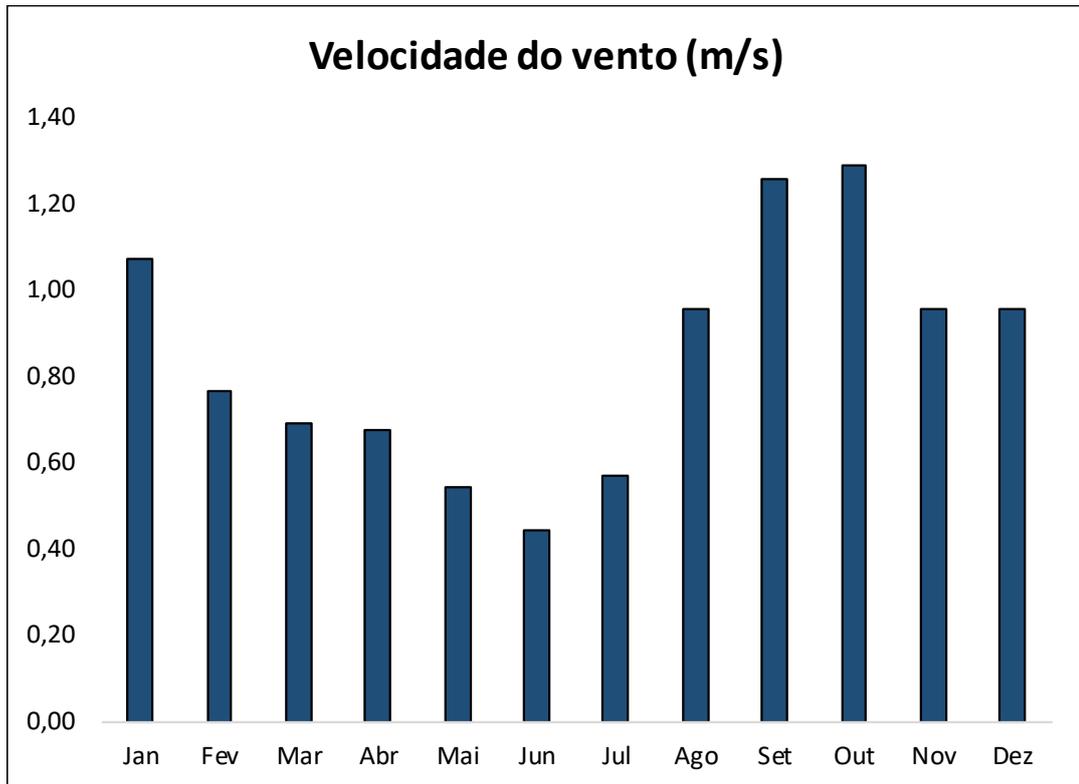
Fonte: INMET (2019).

Figura 16 - Evolução da pressão.



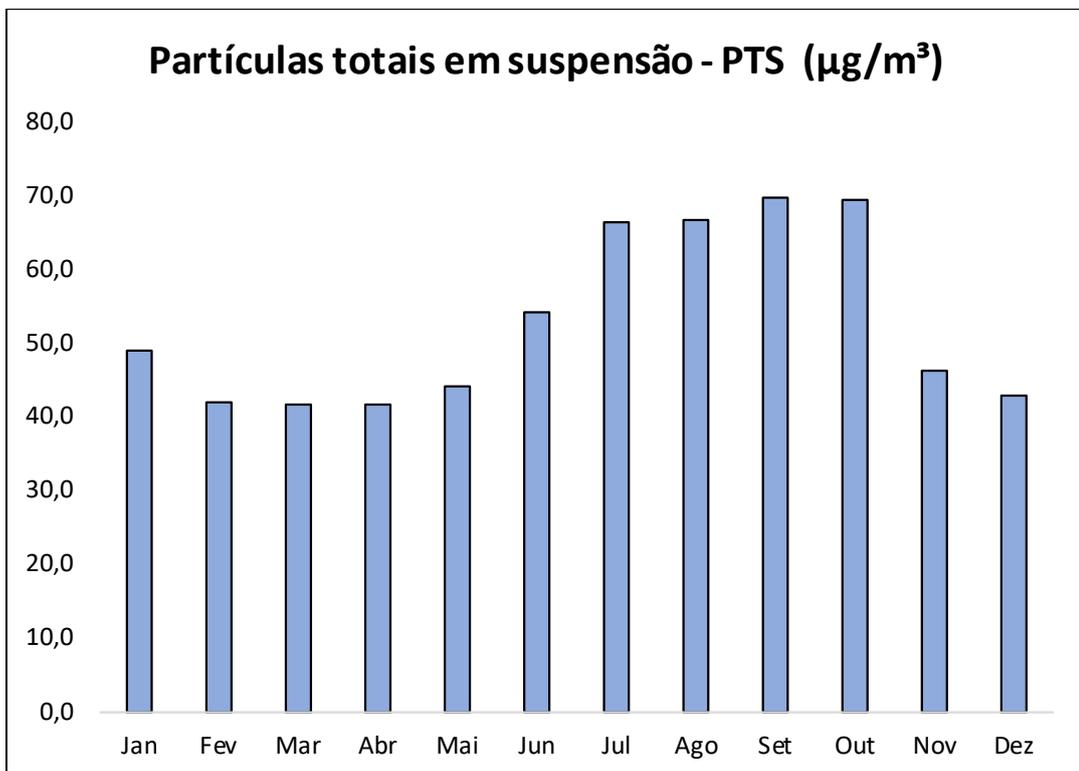
Fonte: INMET (2019).

Figura 17 - Evolução da velocidade do vento.



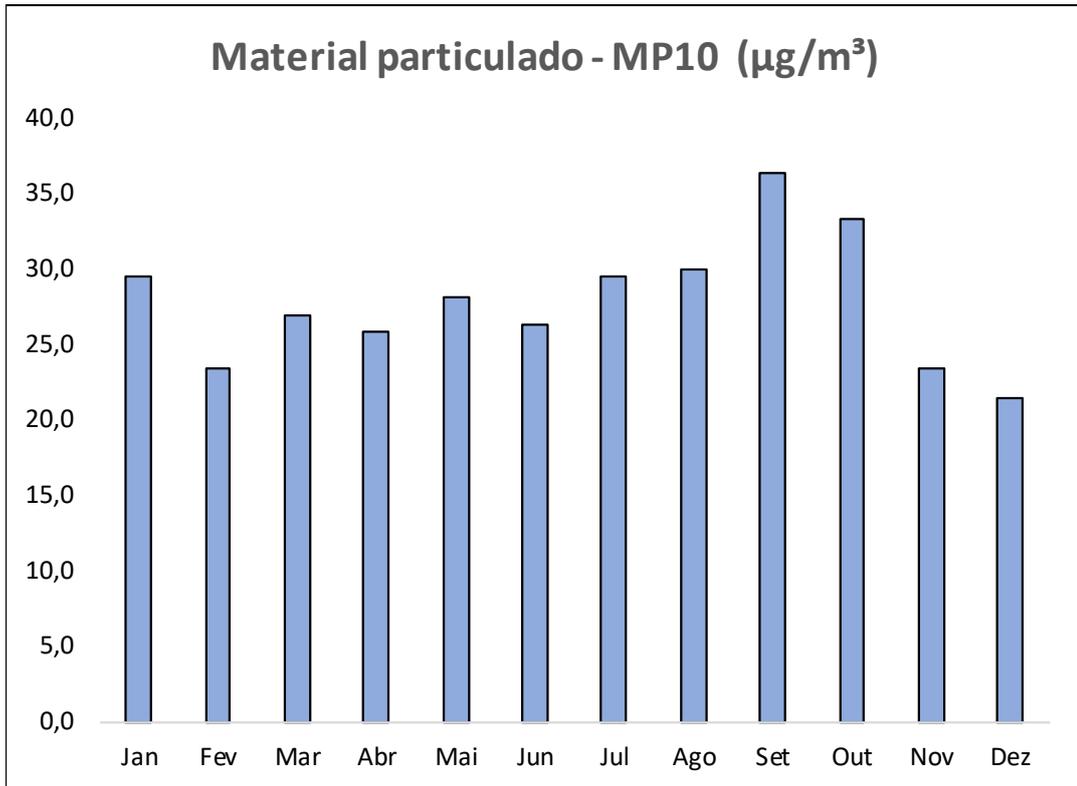
Fonte: INMET (2019).

Figura 18 - Evolução do poluente PTS



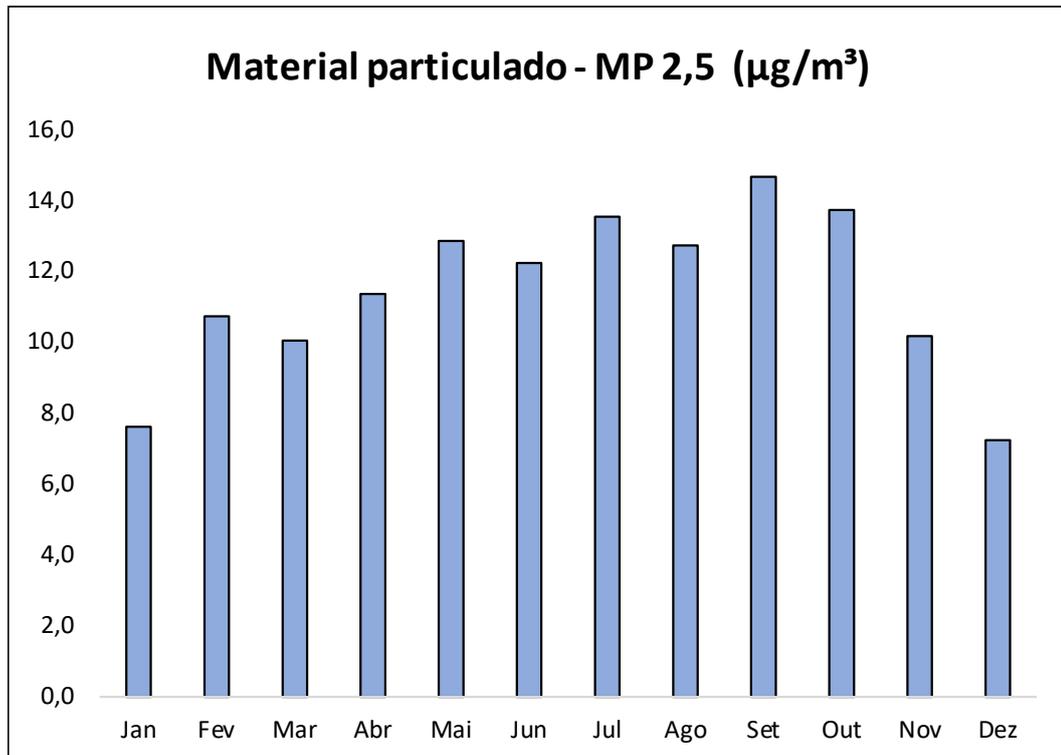
Fonte: FEAM (2019).

Figura 19 - Evolução do poluente MP10



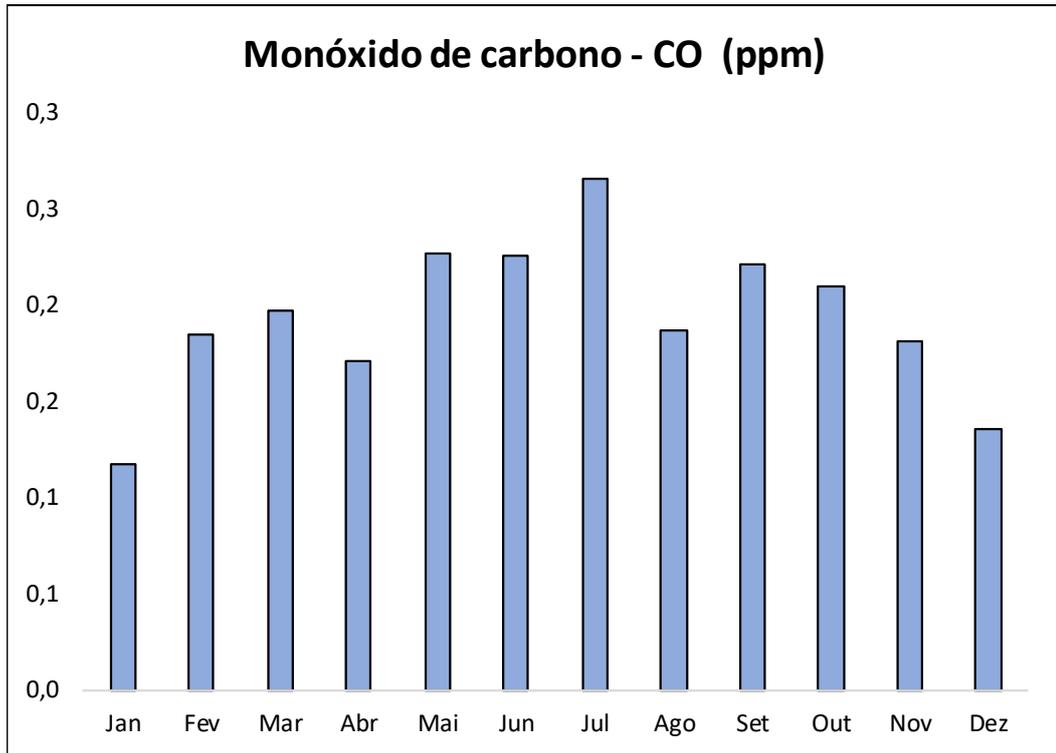
Fonte: FEAM (2019).

Figura 20 - Evolução do poluente MP2,5

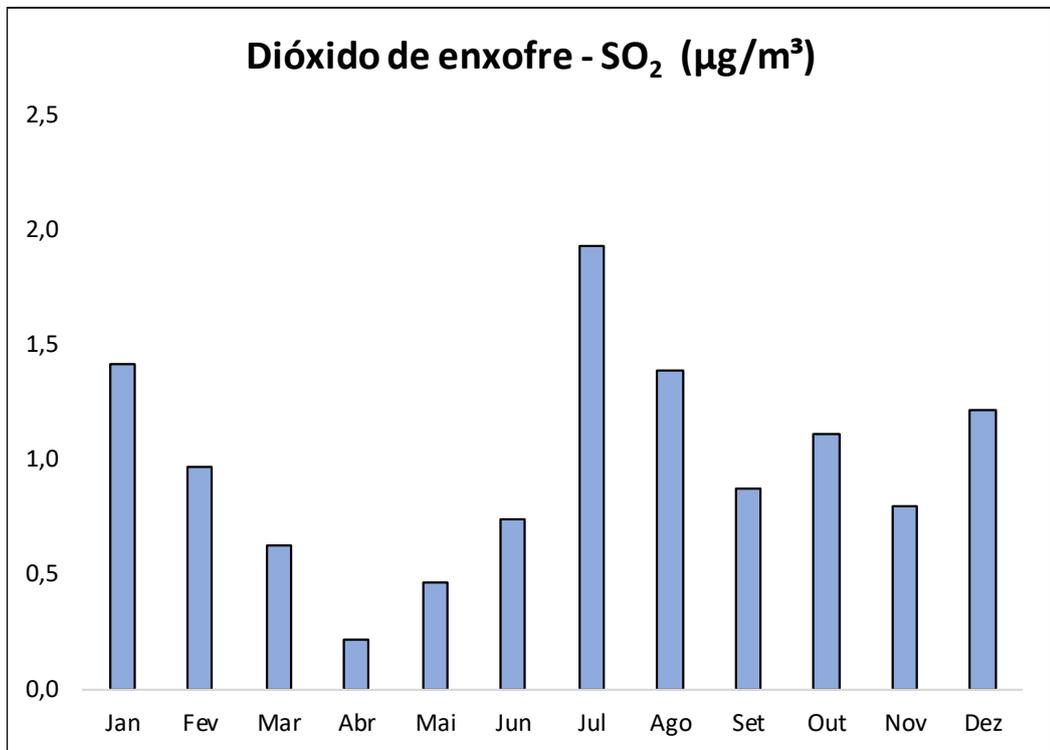


Fonte: FEAM (2019).

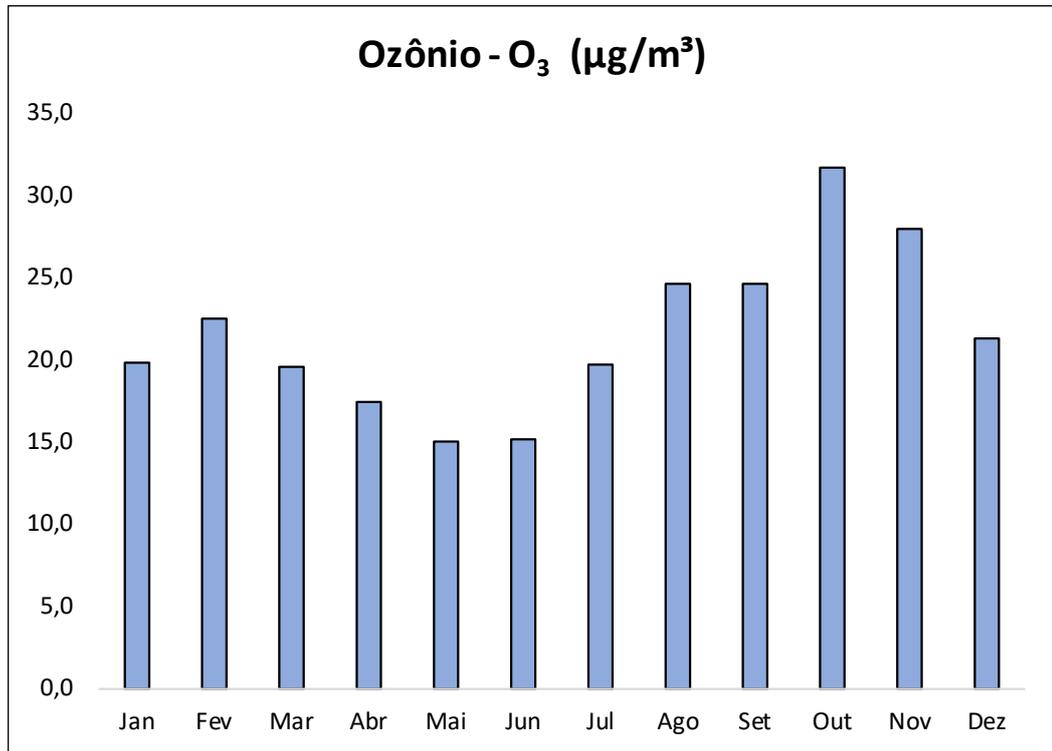
Figura 21 - Evolução do poluente CO



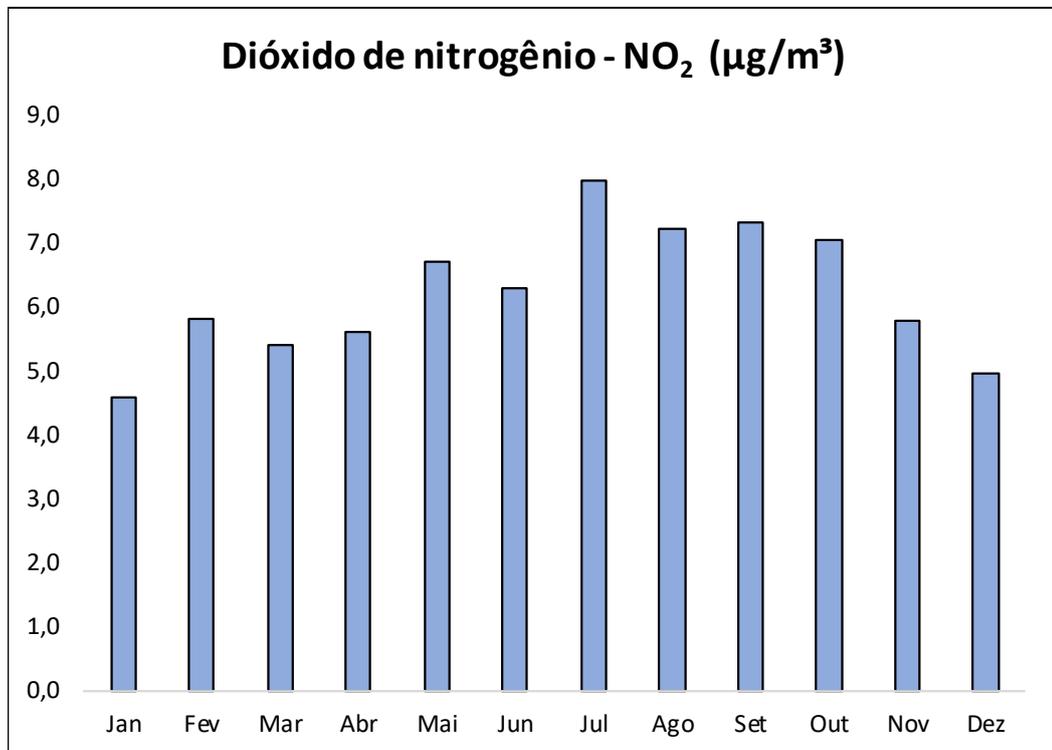
Fonte: FEAM (2019).

Figura 22 - Evolução do poluente SO₂

Fonte: FEAM (2019).

Figura 23 - Evolução do poluente O₃

Fonte: FEAM (2019).

Figura 24 - Evolução do poluente NO₂

Fonte: FEAM (2019).

Os dados da Tabela 2 e os gráficos, Figuras 14 a 17, indicam que, ao longo de 2019, na região de abrangência da estação meteorológica de Timóteo-MG, as precipitações pluviométricas, velocidade dos ventos e a temperatura variaram de forma semelhante. Apresentando um decréscimo dos valores do início para o meio ano e, posteriormente, invertendo essa tendência para crescimento dos valores do meio para o final da etapa anual.

Por outro lado, a pressão atmosférica se comportou de forma inversa, ou seja, apresentou valores mais baixos no início e final do ano e valores mais acentuados nos meses do meio do ano.

A Tabela 2 e os gráficos, Figuras 18 a 24, permitem inferir que os poluentes PTS, PM10, PM2,5, SO₂, CO, NO₂, ao longo de 2019, na região de abrangência da estação automática de monitoramento no bairro Cariru, apresentaram variação similares. Apresentaram valores mais baixos nos meses iniciais e finais do ano e valores mais altos nos meses do meio do ano.

O ozônio O₃ foi o único poluente que não respeitou essa tendência, revelando valores mais altos nos meses iniciais e finais do ano e mais baixos nos meses do meio desta etapa anual.

Pelo menos, em 2019, nas regiões estudadas, o comportamento evolutivo dos poluentes atmosféricos permite concluir a maioria destes poluentes tem valores acentuados à medida que o período do ano coincide com baixa atividade pluviométrica, tempos de calmaria dos ventos, baixas médias de temperatura e aumento da pressão atmosférica.

5.4 Percepção de alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública sobre vários aspectos da vida cotidiana

Esta etapa da pesquisa contou com a participação efetiva de alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola da Rede Estadual de Ensino de Minas Gerais. Na determinação da percepção dos estudantes da escola pública, as discussões se deram a partir de fontes primárias com base em variáveis relativas ao perfil dos participantes, de seu “habitat”, dos aspectos da qualidade de vida, conhecimentos e relacionamento com sua escola e com a cidade de Ipatinga-MG

5.4.1 Caracterização dos alunos do 2º ano

O perfil dos alunos, regularmente, matriculados no 2º ano do Ensino Médio, quanto à idade, sexo, naturalidade, cidade de residência e tempo que reside em Ipatinga, está apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Perfil dos alunos do 2º ano

Componentes	Unidade	Aluno
1 Idade média	Anos	15,95
2 Sexo		
Masculino	%	47,41
Feminino	%	52,59
3. Naturalidade		
Ipatinga	%	76,72
Outro município	%	23,28
4. Cidade de residência		
Ipatinga	%	84,48
Outro município	%	15,52
5. Tempo de residência em Ipatinga		
Menos de 1 ano	%	0,86
Entre 1 e 4 anos	%	6,03
Entre 5 e 8 anos	%	7,76
Entre 9 e 12 anos	%	3,45
Entre 13 e 16 anos	%	18,10
Acima de 16 anos	%	48,28
Não moro em Ipatinga	%	15,52

Fonte: Autoria própria (2021).

A pesquisa evidenciou que a maioria dos alunos do 2º ano, 52,59%, são do sexo feminino, 47,41% do sexo masculino e que os discentes apresentam uma média de idade de 15,95 anos. Portanto, são estudantes adolescentes que estão

dentro da faixa etária idealizada para conclusão do ensino médio, conforme estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996).

Com relação à região de origem, 76,72% dos discentes disseram que são nascidos na cidade de Ipatinga, 84,48% são residentes fixos no município e 69,83 % moram na cidade a mais de 9 anos. Assim sendo, pode-se presumir que são capazes de emitir julgamentos, com relativa segurança, acerca de características básicas do município.

O Quadro 9 apresenta a relação dos bairros em que os alunos residem, seja em Ipatinga ou outro município da região adjacente.

Quadro 9 - Lista de bairros de residência dos alunos do 2º ano.

Componente	Unidade	Aluno	
		Bairro	Quantitativo
1. Bairro de residência	%	Amaro Lanari	3,45
	%	Bela Vista	6,90
	%	Bethânia	11,21
	%	Bom Jardim	9,48
	%	Bom Pastor	0,86
	%	Bom Retiro	13,79
	%	Canaã	5,17
	%	Caravelas	1,72
	%	Centro	0,86
	%	Centro de Mesquita	0,86
	%	Cidade Nobre	1,72
	%	Cidade Nova	5,17
	%	Esperança	2,59
	%	Granjas Vagalume	0,86
	%	Horto	2,59
%	Ideal	3,45	
%	Iguaçu	0,86	

Continua

	%	Imbaúbas	5,17
	%	Ipaba	0,86
	%	Jardim Panorama	0,86
	%	Jardim Vitória	1,72
	%	Limoeiro	0,86
	%	Mangueiras	0,86
	%	Nova Esperança	0,86
	%	Parque Caravelas	0,86
1. Bairro de residência	%	Parque das Águas	1,72
	%	Planalto	1,72
	%	Recanto	0,86
	%	Recanto Verde	0,86
	%	Tiradentes	0,86
	%	Veneza	2,59
	%	Veneza 2	3,45
	%	Vila Cândida	0,86
	%	Vila Celeste	2,59
	%	Vila Militar	0,86

Fonte: Autoria própria (2021).

A escola está localizada no bairro Bela Vista, cidade de Ipatinga, entretanto o Quadro 9 indica que a instituição atende estudantes de trinta e cinco (35) bairros diferentes, distribuídos entre cinco (5) municípios distintos: Coronel Fabriciano, Ipaba, Mesquita, Santana do Paraíso e, claro, Ipatinga.

Essa informação reforça uma característica típica e de longa data da escola, o fato de ser uma instituição de educação básica que ostenta de boa reputação entre aqueles que desejam um ensino de qualidade e almejam dar prosseguimento em seus estudos pós ensino médio.

Os dados indicam que a grande maioria dos estudantes, 93,10%, residem em bairros distintos do bairro Bela Vista. E assim sendo, esse perfil tão diversificado do corpo discente se torna em um indicativo de que a escola goza de boa aceitação de seus serviços prestados.

5.4.2 Caracterização do “Habitat” dos alunos do 2º ano

Esta etapa da pesquisa tratou de algumas características das moradias dos estudantes e, segundo o Quadro 10, ficou demonstrado que a renda das famílias advém 6,90% de atividades não especificadas, 11,21% de pensões ou aposentadorias e, em grande maioria, 81,89% de atividades associada ao setor secundário e terciário, evidenciando, assim, o forte perfil urbano das famílias dos estudantes.

Quadro 10 - Grau de instrução e fonte de renda do responsável domiciliar.

Componentes	Unidade	Responsável domiciliar
1. Grau de instrução		
Analfabeto	%	0,86
Ensino fundamental 1 incompleto (1º ao 5º ano)	%	5,17
Ensino fundamental 1 completo (1º ao 5º ano)	%	4,31
Ensino fundamental 2 incompleto (6º ao 9º ano)	%	4,31
Ensino fundamental 2 completo (6º ao 9º ano)	%	2,59
Ensino médio incompleto	%	16,38
Ensino médio completo	%	35,34
Superior incompleto	%	5,17
Superior completo	%	17,24
Pós-graduação	%	8,62
2. Principal fonte de renda		
Setor primário (atividades do campo)	%	0,00
Setor secundário (indústrias em geral)	%	35,34
Setor terciário (comércio e serviços)	%	46,55
Pensão ou aposentadoria	%	11,21
Outras	%	6,90

Fonte: Autoria própria (2021).

O Quadro 10, também, informa o grau de instrução do principal responsável do núcleo familiar e os dados indicam que, apenas, 0,86% dos responsáveis foram

definidos como analfabetos, enquanto que 85,35% possuem o ensino fundamental em seus currículos, 66,38% concluíram, no mínimo, ensino médio e 25,86% concluíram, ao menos, um curso superior.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB), Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, em seu artigo 35, estabelece:

O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, [s.p.]).

A julgar pelos dados do Quadro 10 e pelas finalidades do ensino médio estabelecidos pela LDB, é plausível supor que dentro da maioria dos núcleos familiares o principal responsável é, suficientemente, capaz de estabelecer ou propor debates e reflexões acerca dos problemas, das escolhas, dos serviços, das oportunidades, das ofertas e demandas que a sociedade moderna a cada dia impõe e oferece, tais como: mercado de trabalho, educação formal, noções de higiene, cuidados com a saúde física e mental e questões socioambientais locais.

O Quadro 11 foi elaborado de forma a revelar dados acerca das residências dos educandos, em especial, sobre suas condições de fornecer um habitat saudável em termos de saneamento básico, em conformidade com a legislação vigente.

Quadro 11 - Aspectos do “habitat” dos alunos do 2º ano

Componentes	Unidade	Aluno
1. Origem da água utilizada na residência		
Cisterna	%	12,93
Nascente	%	0,86
Ribeirão/Córrego	%	0,00
Empresa de abastecimento	%	86,21

Continua

2. Condições de armazenamento da água		
Caixa d'água sem tampa	%	0,00
Caixa d'água com tampa	%	98,28
Não armazena	%	1,73
3. Destino do esgoto		
Disposto em canais a céu aberto	%	0,86
Fossa séptica	%	1,72
Canalizado direto para o ribeirão/córrego	%	9,48
Rede de coleta de esgoto municipal	%	87,93
4. Destino do lixo		
Queimado	%	0,00
Enterrado	%	1,72
Exposto	%	0,00
Recolhido	%	98,28

Fonte: Autoria própria (2021).

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que dá o respaldo legal à Política Nacional de Saneamento Básico, em seu artigo 3º, estabelece:

Para fins do disposto nesta Lei, considera-se:

I - Saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes; (BRASIL, 2007, [s.p.])

Verificou-se que a maioria das residências, 86,21%, fazem uso de água tratada por empresa de abastecimento e que 98,28% armazenam esta água em caixas de água com tampa.

Com relação ao esgotamento sanitário e à coleta de lixo, 87,23% das residências são atendidas pela rede de coleta de esgoto municipal e 98,28% são assistidas pela estrutura municipal de coleta de resíduos sólidos domiciliares

São números expressivos que reforçam o perfil urbano dos lares e que permitem presumir que os membros destes núcleos familiares tenham a noção do quanto a infraestrutura, os investimentos, o conhecimento e os comportamentos adequados sobre saneamento são importantes para o bem-estar individual e coletivo.

5.4.3 Caracterização dos alunos do 2º ano quanto ao nível de satisfação familiar com a qualidade de vida

Com respeito ao grau de satisfação das famílias com a qualidade de vida, foi solicitado aos participantes da pesquisa que emitissem opinião acerca do nível de satisfação familiar indicando se estavam muito satisfeitas, satisfeitas, pouco satisfeitas ou insatisfeitas em relação a dez componentes da qualidade de vida.

Joia *et al.* (2007, p. 132), argumentam que:

Satisfação é um fenômeno complexo e de difícil mensuração, por se tratar de um estado subjetivo. Define, com maior precisão a experiência de vida em relação às várias condições de vida do indivíduo. A satisfação com a vida é um julgamento cognitivo de alguns domínios específicos na vida como saúde, trabalho, condições de moradia, relações sociais, autonomia entre outros, ou seja, um processo de juízo e avaliação geral da própria vida de acordo com um critério próprio. O julgamento da satisfação depende de uma comparação entre as circunstâncias de vida do indivíduo e um padrão por ele estabelecido. Satisfação reflete, em parte, o bem-estar subjetivo individual, ou seja, o modo e os motivos que levam as pessoas a viverem suas experiências de vida de maneira positiva.

Os dados do Quadro 12 revelaram que as famílias possuem os mais altos níveis de satisfação para dois componentes relacionados na pesquisa, estando mais de 77,00% das famílias muito satisfeitas com a alimentação humana e 53,45% com relação às opções de lazer disponíveis a seus entes.

Os demais componentes da pesquisa também foram bem avaliados, tanto que metade ou mais dos participantes indicaram que suas famílias se sentiam

satisfeitas. Em relação às condições e oferta de trabalho, exatos 50,00%, dos participantes se disseram satisfeitos. Enquanto que os componentes segurança física, relacionamentos e ajudas, serviço de prestação de limpeza urbana e educação formal essa avaliação satisfatória ficou acima dos 52,00%.

Quadro 12 - Níveis de satisfação atribuídos aos componentes da qualidade de vida, referentes às famílias dos alunos do 2º ano

Componentes da qualidade de vida	Aluno (%)			
	Muito satisfeito	Satisfeito	Pouco satisfeito	Insatisfeito
Alimentação	77,59	20,69	1,72	0,00
Lazer	53,45	39,65	6,90	0,00
Trabalho	35,34	50,00	12,07	2,59
Renda	12,94	67,23	15,52	4,31
Serviços comunitários	18,10	66,38	14,66	0,86
Segurança física	25,00	55,17	15,52	4,31
Saúde	38,80	47,41	10,34	3,45
Habitação	44,83	47,41	5,17	2,59
Relacionamentos	37,07	55,16	3,45	4,31
Limpeza urbana	16,38	54,31	25,86	3,45
Educação	32,76	52,59	13,79	0,86

Fonte: Autoria própria (2021).

Destaque para os componentes renda familiar que foi avaliado com satisfatório para 67,23% dos participantes e para serviços comunitários foi considerado satisfatório por mais de 65,00% dos participantes.

Redundante citar que nenhum componente da pesquisa recebeu avaliação pouco satisfatória ou insatisfatória da maioria dos participantes. Muito pelo contrário, o Quadro 12 revela que as famílias se sentem acolhidas, este fato sugere que o município de Ipatinga e cidades do entorno compõem uma região que é capaz de produzir em seus munícipes os sentimentos de conforto e de pertencimento que estão entre as necessidades inerentes do ser humano.

5.4.4 Conhecimento dos alunos do 2º ano sobre algumas questões relacionadas à poluição ambiental

No Quadro 13 foram elencados uma série de componentes para avaliar, em termos percentuais, o conhecimento, o posicionado e as opiniões dos alunos acerca de temas como poluição ambiental; padrões de qualidade do ar, água e solo; soluções para problemas ambientais; responsabilidade de combate à poluição ambiental; fontes poluidoras, entre outros.

Sobre Ipatinga possuir padrões de qualidade do ar, água e dos solos de acordo com a legislação vigente, 31,90% dos participantes disseram que sim, porém a grande maioria, 55,17%, afirmaram desconhecimento do fato.

Acerca dos problemas diretos provocados pela poluição ambiental, 98,28% das respostas foram no sentido de que a poluição é prejudicial à saúde humana. Em Ipatinga, especificamente, o tipo de poluição que mais incomoda é a poluição atmosférica para 93,97% dos participantes que também em maioria, 65,62%, afirmaram que o maior incômodo provocado pela poluição atmosférica é a sujeira gerada. Porém, solicitados a opinar sobre em que época do ano a poluição observada em Ipatinga fica mais acentuada a maioria, 56,90%, não soube responder.

Indagados sobre qual é a principal fonte que provoca a poluição evidenciada em Ipatinga, 96,55% dos alunos participantes disseram que são as indústrias. A maioria dos entrevistados, 55,17%, não soube responder se o Poder Público (executivo, legislação e judiciário) realiza ações para combater esta poluição.

Neste sentido, instados a se manifestarem sobre qual atitude é, economicamente e ambientalmente, mais apropriada para combater a poluição que mais incomoda em Ipatinga, uma das propostas mais citadas foi que o adequado seria envolver toda a sociedade em ações práticas de combate à poluição, representando 25,00% das opiniões. Enquanto que para 39,66% dos entrevistados o mais apropriado seria exigir que o poder público local financie e execute ações de combate à poluição.

Os participantes também opinaram sobre a responsabilidade no combate à poluição ambiental. Para 46,55% dos que opinaram essa responsabilidade cabe a todo o conjunto da sociedade, 29,31% imputam essa responsabilidade às indústrias e 19,83% afirmaram que o poder público deve ser o principal agente de combate à

poluição. Na esteira dessa questão, 39,66% dos entrevistados afirmaram que Ipatinga é uma cidade que faz o monitoramento da qualidade do ar, 22,41% não promove esse monitoramento e não souberam responder 37,93% dos que opinaram.

Finalizando esta etapa da pesquisa, foi questionado sobre os recursos básicos utilizados pela maior indústria da cidade de Ipatinga, uma indústria siderúrgica produtora de aço. Para 86,21% dos entrevistados a matéria-prima usada pela siderúrgica é o minério de ferro, para 3,45% o carvão mineral é o que se usa na empresa e 10,34% não souberam responder. Quanto ao combustível utilizado, 42,24% afirmaram ser o carvão mineral, 8,62% disseram ser o minério de ferro e 37,93% disseram desconhecer sobre esse recurso.

Quadro 13 - Dados referentes ao conhecimento sobre questões relacionadas à poluição ambiental

Componentes	Unidade	Aluno
1. Conformidade dos padrões de qualidade do ar, água e dos solos com a legislação vigente		
Sim	%	12,93
Não	%	31,90
Não sei	%	55,17
2. A poluição ambiental causa problemas à saúde		
Sim	%	98,28
Não	%	0,00
Não sei	%	1,72
3. Poluição ambiental mais incomoda em Ipatinga		
Poluição das águas	%	0,00
Poluição do ar atmosférico	%	93,97
Poluição dos solos	%	6,03
Não sei	%	0,0

Continua

4 Época do ano que a poluição fica mais acentuada		
No verão, dezembro à março.	%	20,69
No outono, março à junho.	%	6,03
No inverno, junho à setembro.	%	10,34
Na primavera, setembro à dezembro.	%	6,03
Não sei	%	56,90
5 Maior incômodo provocado pela poluição atmosférica		
Ardência nos olhos	%	08,6
Cheiro desagradável	%	5,17
Danos às plantas e objetos	%	2,59
Dificuldade de respirar	%	21,55
Sujeira	%	65,62
Não sei	%	4,31
6 Principal fonte poluidora		
As indústrias	%	96,55
As residências domiciliares	%	0,86
O comércio	%	0,86
O campo (agricultura e pecuária)	%	0,86
Os veículos automotivos	%	0,86
Não sei	%	0,86
7 O Poder Público realiza combate a poluição		
Sim	%	10,34
Não	%	34,48
Não sei	%	55,17
8. Ação mais adequada para combater a poluição		
Eliminar todas atividades poluidoras	%	7,76
Envolver a sociedade no combate à poluição	%	25,00
Exigir que o poder público o combate à poluição	%	39,66
Limitar criação de residências, comerciais e indústria	%	1,72
Modernizar a matriz industrial e renovar veículos	%	5,17
Não sei	%	20,69

Continua

9. Maior responsabilidade no combate à poluição

Das indústrias	%	29,31
Das residências domiciliares	%	0,00
De toda sociedade	%	46,55
Do comércio	%	0,00
Do campo (agricultura e pecuária)	%	0,00
Do poder público	%	19,83
Não sei	%	4,31

10. Ipatinga faz o monitoramento da qualidade do ar

Sim	%	39,66
Não	%	22,41
Não sei	%	37,93

11. Matéria-prima da siderúrgica de Ipatinga

Carvão mineral	%	3,45
Gás natural	%	0,00
Minério de ferro	%	86,21
Outro minério	%	0,00
Petróleo	%	0,00
Não sei	%	10,34

12. Combustível da siderúrgica de Ipatinga

Carvão mineral	%	42,24
Gás natural	%	4,31
Minério de ferro	%	8,62
Outro minério	%	0,00
Petróleo	%	6,90
Não sei	%	37,93

5.4.5 Aspectos da vida escolar e relacionamento dos alunos do 2º ano com a escola

As percepções, os interesses e as prioridades dos alunos do 2º ano em relação à escola, aos interesses futuros pós ensino médio, à qualidade da educação estão destacados, em números percentuais, no Quadro 14.

Do conjunto de participantes, 84,48% afirmaram que são alunos da escola desde o início do ensino médio e 81,90% disseram pretendem prestar o exame do ENEM. Sobre qual atividade fazer após finalizarem o ensino médio, 39,66% responderam que desejam fazer um curso superior, outros 39,99% também afirmam que querem fazer continuar estudando, porém simultaneamente com atividades de trabalho.

Considerando os recursos que a escola possui (financeiro, espaço físico, humanos, entre outros), aos participantes foi questionando qual medida mais interessante para melhorar a qualidade de ensino na escola. A maioria, 65,52%, respondeu que seria implementar laboratórios para aulas práticas (ciências, informática, matemática e outras) e 17,24% afirmaram que para melhora do processo educativo o ideal seria realizar trabalhos de campos e visitas técnicas.

Quadro 14 - Dados referentes à vida escolar dos alunos do 2º ano

Componentes	Unidade	Aluno
1. Escola você estudou o 1º ano do EM		
Escola atual	%	84,48
Outra escola.	%	15,52
2. Pretensão em fazer a prova do Enem		
Sim	%	81,90
Não	%	5,17
Não sei	%	12,93

Continua

3. Prioridade após finalizar o ensino médio

Fazer um curso superior	%	39,66
Fazer um curso técnico	%	5,17
Trabalhar	%	11,21
Fazer um curso e trabalhar	%	39,66
Atividades diferentes de estudo ou trabalho	%	1,72
Não sei	%	2,59

4. Opção para melhorar o ensino na escola

Aumentar a quantidade de disciplinas	%	0,86
Aumentar a carga horária	%	0,86
Associar as aulas expositivas ao cotidiano	%	12,93
Implementar laboratórios para aulas práticas	%	65,52
Mais trabalhos de campos e visitas técnicas	%	17,24
Não sei	%	2,59

Fonte: Autoria própria (2021).

Com respeito ao grau de satisfação dos alunos do 2º ano com a prestação de serviços oferecida pela escola, foi solicitado aos participantes da pesquisa que emitissem opinião acerca do seu nível de satisfação indicando se estavam muito satisfeitos, satisfeitos, pouco satisfeitos ou insatisfeitos em relação a nove componentes da qualidade de ensino, Quadro 15.

Os dados demonstraram que a maioria estudantes se sentem satisfeitos com os serviços prestados pela escola quanto à lazer (40,53%), à segurança física (63,79%), à relacionamentos interpessoais (55,17%), limpeza dos banheiros (49,14%), limpeza das salas de aula (53,45%), limpeza da quadra esportiva (55,17%). Sobre a alimentação servida como merenda escolar a maioria dos discentes, 51,72%, se consideram muito satisfeitos.

Com relação ao atendimento dos profissionais (direção, secretaria, professores e demais funcionários) que trabalham na escola a maior parte dos alunos, 59,48%, se dizem satisfeitos. Sobre à educação formal oferecida pela

escola, 44,83% dos alunos se manifestaram como muito satisfeitos e 50,00% julgaram como satisfatória o nível do ensino da escola.

Quadro 15 - Níveis de satisfação atribuídos aos componentes relacionados à escola dos alunos do 2º ano

Componentes da qualidade de vida	Aluno (%)			
	Muito satisfeito	Satisfeito	Pouco satisfeito	Insatisfeito
Alimentação	51,72	45,69	2,59	0,00
Lazer	13,79	40,53	35,34	10,34
Segurança física	17,24	63,79	16,38	2,59
Relacionamentos	29,31	55,17	12,07	3,45
Limpeza de banheiros	10,34	49,14	31,03	9,48
Limpeza das salas de aula	19,83	53,45	24,13	2,59
Limpeza da quadra esportiva	20,69	55,17	22,42	1,72
Atendimentos dos funcionários	28,45	59,48	9,48	2,59
Educação	44,83	50,00	5,17	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

5.5 Proposição de uma sequência didática elaborada para auxiliar o ensino de Química

Na proposição desta sequência didática investigativa elaborada para auxiliar o ensino de química, as etapas anteriores da pesquisa serviram inspiração e fornecedoras de subsídios que sustentam o material elaborado.

Faz-se necessário ressaltar que a aplicação deste material estava programada para se acontecer no início do primeiro bimestre do ano letivo de 2020, com participação de alunos da 2ª série do ensino médio de uma escola pública estadual que funciona em regime de estudo regular e presencial. Entretanto, o período coincidiu com o início da pandemia COVID-19 provocada pelo novo coronavírus, SARS-CoV-2.

Tal fato resultou na suspensão das aulas presenciais, na adoção de um regime de estudo e trabalho remoto e fez com que a aplicação da sequência

didática, nos moldes em que foi concebida, fosse impossibilitada. Portanto, será apresentada como uma sugestão para utilização por docentes do ensino de química.

5.5.1 Proposta de Sequência Didática

Antunes e Padilha (2010) apontam a pesquisa e a investigação como um princípio pedagógico prático de uma escola cidadã. Para os pesquisadores, uma educação cidadã deve educar para a liberdade e para a autonomia. Para que isso possa se efetivar, é preciso criar condições para a aprendizagem dos educandos e estimular a curiosidade e a pesquisa.

Assim, o objetivo do ensino de ciências passa a ser o de utilizar o conhecimento científico e os processos da ciência para resolver problemas da vida cotidiana. Desta forma, o ensino por investigação torna-se importante para levar os estudantes a aprender habilidades de coletar e interpretar dados de investigações realizadas em torno de temas de interesse social relacionados à ciência, tanto naquelas associadas à necessidade de se comunicar os resultados obtidos (SÁ, 2009).

Neste contexto, a presente pesquisa propõe uma sequência didática que pretende ser um instrumento para o uso de docentes que desejam que seus alunos se apropriem de algumas habilidades essenciais para o domínio das competências específicas da área ciências da natureza e suas tecnologias. Os quadros 16, 17 e 18 destacam as competências, as habilidades, as unidades temáticas e os objetos de conhecimento (conteúdo) considerados para elaboração da sequência didática.

Quadro 16 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 1.

Habilidades	Unidade temática	Objeto de conhecimento
Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas.	Matéria e Energia	QUÍMICA: Agentes poluidores do ar; parâmetros de qualidade do ar. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)

Fonte: Autoria própria (2021).

Quadro 17 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 2.

Habilidades	Unidade temática	Objeto de conhecimento
Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores.	Vida, Terra e Cosmos	QUÍMICA: Soluções e relações de concentração. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)
Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	Vida, Terra e Cosmos	QUÍMICA: Química ambiental; parâmetros quantitativos e qualitativos da qualidade do ar; problemas ambientais mundiais, nacionais e regionais. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)

Fonte: Autoria própria (2021).

Quadro 18 - Habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Competência 3.

Habilidades	Unidade temática	Objeto de conhecimento
Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações problema sob uma perspectiva científica.	Tecnologia e Linguagens	QUÍMICA: Grandezas e operações de conversão; tratamento e análise de dados; investigação científica. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)
Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.	Tecnologia e Linguagens	QUÍMICA: Química ambiental, ações sustentáveis. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)
Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais.	Tecnologia e Linguagens	QUÍMICA: Recursos não renováveis (gasolina, diesel, carvão), impactos ambientais e sustentabilidade. BIOLOGIA (Ver BNCC) FÍSICA (Ver BNCC)

Fonte: Autoria própria (2021).

5.5.2 Descrição breve das aulas da Sequência Didática

A presente Sequência Didática com a temática “Poluição atmosférica por emissão de partículas sedimentáveis” foi elaborada para que sirva, simultaneamente, para debate de questões socioambientais e para o estudo do objeto de conhecimento soluções químicas e relação de concentração. Sua execução foi projetada para que ocorra em sete aulas com duração de um módulo da carga horária cada, ou seja, cinquenta minutos.

Cabe destacar que a maioria dos textos e explicações conceituais, presentes na SD, foi selecionada a partir do livro didático de química do ensino médio adotado pela escola do bairro Bela Vista, além de outros livros utilizados em períodos letivos anteriores e que, ainda, fazem parte do acervo da biblioteca da escola. O Quadro 19 expõe uma breve descrição das aulas propostas nesta sequência didática que está disponível no Apêndice A.

Quadro 19 - Descrição resumida das aulas da Sequência Didática

Aula	Título da Aula	Resumo da Aula
1 ^a	Acolhimento, apresentação e discussão da proposta de ensino: Sequência Didática	Realizar uma explanação sobre SD como ferramenta do ensino. Fazer uma breve explanação sobre a problemática da poluição ambiental atmosférica. Informar que será realizada uma pesquisa de investigação sobre a taxa de poeira sedimentável. Para tanto, será seguido os procedimentos metodológicos constantes na NBR Norma Brasileira NBR 12065/1991. Apresentar a aparelhagem, <i>in loco</i> , que servirá para coletar de material para análise. Aplicar um questionário diagnóstico.
2 ^a	Dispersões e as soluções verdadeiras	Inicialmente, apresentar e ler o texto “As soluções e o Cotidiano” do livro de Tito e Canto. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados às Dispersões. Formar seis (06) grupos de alunos com para que façam misturas que possam ser definidas como soluções verdadeiras ou soluções coloidais a partir da observação do Efeito Tyndall. Aplicar atividade de fixação.

Continua

3 ^a	Soluções e concentração de soluções	Inicialmente, apresentar e ler os textos “O risco do monóxido de carbono” e “ <i>INPM versus °GL</i> ” do livro de Tito e Canto. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados às Soluções e concentração de soluções. Aplicar atividade de fixação.
4 ^a	Soluções concentradas e soluções diluídas	Apresentar e ler o texto “Soluções concentradas e soluções diluídas” do livro de Ciscato e colaboradores. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados às Soluções concentradas e soluções diluídas. Propor atividade prática sobre diluição de soluções. Aplicar atividade de fixação.
5 ^a	Agentes poluidores do ar e parâmetros de qualidade do ar	Apresentar e ler o texto “A poluição do ar e os impactos ambientais” do livro de Almeida e Rigolin. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados à agentes poluidores e parâmetros de qualidade do ar. Aplicar atividade de fixação.
6 ^a	A qualidade do ar e as redes de monitoramento	Apresentar e ler o texto “Efeitos das condições meteorológicas na poluição do ar” de Fernando Resende. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados à qualidade do ar e as redes de monitoramento. Propor atividade sobre o comportamento dos poluentes em função de fatores meteorológicos. Aplicar atividade de fixação.
7 ^a	Resultado da determinação da taxa de poeira sedimentável total e questionário avaliativo	Inicialmente apresentar e ler o texto “Caracterização e quantificação de Partículas Sedimentadas” de IEMA-ES. Apresentar, ler e discutir os conceitos em relacionados à Partículas Sedimentadas. Propor atividade para determinar a taxa de poeira sedimentável sobre a área da escola. Aplicar questionário para que sirva de fixação de conteúdos e averiguação da eficácia do processo de ensino.

Fonte: Autoria própria (2021).

5.5.3 Expectativas e resultados esperados do processo de ensino

Como informado no item 5.5, devidos aos acontecimentos que se desenrolaram após o surgimento da pandemia COVID-19, não foi possível a aplicação desta sequência didática. Assim sendo, o que será descrito a seguir é o resumo das dinâmicas das aulas que se propõe para a sua utilização e as expectativas e resultados previstos após sua aplicação dentro do processo de ensino de química em regime presencial.

Uma descrição mais detalhada das dinâmicas das aulas pode ser encontrada no Apêndice A

5.5.3.1 Aula 1: Acolhimento, apresentação e discussão da proposta de ensino: Sequência Didática

Por ser uma SD concebida para aplicação a partir dos primeiros dias do ano letivo, o professor deve ter ciência que o tempo da primeira aula tem que ser administrado para caber no módulo de aula os informes de praxe de início de toda etapa escolar e os informes da proposta de ensino de química vinculada à sequência didática.

Inicialmente, faz-se o acolhimento dos alunos com as boas-vindas aos veteranos e a recepção e apresentações dos novatos. Logo a seguir, são dadas as informações gerais como organização do espaço, datas de cumprimento de metas, horários e demais informações administrativas da escola que permitem a organização pessoal dos educandos, ao mesmo tempo em que deixa transparecer o clima de seriedade que todo ambiente escolar deve ter.

Após informado e esclarecido o funcionamento do ano letivo, aos alunos são apresentados o planejamento das aulas de química para o ano letivo e, principalmente, para o primeiro bimestre em que se dará a aplicação da SD. Este é momento em que serão explanados o conceito, os objetivos, a duração e as ações da sequência didática.

Dinâmica da aula:

1 - Realizar uma explanação sobre SD como ferramenta do Ensino de Ciências por Investigação.

2 – Apresentar e ler o texto “A importância da Questão Ambiental” de Moreira e Sene (2016).

3 - Informar que será realizada uma pesquisa de investigação sobre a taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno. Para tanto, será seguido os procedimentos metodológicos constantes na NBR Norma Brasileira NBR 12065 de maio de 1991. Atmosfera – Determinação da taxa de poeira sedimentável total – Método de ensaio (Método do Jarro) (Anexo A)

4 – Explicar passo a passo os procedimentos metodológicos que formam a NBR 12065/91.

5 – Apresentar a aparelhagem, *in loco*, que servirá para coletar de material para análise.

6 – Aplicar um questionário para que sejam levantadas ideias prévias dos estudantes acerca de assuntos relacionados à poluição atmosférica e soluções químicas, a saber:

a) Você sabe o que e quais são os poluentes atmosféricos?

b) Você sabe quais são parâmetros para definição da qualidade do ar?

c) Você sabe em que época do ano a poluição atmosférica é mais acentuada?

() No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.

() No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.

() No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.

() Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.

() Não sei

d) Você sabe o que é uma solução química? Defina

e) Você sabe o que representa a concentração de uma solução?

f) Você sabe como se faz para diluir uma solução? Explique um procedimento simples

g) Qual sua sugestão para eliminar ou, ao menos, diminuir a poluição na cidade em que você mora?

Expectativas e resultados esperados:

1 – Despertar nos alunos o interesse pela temática poluição atmosférica.

2 – Promover a introdução do tema poluição atmosférica e do objeto de conhecimento soluções químicas e relação de concentração

3 – Por meio da proposta de determinação da taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno, instigar os alunos ao interesse pela pesquisa investigativa e por questões ambientais.

4 – Por meio da análise do questionário prévio, construir um diagnóstico sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre poluição atmosférica e soluções químicas que subsidiará as abordagens das aulas subsequentes.

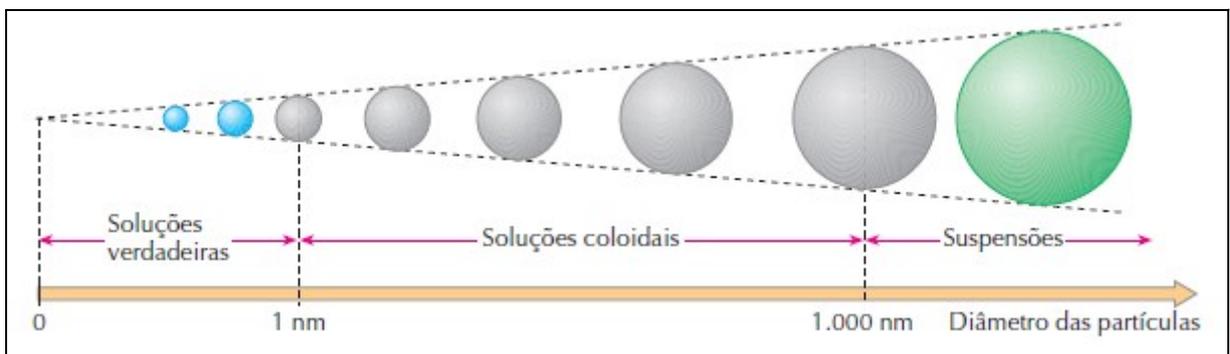
5.5.3.2 Aula 2: Dispersões e as soluções verdadeiras

Como estudado no primeiro ano do ensino médio, ao se tentar misturar duas substâncias, o conjunto resultante desta operação pode ser uma mistura homogênea ou em uma mistura heterogênea.

Desse fato resulta a definição para dispersões que, segundo Feltre (2004), são sistemas nos quais uma substância está disseminada, sob a forma de pequenas partículas, em uma segunda substância. A primeira substância chama-se disperso ou fase dispersa; e a segunda, dispersante ou fase de dispersão.

A classificação das dispersões é feita de acordo com o diâmetro médio das partículas dispersas: Soluções verdadeiras, entre 0 e 1 nm; Soluções coloidais, entre 1 e 1000 nm e, por fim, Suspensões, acima de 1000 nm, Figura 25. Lembrando que, no Sistema Internacional de Unidades (SI), o prefixo nano (n) significa 10^{-9} e, assim, 1 nm (nanômetro) = 10^{-9} m (metro) (FELTRE, 2004).

Figura 25 - Esquema representativo dos diâmetros das partículas.



Fonte: Feltre (2004).

Partículas coloidais são suficientemente pequenas para desenvolver movimentos espontâneos provenientes de colisões e repulsões entre elas, porém quando um feixe de luz atravessa a solução é possível observar o caminho que a luz percorre dentro do sistema. Este fenômeno, conhecido como Efeito Tyndall, ocorre devido à dispersão de luz pelas partículas coloidais. Em soluções verdadeiras, não se verifica o trajeto do feixe de luz e, por este fato, é possível diferenciar soluções verdadeiras e soluções coloidais através de ensaios de espalhamento de luz com o uso do laser (SILVA NETO e ALMEIDA, 2009).

Aproveitando a descrição do Efeito Tyndall, macroscopicamente visível, provocado pelas partículas coloidais é que se desenvolverá a aula 2.

Dinâmica da aula:

1 – Inicialmente, apresentar e ler o texto “As soluções e o Cotidiano” de Tito e Canto (2006), para auxiliar na compreensão das diversas misturas de substâncias.

2 – Em seguida, apresentar, ler e discutir os conceitos em texto sobre “Dispersões”.

3 – Propor uma prática em sala de aula para se verificar, macroscopicamente, o tipo de misturas formadas.

4 – Formar seis (06) de alunos, distribuir material e orientá-los para que façam misturas que possam ser definidas como soluções verdadeiras ou soluções coloidais a partir da observação do Efeito Tyndall.

5 – Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade, aplicar um questionário, a saber:

- a) Defina dispersão e como elas são classificadas.
- b) Defina o que é solução verdadeira, solvente e soluto.
- c) No experimento realizado quais misturas testadas se comportaram como soluções verdadeiras?
- d) No experimento realizado quais misturas testadas não se comportaram como soluções verdadeiras?
- e) Em relação à mistura com poeira coletada no chão do pátio ou na quadra da escola, quais as observações foram percebidas? E quais as possíveis consequências quando essa poeira se mistura às águas das chuvas?

Expectativas e resultados esperados:

1 – A compreensão dos conceitos relacionados às dispersões, em especial, soluções químicas.

2 – Resultados macroscópicos dos experimentos.

3 – O aumento do interesse pelas aulas subsequentes da SD.

4 – Uma avaliação da aprendizagem dos temas abordados na aula a partir das anotações, observações e correção do questionário de fixação.

5.5.3.3 Aula 3: Soluções e concentração de soluções

A resolução n. 491 de 19 de novembro de 2018, que estabelece padrões de qualidade do ar, em seu artigo 3º, parágrafo quarto, determina que se adote como unidade de medida de concentração dos poluentes atmosféricos o micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) com exceção do Monóxido de Carbono que será reportado como partes por milhão (ppm) (BRASIL, 2018).

Segundo os procedimentos metodológicos NBR 12065/91, que trata da determinação da taxa de poeira sedimentável total, deve ser colocado, por meio de proveta, 250 mL de água destilada ou deionizada em cada um dos frascos coletores de poeira sedimentável. Em seguida, adicionar 2 mL do algicida cloreto de zefirol solução 0,1 % m/v e tampar o frasco até o momento da coleta. Outros algicidas como paraclorofenol, sulfato de cobre (0,5 mL solução 20% m/v) e surfactantes tipo catiônicos também podem ser usados (ABNT, 1991).

Esses termos acima citados, tais como: medida de concentração, micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), partes por milhão (ppm), proveta, água destilada ou deionizada e solução % m/v são típicos da linguagem científica que envolvem o estudo das soluções químicas e suas concentrações. Logo, é razoável concluir que para ter um entendimento sobre poluição atmosférica se justifica o estudo sobre soluções e concentração.

Dinâmica da aula:

1 – Inicialmente, apresentar e ler os textos “O risco do monóxido de carbono” e “INPM versus °GL” de Tito e Canto (2006), para introduzir o estudo de soluções químicas e concentração de soluções.

2 – Em seguida, apresentar, ler e discutir os conceitos sobre concentração de soluções.

3 – Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade, aplicar um questionário, a saber:

a) O sulfato de cobre II (CuSO_4) é um sólido cristalino azul que forma soluções em meio aquoso. Como você prepararia uma solução contendo 200 g desse sal em 1000 mL de solução?

b) Determine a concentração comum (g/L) da solução preparada na questão (a).

c) Determine a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da solução preparada na questão (a).

d) Determine a concentração em porcentagem massa por volume (% m/v) da solução preparada na questão a.

e) Um atleta realizou a prova dos 100 m rasos em 9,8 segundos. Pego no exame antidoping, admitiu ter ingerido 0,05 g de um medicamento proibido. Admitindo-se que 20% da droga foi metabolizado pelo organismo e o restante excretado em 500 mL da urina, qual a concentração, em ppm, da substância proibida na sua urina?

Expectativas e resultados esperados:

1 – A compreensão dos conceitos relacionados às soluções químicas e à concentração de soluções.

2 – O aumento do interesse pelas aulas subsequentes da SD.

3 – Uma avaliação da aprendizagem dos temas abordados na aula a partir das anotações, observações e correção do questionário de fixação.

5.5.3.4 Aula 4: Soluções concentradas e soluções diluídas

A adição de solvente a uma solução causa sua diluição. Nesse processo, a quantidade de soluto permanece constante ao longo da diluição, mas o volume da solução aumenta, de modo que há menos soluto por unidade de volume. Por consequência, a concentração diminui e a solução assim obtida é denominada diluída (Ciscato *et al*, 2016).

Os algicidas são produtos químicos usados para eliminar as algas da água e prevenir o seu surgimento, evitando a coloração indesejada e outras consequências. Existem dois tipos do produto no mercado, o algicida de choque, indicado para

eliminar algas em águas já afetadas por sua presença, e o algicida de manutenção, utilizado em águas limpas, para prevenir o surgimento das algas.

Na instalação dos frascos utilizados para coleta da poeira sedimentável, conforme a NBR 12065/91, deve ser colocado, por meio de proveta, 250 mL de água destilada ou deionizada em cada frasco coletor e, em seguida, adicionar 2 mL do algicida Cloreto de zefirol solução 0,1 % m/v. Como a metodologia permite substituições das soluções algicidas, a presente pesquisa utilizou como algicida o Sulfato de cobre II, precisamente, 0,5 mL solução 20% m/v.

Este referido procedimento realizado no frasco coletor de poeira configura uma diluição da solução algicida e é, justamente, este fato que deve ser explorado no desenvolvimento da aula 4.

Dinâmica da aula:

1 – Inicialmente, apresentar e ler o texto “Soluções concentradas e soluções diluídas” de Ciscato *et al.* (2016) para introduzir o estudo de diluições de soluções químicas.

2 – Em seguida, apresentar, ler e discutir os conceitos sobre diluições de soluções químicas.

3 – Propor uma prática em sala de aula para se verificar, macroscopicamente, alguma alteração que corrobore para demonstrar a realização da diluição.

4 – Formar grupos com, no máximo, cinco alunos, distribuir material e orientá-los para que façam uma solução de sulfato de cobre II a 20% m/v e, a seguir, duas diluições sucessivas.

5 – Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade, aplicar um questionário, a saber:

a) Quais mudanças visuais são observadas nas soluções após as sucessivas diluições?

b) Qual é a concentração comum da solução inicial?

c) Qual é a concentração em quantidade de matéria da solução inicial?

d) Qual é a concentração % m/v da solução inicial?

e) Quais são as concentrações % m/v das soluções formadas após as sucessivas diluições?

Expectativas e resultados esperados:

- 1 – A compreensão dos conceitos relacionados à diluição de soluções químicas.
- 2 – Resultados macroscópicos dos experimentos.
- 3 – O aumento do interesse pelas aulas subsequentes da SD.
- 4 – Uma avaliação da aprendizagem dos temas abordados na aula a partir das anotações, observações e correção do questionário de fixação.

5.5.3.5 Aula 5: Agentes poluidores do ar e parâmetros de qualidade do ar

A análise da percepção de alunos 2º ano sobre vários aspectos da vida cotidiana foi reveladora em relação a como percebem a atuação do poder público no combate à poluição ambiental. Apenas 10,34% dos estudantes responderam que o poder público, seja executivo, judiciário e legislativo fazem sim esse combate e 55,17% disseram não saber se existe atuação destes entes frente a essa problemática.

São afirmações que obrigam, no mínimo, a uma reflexão sobre este desconhecimento sobre a atuação dos entes públicos no enfrentamento da poluição ambiental. A existência de uma legislação específica, os estudos realizados e publicados, os acordos e contratos firmados, as estruturas administrativas montadas para tratar do tema mostram que existe sim uma atuação do poder público, mas que, por algum motivo, é desconhecido para setores da sociedade. E assim sendo, cabe uma discussão sobre essa temática e a sala de aula torna-se um lugar perfeito para esse debate.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, por meio de legislação pertinente, a Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, é que tem a responsabilidade legal de estabelecer padrões de qualidade do ar (BRASIL, 2018)

Na resolução constam as definições para Poluentes atmosféricos; Padrão de qualidade do ar; Plano de controle de emissões atmosféricas; Material particulado MP10; Material particulado MP2,5; Partículas totais em suspensão – PTS e, por fim, Índice de Qualidade do Ar – IQAR. Explorar a Resolução Conama nº 491/2018 e suas implicações é o que se pretende fazer no desenvolvimento da aula 5.

Dinâmica da aula:

1 – Inicialmente, apresentar e ler o texto “A poluição do ar e os impactos ambientais” de Almeida e Rigolin

2 – Apresentar, ler e debater o quadro informativo sobre o conjunto de Poluentes atmosféricos e seus, respectivos, padrões de Qualidade do Ar, conforme Resolução Conama nº 491/18.

3 – Apresentar, ler e debater o quadro informativo sobre a estrutura do Índice de Qualidade do Ar (IQAr) e o quadro da relação entre valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde, conforme Resolução Conama nº 491/18 e o Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar do Ministério do meio Ambiente (MMA)

4 – Apresentar, ler e debater a fórmula de cálculo do Índice de Qualidade do Ar (IQAr), conforme Resolução Conama nº 491/18 e o guia técnico do MMA.

5 – Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade, aplicar um questionário, a saber:

a) Supondo-se que em uma estação de monitoramento da qualidade do ar de uma certa localidade tenham sido observados os seguintes valores de concentração para os poluentes SO₂, O₃ e NO₂, em ordem:

-SO₂ média de 24 horas de 130 µg/m³;

- O₃ máxima média de 8 horas de 130µg/m³;

- NO₂ máxima de 1 hora de 130 µg/m³;

Com esses dados e com uso da equação para IQAr, calcule o índice de qualidade do ar dessa localidade.

b) Qual dos poluentes acima é o mais poluente, em função das concentrações registradas?

c) Como deve ser a comunicação para a população desta localidade?

d) Quais os riscos que esta população está sujeita por conviver com o ar atmosférico local?

Expectativas e resultados esperados:

- 1 – A compreensão dos conceitos relacionados à agentes poluidores do ar e parâmetros de qualidade do ar
- 2 – O aumento do interesse pelas aulas subsequentes da SD.
- 4 – Uma avaliação da aprendizagem dos temas abordados na aula a partir das anotações, observações e correção do questionário de fixação.

5.5.3.6 Aula 6: A qualidade do ar e as redes de monitoramento

A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos, pela topografia, pela ocupação do solo e pelas condições meteorológicas. Deste modo, o conhecimento dos níveis de concentração de poluentes no ar, por meio de redes de monitoramento, e dos fatores que influenciam a dispersão destes poluentes, possibilita a gestão adequada da qualidade do ar (BRASIL, 2019).

Segundo o Guia Técnico Para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente:

O objetivo da gestão da qualidade do ar é controlar a poluição atmosférica de forma a garantir o desenvolvimento socioeconômico de forma equilibrada e ambientalmente sustentável. Esta gestão pode incluir o controle das fontes, especialmente em situações meteorológicas de dispersão desfavoráveis, como, por exemplo, a inversão térmica, ou ainda a desconcentração das fontes para reduzir as emissões e os impactos destes poluentes. Para tanto, é necessário adotar ações de monitoramento, prevenção e redução das emissões de poluentes (BRASIL, 2019, p.9).

Para o desenvolvimento da aula 6 serão aproveitados os dados da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar de Minas Gerais que estão disponíveis, para estudo e análise, no banco de dados da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais.

Dinâmica da aula:

- 1 – Inicialmente, apresentar e ler o texto “Efeitos das condições meteorológicas na poluição do ar” de Resende (2007).

2 – Apresentar e debater uma ilustração feita com o uso programa Google Earth do perfil de elevação de uma cidade que pertença à Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar de Minas Gerais.

3 – A FEAM disponibiliza os dados de monitoramento da qualidade de ar em arquivo no formato Microsoft Excel de todas as cidades que compõem a rede monitoramento da qualidade do ar. Trata-se de uma série histórica, iniciada em 2015, contendo os dados das médias horárias das concentrações dos diversos poluentes descritos na Resolução nº 491/18.

Assim, escolher um ano da série histórica e construir uma tabela, a exemplo do item 5.3.2, com os dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar da cidade de estudo. A seguir, apresentar aos alunos para leitura e análise.

4 – Formar grupos com, no máximo, seis alunos, distribuir material e orientá-los para que, a partir da tabela apresentada, façam gráficos de barras, a exemplo do item 5.3.2, que permitam a visualização do comportamento dos poluentes ao longo ano.

5 – Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade, aplicar um questionário, a saber:

- a) Quais fatores influenciam a dispersão dos poluentes atmosféricos?
- b) Como relevo da cidade selecionada para estudo pode influenciar na dispersão dos poluentes?
- c) Como foi o comportamento dos poluentes em função das chuvas?
- d) Como foi o comportamento dos poluentes em função dos ventos?
- e) Como foi o comportamento dos poluentes em função da temperatura?
- f) Em que época do ano a poluição atmosférica é mais acentuada?
 - () No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.
 - () No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.
 - () No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.
 - () Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.
 - () Não sei

5.5.3.7 Aula 7: Resultado da determinação da taxa de poeira sedimentável total e questionário avaliativo

A NBR 12065/1991 tem como objetivo prescrever o método de determinação da quantidade de poeira sedimentável total na atmosfera, precipitada em uma área de 1 km², durante um período de 30 dias. A norma define como poeira sedimentável a poeira presente na atmosfera, susceptível à coleta por sedimentação livre, compostas por partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para depositar no frasco coletor e bastante pequenas para atravessar uma peneira de 0.84 mm (20 mesh).

No momento desta aula já se passaram 30 dias do calendário escolar e, para tanto, o tempo suficiente para fazer os procedimentos para análise da poeira coletada. E assim sendo, o desenvolvimento da aula 7 será pautado pela finalização do processo de determinação da taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno.

Dinâmica da aula:

1 – Inicialmente, apresentar e ler o texto “Caracterização e quantificação de Partículas Sedimentadas” do IEMA-ES (2011).

2 – Informar o diâmetro da boca do coletor e pedir que os alunos calculem a área da boca do coletor, a partir da fórmula a seguir::

$$A = \pi \left\{ \frac{d}{2} \right\}^2$$

3 - Apresentar aos alunos os valores das massas de todos os coletores, de amostragem e o branco, para que realizem o cálculo da massa de poeira sedimentável, a partir da fórmula, a seguir:

$$m = (m_2 - m_1) - (m'_2 - m'_1)$$

4 – Solicitar aos alunos que realizem o cálculo da taxa de poeira sedimentável, a partir da fórmula, a seguir:

$$Q = \frac{3 \text{ m } 10^5}{t A}$$

5 – Para averiguação da eficácia da sequência didática, aplicar um questionário, a saber:

a) Qual foi o valor da taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno?

b) O valor da taxa de poeira sedimentável está dentro do permitido pela legislação vigente (Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981)?

c) Você sabe o que é uma solução química? Defina

d) Você sabe o que representa a concentração de uma solução?

e) Você sabe como se faz para diluir uma solução? Explique um procedimento simples

f) Quais são os principais poluentes atmosféricos que são monitorados diariamente?

g) Qual sua sugestão para eliminar ou, ao menos, diminuir a poluição na cidade em que você mora?

Expectativas e resultados esperados:

1 – A compreensão dos conceitos relacionados à poluição, em termos de partículas sedimentáveis.

2 – O aumento do interesse pelas aulas da área de ciências da natureza.

3 – Uma avaliação da aprendizagem que sirva de fixação de conteúdos e averiguação da eficácia do processo de ensino.

6 CONCLUSÕES

Em função dos objetivos propostos e com base nos resultados alcançados pode-se concluir que:

1º) A determinação da taxa de poeira sedimentável total, como previsto, se realizou em três pontos da região urbana da cidade de Ipatinga e seguiu procedimentos metodológicos da ABNT NBR 12065 de 1991, a mesma empregada por indústrias da região como a siderúrgica Usiminas. A metodologia se mostrou de fácil entendimento e eficiente para a finalidade a que se propõe. De simples manejo operacional, demanda laboratório com equipamentos básicos, poucas vidrarias e reagente de fácil acesso, exigindo apenas os cuidados de segurança de praxe para sua execução. O custo total das estruturas de coleta das amostras ficou em R\$ 150,00.

Foram doze períodos de ensaios completos (30 ± 2 dias) com início em 21 de julho de 2020 e fim em 26 de julho de 2021. E os resultados foram expostos em uma tabela que serviu construção dos gráficos para auxiliar a interpretação das informações. A pesquisa considerou os padrões de qualidade do ar segundo a DN COPAM nº 01/1981, que define para áreas residenciais e comerciais ($5\text{g}/\text{m}^2/\text{mês}$).

Os valores apurados nas análises permitem inferir que a área mais urbanizada de Ipatinga sofre com a poluição atmosférica, em termos de partículas sedimentáveis, ficando evidenciado que o problema se intensifica em períodos de menor precipitação pluviométrica, baixas temperaturas e calmaria dos ventos.

Especificamente, o bairro Bela Vista, ponto 1, durante todos os períodos avaliados, esteve submetido a uma taxa de poluição acima do permitido em legislação. No centro da cidade, ponto 2, apenas em janeiro de 2021 foi registrado taxa de poeira dentro dos padrões aceitáveis. Por fim, o bairro Cariru, ponto 3, foi a área menos afetada registrando taxas de poeira de acordo como preconizado pela legislação de outubro de 2020 a fevereiro de 2021.

2º) O inventário de fontes fixas de emissão de poluentes atmosféricos revelou que as áreas selecionadas são impactadas por diversas atividades de natureza industrial. Ancorado nas informações da DN COPAM nº 187/2013, que estabelece Limites Máximos de Emissão (LME) para poluentes atmosféricos de fontes fixas pontuais, da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) (IBGE, 2021)

e da Receita Federal, foi possível identificar seis (06) empreendimentos de viés industrial no Bairro Bela Vista, vinte sete (27) no centro da cidade, incluindo a siderúrgica Usiminas, e cinco (05) no bairro Cariru.

Some aos impactos destes empreendimentos, a poluição gerada por uma frota de 156.405 de veículos existente em Ipatinga, a maior da RMVA.

3º) Acerca do estudo estatístico sobre os dados de monitoramento da qualidade do ar de Ipatinga-MG, foram analisados os dados fornecidos pela FEAM da estação automática de monitoramento de qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga-MG, ano 2019. Com uso das ferramentas do *software* Excel, fez-se análise das médias aritméticas mensais dos dados válidos e, em seguida, construídos tabela e gráficos para melhor interpretação das informações.

A análise dos dados compreendeu os doze meses completos do ano de 2019 e foram analisados os comportamentos dos poluentes: PTS, PM10 e PM2,5, SO₂, CO, O₃ e NO₂.

Os valores permitem concluir que o comportamento dos poluentes citados se assemelha ao da poeira sedimentável, ou seja, em períodos de menor precipitação pluviométrica, de baixas temperaturas e de calma dos ventos a poluição tende a ser maior.

4º) A respeito da percepção de alunos do 2º ano de uma escola pública sobre vários aspectos da vida cotidiana, as discussões se deram a partir de fontes primárias com base em variáveis relativas ao perfil dos participantes, de seu “habitat”, dos aspectos da qualidade de vida, conhecimentos e relacionamento com sua escola e com a cidade de Ipatinga-MG.

As informações desejadas foram obtidas pelo método *Survey*, mediante a aplicação de questionário estruturado on-line a 116 participantes de um total de 151 alunos, regularmente, matriculados no 2º ano de Ensino Médio, ou seja, 76,82% do total. Estatisticamente, o tamanho da amostra equivaleu a um nível de significância de 95% e um erro amostral de 5%.

As informações obtidas permitem concluir que 76,72% dos alunos são nascidos em Ipatinga, 84,48% são residentes fixos no município e que a principal fonte renda de 81,89% de suas famílias é proveniente de atividades associada ao setor secundário e terciário, evidenciando, assim, o forte perfil urbano dos núcleos.

Sobre poluição ambiental 98,28% dos estudantes afirmam que se trata de um evento prejudicial à saúde humana e que em Ipatinga, especificamente, o tipo de poluição que mais incomoda é a poluição atmosférica para 93,97%. Em relação ao maior incômodo causado pela poluição atmosférica 65,62% dos estudantes afirmam ser a sujeira gerada.

Sobre ações para melhoria das aulas na escola, 65,52% dos alunos responderam que seria implementar laboratórios para aulas práticas (ciências, informática, matemática e outras) e 17,24% afirmaram que o ideal seria realizar trabalhos de campos e visitas técnicas. Isso permite inferir que planejamento de aulas com abordagem de natureza investigativa tem grande potencial para aceitação.

5º) A proposta de Sequência Didática (SD) elaborada para auxiliar o ensino de química foi concluída totalizando sete aulas e concebida para ser executada no início do ano letivo para alunos do 2º ano do Ensino Médio.

A SD foi concebida em função da temática poluição atmosférica, pois este é um problema caro e incômodo para os moradores dos municípios da Região Metropolitana do Vale do Aço, mas também de tantas outras cidades urbanas.

Soluções é o objeto de conhecimento, ou seja, o conteúdo a ser trabalhado ao longo das aulas que foram planejadas. Aliás, as ações foram estruturadas para que aluno adquira papel de protagonista e que o professor explore os conhecimentos prévios dos educandos visando a construção de conceitos relacionados a este conteúdo.

Por motivos diversos, principalmente, a pandemia COVID-19, a SD não foi aplicada, razão pela qual se trata de uma proposta. Não obstante, na elaboração produto educacional foram consideradas as características que envolvem este tipo de material pedagógico. Neste sentido, a expectativa é que possa ser um material útil para professores no ensino de Química, em especial, o conteúdo de Soluções.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12065. **Atmosfera-Determinação da Taxa de Poeira Sedimentável Total**. Rio de Janeiro-RJ, 1991.

ALARCÃO, Isabel. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 1.ed. São Paulo-SP: Cortez, 2010.

ALMEIDA, Ivo Torres. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 1999.

ALMEIDA, Lúcia Marina Alves; RIGOLIN, Tércio Barbosa. **Fronteiras da globalização: o mundo natural e o espaço humanizado**. 3. ed. Volume 1. São Paulo-SP: Editora Ática, 2016.

ANTUNES, Ângela; PADILHA, Paulo Roberto. **Educação Cidadã, Educação Integral: fundamentos e práticas**. São Paulo-SP: Instituto Paulo Freire, 2010.

ARAÚJO, Viviane Macedo Reis. **Monitoramento da qualidade do ar da região do Vale do Aço- MG: Municípios de Coronel Fabriciano e Ipatinga**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. Coronel Fabriciano-MG, 2011.

ARAYA, Ana Maria Osorio; OLIVEIRA, Rodrigo Afonso La Casa; SILVA, João Ricardo Neves; MANTOVANI, Sérgio Roberto Mantovani. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico**. In. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2017

BAPTISTA, Makilim Nunes; CAMPOS, Dinael Corrêa de. **Metodologias de Pesquisa em Ciências: análises quantitativa e qualitativa**. 1. ed. São Paulo-SP: LTC Editora, 2007.

BARBETTA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Menezes; BORNIA, Antônio Cezar. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. 1. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2004.

BERNARDELLI, Marlize Spagolla. **Encantar para ensinar - um procedimento alternativo ensino de química**. In: Convenção Brasil Latino América e 9º Congresso Brasileiro de Psicoterapias Corporais. Anais. Foz do Iguaçu-PR, 2004.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo; MIERZWA, José Carlos; BARROS, Mário Tadeu; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2.ed. São Paulo-SP: Pearson Education, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **BNCC – Base Nacional Comum Curricular**. Define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Guia Técnico Para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. Estabelece as diretrizes e orienta a atuação dos órgãos ambientais em relação às ações de monitoramento da qualidade do ar. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 1996.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2011.

CARMO, Miriam Possar; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. **Abordando Soluções em Sala de Aula – uma Experiência de Ensino a partir das Ideias dos Alunos**. Revista Química Nova na Escola [online]. n. 28, maio 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar: poluentes**. 2021. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luis Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química: ensino médio**. 1.ed. Volume 2. São Paulo-SP: Editora Moderna, 2016.

CRUZ, Maria Eduarda de Brito. **Abordando Conceitos de Funções Orgânicas Oxigenadas por Meio de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem Sobre Perfumes e Essências**. 94 f. Monografia de Graduação (Licenciatura em Química). Universidade Federal rural de Pernambuco. Serra Talhada-PE, 2013.

DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo os Municípios da Federação - Agosto/2021**. 2021. Disponível em <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2021>>. Acesso em 29 de outubro de 2021.

ECHEVERRIA, Agustina Rosa. **Dimensão empírico-teórica no processo de ensino aprendizagem do conceito soluções no Ensino Médio**. 212f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas-SP, 1993.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA. **Caracterização e Quantificação de Partículas Sedimentadas na Região da Grande Vitória**. Relatório Técnico. Cariacica-ES, 2011.

FEAM. Fundação do Meio Ambiente de Minas Gérias. **Dados da qualidade do ar**. 2019. Disponível em < <http://feam.br/qualidade-do-ar/dados>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2021.

FEAM. Fundação do Meio Ambiente de Minas Gérias. **Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar em Ipatinga-MG**. 2015. Disponível em < http://feam.br/images/stories/2016/QUALIDADE_AR/Ipatinga.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

FEAM. Fundação do Meio Ambiente de Minas Gerais. **Qualidade do ar**. 2021. Disponível em <<http://www.feam.br/qualidade-do-ar/qualidade-do-ar>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

FELTRE, Ricardo. **Química: físico-química**. 6.ed. Volume 2. São Paulo-SP: Editora Moderna, 2004

GALBIATTI, Douglas Augusto; CAMARGO, Eder Pires. **Uma abordagem histórico-cultural para o ensino de física: análise e proposta de uma sequência didática**. Revista Ibero-americana de Educação. vol. 72, (OEI/CAEU), 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2008.

GOOGLE EARTH PRO. **Imagem de Ipatinga-MG**. 2021. Acesso em: 09 de outubro de 2021.

GOOGLE MAPS. **Mapa de Ipatinga-MG**. 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Ipatinga+-+MG/@-19.4448198,-42.6693866,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xafff1b46fe47d9:0x8a6e5c77d60ffcdbd!8m2!3d-19.4722733!4d-42.5503593>> Acesso em: 09 de outubro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. 2021. Disponível em <<https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema/atividades-economicas/classificacao-nacional-de-atividades-economicas>>. Acesso em 10 de julho de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades, Ipatinga-MG**. 2021. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ipatinga/panorama>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

IPATINGA. Câmara Municipal de Ipatinga. **Ipatinga**. 2018. Disponível em <<https://www.camaraipatinga.mg.gov.br/ipatinga>>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

IPATINGA. Prefeitura Municipal de Ipatinga. **Ipatinga: uma cidade vocacionada para o desenvolvimento**. 2019. Disponível em

<<https://www.ipatinga.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/ipatinga-uma-cidade-vocacionada-para-o-desenvolvimento/95198>>. Acesso em 04 de novembro de 2019.

INMET. Instituto nacional de Meteorologia. **Estação: TIMOTEO (A511)**. 2019. Disponível em < <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A511>>. Acesso em 15 de julho de 2021.

INMET. Instituto nacional de Meteorologia. **Estação: TIMOTEO (A511)**. 2021. Disponível em < <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A511>>. Acesso em 30 de julho de 2021.

JOIA, Luciane Cristina, RUIZ, Tania e DONALISIO, Maria Rita. **Condições associadas ao grau de satisfação com a vida entre a população de idosos**. Revista de Saúde Pública [online]. 2007, v. 41, n. 1, pp. 131-138, 2007.

KOEPSEL, Raica. **CTS no Ensino Médio: aproximando a escola da sociedade**. 132f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciência). Universidade Federal de Santa Catarina - SC, 2003.

LUCCI, Elian Alabi; BRANCO Anselmo Lazaro; MENDONÇA Cláudio. **Território e Sociedade no Mundo Globalizado**. 3.ed. Volume 1. São Paulo-SP: Saraiva, 2016.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de junho de 1981**. Fixa normas e padrões para Qualidade do Ar. Diário Oficial de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 1981.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013**. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências. Diário Oficial de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Orienta o processo de implementação dos projetos pedagógicos a cargo das instituições de Ensino Médio, públicas e privadas, que integram o Sistema Estadual de Ensino do Estado de Minas Gerais. Diário Oficial de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do ar: fontes fixas. 2021.** Disponível em < <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas.html>>. Acesso em 25 de outubro de 2021.

MORAES, José Augusto de. **Ipatinga – Cidade Jardim.** Ipatinga-MG: ArtPublish, 2009.

MURTA, Sandra. **Ipatinga: uma Cidade em Movimento. Estudo dos Impactos do Projeto Novo Centro na remoção e no Reassentamento de População.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) Centro Universitário de Caratinga (UNEC). Caratinga-MG, 2004.

NASCIMENTO, Anne Kely Marques. **Uma Sequência de Ensino sobre Polímeros para o Ensino Médio de Química: a trajetória de produção, desenvolvimento e análise.** 116f. Dissertação (Mestrado em Educação e Docência), Universidade Federal de Minas Gerais - MG, 2015.

NASCIMENTO, Lia Midori Meyer Nascimento; GUIMARÃES, Maria Daniela Martins; EL-HANI, Charbel Niño. **Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura.** In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais. Florianópolis-SC, 2009.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite. **Química na abordagem do cotidiano: química geral e inorgânica.** 4.ed. Volume 1. São Paulo-SP: Editora Moderna, 2006

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite. **Química na abordagem do cotidiano: físico-química.** 4.ed. Volume 2. São Paulo-SP: Editora Moderna, 2006

PHILIPPI Jr, Alindo; ROMERO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental.** 1.ed. Barueri-SP. Malone LTDA, 2004.

PILETTI, Claudino. **Didática geral.** 24. ed. São Paulo-SP: Ática, 2010.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel, SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggatto e BAZZO, Walter Antônio. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio.** Ciência & Educação. Bauru-SP [online]. v. 13, n. 1, pp. 71-84, 2007.

RECEITA FEDERAL. **Emissão de Comprovante de Inscrição e de Situação Cadastral.** 2021.

<https://servicos.receita.fazenda.gov.br/servicos/cnpjreva/cnpjreva_solicitacao.asp>.

Acesso em 5 de junho de 2021.

RESENDE, Fernando. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios.** 232 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2007.

SÁ, Eliane Ferreira. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação.** 203 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG, 2009.

SILVA NETO, Humberto Gomes, ALMEIDA, Hiccaro Carlos Rodrigues. **O efeito tyndall na distinção entre soluções e coloides.** Simpequi. 7º Simpósio Brasileiro de Educação Química. Salvador-Ba, 12 a 14 julho de 2009.

SIMAVE. Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública. **Avaliação e monitoramento da educação básica.** 2020. Disponível em <<https://simave.educacao.mg.gov.br/#!/pagina-inicial>>. Acesso em 15 de outubro de 2020.

USIMINAS U. Usinas Siderúrgica de Minas Gerais S/A. **Acompanhamento mensal do monitoramento de partículas sedimentáveis em cumprimento ao disposto no item 4.1.2 do termo de ajustamento de conduta firmado entre a Usiminas e o Ministério Público de Minas Gerais.** Relatório mensal – agosto de 2020. Ipatinga-MG, 2020.

MOREIRA, João Carlos; SENE, Eustáquio. **Geografia geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização.** 3. ed. Volume 1. São Paulo-SP: Editora Scipione, 2016.

VIEIRA, Neise Ribeiro. **Poluição do ar: indicadores ambientais.** Rio de Janeiro-RJ: E-papers, 2009.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre-RS: ArtMed, 1998.

APÊNDICES

APENDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: Proposta de Sequência Didática



SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) COM O FOCO EM SOLUÇÕES E NO ESTUDO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA



Apresentação

Há milhares de anos, o homem vive sobre a superfície do Planeta Terra e, em tempo relativamente curto, adquiriu habilidades que lhe permitiram entender, consideravelmente, grande parte dos fenômenos que ocorriam à sua volta. Isto foi suficiente para que subjugasse outros seres, dominasse técnicas de manufatura e usufrísse dos recursos do planeta em prol de sua subsistência, segurança, conforto e ambições.

No entanto, estas ações de ser dominante têm um custo. Com a população crescente e as necessidades cada vez maiores, a pressão sobre o planeta se intensificou e provocou consequências e problemas que precisam ser enfrentados e resolvidos. Além da exploração e consumo exagerados de alguns recursos, a poluição ambiental é um dos problemas dos tempos atuais mais perceptíveis, carecendo de solução imediata.

O enfrentando da problemática ambiental não é tarefa de um homem ou de um grupo de pessoas, tão pouco de uma só nação, mas, sim, responsabilidade de cada sociedade moderna que viva em qualquer região deste planeta. Há muito que se possa fazer e inúmeros recursos para isso; a começar pelo principal deles: a informação.

Neste sentido, entendendo que escola é o espaço adequado para fomentar o debate e a construção de conhecimentos acerca de uma temática tão relevante como a poluição atmosférica, o objetivo do presente trabalho é a proposição de uma sequência didática investigativa com o foco em soluções químicas e no estudo da poluição atmosférica, em termos de partículas sedimentáveis.

É essencial destacar que este material não deve ser usado como única fonte de pesquisa e estudo, pois se trata de um instrumento de auxílio dentro do processo de ensino das ciências da natureza, em especial, da química.

O autor.

AULA 1: Acolhimento, apresentação e discussão da proposta de ensino: Sequência Didática

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de texto para leitura e reflexão

A importância da Questão Ambiental

Fonte: Moreira e Sene. Geografia geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização, 2016. p. 251.

“A Terra provê o suficiente para as necessidades de todos os homens, mas não para a voracidade de todos”.

Mahatma Gandhi (1869-1948), líder político indiano.

Ao final da década de 1960, o mundo estava polarizado entre dois blocos políticos e econômicos antagônicos: o capitalista, sob a influência dos Estados Unidos que comandava o “primeiro mundo”, e o socialista ou “segundo mundo”, sob a influência da União Soviética. Nessa época, os problemas ambientais começavam a ser enfrentados no primeiro mundo, sobretudo na Europa, e os países do segundo mundo ainda buscavam acelerar seu processo de industrialização promovendo grandes agressões ambientais. Entre os países em desenvolvimento, na época também conhecidos como “terceiro mundo”, em sua maioria capitalistas, também imperava um modelo de crescimento econômico bastante agressivo ao meio ambiente.

No início da década de 1970, as principais correntes de pensamento sobre as causas da degradação ambiental culpavam a busca incessante do crescimento econômico e a “explosão demográfica” pelo aumento da exploração dos recursos naturais, pela poluição e pelo desmatamento. Em 1971 foi publicado um estudo chamado Limites do crescimento, realizado por um grupo de cientistas de vários países que se reuniam com a intenção de estudar os problemas mundiais. Esse grupo ficou conhecido como Clube de Roma e seu estudo analisou cinco variáveis: tecnologia, população, nutrição, recursos naturais e meio ambiente, concluindo que

o planeta entraria em colapso até o ano 2000 caso fossem mantidas as tendências de produção e consumo vigentes. Para evitar o colapso, sugeriam a redução tanto do crescimento populacional quanto do crescimento econômico, política que ficou conhecida como “crescimento zero”.

Imediatamente, os países em desenvolvimento contestaram essa política acusando-a de ser muito simplista e considerar que todos os países eram homogêneos quanto ao consumo de energia e matérias-primas. Embora tenha sido muito criticada, a política do “crescimento zero” tornou pública a noção de que o desenvolvimento poderia ser limitado pela disponibilidade finita dos recursos naturais do planeta.

Todos os seres humanos precisam satisfazer suas necessidades básicas de moradia, alimentação, saúde, vestimentas e educação. Qualquer modelo de desenvolvimento que impeça essa satisfação é insustentável tanto do ponto de vista social quanto ambiental, uma vez que a manutenção da pobreza dificulta o enfrentamento das questões ambientais. É necessário redefinir os objetivos e as estratégias de desenvolvimento, o que pressupõe um padrão menos dispendioso de consumo entre a parcela mais rica da população mundial e novos paradigmas para a sociedade como um todo, como nos alertou Mahatma Gandhi.

2 Determinação da taxa de poeira sedimentável total– Método de ensaio (Método do Jarro)

Informar aos alunos sobre a realização de uma pesquisa de investigação sobre a taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno (1 km²). E que, para tanto, será seguido todos os procedimentos metodológicos descritos na Norma Brasileira NBR 12065 de maio de 1991. Atmosfera – Determinação da taxa de poeira sedimentável total – Método de ensaio (Método do Jarro) (Anexo A).

Explicar passo a passo os procedimentos metodológicos que compõem a NBR e, em seguida, apresentar a aparelhagem, *in loco*, que foi, previamente, construída e instalada em local adequado e que servirá para coletar o material para análise.

Para construção e fixação de estrutura de amostragem, Figura 1, seguir as orientações descritas na NBR 12065/1991. Para confecção dos coletores, cujas

medidas são 100 mm de diâmetro da boca e 200 mm de altura, pela economia e praticidade, sugerimos o material plástico usado em garrafas de refrigerantes pet de dois litros retornáveis.

Para formar a estrutura de proteção do frasco coletor sugerimos recortes madeira pinus e para compor as estruturas do aro de pouso (poleiro de pássaros) e de fixação de todo o conjunto de amostragem a sugestão é o metal. Para resistir às agressões do tempo é aconselhável pintar toda a aparelhagem com tinta óleo

Figura 1 - Estrutura de amostragem.



Fonte: Autoria própria (2021).

3 Questionário diagnóstico

Aplicar um questionário para que sejam levantadas ideias prévias dos estudantes acerca de assuntos relacionados à poluição atmosférica e soluções químicas.

a) Você sabe o que e quais são os poluentes atmosféricos?

b) Você sabe quais são parâmetros para definição da qualidade do ar?

c) Você sabe em que época do ano a poluição atmosférica é mais acentuada?

- No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.
- No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.
- No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.
- Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.
- Não sei

d) Você sabe o que é uma solução química? Defina

e) Você sabe o que representa a concentração de uma solução?

f) Você sabe como se faz para diluir uma solução? Explique um procedimento simples

g) Qual sua sugestão para eliminar ou, ao menos, diminuir a poluição na cidade em que você mora?

AULA 2: Dispersões e as soluções verdadeiras

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de texto para leitura e reflexão

As soluções e o cotidiano

Fonte: Peruzzo (Tito) e Canto. Química na abordagem do cotidiano, Volume 1, 2006. p. 31

Solução é o nome dado pelos químicos para qualquer **mistura homogênea**.

Quando você coloca um pouco de açúcar na água e mexe até obter uma só fase, está fazendo uma solução. O mesmo acontece se você adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem.

Em Química o verbo dissolver pode ser empregado de duas maneiras. Podemos usá-lo para nos referirmos ao ato praticado por uma pessoa ao fazer uma solução. Uma frase como “eu dissolvi o açúcar em água” exemplifica esse uso.

Outro modo de usar o verbo dissolver é aplicá-lo a uma substância, a fim de expressar a propriedade que a substância tem de misturar-se a outra, originando uma solução. Numa frase como “a água dissolve o açúcar” temos um exemplo desse tipo de uso.

Quando uma substância é capaz de dissolver outra, costumamos chamá-la solvente. Assim, a água é um solvente para o açúcar, para o sal, para o álcool e para várias outras substâncias.

A substância que é dissolvida num solvente, a fim de fazer uma solução, é denominada soluto.

Se uma solução é preparada com água como o solvente, dizemos que é uma solução aquosa. Ao dissolver açúcar em água, por exemplo, obtemos uma solução aquosa de açúcar, na qual a água é o solvente e o açúcar é o soluto.



A água mineral é um exemplo de solução aquosa na qual há vários solutos presentes.

Composição química (miligramas por litro)	
Sulfato de bário	0,51
Sulfato de estrôncio	0,21
Sulfato de cálcio	2,53
Bicarbonato de cálcio	59,86
Bicarbonato de magnésio	34,66
Bicarbonato de potássio	5,63
Bicarbonato de sódio	9,73
Nitrato de sódio	6,51
Cloreto de sódio	6,53

São inúmeras as soluções presentes em nosso cotidiano, principalmente as soluções aquosas. Entre os exemplos destas últimas, temos os sucos de frutas, os refrigerantes (desconsiderando as bolhas de gás eventualmente presentes), a saliva, o plasma sanguíneo, a urina, a água da chuva e até mesmo a água potável.

Observe atentamente os rótulos de garrafas de água mineral e de outros produtos. Você perceberá que eles costumam informar quais os componentes da solução aquosa e quais as concentrações de cada um.

Embora a maior parte das soluções esteja no estado líquido, existem também soluções gasosas e soluções sólidas.

O ar atmosférico, convenientemente filtrado para eliminar partículas nele dispersas, é um exemplo de solução gasosa, na qual predominam o gás nitrogênio (cerca de 78%) e o gás oxigênio (cerca de 21%).

2 Considerações sobre dispersões

Dispersões que, segundo Feltre (2004), são sistemas nos quais uma substância está disseminada, sob a forma de pequenas partículas, em uma segunda substância. A primeira substância chama-se disperso ou fase dispersa; e a segunda, dispersante ou fase de dispersão.

O Quadro 1 apresenta a classificação das dispersões é feita de acordo com o diâmetro médio das partículas dispersas.

Quadro 1 - Classificação das dispersões.

Nome da dispersão	Diâmetro médio das partículas
Soluções verdadeiras	Entre 0 e 1 nm (nanômetro)
Soluções coloidais	Entre 1 e 1.000 nm
Suspensões	Acima de 1.000 nm

Fonte: Feltre (2004).

Lembrando que, no Sistema Internacional de Unidades (SI), o prefixo nano (n) significa 10^{-9} e, assim, 1 nm (nanômetro) = 10^{-9} m (metro) (FELTRE, 2004).

Partículas coloidais são suficientemente pequenas para desenvolver movimentos espontâneos provenientes de colisões e repulsões entre elas, porém quando um feixe de luz atravessa a solução é possível observar o caminho que a luz percorre dentro do sistema. Este fenômeno, conhecido como Efeito Tyndall, ocorre devido à dispersão de luz pelas partículas coloidais. Em soluções verdadeiras, não se verifica o trajeto do feixe de luz e, por este fato, é possível diferenciar soluções verdadeiras e soluções coloidais através de ensaios de espalhamento de luz com o uso do laser (SILVA NETO e ALMEIDA, 2009).

3 Proposta de atividade prática

Título: Observação do efeito da luz nas dispersões

Cuidados:

- Manusear as vidrarias com atenção para evitar acidentes.
- Não direcionar o *laser pointer* para o rosto das pessoas.

Materiais e reagentes:

- *laser pointer*;
- 7 béqueres de 250 mL ou copos de vidro comum de 200 mL;
- balança sensível a 1 g;
- proveta de 250 mL;
- pipeta de 2 mL;
- bastão de vidro ou colher de café;
- peneira com malha fina; e
- Água destilada ou filtrada; Sulfato de cobre II; Gelatina incolor; Poeira coletada no chão do pátio ou na quadra da escola e peneirada; Leite desnatado líquido; Álcool líquido 70% e Solução fisiológica comercial (solução de cloreto de sódio a 0,9%).

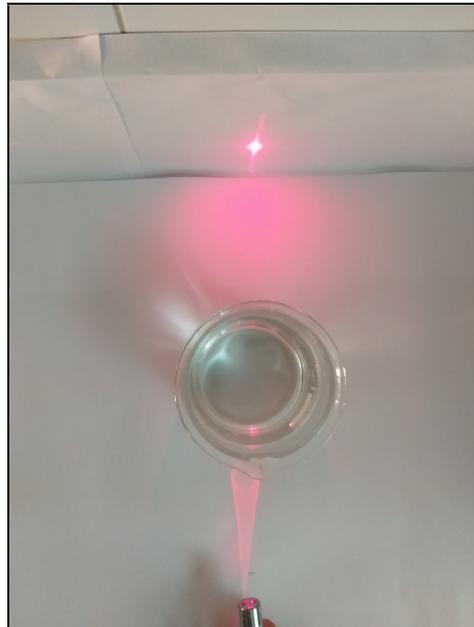
Procedimentos:

- 1º) Forme seis (06) grupos de alunos e distribua os materiais. O condutor da prática deve reservar um béquer em seu poder para ser a prova em branco;
- 2º) Numere os grupos e seus respectivos béqueres;
- 3º) Com uso da balança, medir, separadamente, 2 gramas de sulfato de cobre II; 2 gramas de gelatina incolor e 2 gramas de poeira peneirada e distribuir, respectivamente aos grupos 1, 2 e 3;

- 4º) Com uma pipeta, medir 2 mL de leite desnatado para o experimento do grupo 4;
- 5º) Com uso da proveta, medir 5 porções de 200 mL de água destilada e distribuir 1 porção para cada um dos grupos 1, 2, 3 e 4. A quinta porção de água destilada será a prova em branco;
- 6º) Adicionar 200 mL de álcool comercial líquido 70% ao béquer do grupo 5;
- 7º) Adicionar 200 mL de solução fisiológica comercial, ou seja, solução aquosa de cloreto de sódio a 0,9% ao béquer do grupo 6;
- 8º) Após agitação dos conteúdos de todos os béqueres, deixar em repouso por cerca de 10 minutos e anotar possíveis alterações visuais;
- 9º) Com o *laser pointer* teste a prova em branco e cada uma das misturas formadas. Faça as observações e os devidos registros do comportamento do feixe de luz ao atravessar cada material; e
- 10º) Solicitar que cada grupo socialize com os demais as observações de seus respectivos experimentos.

A Figura 2 ilustra as observações macroscópicas esperadas o béquer com a amostra branco: água destilada.

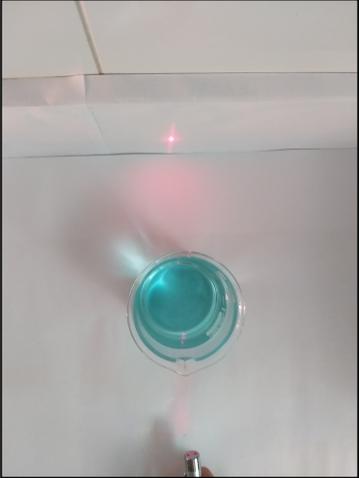
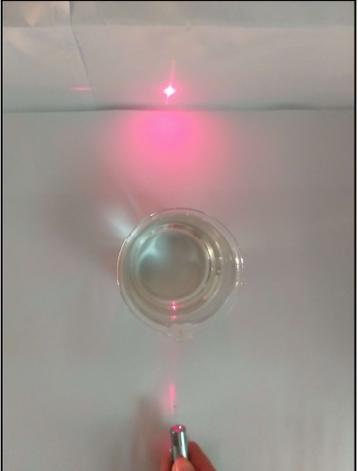
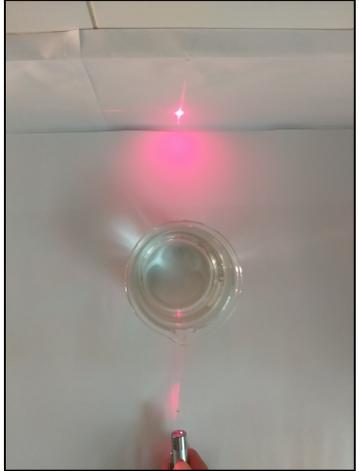
Figura 2 - Béquer com a amostra branco: água destilada.



Fonte: Autoria própria (2021).

O Quadro 2 ilustra as observações macroscópicas esperadas nas amostras submetidas à ensaios de espalhamento de luz com o uso do laser.

Quadro 2 - Observações macroscópicas esperadas do efeito da luz nas dispersões aquosas.

Sulfato de cobre II	Observação	Gelatina incolor	Observação	Poeira	Observação
	O fato de não ser observado o espalhamento da luz permite inferir que a amostra formada por sulfato de cobre II e água é uma solução verdadeira.		O trajeto do feixe de luz sobre a amostra comprova o espalhamento da luz. Isto permite deduzir que a amostra formada por gelatina e água não é uma solução verdadeira.		É possível visualizar o trajeto do feixe de luz e parte da amostra sedimentada no fundo do béquer. Isto permite deduzir que a amostra formada por poeira e água é uma suspensão.
Leite desnatado	Observação	Álcool hidratado 70%	Observação	Solução fisiológica 0,9%	Observação
	Neste ensaio o espalhamento da luz ficou bastante destacado. Isto permite deduzir que a amostra formada por leite desnatado e água não é uma solução verdadeira.		O fato de não ser observado o espalhamento da luz permite inferir que a amostra formada por álcool hidratado à 70% é uma solução verdadeira.		O fato de não ser observado o espalhamento da luz permite inferir que a amostra formada por solução fisiológica (cloreto de sódio à 0,9%) é uma solução verdadeira.

Fonte: Autoria própria (2021).

4 Questionário avaliativo

Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade,

a) Defina dispersão e como elas são classificadas.

b) Defina o que é solução verdadeira, solvente e soluto.

c) No experimento realizado quais misturas testadas se comportaram como soluções verdadeiras?

d) No experimento realizado quais misturas testadas **não** se comportaram como soluções verdadeiras?

e) Em relação à mistura com poeira coletada no chão do pátio ou na quadra da escola, quais as observações foram percebidas? E quais as possíveis consequências quando essa poeira se mistura às águas das chuvas?

AULA 3: Soluções e concentração de soluções

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de textos para leitura e reflexão

Texto 1: O risco do monóxido de carbono

Fonte: Peruzzo (Tito) e Canto. Química na abordagem do cotidiano, Volume 2, 2006. p. 25

O monóxido de carbono combina-se com a hemoglobina nos glóbulos vermelhos do sangue e a inutiliza para sua função essencial, que é a de transportar oxigênio pelo corpo. Sem oxigênio, morreremos rapidamente. E nosso cérebro é o primeiro a morrer. O monóxido de carbono (fórmula química: CO) é um gás incolor, inodoro e altamente tóxico.

Todos estamos expostos a ele porque está presente em pequenas quantidades, na atmosfera. Os maiores níveis de concentração são encontrados no ar das cidades, provenientes [da combustão nos motores] dos veículos. A maior parte dos átomos de carbono existentes em um combustível transforma-se em dióxido de carbono (CO₂) com dois oxigênios na molécula, porém um pouco do combustível em um motor ou aquecedor pode encontrar pouco oxigênio para sua combustão completa, e o carbono acaba se combinando com apenas um oxigênio por molécula.

O monóxido de carbono no ar que respiramos pode se combinar com até 5% de hemoglobina de nosso sangue e, se fumarmos, esse valor pode subir para valores da ordem de 10%. [...] Se chegar a 30% perceberemos os sintomas do envenenamento por monóxido de carbono: náuseas, dores de cabeça, indolência e dores no peito. Apenas 1% de CO no ar converte mais de 50% da hemoglobina sanguínea em uma forma que não é funcional e causa morte em uma hora. [...]

A principal fonte de monóxido de carbono proveniente da atividade humana são os gases eliminados pelos escapamentos de carros, que podem produzir níveis tão altos como 50 ppm (0,005%) em locais de tráfego intenso. [...]

Texto 2: °INPM versus °GL

Fonte: Peruzzo (Tito) e Canto. Química na abordagem do cotidiano, Volume 2, 2006. p. 29

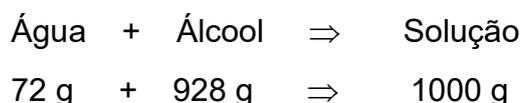
O álcool hidratado apresenta duas especificações distintas, conforme mostrado na ilustração ao lado.

Para que possamos entendê-las, é necessário saber que °INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) corresponde a uma porcentagem em massa e °GL (Gay-Lussac) corresponde a uma porcentagem em volume. Apesar de apresentarem valores numéricos diferentes, ambos se referem à mesma solução.

Os cálculos a seguir ajudam entender melhor as informações °INPM e °GL.



O significado de 92,8 °INPM para 1000g de solução.



Assim sendo, podemos efetuar o seguinte cálculo:

$$\begin{array}{rcl} 1000\text{g de solução} & \Rightarrow & 100\% \text{ (massa)} \\ 928\text{g de álcool} & \Rightarrow & X \\ X & = & 92,8\% \text{ em massa (ou } 92,8 \text{ °INPM)} \end{array}$$

O significado de 96 °GL para 1000g de solução (1208 ml)

Sendo a densidade do álcool puro (etanol) igual a $0,8 \text{ g/cm}^3$ e a da água pura igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$, podemos transformar as massas da água e do álcool presentes na solução nos seus respectivos volumes e, conseqüentemente, o volume da solução de álcool hidratado.

Em razão da densidade e da contração no volume solução atribuída às fortes ligações de hidrogênio estabelecidas entre as moléculas da água e do álcool, cálculos preliminares indicam que 1000g de álcool hidratado à 92,8 °INPM ocupam um volume de 1208 mL, dos quais 1160 ml são álcool puro.



Assim, para se calcular a porcentagem em volume, ou seja, °GL, podemos efetuar o seguinte cálculo:

1208 mL de solução \Rightarrow 100% (volume)

1160 mL de álcool \Rightarrow X

X = 96% em volume (ou 96 °GL)

2 Considerações sobre soluções e concentração de soluções

A Resolução Conama n. 491 de 2018, que estabelece padrões de qualidade do ar, em seu artigo 3º, parágrafo quarto, determina que se adote como unidade de medida de concentração dos poluentes atmosféricos o micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) com exceção do Monóxido de Carbono que será reportado como partes por milhão (ppm) (BRASIL, 2018).

Segundo os procedimentos metodológicos NBR 12065/1991, que trata da determinação da taxa de poeira sedimentável total, deve ser colocado, por meio de proveta, 250 mL de água destilada ou deionizada em cada um dos frascos coletores de poeira sedimentável. Em seguida, adicionar 2 mL do algicida cloreto de zefirol solução 0,1 % m/v e tampar o frasco até o momento da coleta. Outros algicidas como paraclorofenol, sulfato de cobre (0,5 mL solução 20% m/v) e surfactantes tipo catiônicos também podem ser usados (ABNT, 1991).

Esses termos acima citados, tais como: medida de concentração, micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), partes por milhão (ppm), proveta, água destilada ou deionizada e solução % m/v são típicos da linguagem científica que envolvem o estudo das soluções químicas e suas concentrações. Logo, é razoável concluir que para ter um entendimento sobre poluição atmosférica é justificável o estudo sobre soluções químicas e concentração.

2.1 Soluções

Soluções são sistemas homogêneos constituídos por mais de um componente. As soluções não precisam estar no estado líquido, mas devem ser sistemas homogêneos. O ar atmosférico sem poeira ou fuligem é formado por um conjunto de gases, cujos componentes em maiores proporções são os gases

nitrogênio e oxigênio. O etanol combustível e o vinagre são também exemplos de sistemas homogêneos constituídos por mais de um componente. Uma aliança de ouro também é um exemplo de material uniforme, já que não é constituída apenas de ouro, pois pode conter, por exemplo, cobre (CISCATO *et al.*, 2016)

2.2 Concentração de soluções

Segundo Feltre (2004), usamos o termo concentração de uma solução para nos referirmos a qualquer relação estabelecida entre a quantidade do soluto e a quantidade do solvente (ou da solução). Lembrando que essas quantidades podem ser dadas em massa (g, kg, etc.), em volume (m³, L, mL, etc.) ou em mols, teremos então várias maneiras de expressar concentrações.

2.2.1 Concentração comum

Generalizando, uma das maneiras usadas pelos químicos para expressar a concentração de uma solução é por meio da massa de soluto dissolvida em certo volume dessa solução. Essa grandeza, no Ensino Médio brasileiro, é frequentemente denominada concentração comum.

$$C = \frac{m}{V}$$

m = massa do soluto

V = volume da solução

2.2.2 Concentração em quantidade de matéria

A concentração em quantidade de matéria de uma solução expressa a quantidade em mols de soluto presente em cada litro de solução.

$$[] = \frac{n}{V}$$

n = quant. de matéria do soluto

V = volume da solução em litro

2.2.3 Porcentagem e partes por milhão

2.2.3.1 Porcentagem em massa (% m/m)

É calculada pela proporção da quantidade de soluto pela quantidade da solução, em unidades de massa (g, Kg).

$$\% \text{ massa} = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{massa do solvente}} \cdot 100$$

2.2.3.2 Porcentagem em volume (% v/v)

É calculada pela proporção da quantidade de soluto pela quantidade da solução, em unidades de volume (mL, L).

$$\% \text{ volume} = \frac{\text{volume do soluto}}{\text{volume do solvente}} \cdot 100$$

2.2.3.3 Percentagem massa-volume (% m/v)

É calculada pela proporção da massa de soluto pelo volume da solução.

$$\% \text{ volume} = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{volume do solvente}} \cdot 100$$

2.2.3.4 Partes por milhão (ppm)

Partes por milhão (ppm) indica quantas partes de soluto há presente em um milhão (10^6) de partes da solução. Trata-se uma grandeza que serve para relacionar o quantitativo do soluto com o de soluções que estão muito diluídas.

3 Questionário avaliativo

Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade,

a) O sulfato de cobre II (CuSO_4) é um sólido cristalino azul que forma soluções em meio aquoso. Como você prepararia uma solução contendo 200 g desse sal em 1000 mL de solução?

b) Determine a concentração comum (g/L) da solução preparada na questão (a).

c) Determine a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da solução preparada na questão (a).

d) Determine a concentração em porcentagem massa por volume (% m/v) da solução preparada na questão (a).



e) (UEG) Um atleta realizou a prova dos 100 m rasos em 9,8 segundos. Pego no exame antidoping, admitiu ter ingerido 0,05 g de um medicamento proibido. Admitindo-se que 20% da droga foi metabolizado pelo organismo e o restante excretado em 500 mL da urina, qual a concentração, em ppm, da substância proibida na sua urina?



AULA 4: Soluções concentradas e soluções diluídas

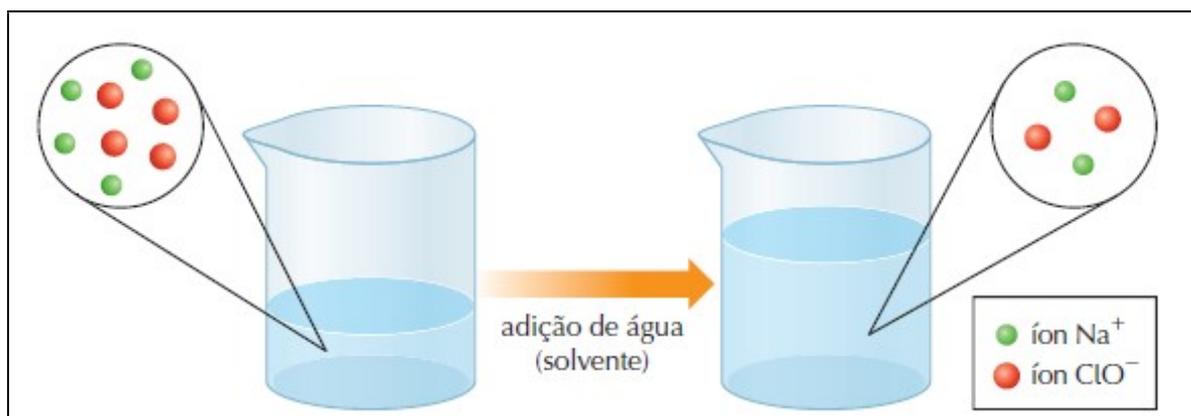
Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de texto para leitura e reflexão

Soluções concentradas e soluções diluídas

Fonte: Ciscato, Pereira, Chemello e Proti. Química. Volume 2, 2016. p.32

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), o teor de cloro ativo presente na água sanitária está relacionado com a quantidade de hipoclorito de sódio (NaClO) presente na mistura com água. O NaClO presente nesse tipo de produto apresenta atividade antimicrobiana e é eficiente na eliminação de larvas do mosquito *Aedes aegypti*. Se fosse comparada a concentração de cloro ativo na solução do frasco original com a concentração de cloro ativo na solução preparada para o combate de larvas do mosquito (1 mL do produto por litro de água) seria encontrada alguma diferença? Observe a representação a seguir.

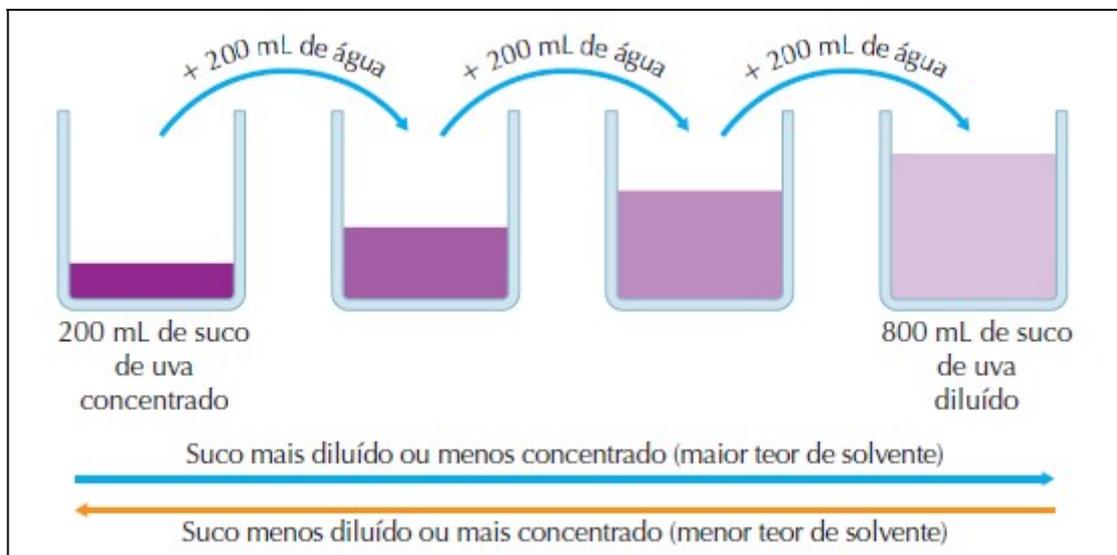


Representação de uma solução aquosa de hipoclorito de sódio antes e após a adição de água.

Comparando as duas soluções representadas, pode-se dizer que a solução à esquerda é classificada como mais concentrada em relação à outra; isso porque há maior quantidade de soluto (hipoclorito de sódio) por unidade de volume de solução.

A adição de solvente a uma solução causa sua diluição. Nesse processo, a quantidade de soluto permanece constante ao longo da diluição, mas o volume da solução aumenta, de modo que há menos soluto por unidade de volume, a concentração, desse modo, diminui e a solução assim obtida é denominada diluída.

Note que a quantidade de soluto (“muito soluto” ou “pouco soluto”) é um conceito relativo. Não há um limite matemático para dizer se uma solução é concentrada ou diluída. Mas, é possível usar os termos para efeito de comparação. A ilustração abaixo mostra a relação concentrado/diluído para o exemplo da diluição do suco de uva integral e homogêneo, comercializado em diversos estabelecimentos do país. Observe:



Esquema mostrando quatro amostras de suco de uva obtidas por diluições sucessivas.

A concentração expressa a quantidade de soluto dissolvida em uma solução. É importante saber diferenciar os termos diluir e dissolver, pois ambos aparecem muitas vezes como sinônimos na linguagem cotidiana. “O sal dilui na água”, “o óleo não dilui na água” e “dilua quatro colheres do suco em pó em 1 litro de água” são imprecisões de linguagens comuns no dia a dia.

Dissolver é espalhar de maneira uniforme uma substância em outra, de modo a produzir uma solução. Portanto, é mais adequado dizer que “o sal dissolve na água”, “o óleo não dissolve na água” e “dissolva quatro colheres de suco em pó em 1 litro de água”.

Diluir é diminuir a concentração de uma solução por adição de solvente. Por exemplo, ao acrescentar água à solução de hipoclorito de sódio a 5,0% para torná-la uma solução a 0,5%, faz-se uma diluição.

2 Considerações sobre soluções concentradas e soluções diluídas

A adição de solvente a uma solução causa sua diluição. Nesse processo, a quantidade de soluto permanece constante ao longo da diluição, mas o volume da solução aumenta, de modo que há menos soluto por unidade de volume. Por consequência, a concentração diminui a solução assim obtida é denominada diluída (Ciscato *et al.*, 2016).

Os algicidas são produtos químicos usados para eliminar as algas da água e prevenir o seu surgimento, evitando a coloração indesejada e outras consequências. Existem dois tipos do produto no mercado, o algicida de choque, indicado para eliminar algas em águas já afetadas por sua presença, e o algicida de manutenção, utilizado em águas limpas, para prevenir o surgimento das algas.

Na instalação dos frascos utilizados para coleta da poeira sedimentável, conforme a NBR 12065/91, deve ser colocado, por meio de proveta, 250 ml de água destilada ou deionizada em cada frasco coletor e, em seguida, adicionar 2 mL do algicida Cloreto de zefirol solução 0,1 % m/v. Como a metodologia permite substituições das soluções algicidas, a presente pesquisa utilizou como algicida o Sulfato de cobre II, precisamente, 0,5 mL solução 20% m/v.

Este referido procedimento realizado no frasco coletor de poeira configura uma diluição da solução algicida e este fato devemos explorar no desenvolvimento da aula 4.

2.1 Cálculo envolvido em uma diluição de uma solução

Diluição é o processo de acrescentar mais solvente a uma solução.

Antes de um processo de diluição uma solução tem concentração inicial:

$$C_i = m_1/V_i$$

Após um processo de diluição a solução passa ter uma concentração final:

$$C_f = m_1/V_f$$

em que:

C_i / C_f = concentração inicial / concentração final

m_1 = massa de soluto

V_i / V_f = volume inicial / volume final

Como a massa de soluto permanece inalterada durante a diluição, podemos trabalhar com seguinte a seguinte equação:

$$C_i . V_i = C_f . V_f$$

3 Proposta de atividade prática

Título: Observação do efeito de diluições sucessivas numa solução química

Cuidados:

- Manusear as vidrarias com atenção para evitar acidentes.

Materiais e reagentes:

- 3 balões volumétricos de 100 mL
- balança sensível a 1 g
- 1 béquer de 100 mL
- 1 pipeta volumétrica de 10 mL
- Água destilada
- Sulfato de cobre II

Procedimentos:

Essa prática será de demonstração. Assim sendo, será realizada pelo condutor da prática para observação e registros dos alunos.

1º) Com o uso da balança medir 20 g de sulfato de cobre II.

2º) Dissolver os 20 g de sulfato em água destilada, transferir para um balão volumétrico de 100 mL e completar o volume.

3º) Com o uso da pipeta de 10 mL, transferir 10 mL da solução formada para o segundo balão volumétrico e completar o volume.

4º) Com o uso da pipeta de 10 mL, transferir 10 mL da solução formada no segundo balão para o terceiro balão volumétrico e completar o volume.

5º) Fazer comentários sobre os resultados da prática e abrir espaço para perguntas e comentários dos alunos.

A Figura 3 ilustra as observações macroscópicas esperadas após as diluições realizadas.

Figura 3 - Balões volumétricos com as soluções diluídas.



Fonte: Autoria própria (2021).

4 Questionário avaliativo

Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade,

a) Quais mudanças visuais são observadas nas soluções após as sucessivas diluições?

b) Qual é a concentração comum da solução inicial?

c) Qual é a concentração em quantidade de matéria da solução inicial?

d) Qual é a concentração expressa em % m/v da solução inicial?

e) Quais são as concentrações expressas em % m/v das soluções formadas após as sucessivas diluições?

AULA 5: Agentes poluidores do ar e parâmetros de qualidade do ar

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de texto para leitura e reflexão

A poluição do ar e os impactos ambientais

Fonte: Almeida e Rigolin. Fronteiras da globalização. Volume 1, 2016. p. 32

A poluição atmosférica ocorre quando o ar contém elementos nocivos à saúde, que não entram naturalmente na composição da atmosfera. As cidades não são as únicas responsáveis pela poluição do ar. Muitos poluentes vêm de usinas termelétricas e de carvoarias instaladas fora do ambiente urbano, além de queimadas em áreas agrícolas ou de florestas. Porém, os grandes poluidores do ar atmosférico ainda são, sem dúvida, os milhares de veículos automotivos que circulam pelas cidades e as indústrias que se instalam nelas, ou nas suas proximidades.

O ar urbano contém um “coquetel” de poluentes assustador: dióxido e monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de enxofre, chumbo, ozônio, além das partículas em suspensão no ar, como a poeira do solo. Esses elementos, muito tóxicos, são resíduos eliminados por indústrias — como petroquímicas e siderúrgicas — e pela queima de combustível em veículos. Esse material particulado é prejudicial à saúde, pois, inalado com frequência, pode afetar os alvéolos pulmonares. Pesquisas recentes apontam que minúsculas partículas originárias de veículos a diesel possuem um grande potencial cancerígeno e agravam consideravelmente casos de asma e alergia.

Uma das soluções encontradas para tentar diminuir a poluição do ar urbano foi estabelecer o rodízio de veículos automotivos, em que parte da frota fica fora de circulação um dia na semana ou em um determinado período do dia. Isso acontece em cidades como São Paulo, Cidade do México, Santiago (Chile), Roma (Itália) e Atenas (Grécia), entre outras.

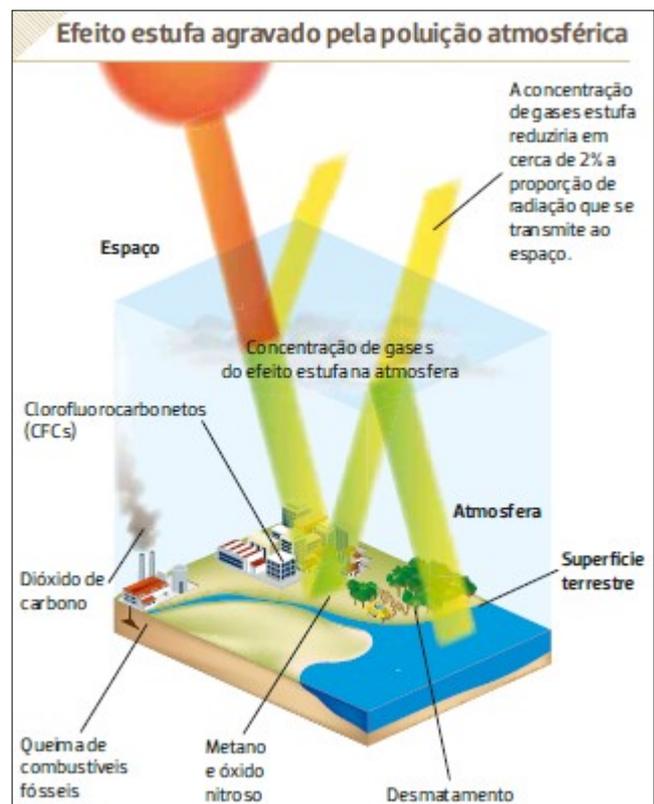
A grande quantidade de poluentes lançados na atmosfera causa muitos impactos ambientais. Em escala local e regional, destacam-se as ilhas de calor, a inversão térmica e a chuva ácida. Em escala global, são preocupantes o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio.

O efeito estufa e o aquecimento global

O efeito estufa é um fenômeno natural necessário para manter a temperatura constante na Terra. A radiação solar atravessa a atmosfera; parte dessa radiação é refletida pela Terra e absorvida pela superfície terrestre. O calor retido pelas partículas de gases e vapor de água em suspensão na atmosfera aquece o planeta, permitindo a vida.

A queima de combustíveis fósseis (carvão mineral e petróleo) por indústrias e veículos automotivo se as queimadas em florestas e áreas agrícolas são os principais

responsáveis pelo aumento da quantidade de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, o que faz intensificar a retenção do calor na superfície terrestre, elevando a temperatura global.



A destruição da camada de ozônio

O ozônio pode ser altamente tóxico. Próximo do solo, torna-se um perigoso poluente, contribuindo para a formação da chuva ácida. Mas a cerca de 20 km a 60 km de distância do solo, na estratosfera, a camada de ozônio forma uma barreira que impede a passagem dos raios ultravioleta do Sol, contribuindo para proteger a vida na Terra.

A pequena radiação que consegue atravessar essa camada é a principal causa do câncer de pele, que atinge grande número de pessoas em todo o mundo. Os raios ultravioleta do sol afetam também as plantas e os plânctons que flutuam nos oceanos e absorvem cerca de 50% das emissões de dióxido de carbono do planeta.

Os grandes inimigos da camada de ozônio são os CFCs (clorofluorcarbonetos), muito utilizado sem gases para refrigeração, em aerossóis, em material para estofamento de móveis, em carpetes e várias outras formas. Os CFCs demoram cerca de 8 anos para chegar à estratosfera; aí se rompem, sob a radiação ultravioleta, e liberam cloro. Este reage com o ozônio, transformando-o em oxigênio comum. Desse modo, causam a destruição da camada de ozônio, abrindo verdadeiros “buracos” nesse escudo protetor.

Para impedir que a situação se agravasse, em 1987, 24 países assinaram o Protocolo de Montreal, pelo qual se comprometiam a reduzir pela metade a produção de CFCs até 1999. Nesse ano, a ONU marcou para 2010 o fim da fabricação desses gases.

A chuva ácida

A água da chuva é naturalmente ácida pela dissolução de dióxido de carbono da atmosfera. Mas a mistura de poluentes existentes no ar atmosférico, como o ácido sulfúrico, o ácido clorídrico, o dióxido de enxofre, o dióxido de nitrogênio, pode torná-la ainda mais ácida. A chuva ácida foi descrita pela primeira vez em 1872, por Robert Angus Smith, químico e climatologista inglês, ao analisar os efeitos da precipitação ácida em Manchester, na Inglaterra, que provocou a oxidação de peças de metal dos prédios e monumentos da cidade.

Centrais termelétricas, caldeiras industriais e veículos automotivos são os principais responsáveis pela chuva ácida. Os efeitos da chuva ácida muitas vezes são sentidos em regiões afastadas de onde elas se formam. Rios, lagos e solos atingidos por esse tipo de chuva têm sua acidez aumentada. Os solos podem perder nutrientes como potássio, cálcio e magnésio, causando sérios danos à vegetação.

2 Considerações sobre agentes poluidores do ar e parâmetros de qualidade do ar

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, por meio de legislação pertinente, a Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, é que tem a responsabilidade legal de estabelecer padrões de qualidade do ar.

Na resolução constam as definições para Poluentes atmosféricos; Padrão de qualidade do ar; Plano de controle de emissões atmosféricas; Material particulado MP10; Material particulado MP2,5; Partículas totais em suspensão – PTS e, por fim, Índice de Qualidade do Ar – IQAR. Explorar a Resolução Conama nº 491 e suas implicações é o que se pretende fazer no desenvolvimento da aula 5.

2.1 Poluentes atmosféricos e padrão de qualidade do ar

Poluente atmosférico é qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade (BRASIL, 2018)

Padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (BRASIL, 2018)

O Quadro 3 informa os valores estabelecidos como padrão de qualidade do ar referente cada poluente atmosférico, regularmente, monitorado: Material particulado (MP10); Material particulado (MP2,5); Dióxido de enxofre (SO₂); Dióxido de nitrogênio (NO₂); Ozônio (O₃); Fumaça; Monóxido de carbono (CO); Partículas totais em suspensão e, por fim, Chumbo (Pb).

O artigo 4º da Resolução nº 491 informa que os padrões de qualidade serão adotados sequencialmente, em quatro etapas. A primeira e atual etapa, que entrou em vigor a partir da publicação da resolução, compreende os Padrões de Qualidade do Ar Intermediários PI-1.

Quadro 3 - Padrões de qualidade do ar.

Poluente atmosférico	Período de referência	PI1	PI2	PI3	PF	
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	ppm
MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

1 média aritmética anual

2 média horária

3 máxima média móvel obtida no dia

4 média geométrica anual

5 medido nas partículas totais em suspensão

Fonte: Brasil (2018).

2.2 Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

O Índice de Qualidade do Ar – IQAR é o valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde (BRASIL, 2018).

O IQAr foi criado visando facilitar a divulgação dos dados de monitoramento da qualidade do ar de curto prazo, tornando mais fácil o entendimento dos resultados pela sociedade. Já para fins de gestão da qualidade do ar, os técnicos

especializados analisam as concentrações de poluentes obtidas no monitoramento, por permitir interpretações mais refinadas (BRASIL, 2019).

Assim, torna-se difícil explicar a população que uma concentração diária observada de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 (Padrão Final Conama = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 24h) pode causar mais impactos a saúde que uma concentração horária de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 (Padrão Final Conama = 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 1h). É mais compreensível normalizar o valor do padrão para um valor adimensional, no caso 40 para os Padrões Finais de ambos os poluentes. Dessa forma, fica fácil a comunicação sem que se incorra em explicações complexas (BRASIL, 2019).

Para cada poluente medido e calculado um índice, que é um valor adimensional. Dependendo do índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que consiste em uma nota para a qualidade do ar, além de uma cor, conforme apresentado no quadro 4:

Quadro 4 - Índice de qualidade do ar.

Qualidade do ar	Índice	MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	CO (ppm) 8h	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1h	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h
N1 Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 Moderada	41 – 80	> 50 – 100	> 25 – 50	> 100 – 130	> 9 – 11	> 200 – 240	> 20 – 40
N3 ruim	81 -120	> 100 – 150	> 50 – 75	> 130 – 160	> 11 – 13	> 240 – 320	> 40 – 365
N4 muito ruim	121 – 200	> 150 – 250	> 75 – 125	> 160 – 200	> 13 – 15	>320 – 1130	> 365 – 800
N5 péssima	201 -400	> 250 – 600	> 125 - 300	> 200 – 800	> 15 – 50	>1130- 3750	>800 – 2620

Fonte: Brasil (2018).

2.3 Cálculo do Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

À concentração medida de cada poluente e atribuído um IQAr a partir da equação:

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

I_{in} = valor do índice que corresponde a concentração inicial da faixa;

I_{fin} = valor do índice que corresponde a concentração final da faixa;

C_{in} = concentração inicial da faixa em que se localiza a concentração medida;

C_{fin} = concentração final da faixa em que se localiza a concentração medida;

C = concentração medida do poluente.

2.3.1 Aplicação da equação para o cálculo do Índice de Qualidade do Ar (IQAr)

Usando as faixas do quadro 4 e a Equação para IQAr, é calculado o valor do índice para cada um dos poluentes medidos e selecionado aquele que produz o maior valor de índice para o IQAr.

Supondo-se que em uma estação de monitoramento da qualidade do ar tenham sido observados os seguintes valores:

MP10 = média de 24 horas de 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

O₃ = máxima média de 8 horas de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

NO₂ = máxima de 1 hora de 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

- Para MP10 o valor observado 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se encontra na faixa de concentração entre 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondendo aos valores de índice 121 e 200 (linha 4 dos valores);

- Para O₃ o valor observado de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se encontra na faixa de concentração entre 131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondendo aos valores de índice 81 e 120 (linha 3 dos valores);

- Para NO₂ o valor observado de e 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se encontra na faixa de concentração entre 201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondendo aos valores de índice 41 e 80 (linha 2 dos valores);

Aplicando a equação para a concentração medida de 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10:

$$IQAr = 121 + \frac{200 - 121}{250 - 151} \times (210 - 151) = IQAr = 168$$

Aplicando a equação para a concentração medida de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O₃:

$$IQAr = 81 + \frac{120 - 81}{160 - 131} \times (135 - 131) = IQAr = 86$$

Aplicando a equação para a concentração medida de $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 :

$$IQAr = 41 + \frac{80 - 41}{240 - 201} \times (220 - 201) = IQAr = 60$$

Para a simulação acima, o maior valor de IQAr calculado foi 168, que corresponde a qualidade do ar Muito Ruim, devendo essa classificação ser informada a sociedade.

2.4 Divulgação do Índice e relação entre valor do IQAr e possíveis efeitos a saúde.

O índice a ser divulgado e o maior obtido dentre os poluentes monitorados em uma estação específica.

Para a divulgação dos índices devem ser informados os meios disponíveis, tais como boletins dirigidos aos jornais e rádios e, se possível, sites de internet, painel informativo, Figura 4, e outros que as culturas locais assim o indicarem. Independentemente dos valores alcançados, os dados devem ser publicados.

Figura 4 - Painel informativo de qualidade do ar.



Fonte: Autoria própria (2021).

No Quadro 5 é sugerida uma relação de efeitos a saúde que podem ser associados aos índices na sua divulgação:

Quadro 5 - Relação de efeitos a saúde associados aos índices.

Índice	Efeitos
N1 Boa. 0 – 40	–
N2 Moderada. 41 – 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
N3 ruim. 81 – 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 muito ruim. 121 – 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 péssima. 201 – 400	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: Brasil (2018).

4 Questionário avaliativo

Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade,

a) Supondo-se que em uma estação de monitoramento da qualidade do ar de uma certa localidade tenham sido observados os seguintes valores de concentração para os poluentes SO₂, O₃ e NO₂, em ordem:

- SO₂ média de 24 horas de 130 µg/m³;
- O₃ máxima média de 8 horas de 130µg/m³;
- NO₂ máxima de 1 hora de 130 µg/m³;

Com esses dados e com uso da equação para IQAr, calcule o índice de qualidade do ar dessa localidade.

b) Qual dos poluentes acima é o mais poluente, em função das concentrações registradas?

c) Como deve ser a comunicação para a população desta localidade?

d) Quais os riscos que esta população está sujeita por conviver com o ar atmosférico local?

AULA 6: A qualidade do ar e as redes de monitoramento

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de textos para leitura e reflexão

TEXTO: Efeitos das condições meteorológicas na poluição do ar

Fonte: Adaptado de dissertação de Fernando Resende. "Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios", 2007.

Os diversos agentes poluidores lançados na atmosfera diariamente podem ter seus efeitos nocivos diminuídos ou potencializados, em função das condições meteorológicas. Dentre esses condicionantes meteorológicos que exercem efeito sobre o comportamento da poluição atmosférica estão: a inversão térmica, os ventos, as chuvas, a temperatura e a estabilidade térmica

Ventos

A turbulência causada pelos ventos contribui para a dispersão vertical e horizontal dos poluentes, diminuindo suas concentrações e atenuando seus efeitos nocivos. Almeida (1999) cita que a taxa de concentração de poluentes é inversamente proporcional à velocidade dos ventos.

É importante ressaltar que, em alguns casos, os ventos podem ter ação negativa. No caso dos canteiros de obras, a presença de ventos pode carregar material particulado para o ar, sendo papel dos construtores criar artifícios para evitar que o material particulado fique sujeito à ação dos ventos.

Chuvas

Pela ação das chuvas, o material particulado é depositado no solo. Os gases poluentes solúveis, como o dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio, também são levados para o solo, onde são neutralizados.

Embora as chuvas exerçam um papel positivo como um agente de autodepuração dos poluentes atmosféricos, vale ressaltar que ela pode ser um agente carregador desses poluentes para os corpos hídricos.

Temperatura

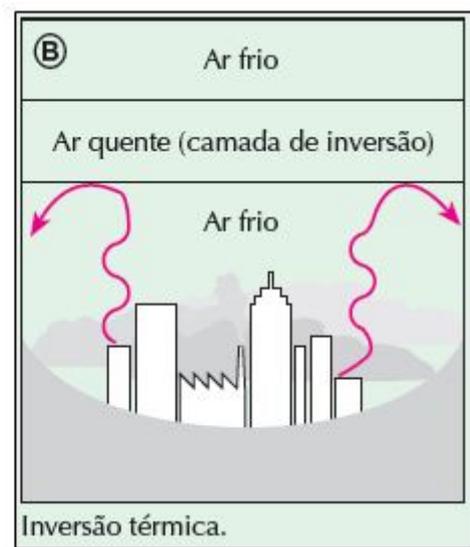
Elevações repentinas de temperatura provocam volatilização dos gases poluentes que se encontram dissolvidos nos corpos hídricos.

Outro fato relacionado à temperatura é que, em condições normais, existe um gradiente de diminuição de temperatura do ar com o aumento da altitude (o ar é mais frio em lugares mais altos). Ao longo do dia, o ar frio tende a descer (por que é mais denso) e o ar quente tende a subir (pois é menos denso), criando correntes de convecção que renovam o ar junto ao solo.

Inversão térmica

Caracteriza-se pela sobreposição de uma camada de ar quente a uma camada de ar frio, que, sendo mais densa, fica “aprisionada” sob o ar quente. Este é um fenômeno natural que ocorre durante o ano todo, especialmente, junto a encostas de montanhas ou em vales. Contudo, na estação fria, ele se manifesta próximo à superfície do solo, impedindo a formação de correntes aéreas de convecção, fazendo com que os poluentes fiquem estagnados próximos ao solo, elevando sua concentração a níveis críticos.

Isso está esquematizado nas figuras A e B (TITO e CANTO, 2006)



Estabilidade atmosférica

A estabilidade atmosférica ocorre na ausência de radiação solar, ausência de nuvens e presença de ventos leves. Quanto maior for a estabilidade da atmosfera menor será a diluição e transporte de poluentes atmosféricos.

Relevo

Embora não seja um fator meteorológico, a topografia local também exerce influência sobre a poluição atmosférica. Regiões de fundo de vale são grandes aprisionadoras de poluentes, principalmente quando ocorre a inversão térmica.

2 Considerações sobre a qualidade do ar e as redes de monitoramento

A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos, pela topografia, pela ocupação do solo e pelas condições meteorológicas. Deste modo, o conhecimento dos níveis de concentração de poluentes no ar, por meio de redes de monitoramento, e dos fatores que influenciam a dispersão destes poluentes, possibilita a gestão adequada da qualidade do ar (BRASIL, 2019).

Em conformidade com a Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, que regula o acesso à informação, a Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões (GESAR), vinculada à Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), torna público os dados válidos de monitoramento contínuo da qualidade do ar, na medida em que forem validados. E, assim sendo, mantém disponível a série histórica, iniciada em 2015, de todos os dados sobre poluentes atmosféricos analisados pela Rede de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar e Meteorologia (RAMQAM) do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2021).

Segundo a FEAM (2021), a definição de quais poluentes devem ser analisados pelas estações de monitoramento ocorre no âmbito do licenciamento ambiental da atividade econômica, atualmente definidos após a análise de Estudo de Dispersão Atmosférica (EDA). De maneira geral, os poluentes solicitados são aqueles que possuem padrões de qualidade definidos na Resolução CONAMA nº 491/2018.

As estações de monitoramento são constituídas de cabines climatizadas nas quais estão instalados os monitores de PTS, PM10 e PM2,5 e os analisadores

de SO₂, CO, O₃, NO₂, os sensores meteorológicos, o sistema de aquisição e transmissão dos dados com acesso à internet e demais acessórios necessários à operação e ao funcionamento do sistema. Os resultados são transmitidos via internet à GESAR que, após validar os dados, os tornam públicos em arquivo no formato Microsoft Excel, separados por municípios e por estações (FEAM, 2021).

Para o desenvolvimento da aula 6 serão aproveitados os dados disponíveis ao público, para estudo e análise, da RAMQAM localizados no *site* FEAM e os dados meteorológicos, também de acesso público, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3 Proposta de atividade

Título: Gráficos do comportamento de poluentes atmosféricos

Cuidados:

- Cuidados de rotina para manutenção da qualidade da aula.

Materiais:

- tabela com dados das médias mensais dos poluentes atmosféricos (FEAM) e com dados das médias mensais dos fatores meteorológicos (INMET);
- figura do perfil de elevação de uma cidade que possua estação de monitoramento de qualidade do ar;
- papel, lápis, caneta e régua;

Procedimentos:

- 1º) Para ser o objeto da atividade, previamente, selecionar um ano da série histórica de monitoramento e uma cidade que pertença à RAMQAM. Exemplo: 2019, Ipatinga-MG.
- 2º) Forme 6 grupos de alunos dentro de sala e numere-os de 1 à 6;
- 3º) Com o uso do programa Microsoft Excel elaborar, previamente, uma tabela contendo as médias mensais das concentrações dos poluentes atmosféricos e as médias mensais dos fatores meteorológicos, referente ao ano e à cidade selecionados para estudo. Em sala disponibilizar aos alunos. A Tabela 1 serve como exemplo.

4º) Com o uso do programa Google Earth gerar, previamente, uma imagem do perfil de elevação da cidade selecionada. Em sala disponibilizar aos alunos. Exemplo:

Figura 5 - Perfil de elevação da cidade de Ipatinga-MG.

5º) De posse da Tabela 1, solicitar aos grupos que façam gráficos de barras dos desenvolvimentos dos poluentes e dos fatores meteorológicos. Os grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 ficam responsáveis, respectivamente, pelos poluentes PM10, PM2,5, SO₂, CO, O₃ e NO₂.

6º) Solicitar que cada grupo socialize com os demais as particularidades de seus, respectivos, gráficos.

7º) Fazer comentários sobre os resultados da atividade e abrir espaço para perguntas e comentários dos alunos.

4 Questionário avaliativo

Para fixação de conteúdos e averiguação da eficácia atividade.

a) Quais fatores influenciam a dispersão dos poluentes atmosféricos?

b) Como relevo da cidade selecionada para estudo pode influenciar na dispersão dos poluentes?

c) Como foi o comportamento dos poluentes em função das chuvas?

d) Como foi o comportamento dos poluentes em função dos ventos?

e) Como foi o comportamento dos poluentes em função da temperatura?

f) Em que época do ano a poluição atmosférica é mais acentuada?

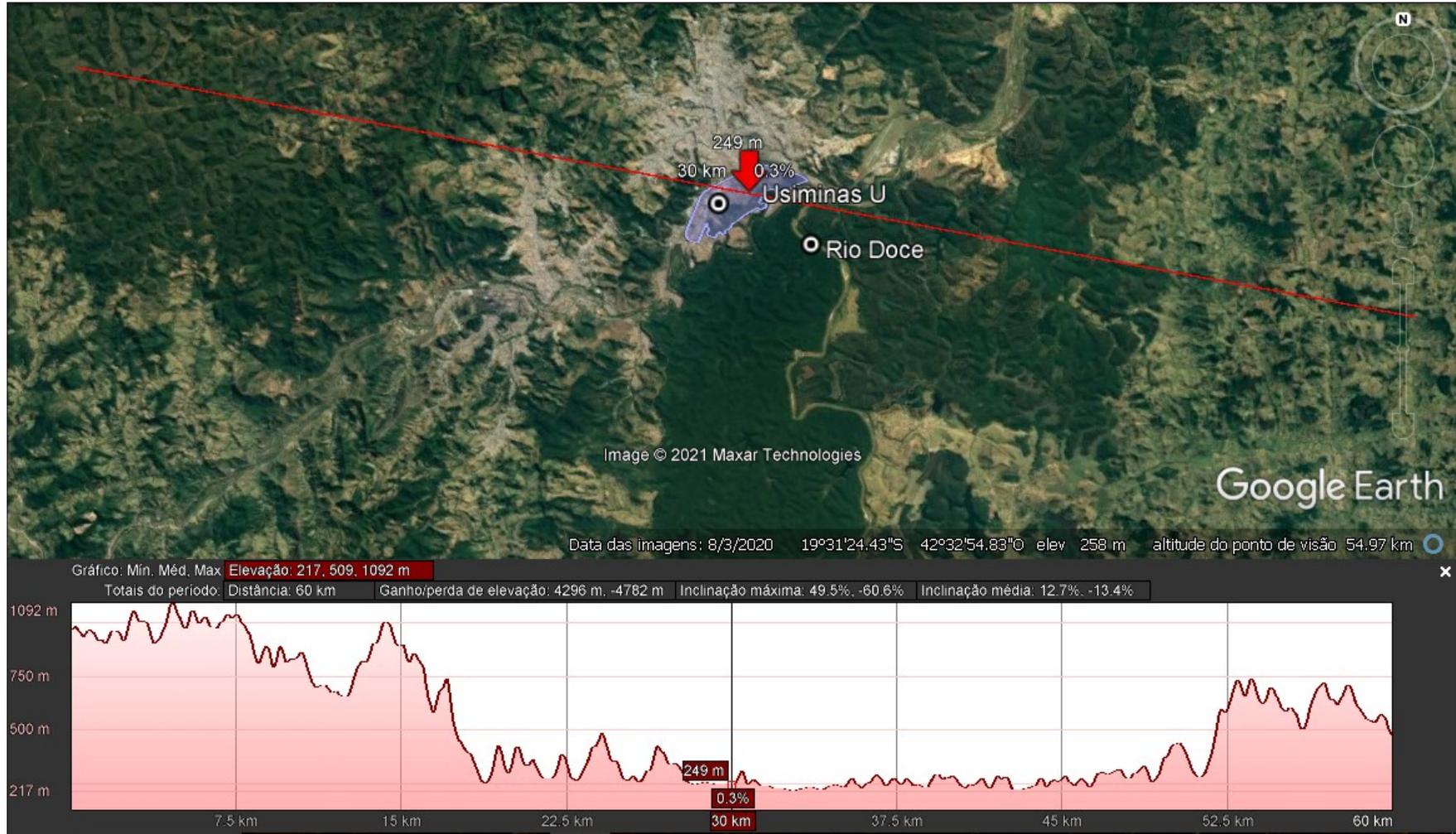
- No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.
- No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.
- No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.
- Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.
- Não sei

Tabela 1 - Dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga – MG, 2019.

Dados da estação automática de monitoramento da qualidade do ar do bairro Cariru, Ipatinga – MG											
Ano	Poluentes							Dados meteorológicos			
2019	PTS média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO média (ppm)	SO ₂ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ média ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Precipitação total (mm)	Velocidade do vento média (m/s)	Temperatura média (°C)	Pressão atmosférica média (MB)
Jan	49,0358	29,4601	7,5721	0,1177	1,4119	19,7871	4,5925	6,4000	1,0702	25,7527	960,1664
Fev	41,8699	23,3795	10,7244	0,1851	0,9651	22,5228	5,8002	175,8000	0,7626	24,9262	957,7893
Mar	41,6021	26,9302	10,0104	0,1973	0,6196	19,5914	5,3847	253,0000	0,6898	24,1747	959,0961
Abr	41,6484	25,7951	11,3601	0,1706	0,2144	17,4328	5,6062	67,2000	0,6751	23,8694	958,9149
Mai	43,9913	28,0745	12,8365	0,2266	0,4636	15,0255	6,7084	34,0000	0,5402	22,2136	960,2547
Jun	54,2203	26,2266	12,2418	0,2257	0,7372	15,1303	6,3009	5,2000	0,4436	20,5479	964,5739
Jul	66,1440	29,4840	13,5235	0,2654	1,9279	19,6899	7,9796	0,0000	0,5711	19,5333	964,0761
Ago	66,7118	29,9745	12,7313	0,1872	1,3877	24,6276	7,2079	0,2000	0,9530	20,9113	965,4316
Set	69,5291	36,3159	14,6513	0,2213	0,8701	24,6093	7,3104	13,2000	1,2569	23,2589	961,9049
Out	69,2705	33,3142	13,7377	0,2100	1,1060	31,6498	7,0479	101,2000	1,2878	24,8344	959,4648
Nov	46,2328	23,3392	10,1717	0,1807	0,7944	27,9225	5,7935	218,2000	0,9571	24,3129	957,5315
Dez	42,7297	21,4400	7,2302	0,1356	1,2111	21,3230	4,9472	210,2000	0,9552	24,2484	958,1534

Fonte: FEAM (2019). INMET (2019).

Figura 5 - Perfil de elevação da cidade de Ipatinga-MG.



Fonte: Google Earth Pro (2021).

AULA 7: Resultado da determinação da taxa de poeira sedimentável total e questionário avaliativo

Desenvolvimento da aula:

1 Apresentação de textos para leitura e reflexão

TEXTO: Caracterização e quantificação de Partículas Sedimentadas

Fonte: IEMA-ES. Caracterização e quantificação de partículas sedimentadas na região da grande Vitória-ES, 2011.

O material particulado, como poluente atmosférico, pode causar danos à saúde de humanos e de animais. A gravidade desses danos está relacionada à concentração, o tamanho e à composição das partículas, quanto menor o tamanho das partículas mais profundamente elas adentram o sistema respiratório e a composição química das partículas determina o tipo de dano que pode ser causado.

Tipicamente, o diâmetro dessas partículas presentes na atmosfera, varia desde 0,005 μm a maiores que 100 μm . As partículas menores que 2,5 μm de diâmetro (PM_{2,5}) alojam-se no bronquíolo terminal, enquanto as outras frações de partículas menores que 10 μm (PM₁₀) ficam retidas no nariz e nasofaringe, podendo ser, posteriormente, eliminadas do sistema respiratório pelos mecanismos de defesa do organismo humano. O material particulado pode ficar em suspensão na atmosfera por longos períodos e se depositarem diferentes distâncias da fonte emissora dependendo do seu diâmetro, quanto maior o diâmetro das partículas mais próximo à fonte ocorrerá a sedimentação.

O material particulado sedimentado causa incômodos à população, justificando as reações das populações afetadas. As reações mais comuns dizem respeito à impossibilidade de gozo pleno da propriedade e ao desconforto que pode gerar tensões psicológicas devido ao contínuo sentir-se afetado pelo incômodo da sujidade gerada pela deposição de material sobre as superfícies de uso cotidiano.

A taxa de deposição de PS é medida em relação à quantidade de massa das partículas depositadas por unidade de área num determinado intervalo de tempo. Alguns padrões referenciais são expressos em $\text{mg/m}^2/\text{dia}$ ou $\text{g/m}^2/30\text{dias}$, por exemplo. É importante notar que, a maioria dos métodos de coleta de PS realiza medições em intervalos de 30 dias devido a pequena área de coleta dos medidores que, portanto, coletam pequena quantidade de massa de PS por dia tornando difícil a mensuração da massa em balanças convencionais.

Os valores limites adotados para a média anual da taxa de deposição de PS variam entre os diferentes países: Argentina ($10 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$), Canadá ($4,6$ a $5,4 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$), EUA ($5,5$ a $10 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$), Espanha ($6 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$) e na Finlândia ($10\text{g/m}^2/30\text{dias}$). Também são adotados limites referentes à média mensal, por exemplo: Austrália (4 a $10 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$), Canadá ($5,25$ a $8,7 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$), EUA ($3,0$ a $15 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$) e Brasil (5 a $10 \text{ g/m}^2/30\text{dias}$ no Estado de Minas Gerais).

A quantificação da poeira sedimentada pode ser realizada de forma direta através de um coletor que captura as partículas a partir do processo natural de sedimentação que depende de fatores como as propriedades físicas das partículas (distribuição do tamanho, densidade e forma), condições meteorológicas (velocidade e direção do vento e estabilidade atmosférica) e características do coletor (formato, tamanho e material de confecção – metal, plástico, vidro). Existem métodos padronizados para a medição direta de poeira sedimentada, por exemplo, a norma Britânica BSI 1747 (1969), a norma Brasileira ABNT 12065 (1991) e a norma Americana ASTM D1739 (1998).

2 Considerações sobre a determinação da taxa de poeira sedimentável total

A NBR 12065/91 tem como objetivo prescrever o método de determinação da quantidade de poeira sedimentável total na atmosfera, precipitada em uma área de 1 km^2 , durante um período de 30 dias. A norma define como poeira sedimentável a poeira presente na atmosfera, susceptível à coleta por sedimentação livre, compostas por partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para depositar no frasco coletor e bastante pequenas para atravessar uma peneira de 0.84 mm (20 mesh).

A Deliberação Normativa COPAM, nº 01, de 26 de maio de 1981, em seu artigo 2º, estabelece, para todo o território do Estado de Minas Gerais, os seguintes padrões de qualidade do ar, em termos de partículas sedimentáveis, a saber:

- Áreas industriais - 10 g/m²/30 dias; e
- As demais áreas inclusive residenciais e comerciais - 5g/m²/30 dias;

Método de Referência: Método do Jarro de deposição de poeira.

No momento desta aula já se passaram 30 dias do calendário escolar e, portanto, o tempo suficiente para fazer os procedimentos para análise da poeira coletada. E assim sendo, o desenvolvimento da aula 7 será pautado pela finalização do processo de determinação da taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno.

3 Proposta de atividade

Título: Determinação da taxa de poeira sedimentável total

Cuidados:

- Cuidados de rotina para manutenção da qualidade da aula.

Materiais:

- valores da massa dos coletores de campo e da prova em branco;
- valores de padrões de qualidade do ar, em termos de partículas sedimentáveis, estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981; e
- papel, lápis e caneta;

Procedimentos:

- 1º) Informar aos alunos valores de padrões de qualidade do ar, em termos de partículas sedimentáveis;
- 2º) Informar o diâmetro da boca do coletor e pedir que os alunos calculem a área da boca do coletor, a partir da fórmula a seguir:

$$A = \pi \left\{ \frac{d}{2} \right\}^2$$

3º) Apresentar aos alunos os valores das massas de todos os coletores, da amostra e do branco, para que realizem o cálculo da massa de poeira sedimentável, a partir da fórmula a seguir:

$$m = (m_2 - m_1) - (m'_2 - m'_1)$$

4º) Solicitar aos alunos que realizem o cálculo da taxa de poeira sedimentável, a partir da fórmula a seguir:

$$Q = \frac{3 m 10^5}{t A}$$

5º) Fazer comentários sobre os resultados da atividade e abrir espaço para perguntas e comentários dos alunos.

4 Questionário avaliativo do processo de ensino

Aplicar um questionário para que sirva de fixação de conteúdos e averiguação da eficácia do processo de ensino.

a) Qual foi o valor da taxa de poeira sedimentável que existe sobre a área da escola e seu entorno?

b) O valor da taxa de poeira sedimentável está dentro do permitido pela legislação vigente (Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981)?

c) Você sabe o que é uma solução química? Defina

d) Você sabe o que representa a concentração de uma solução?

e) Você sabe como se faz para diluir uma solução? Explique um procedimento simples

f) Quais são os principais poluentes atmosféricos que são monitorados diariamente?

g) Qual sua sugestão para eliminar ou, ao menos, diminuir a poluição na cidade em que você mora?

APÊNDICE B – Autorização prévia do local onde foi realizada a pesquisa**Escola Estadual Maurílio Albanese Novaes**

Rua Itabirito, S/Nº, Bela Vista – Ipatinga/MG

CEP: 35.160-192 - Tel: (31) 3823-2510

E-mail: escola.191124@educacao.mg.gov.br**AUTORIZAÇÃO**

Eu, **LUCIA MARIA REBELO**, na qualidade de responsável pela **ESCOLA ESTADUAL MAURÍLIO ALBANESE NOVAES**, autorizo a realização da pesquisa intitulada **“POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS NA ÁREA URBANA DE IPATINGA-MG”**, a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador **JORGE LUIZ DOS SANTOS**, e declaro que esta Instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da referida pesquisa. Esta autorização só é válida no caso de haver parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa para a referida pesquisa.

Ipatinga, _____ de setembro de 2020

Assinatura

APÊNDICE C – TCLE - Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados pais ou responsáveis,

O(A) _____ participante
_____, sob sua
responsabilidade, está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da
pesquisa intitulada “**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS
SEDIMENTÁVEIS NA ÁREA URBANA DE IPATINGA-MG**”, desenvolvida pelo
professor Jorge Luiz dos Santos, mestrando do Programa de Mestrado Profissional
em Química da UFV (PROFQUI), sob a orientação do professor Alexandre Fontes
Pereira.

Nesta pesquisa, serão discutidas questões relacionadas à poluição ambiental com o
foco na alfabetização científica, tendo um viés interdisciplinar que aborda temáticas
relacionadas a Química Ambiental, em um diálogo direto com o conteúdo de
Soluções Químicas.

Neste sentido, propõe-se mensurar a quantidade de material particulado na região
urbana de Ipatinga; quantificar as principais fontes de emissão de poluentes e
promover um estudo estatístico sobre os dados válidos de monitoramento contínuo
da qualidade do ar da Rede de Monitoramento Automático do município de Ipatinga-
MG.

Além disso, pretende-se examinar a percepção dos alunos do 2º Ano do Ensino
Médio da Escola Estadual Maurílio Albanese Novaes, acerca da qualidade do ar do
município. Para tanto, será utilizado como instrumento de coleta de dados um
questionário on-line, a ser aplicado pelo pesquisador em regime de trabalho remoto.
Assim sendo, esperamos contar com seu apoio e consentindo para o
desenvolvimento da referida pesquisa. Aproveitamos a oportunidade para esclarecer
que, durante a pesquisa, serão adotados todos os procedimentos éticos
necessários, garantindo o ANONIMATO a todos(as) os(as) participantes.
Declaramos, também, que as informações obtidas serão utilizadas somente para fins
científicos.

Os riscos envolvidos nesta pesquisa são baixos, consistindo em o participante se sentir constrangido em participar da pesquisa e ter seu tempo tomado ao responder o questionário. Para minimizar os riscos, serão discutidos os benefícios para o processo de ensino e aprendizagem da atividade, esclarecidas as dúvidas que se fizerem necessárias e disponibilizado prazo de tempo amplo e suficiente para elaboração das respostas. Espera-se, desta forma, a construção de um ambiente de conforto e envolvimento de todos.

Os benefícios envolvidos nesta pesquisa são, essencialmente, sociais e educacionais. Com os participantes serão debatidas e difundidas as vantagens da pesquisa para o processo de ensino e aprendizagem da química ambiental.

Os pesquisadores destacam que os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, têm direito à INDENIZAÇÃO, conforme o disposto na Resolução Nº 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Isto posto, os seguintes aspectos serão estritamente observados e respeitados nesta investigação: (i) liberdade para se recusar a participar ou retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao cuidado do seu filho/sua filha; (ii) garantia de sigilo quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa; e (iii) participação voluntária, sem ônus algum para o participante.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelos pesquisadores responsáveis, no Departamento de Química da UFV, e a outra será fornecida a você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com os pesquisadores por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão descartados.

Os pesquisadores tratarão a identidade dos estudantes com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do CNS, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, contato
_____, responsável pelo participante
_____, autorizo sua

participação e declaro que fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS NA ÁREA URBANA DE IPATINGA-MG**” de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Nome da responsável pela pesquisa: Jorge Luiz dos Santos

E-mail: 100santosjorgeluizs@gmail.com

Telefone: (31) 99124-9192

Professor Orientador: Alexandre Fontes Pereira

E-mail: alexfper@gmail.com

Telefone: (31) 3612 6619

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar: CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos Universidade Federal de Viçosa.

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário Cep: 36570-900 Viçosa/MG. Telefone: (31) 3612-2316 Email: cep@ufv.br Website: www.cep.ufv.br

Ipatinga, _____ de _____ de 2020.

Assinatura para a obtenção do consentimento

Assinatura da Pesquisador

APÊNDICE D – TALE - Termo de assentimento livre e esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **“POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS NA ÁREA URBANA DE IPATINGA-MG”**, desenvolvida pelo professor Jorge Luiz dos Santos, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química da UFV (PROFQUI), sob a orientação do professor Alexandre Fontes Pereira.

Entre as ações que constituem a pesquisa está a aplicação de um questionário que servirá de base para examinar a percepção dos alunos do 2º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Maurílio Albanese Novaes, acerca da qualidade do ar do município de Ipatinga-MG. Os dados informativos serão obtidos mediante a aplicação de questionário on-line, ou seja, essa aplicação será realizada pelo pesquisador em regime de trabalho remoto.

As informações obtidas serão utilizadas somente para fins científicos, em especial, para a elaboração da dissertação de mestrado do PROFQUI e, durante a pesquisa, serão adotados todos os procedimentos éticos necessários, garantindo o ANONIMATO a todos(as) os(as) participantes.

Os riscos envolvidos nesta pesquisa são baixos, consistindo em o participante se sentir constrangido em participar da pesquisa e ter seu tempo tomado ao responder o questionário. Para minimizar os riscos, serão discutidos os benefícios para o processo de ensino e aprendizagem da atividade, esclarecidas as dúvidas que se fizerem necessárias e disponibilizado prazo de tempo amplo e suficiente para elaboração das respostas. Espera-se, desta forma, a construção de um ambiente de conforto e envolvimento de todos.

Os benefícios envolvidos nesta pesquisa são, essencialmente, sociais e educacionais. Com os participantes serão debatidas e difundidas as vantagens da pesquisa para o processo de ensino e aprendizagem da química ambiental.

Os pesquisadores destacam que os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, têm direito à INDENIZAÇÃO, conforme o disposto na Resolução Nº 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Além disso, seus pais ou responsável legal deverão autorizar e assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A participação neste estudo não envolverá nenhum custo, nem você receberá qualquer vantagem financeira. Entretanto, você terá o benefício de contribuir com uma pesquisa que busca melhorar a aprendizagem da Química. Você tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou seu responsável legal de retirar o consentimento ou interromper sua participação, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma como é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Os materiais que indiquem sua participação não serão liberados sem a permissão do seu responsável legal.

Este Termo de Assentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelos pesquisadores responsáveis, no Departamento de Química da UFV, e a outra será fornecida a você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com os pesquisadores por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu,

_____, contato _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa **“POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR EMISSÃO DE PARTÍCULAS SEDIMENTÁVEIS NA ÁREA URBANA DE IPATINGA-MG”** de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e o meu responsável legal poderá modificar sua decisão sobre minha participação se assim o desejar. Já assinado o Termo de Consentimento por meu responsável legal, declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome da responsável pela pesquisa: Jorge Luiz dos Santos

E-mail: 100santosjorgeluizs@gmail.com

Telefone: (31) 99124-9192

Professor Orientador: Alexandre Fontes Pereira

E-mail: alexfper@gmail.com

Telefone: (31) 3612 6619

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar: CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos Universidade Federal de Viçosa.

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31) 3612-2316 Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br

Ipatinga, _____ de _____ de 2020.

Assinatura do(a) Participante

Assinatura da Pesquisador

APÊNDICE E – Questionário

1) Quantos anos completos você tinha no início das aulas em 2020?

- 14 anos
- 15 anos
- 16 anos
- 17 anos
- 18 anos ou mais

2) Sexo?

- Feminino
- Masculino

3) Qual sua naturalidade (onde nasceu)?

- Ipatinga
- Outro município

4) Qual sua cidade de residência?

- Ipatinga
- Outro município

5) Qual o nome do bairro em que você mora?

7) Há quanto tempo, em anos, você mora em Ipatinga?

- Menos de 1 ano
- Entre 1 e 4 anos
- Entre 5 e 8 anos
- Entre 9 e 12 anos
- Entre 13 e 16 anos
- Acima de 16 anos
- Não moro em Ipatinga

8) Qual o grau de instrução do principal provedor de renda da sua residência?

Analfabeto

- Ensino fundamental 1 incompleto (1º ao 5º ano)
- Ensino fundamental 1 completo (1º ao 5º ano)
- Ensino fundamental 2 incompleto (6º ao 9º ano)
- Ensino fundamental 2 completo (6º ao 9º ano)
- Ensino médio incompleto
- Ensino médio completo
- Superior incompleto
- Superior completo
- Pós-graduação (especialização, mestrado, doutorado, Pós-Doutorado)

9) Qual é a principal fonte de renda para sua família?

Setor primário (atividades do campo)

Setor secundário (indústrias em geral)

Setor terciário (comércio e prestação de serviços como professores, advogados e profissionais liberais em geral)

Pensão ou aposentadoria

Outras

10) Qual a origem da água utilizada em sua residência?

Cisterna

Nascente

Ribeirão/Córrego

Empresa de abastecimento

11) Como é armazenada a água que chega até sua residência?

Caixa d'água sem tampa

Caixa d'água com tampa

Não armazena

12) Qual é o destino do esgoto produzido em sua residência?

Disposto em canais a céu aberto

Fossa séptica

Canalizado direto para o ribeirão/córrego

Rede de coleta de esgoto municipal

13) Qual é destino do lixo produzido em sua residência?

Queimado

Enterrado

Exposto

Recolhido

14) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de ALIMENTAÇÃO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

15) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de LAZER, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

16) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de TRABALHO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

17) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de RENDA, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

18) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de SERVIÇOS COMUNITÁRIOS E SOCIAIS (Procon; juizado de pequenas causas; espaços para manifestação de fé; creches; associação de moradores; CAC; entre outros), qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

19) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de SEGURANÇA FÍSICA, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

20) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de SAÚDE, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

21) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de HABITAÇÃO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

22) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de RELACIONAMENTOS E AJUDAS (amigos, vizinhança, relacionamentos afetivos), qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

23) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de LIMPEZA URBANA, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

24) Sobre qualidade de vida sua e de sua família, em termos de EDUCAÇÃO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito
Satisfeito
Pouco satisfeito
Insatisfeito

25) Para combater a poluição ambiental a legislação brasileira estabelece padrões de qualidade do ar, água e dos solos. Em relação à Ipatinga, os padrões de qualidade estão de acordo com o que a legislação permite?

Sim
Não
Não sei

26) A poluição ambiental é capaz causar problemas à saúde?

Sim
Não
Não sei

27) Qual tipo de poluição ambiental mais incomoda em Ipatinga?

Poluição das águas
Poluição do ar atmosférico
Poluição dos solos
Não sei

28) Em que época do ano a poluição observada em Ipatinga fica mais acentuada?

No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.
No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.
No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.
Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.
Não sei

29) Qual maior incômodo provocado pela poluição atmosférica?

Ardência nos olhos
Cheiro desagradável
Danos às plantas e objetos
Dificuldade de respirar
Sujeira (pó preto)
Não sei

30) Qual é a principal fonte que provoca a poluição que mais incomoda em Ipatinga?

As indústrias

As residências domiciliares

O comércio

O campo (agricultura e pecuária)

Os veículos automotivos

Não sei

31) Em Ipatinga, o Poder Público (executivo, legislação e judiciário) realiza ações para combater a poluição?

Sim

Não

Não sei

32) Dentre as opções a seguir, qual atitude é, economicamente e ambientalmente, mais apropriada para combater a poluição que mais incomoda em Ipatinga?

Eliminar todas atividades que são potencialmente poluidoras

Envolver toda a sociedade em ações práticas de combate à poluição

Exigir que o poder público local financie e execute ações de combate à poluição

Limitar a instalação de novas residenciais, pontos comerciais e industriais

Modernizar toda matriz industrial e exigir a renovação da frota de veículos da cidade

Não sei

33) De quem é a maior responsabilidade no combate à poluição?

Das indústrias

Das residências domiciliares

De toda sociedade

Do comércio

Do campo (agricultura e pecuária)

Do poder público

Não sei

34) Ipatinga é uma cidade que faz o monitoramento da qualidade do ar?

Sim

Não

Não sei

35) A maior indústria de Ipatinga é uma Siderúrgica que produz AÇO. Qual é a Matéria-prima que dá origem ao aço?

- Carvão mineral
- Gás natural
- Minério de ferro
- Outro minério
- Petróleo
- Não sei

36) Qual é o combustível usado pela Siderúrgica de Ipatinga para transformação de sua matéria-prima em aço?

- Carvão mineral
- Gás natural
- Minério de ferro
- Outro minério
- Petróleo
- Não sei

37) Em qual escola você estudou o 1º ano do ensino médio?

- Na escola atual
- Outra escola.

38) Após finalizar o ensino médio, você pretende fazer a prova do Enem?

- Sim
- Não
- Não sei

39) Qual sua prioridade após finalizar o ensino médio?

- Fazer um curso superior
- Fazer um curso técnico
- Trabalhar
- Fazer um curso superior ou técnico e trabalhar ao mesmo tempo
- Outras atividades não relacionadas com estudo ou trabalho
- Não sei

40) Considerando os recursos que a escola possui (financeiro, espaço físico, humanos, etc), qual medida você considerada mais interessante para melhorar a qualidade de ensino na escola?

Aumentar a quantidade de disciplinas da grade curricular

Aumentar a carga horária da grade curricular

Associar as aulas expositivas com a realidade vivenciada pelos estudantes

Implementar laboratórios para aulas práticas (ciências, informática, matemática, etc)

Realizar trabalhos de campos e visitas técnicas

Não sei

41) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de ALIMENTAÇÃO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

42) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de LAZER, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

43) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de SEGURANÇA FÍSICA, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

44) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de RELACIONAMENTOS (amigos, grupos sociais), qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

45) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de LIMPEZA DOS BANHEIROS, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

46) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de LIMPEZA DAS SALAS DE AULAS, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

47) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de LIMPEZA DA QUADRA ESPOTIVA, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

48) Sobre o ATENDIMENTO DOS PROFISSIONAIS (direção, secretaria, professores e demais funcionários) que trabalham na Escola Maurílio Albanese, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

49) Sobre a escola e o que ela proporciona em termos de EDUCAÇÃO, qual é o seu nível de satisfação?

Muito satisfeito

Satisfeito

Pouco satisfeito

Insatisfeito

ANEXO

ANEXO A – Norma Brasileira NBR 12065 de 05/1991. Atmosfera – Determinação da taxa de poeira sedimentável total – Método de ensaio (Método do Jarro)

1 Objetivo

Esta norma prescreve o método de determinação da quantidade de poeira sedimentável total na atmosfera, precipitada em uma área de 1 km², durante um período de 30 dias.

2 Definição

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições 2.1.

2.1 Poeira sedimentável:

Poeira presente na atmosfera, susceptível à coleta por sedimentação livre, compostas por partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para depositar no frasco coletor e bastante pequenas para atravessar uma peneira de 0.84 mm (20 mesh).

Nota: É necessária precaução no sentido de evitar que se deposite no frasco coletor matérias procedentes de árvores, excrementos de aves, insetos e outros detritos. Devem ser evitadas também perdas de material do frasco pela ação do vento, transbordamento deste pela chuva ou durante o transporte. É imprescindível o uso de um algicida.

3 Aparelhagem

- a) balança analítica ou balança sensível a 0,1 mg;
- b) chapa elétrica de aquecimento;
- c) estufa elétrica regulável até 150 °C;
- d) banho-maria;
- e) dessecador;
- f) peneira com abertura de malha de 0,84 mm;
- g) paquímetro;
- h) béqueres de vidro com capacidade de 250 mL e 1000 mL;

- i) frasco coletor, de vidro, polietileno ou aço inoxidável, com aproximadamente 200 mm de altura e cerca de 100 mm de diâmetro interno da boca;
- j) bastão de vidro com ponta de borracha;
- k) proveta de vidro com capacidade de 250 mL;
- l) vidro relógio com diâmetro de 70 mm e 120 mm;
- m) pinça.

4 Execução do ensaio

4.1 Princípio do método

A poeira sedimentável total é determinada por gravimetria através da vaporização da fase líquida da solução de amostragem.

4.2 Amostragem

4.2.1 Frasco coletor

Deve ser de vidro, polietileno ou aço inox, com aproximadamente 200 mm de altura e diâmetro interno de boca com cerca de 100 mm, conforme figura 1, do Anexo. A capacidade volumétrica do frasco deve ser compatível com o índice pluviométrico da região, mantendo-se o diâmetro da boca.

4.2.2 Inspeção do frasco coletor

Em regiões chuvosas, quando necessário, deve-se definir uma sequência de inspeção, prevendo a ação do transbordamento. No final do período é considerada a amostragem total resultante. Deve-se prever também a possibilidade de secagem da fase líquida do frasco coletor, com possível perda de material pela ação do vento. Recomenda-se também a inspeção para reposição do nível.

4.2.3 Sustentação do frasco coletor

O frasco coletor deve ser colocado num dispositivo fixado em um poste de 3m a 4m de altura (livre), de tal forma que a altura mínima não seja inferior a 3m e a altura máxima não exceda 15 m em relação ao nível do solo. Quando for instalado sobre construções, deve ser usado cavalete de 1,5m a 2m de altura conforme figura 2, do Anexo. O suporte de sustentação deve conter um aparato de proteção contra o pouso de pássaros para resguardar o frasco coletor de precipitação de fezes conforme figura 3, do Anexo.

4.3 Reagentes

- a) acetona p.a.;
- b) cloreto de zefirol (alquilbenzildimetilamônio clorídrico);
- c) sílica gel com indicador para dessecador.

4.4 Procedimento

4.4.1 Medir o diâmetro interno da boca de cada frasco com um paquímetro, calcular a área (conforme fórmula abaixo) e identificar:

$$A = \pi \left\{ \frac{d}{2} \right\}^2$$

em que:

A = área interna da boca do frasco, em cm²

d = diâmetro médio interno da boca, em cm

4.4.2 Colocar, por meio de proveta, 250 mL de água destilada ou deionizada em cada um dos frascos coletores.

4.4.3 Adicionar 2 ml de cloreto de zefirol solução 0,1 % e tampar o frasco até o momento da coleta.

4.4.3.1 O volume de água destilada/deionizada pode ser reduzido ou aumentado em função do índice pluviométrico e em função do nível de evaporação da região. A quantidade de algicida deve ser suficiente para impedir o crescimento de algas e pode ser aumentada em função das necessidades.

Nota: Outros algicidas como paraclorofenol, sulfato de cobre (0,5 mL solução 20% m/v) e surfactantes tipo catiônicos também podem ser usados. Qualquer algicida que se use deve ser considerado em função dos parâmetros que se quer determinar no resíduo.

4.4.4 Proceder como descrito em 4.1.2 e 4.1.3 em frasco não-exposto, que serve de prova em branco

4.4.5 Expor o frasco coletor no suporte de sustentação instalado no local de amostragem por um período de (30 ± 2) dias – dias do mês corrente do ano civil.

4.4.6 Terminando o período de amostragem, fechar o frasco coletor e enviá-lo ao laboratório para análises.

4.5 Análise

4.5.1 Preparação da solução de 0,1% cloreto de zefirol (alquilbenzildimetilamônio clorídrico).

Dissolver 1g do reagente em água destilada ou deionizada, transferir para um balão volumétrico de 1000 mL e completar o volume.

4.5.2 Determinação

- a) colocar os béqueres de 250 mL em uma estufa a 110 °C, por um período de 12h;
- b) retirá-los, com o auxílio de uma pinça, limpar a base com um pano seco ou papel, esfriar em dessecador por 1h e pesar (m_1);
- c) transferir o material coletado no campo para um béquer de 100 mL, passando-o através de uma peneira de 0,84 mm (20 mesh). Tomar o cuidado para não transferir o material aderido na borda externa do frasco coletor. A primeira amostra a passar pela peneira deve ser correspondente ao frasco não-exposto (prova em branco) e obedecer ao mesmo procedimento descrito para as demais amostras;
- d) lavar o frasco coletor com água destilada ou deionizada quente, para remover os materiais mais aderidos, com auxílio de um bastão de vidro com ponta de borracha. Recolher todas as águas de lavagem no béquer de 1000 mL. É importante que os frascos sejam lavados com a mesma quantidade de água;
- e) adicionar 50 mL de acetona deixando-a escorrer pelas paredes do frasco coletor. Agitar os frascos e transferir a solução de lavagem para o béquer de 1000 mL. O bastão com ponta de borracha não pode ser usado com a acetona;
- f) lavar o frasco com aproximadamente 50 mL de água destilada ou deionizada e recolher no béquer de 1000 mL;
- g) colocar o béquer de 1000 mL em uma chapa elétrica de aquecimento e vaporizar até aproximadamente 20 mL, com precaução para evitar secura que pode carbonizar parte do material orgânico;

- h) transferir, cuidadosamente, o material pré-vaporizado para o béquer tarado de 250 mL;
- i) lavar o béquer de 1000 mL com pequenas porções de água quente utilizando bastão com ponta de borracha para retirar o material aderido nas paredes. Adicionar 20 mL de acetona, deixando-a escorrer nas paredes do béquer, e recolher no béquer de 250 mL;
- j) colocar o béquer de 250 mL numa chapa elétrica de aquecimento e vaporizar até aproximadamente 20 mL;
- k) transferir o béquer de 250 mL para um banho-maria, com aquecimento máximo, até vaporização total;
- l) limpar externamente o béquer de 250 mL com um pano úmido;
- m) colocar o béquer de 250 mL em uma estufa elétrica regulada de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 2h;
- n) retirar o béquer da estufa, com o auxílio de uma pinça e colocar em um dessecador durante no mínimo 1h. É importante que todas as amostras tenham o mesmo tempo de resfriamento;
- o) pesar novamente o béquer (m_2).

5 Resultados

5.1 A massa de poeira sedimentada é calculada pela fórmula abaixo

$$m = (m_2 - m_1) - (m'_2 - m'_1)$$

em que:

m = massa de poeira coletada, em g

m_1 = massa inicial do béquer (sem amostra), em g

m_2 = massa final do béquer (com amostra), em g

m'_1 = massa inicial do béquer da prova em branco, em g

m'_2 = massa final do béquer da prova em branco, em g

5.2 A taxa de poeira sedimentável total é calculada pela fórmula abaixo

$$Q = \frac{3 m 10^5}{t A}$$

em que:

Q = taxa de poeira sedimentável total, $(t/km^2 \cdot 30dias)$

m = massa de poeira coletada, em g

t = período de exposição, em dias

A = área interna da boca do frasco, em cm^2

5.3 Os resultados devem ser expressos com dois algarismos significativos.

Figuras

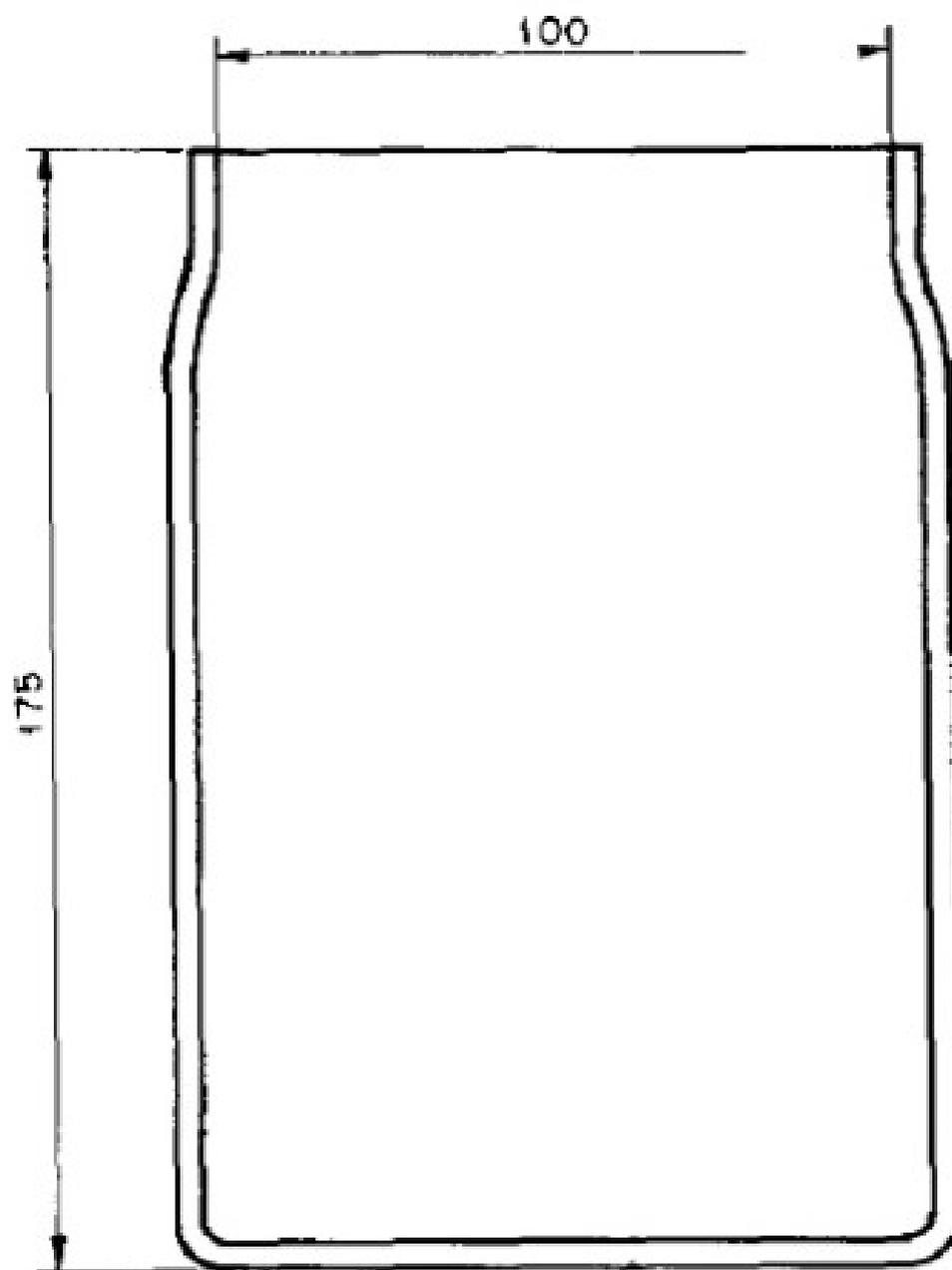


Figura 1 – Frasco coletor de poeira sedimentável

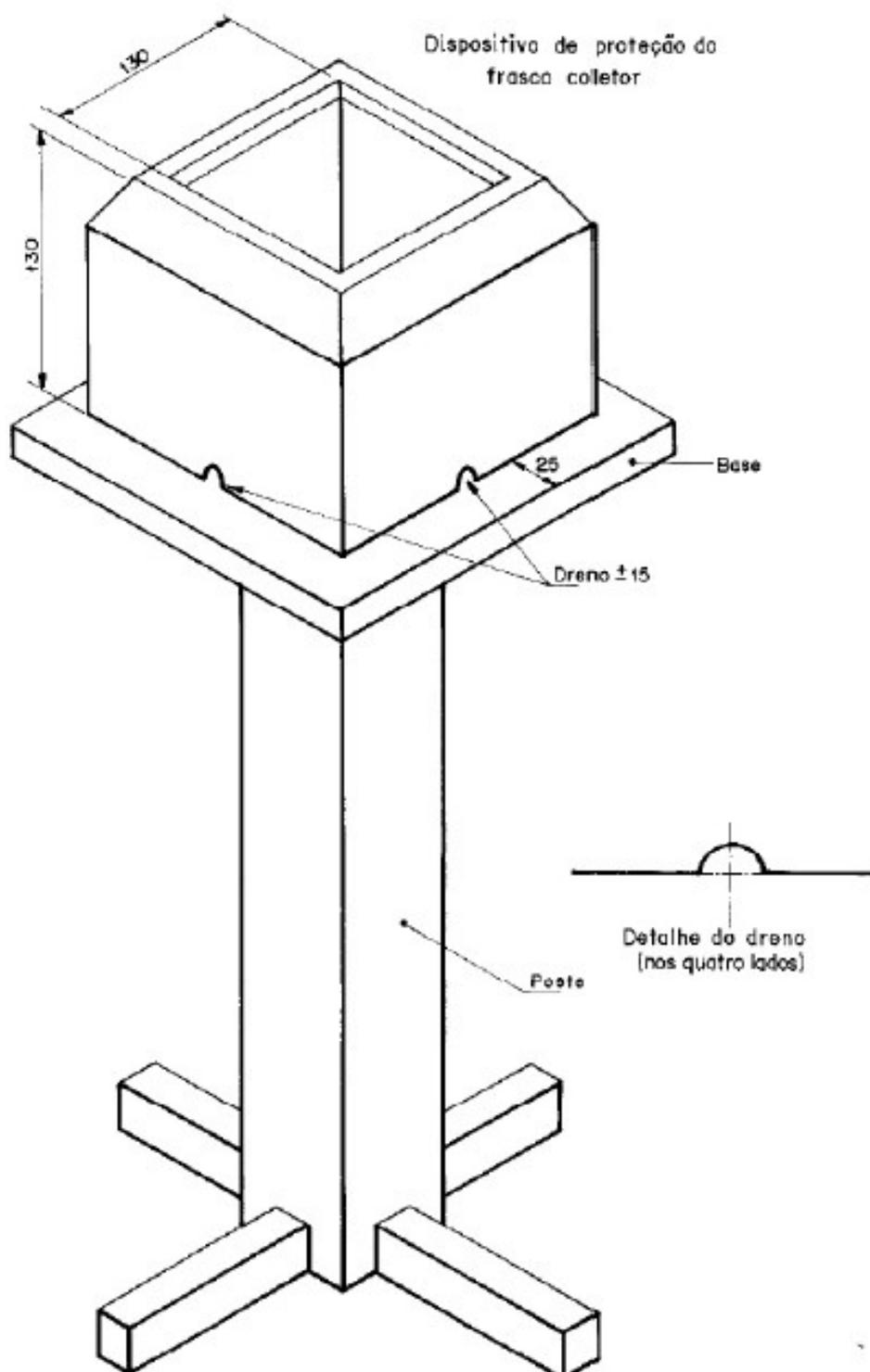


Figura 2 – esquema de suporte de sustentação do frasco coletor de poeira sedimentável

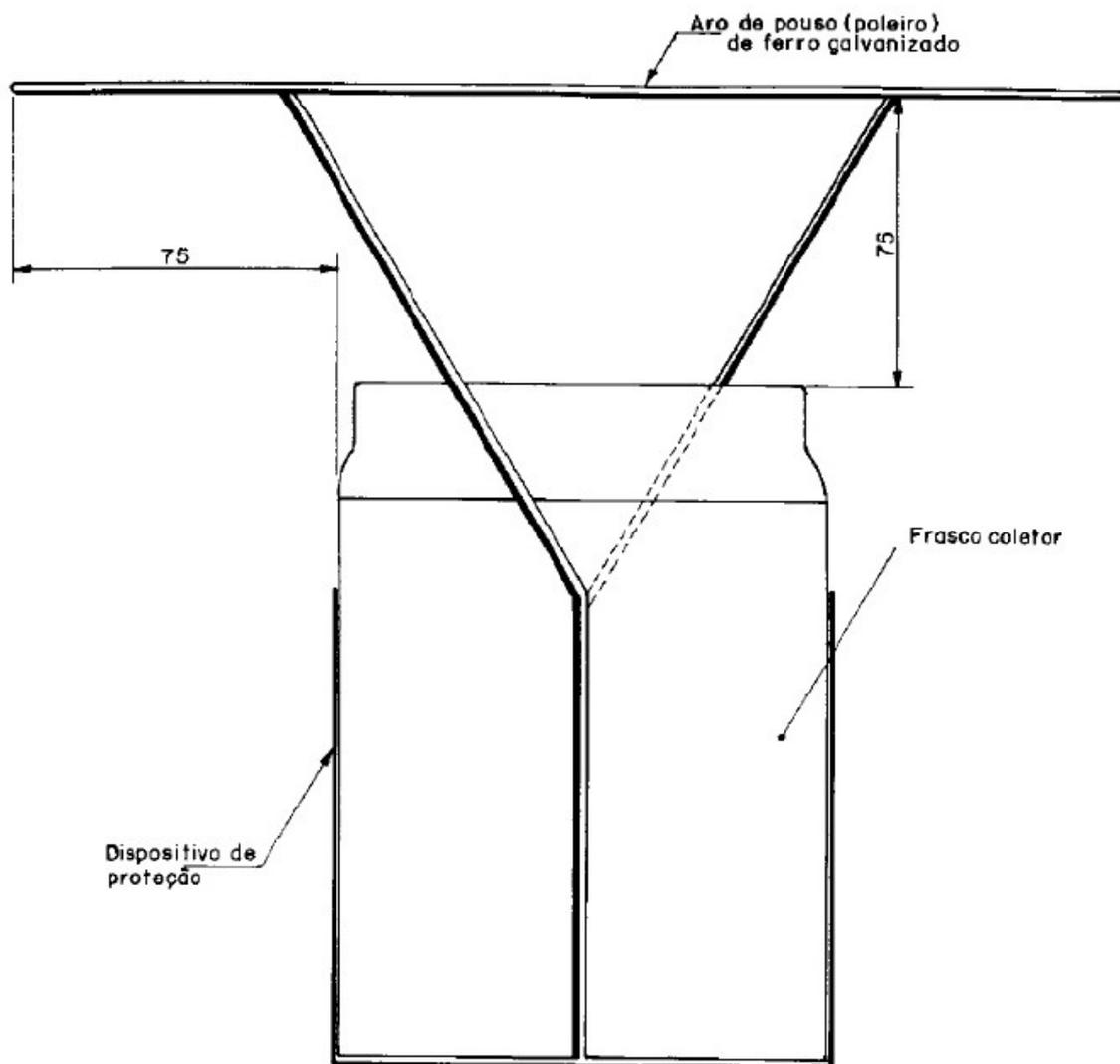


Figura 3 – Esquema do frasco coletor com dispositivo de proteção e poleiro