



# **PRODUTO EDUCACIONAL**

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

**JORGE LUIZ DOS SANTOS**

Orientador: Alexandre Fontes Pereira

VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2021

**JORGE LUIZ DOS SANTOS**

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

Produto Educacional apresentado 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**

# Apresentação

Caros leitores,

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 subjugassem outros seres, dominassem técnicas de manufatura e usufruíssemos 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 enfrentamento 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.

Sudações cordiais,  
Professor Jorge Luiz dos Santos

# **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 km<sup>2</sup>). 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 (CO<sub>2</sub>) 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

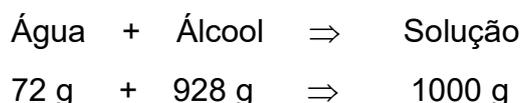
O álcool hidratado apresenta duas especificações distintas, conforme mostrado na ilustração ao lado.

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 (ANEXO A), 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 (m<sup>3</sup>, 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 Porcentagem 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 ( $\text{CuSO}_4$ ) 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

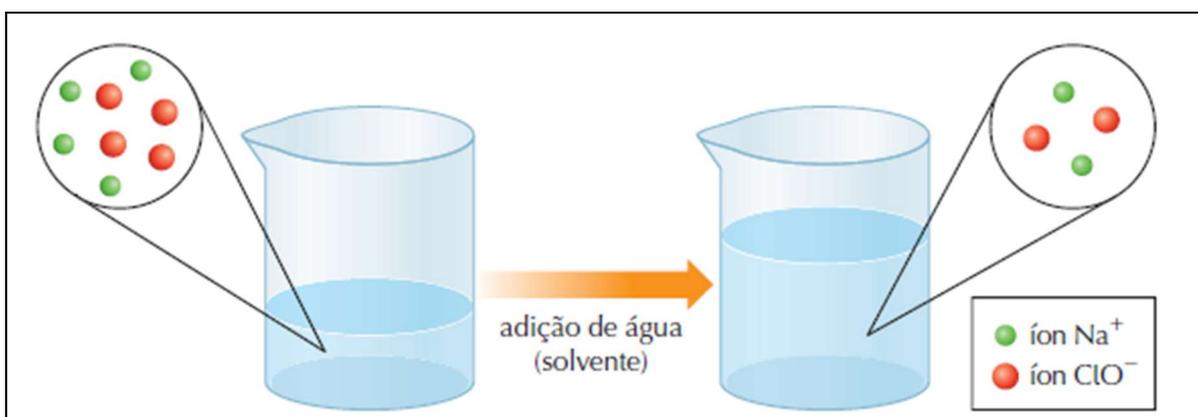
Desenvolvimento da aula:

### 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 ( $\text{NaClO}$ ) presente na mistura com água. O  $\text{NaClO}$  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.



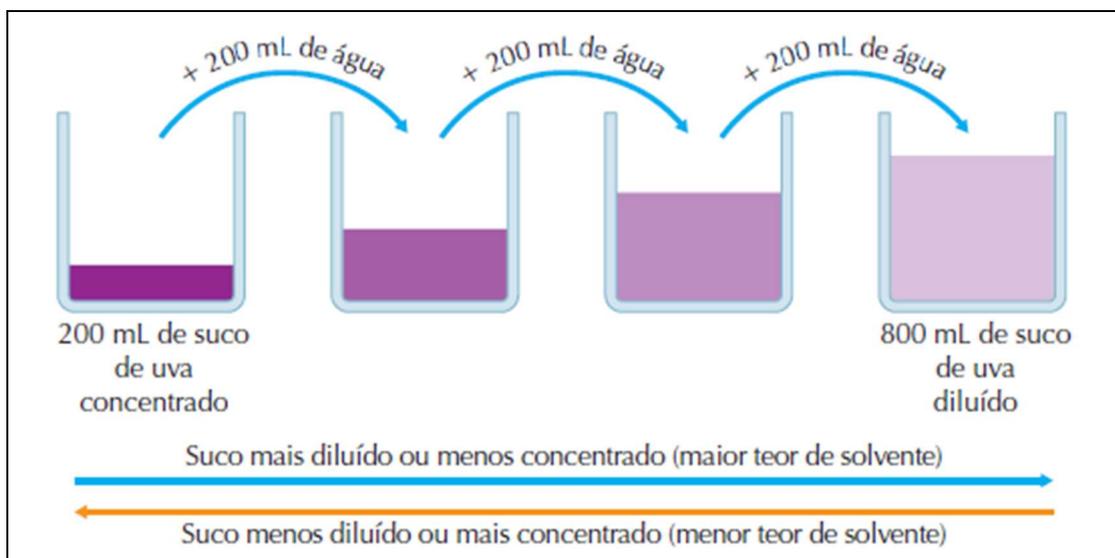
Representação de uma solução aquosa de hipoclorito de sódio antes e após a adição de água.

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 homogeneizado, 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.

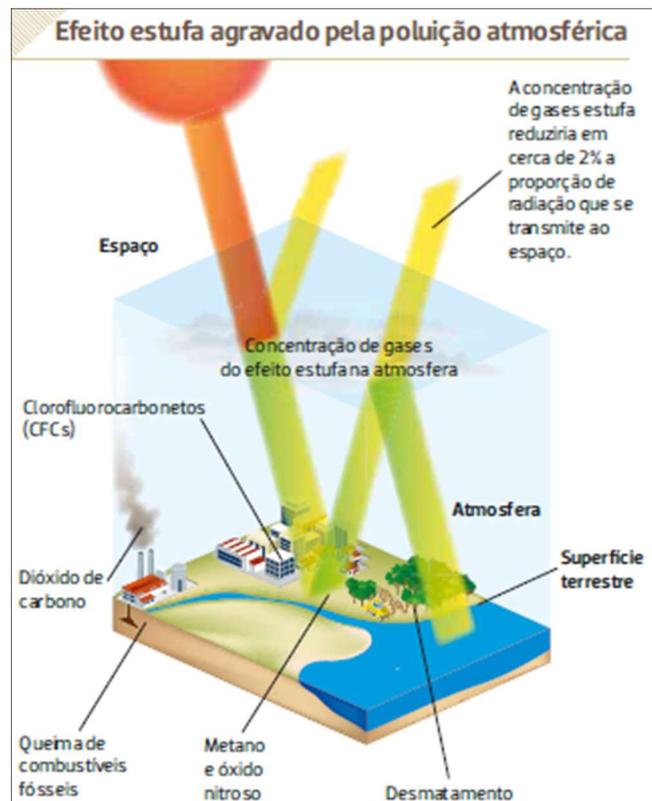
A grande quantidade de poluentes lançados na atmosfera causa muitos impactos ambientais. Em escala local e regional, destacam-se as ilhas de calor, a inversão térmica e a chuva ácida. Em escala global, são preocupantes o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio.

### 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 ( $\text{CO}_2$ ) 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 (SO<sub>2</sub>); Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>); Ozônio (O<sub>3</sub>); 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	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
MP10	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
MP2,5	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual <sup>1</sup>	20	17	15	10	-
SO <sub>2</sub>	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual <sup>1</sup>	40	30	20	-	-
NO <sub>2</sub>	1 hora <sup>2</sup>	260	240	220	200	-
	Anual <sup>1</sup>	60	50	45	40	-
O <sub>3</sub>	8 horas <sup>3</sup>	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	-
CO	8 horas <sup>3</sup>	-	-	-	-	9
PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual <sup>4</sup>	-	-	-	80	-
Pb <sup>5</sup>	Anual <sup>1</sup>	-	-	-	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 µg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> (Padrão Final Conama = 20 µg/m<sup>3</sup> – 24h) pode causar mais impactos a saúde que uma concentração horária de 135 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> (Padrão Final Conama = 200 µg/m<sup>3</sup> – 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 (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP2,5 (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

O<sub>3</sub> = máxima média de 8 horas de 135  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

NO<sub>2</sub> = 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 O<sub>3</sub> 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 NO<sub>2</sub> 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 O<sub>3</sub>:

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

Aplicando a equação para a concentração medida de  $220\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$ :

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

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 SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>, em ordem:

- SO<sub>2</sub> média de 24 horas de 130 µg/m<sup>3</sup>;
- O<sub>3</sub> máxima média de 8 horas de 130µg/m<sup>3</sup>;
- NO<sub>2</sub> máxima de 1 hora de 130 µg/m<sup>3</sup>;

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

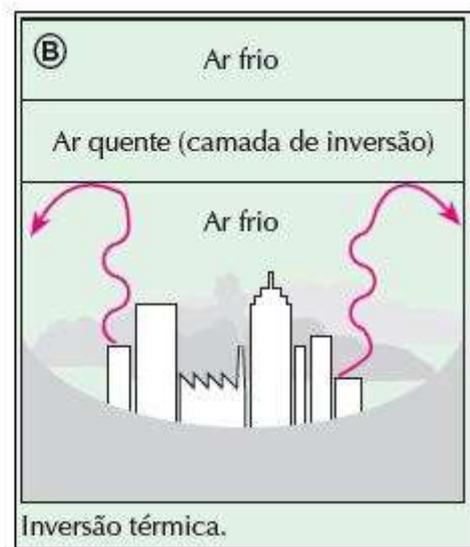
Elevações repentinas de temperatura provocam volatilização dos gases poluentes que se encontram dissolvidos nos corpos hídricos.

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 SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, 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, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>.

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?

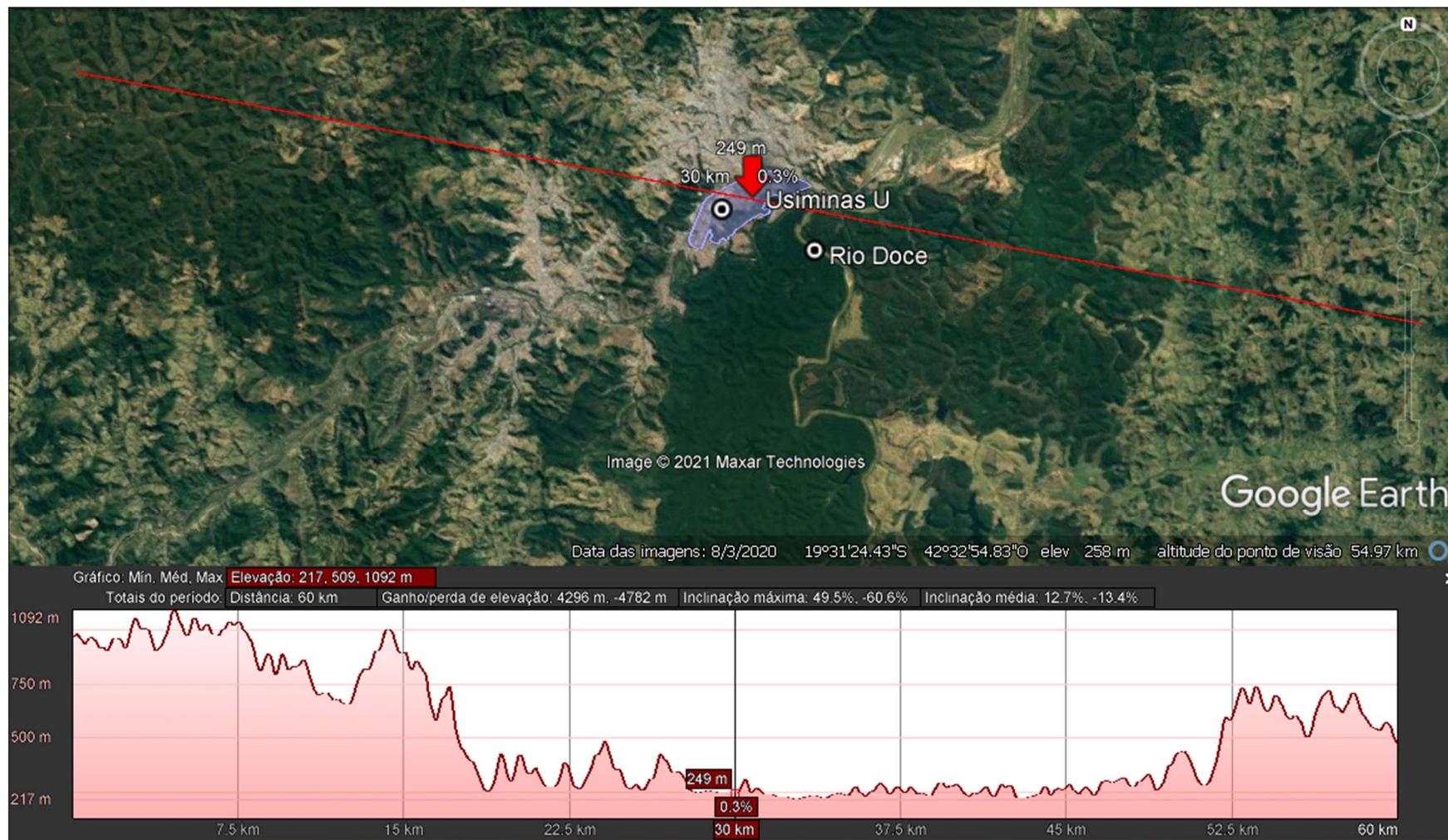
- No verão, por volta de 21 de dezembro à 19 de março.
- No outono, por volta de 20 de março à 19 de junho.
- No inverno, por volta de 20 de junho à 21 de setembro.
- Na primavera, por volta de 22 de setembro à 20 de dezembro.
- Não sei

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 <sub>2</sub> média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> média ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> 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  $\mu\text{m}$  a maiores que 100  $\mu\text{m}$ . As partículas menores que 2,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro (PM<sub>2,5</sub>) alojam-se no bronquíolo terminal, enquanto as outras frações de partículas menores que 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) 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  $1 \text{ km}^2$ , 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  $0.84 \text{ mm}$  (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/m<sup>2</sup>/30 dias; e
- As demais áreas inclusive residenciais e comerciais - 5g/m<sup>2</sup>/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?

## 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 km<sup>2</sup>, 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 cm<sup>2</sup>

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

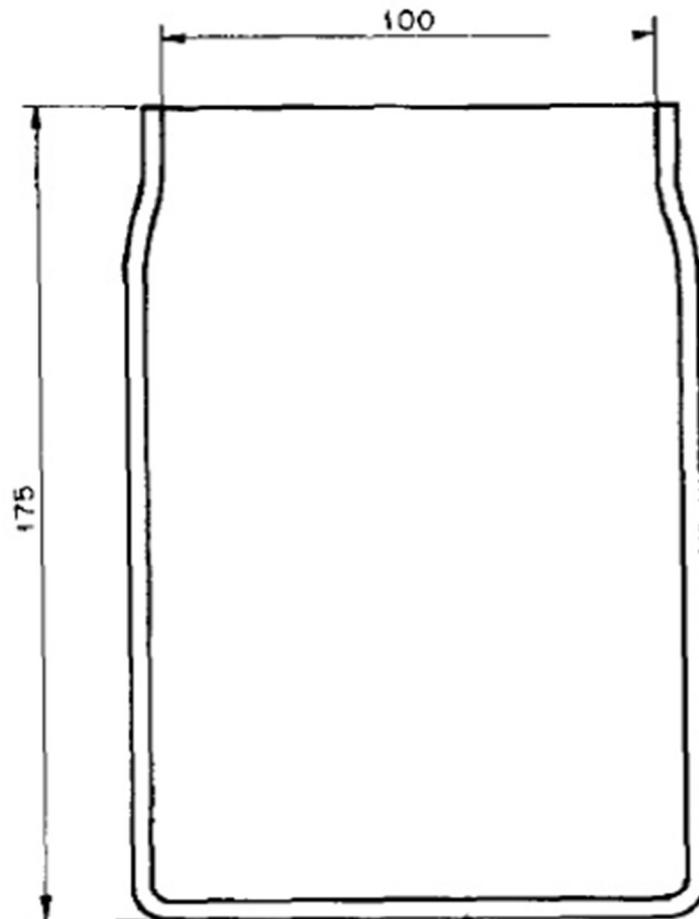


Figura 1 – Frasco coletor de poeira sedimentável

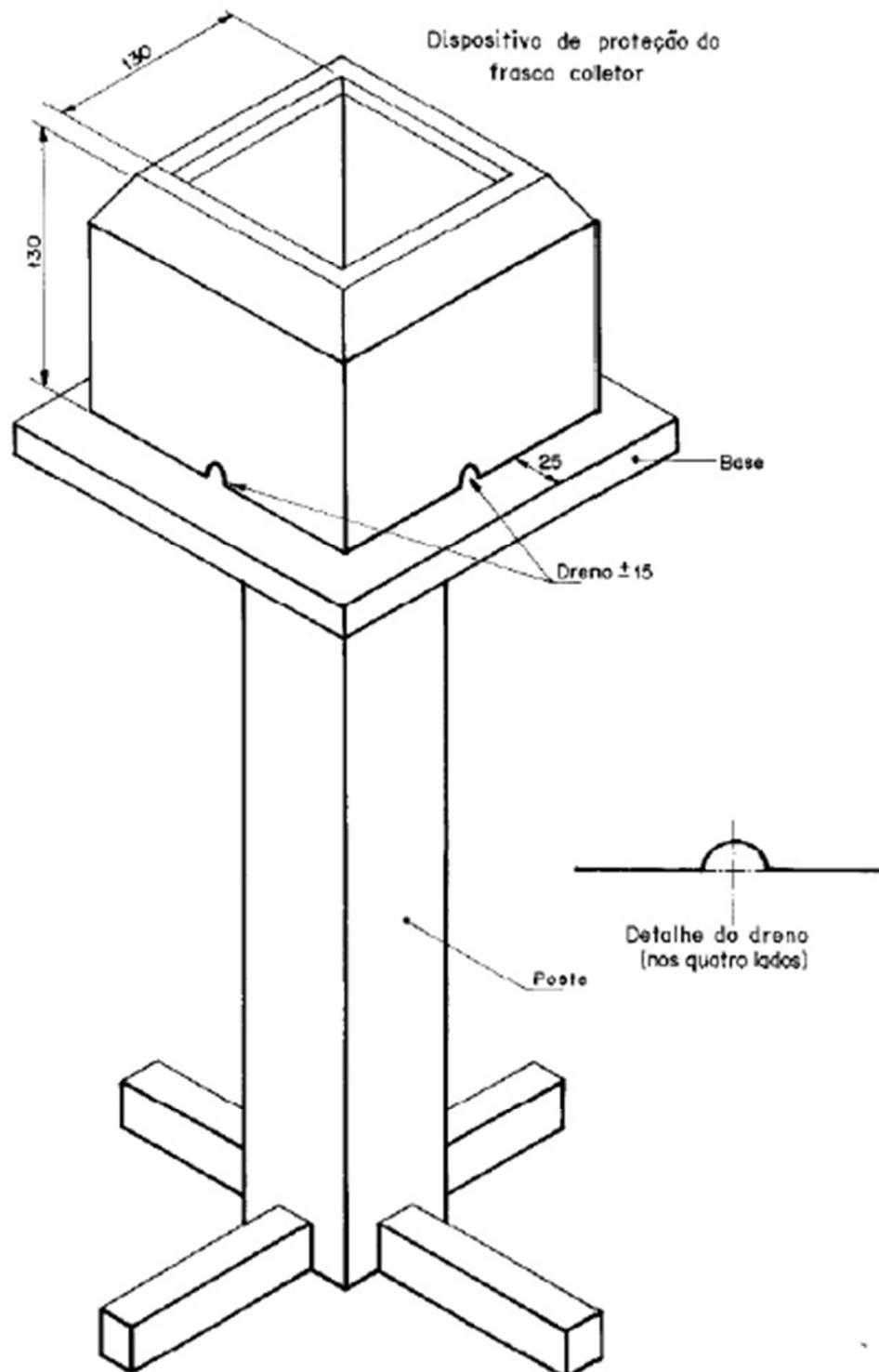


Figura 2 – esquema de suporte de sustentação do frasco coletor de poeira sedimentável

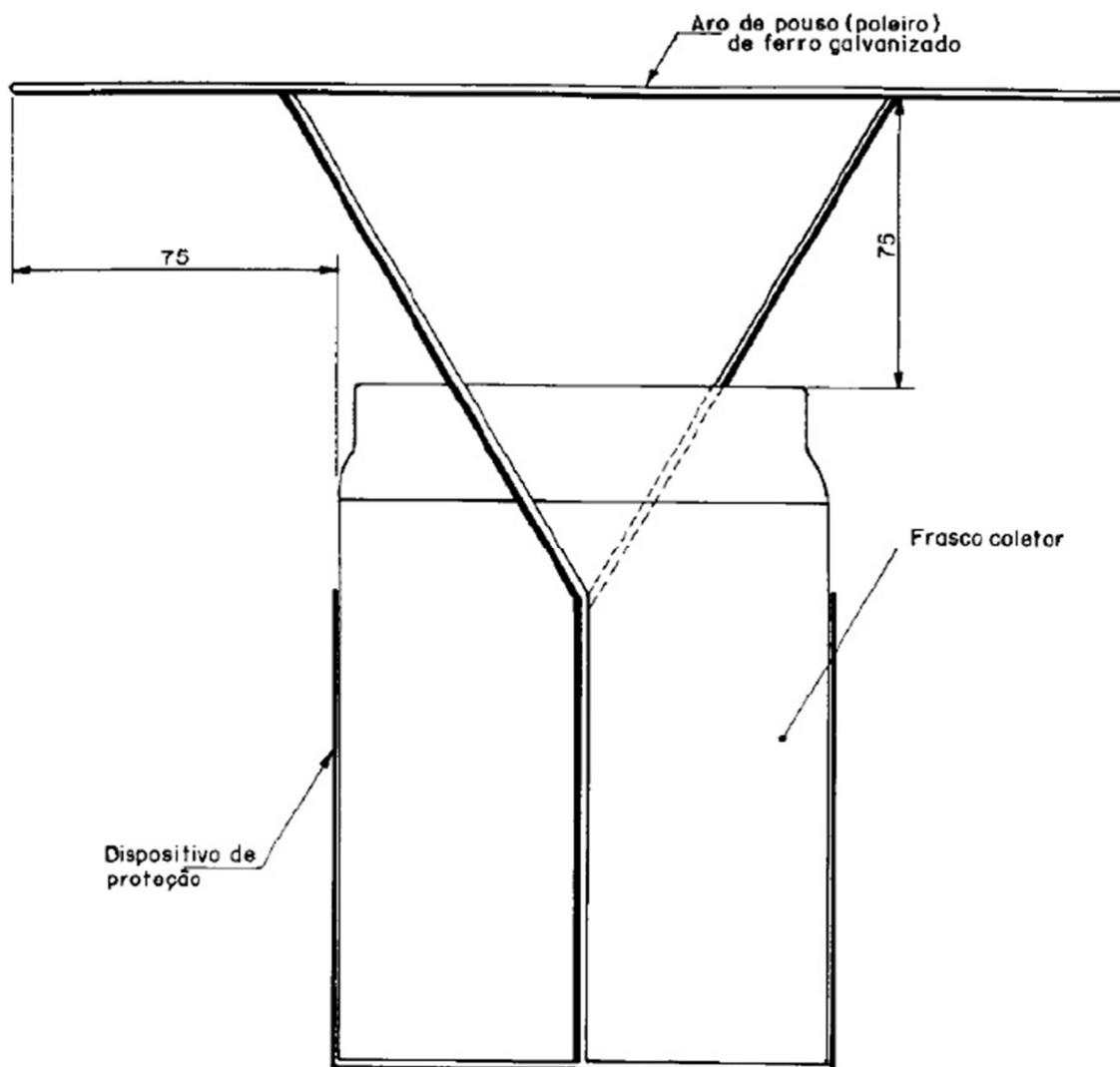


Figura 3 – Esquema do frasco coletor com dispositivo de proteção e poleiro

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.

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 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 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.

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.

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 Gerais. **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 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

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

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.

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.

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

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.

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.

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