Construção e Avaliação de Dispositivo para Determinação de Material Particulado em Ambientes Internos e Externos

Marcel Piovezan, Rafaella Trilha, Amanda V. Santos e Luana Bueno

Os gases responsáveis por agravar o efeito estufa, destruição da camada de ozônio e chuva ácida são comumente abordados em estudos ambientais nas aulas do ensino médio ao superior, sendo que tal abordagem não contempla os materiais particulados (MP). Este artigo apresenta a construção e avaliação de um dispositivo de baixo custo para determinação do MP sólido no ar, com possibilidade de aplicação em aulas com a temática ambiental. O princípio da determinação baseia-se na aspiração do ar através de um filtro de papel e por um hidrômetro, que mede o volume de ar coletado. A concentração de MP é determinada por diferença da massa do filtro, antes e depois da coleta dividido pelo volume de ar coletado. Os teores de MP em ambiente interno ficaram acima do limite de qualidade do ar quando cigarros e defumadores de ambiente foram queimados. Os resultados em ambiente externo variaram devido à amostragem e efeitos climáticos. O dispositivo mostrou-se adaptável e com produção mínima de resíduos.

► qualidade do ar, interdisciplinar, cigarros ◀

Recebido em 18/04/2016, aceito em 22/09/2016

A abordagem da poluição ambiental, em especial a atmosférica, pode impor determinadas barreiras, em termos experimentais, para os professores do ensino médio, técnico e superior, uma vez que a discussão do comportamento dos gases e seus mecanismos de ação na atmosfera requerem a necessidade de uma maior abstração pelos alunos. Os gases atmosféricos são incolores ou em baixas concentrações não são visíveis a olho nu, dificultando por vezes o processo de ensino-aprendizagem.

Dentre as diversas problemáticas da poluição atmosférica preferida em artigos e livros didáticos destaca-se, entre as mais conhecidas e estudadas, a destruição da camada de ozônio, ocasionada pela emissão de gases poluentes. Além de intensificar os efeitos da radiação solar sobre a Terra e contribuir com as mudanças climáticas, estes gases alteram o equilíbrio natural do efeito estufa. Outra abordagem frequentemente encontrada nestas literaturas refere-se ao impacto ambiental ocasionado pela chuva ácida. Baird e Cann

(2011) discorrem que chuva ácida surge como resultado da poluição atmosférica, causando a acidificação de lagos e rios e, como consequência, o aumento da mortalidade de organismos aquáticos.

A presença de gases poluentes na atmosfera não é o único causador de efeitos negativos para o meio ambiente. De acordo com Spiro e Stigliani (2011), o MP atmosférico, por vezes negligenciado, torna-se preocupante, pois afeta o balanço radioativo da terra, impactando solos e águas, e ocasionam graves riscos à saúde.

Segundo o CONAMA (2016), é considerado material particulado todo e qualquer material sólido ou líquido, em mistura gasosa, que se mantém neste estado na temperatura do meio filtrante. O MP pode ser emitido diretamente na atmosfera ou formar-se nela a partir de emissões primárias de gases. Em outra situação, as partículas de fuligem oriundas dos gases de combustão do diesel ou de fumaça da queima da madeira são capazes de adsorver quantidades significativas de substâncias químicas tóxicas em sua superfície ativa, funcionando também como suporte para reações químicas e fotoquímicas na atmosfera (Spiro; Stigliani, 2011; Guarieiro et al, 2011).

Dependendo do tamanho, as partículas encontram

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

diferentes destinos e efeitos no sistema respiratório. São classificadas de acordo com seu diâmetro em: inaláveis grossas (fração inalável), que possuem o diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 μm denominados, respectivamente, $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} ; as partículas finas ou respiráveis (fração torácica), que são menores que 2,5 μm e as ultrafinas ou nanopartículas ($< 0,01 \mu\text{m}$) (Guariero et al, 2011).

As partículas menores penetram mais profundamente no sistema respiratório de seres humanos e animais, causando vários tipos de problemas e doenças respiratórias como: irritação nos olhos; redução da capacidade pulmonar; aumento da suscetibilidade a infecções virais; redução do desempenho físico; dores de cabeça; alterações motoras e enzimáticas; câncer de pulmão; danos ao sistema nervoso central e alterações genéticas (Torres, 1999; Spiro; Stigliani, 2011; Raaschou-Nielsen et al, 2016; Kowalski et al, 2016). Já as partículas maiores ficam presas no nariz e garganta, sendo mais facilmente eliminadas (Spiro; Stigliani, 2011).

Sabendo que o material particulado é uma das principais causas da poluição atmosférica, que sua abordagem pode ser mais concreta em sala de aula, e considerando ainda o fato de que existe a falta de equipamentos, este trabalho tem o objetivo de apresentar a construção e a avaliação de um dispositivo de baixo custo para coleta e determinação do teor de MP em ambiente interno (com queima de cigarros e fumadores, como fonte de MP) e externo (avaliação ambiental). Existe a possibilidade do aluno se envolver desde a construção do coletor, bem como de se responsabilizar pela coleta e interpretação dos resultados, de acordo com os objetivos do professor.

Materiais e Métodos

Montagem do coletor de MP

Material necessário: um funil de Büchner (70 mm diâmetro), 1 m (12 x 2,0 mm) e 2 m (10 x 1,5 mm) de tubulação de poliuretano. Pedacos de tubulação de silicone, um hidrômetro e uma bomba de vácuo. Uma bisnaga de silicone, fita isolante e papel filtro quantitativo (12,5 cm diâmetro, maioria dos poros 8 μm) (J. Prolab, São José dos Pinhais - PR).

A construção do dispositivo inicia com a adaptação das tubulações de poliuretano nas extremidades do hidrômetro. Veda-se o espaço entre a parte interna do hidrômetro e a externa das tubulações com cola de silicone. Espera-se o tempo de secagem do produto e reveste-se tudo com fita isolante. Em uma das extremidades da tubulação conecta-se a bomba de vácuo, e na outra o funil de Büchner. O funil deve estar conectado no mesmo lado indicado para entrada de água do hidrômetro. Caso seja necessário, utilizam-se pedacos de tubulação de silicone flexível para adaptar as partes, como por exemplo, o funil de Büchner na tubulação como mostrado na Figura 1.

Mecanismo de funcionamento

A bomba succiona o ar, fazendo com que este passe primeiramente pelo filtro de papel (colocado dentro do funil de

Figura 1: Imagem do dispositivo construído para coleta de material particulado sólido.

Büchner), seguindo para o hidrômetro, onde o volume de ar é contabilizado. A concentração média do material particulado é determinada pela diferença da massa do filtro, antes e depois da coleta, dividido pelo volume de ar amostrado.

Preparação dos filtros

Os filtros devem ser cortados no diâmetro correspondente ao interior do funil de Büchner. Após o corte, os filtros são identificados e acondicionados individualmente em envelopes de papel alumínio (Figura 2).

Figura 2: Detalhes dos filtros em envelopes de papel alumínio e quando adaptados no funil de Büchner para coleta de amostra.

Antes da coleta, o envelope deve ser parcialmente aberto (Figura 2) e seco em estufa a 60 °C por 2 h, procedimento a ser realizado antes e depois da amostragem. Antes das pesagens, deixar em dessecador até temperatura ambiente. Toda a preparação dos filtros deve ser executada com luvas.

Amostragem de MP atmosférico

Inicialmente, o filtro em seu envelope de alumínio previamente seco em estufa deve ser pesado em balança analítica (0,0001 g). A coleta é realizada da seguinte maneira: o filtro é retirado do envelope de alumínio e acondicionado no funil de Büchner já posicionado no ambiente a ser realizada a coleta. Durante a amostragem, o conjunto (filtro e funil de Büchner) deve estar a, pelo menos, 1 m de altura do solo

para ambiente externo e distante da fonte de MP em caso de ambiente interno. Anota-se a hora e volume inicial da coleta (visor do hidrômetro) e liga-se a bomba de vácuo. Terminada a coleta, o filtro é cuidadosamente guardado no envelope (sempre manuseado com luvas) e os dados de volume e hora de término da coleta são registrados.

Cálculo da concentração de MP atmosférico

A fórmula para cálculo da concentração de material particulado baseia-se nas diferenças de massa do filtro depois (m_2) e antes da coleta (m_1) e do volume de ar registrado depois (V_2) e antes (V_1) da coleta no hidrômetro. A equação utilizada é (ABNT NBR 9547, 1997):

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_2 - V_1} \times 10^6$$

onde: C é a concentração mássica das partículas sólidas em suspensão, $\mu\text{g}/\text{m}^3$; m_1 é a massa do filtro antes da coleta, g; m_2 é a massa do filtro depois da coleta (com material particulado), g; V_1 é o volume registrado no hidrômetro antes da coleta, m^3 ; V_2 é o volume registrado no hidrômetro depois da coleta, m^3 ; 10^6 é a conversão de gramas para microgramas (μg)

Resultados e Discussão

Diagnóstico de desempenho e adaptações

A funcionalidade do dispositivo foi avaliada realizando-se inúmeros testes. Os resultados foram compilados na forma de um guia (Tabela 1), o qual comporta as situações experimentadas e sugestões de adaptação de construção e aplicação do método proposto.

Tabela 1: Guia de diagnóstico de desempenho e sugestão para adaptações.

Dispositivo	Situação	Solução/ Sugestão
Hidrômetro parou ou não gira mais	Tubulações bloqueiam a turbina do hidrômetro	Desbloquear a turbina, puxando a tubulação com cuidado
	Sujeira impregnada	Retire as tubulações e lave tudo com detergentes neutro e água em abundância
	Fuga de ar	Rever as conexões e vedações
Funil de Büchner	Não há disponível	Adaptar uma tampa plástica furada dentro de um funil de plástico
Papel filtro quantitativo	Não há disponível	Filtro de café
Bomba de vácuo	Não há disponível	Aspirador de pó (potência máx. 700 W)
	Aquece	Reduzir o tempo de amostragem
Hidrômetro	Não há disponível	Solicitar empréstimo na empresa de abastecimento de água da cidade
Dessecador	Não há disponível	Utilizar sílica higiénica (vendido em <i>petshops</i>) e pote com fechamento hermético
Balança analítica	Não há disponível	Usar uma semi-analítica e aumentar o tempo de coleta de ar ou queimar mais material (caso de amostragem em ambiente interno)
Estufa	Não há disponível	Forno de fogão

O funcionamento adequado do dispositivo é dependente de inúmeros fatores além dos listados na Tabela 1. É importante salientar que qualquer modificação implica em ajustes experimentais. A adaptação da metodologia para adequar-se à realidade da disponibilidade dos materiais promove o desenvolvimento do pensamento científico nos alunos. Esta versatilidade do instrumento faz com que cada construção seja única, visando motivar a finalização e aplicação do dispositivo construído.

Aplicação

O dispositivo foi aplicado em ambiente interno, onde foram avaliados os teores de material particulado sólido atmosférico oriundo da queima de cigarros e defumadores de ambiente. Posteriormente foram realizadas análises em ambiente externo. O ponto de coleta na cidade de Correia Pinto – SC foi escolhido por encontrar-se próximo a fontes potenciais de MP sólido. Os resultados das coletas são apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 2 pode-se observar que os tempos de coleta em ambiente interno foram dependentes do tempo de queima dos materiais avaliados, contrário ao necessário em amostragens externa, já que a concentração de MP foi menor.

A vazão da coleta é um parâmetro importante na avaliação da reprodutibilidade da análise e do dispositivo, já que esta variou de 1,14 a 1,38 m^3/h para as coletas em ambiente interno, onde foi utilizada uma bomba de vácuo. Para as amostragens em ambiente externo, optou-se pelo uso de um aspirador de pó, com o qual as vazões sofreram variações de mais de 86 %. A alta variação pode estar associada ao escape de ar nas conexões das tubulações com o aspirador, demonstrando ser menos constante que a bomba de vácuo e por isso afeta mais os resultados da análise.

Tabela 2: Dados e resultados das análises em ambiente interno e externo.

Amostra ¹	m ₁ (g)	m ₂ (g)	(m ₂ - m ₁) (g)	(V ₂ - V ₁) (m ³)	Tempo de coleta (h)	Vazão de coleta (m ³ /h)	C (µg/m ³)
Cigarro (1)	0,4561	0,4575	0,0014	0,2756	0,22	1,25	5.079
Cigarro (2)	0,4974	0,4987	0,0013	0,3195	0,28	1,14	4.068
Defumador (1)	0,4595	0,4634	0,0039	0,9999	0,88	1,14	3.900
Defumador (2)	0,4678	0,4689	0,0011	0,9117	0,66	1,38	1.206
Ambiental (1)	0,5023	0,5037	0,0014	10,9060	11,0	0,99	128
Ambiental (2)	0,4676	0,4687	0,0011	20,2988	11,0	1,85	54
Ambiental (3)	0,4021	0,4044	0,0023	10,4733	6,2	1,69	219

¹ As identificações (1) e (2) de cigarros e defumadores designam réplicas autênticas.

Determinação de MP em ambiente interno

Como fontes de emissão de MP foram utilizados cigarros e defumadores de ambiente. Esses materiais foram queimados em um ambiente fechado com volume aproximado de 18 m³ (área de serviço). O funil com o filtro foi deixado dentro do ambiente a ser avaliado em altura mínima de 1 m do solo e distante cerca de 2 m da fonte de MP, o restante do dispositivo (hidrômetro e bomba) ficaram na cozinha do apartamento (Figura 3). O tempo de coleta de ar iniciou a partir do momento em que o material foi aceso e findou 10 min após sua queima completa. As coletas em ambiente interno foram menores que 1 h. O tempo médio de queima do cigarro foi de 9 min e os defumadores de 40 min.

Figura 3: Dispositivo montado para coleta em ambiente interno e detalhe da disposição da queima do cigarro e defumador. O conjunto (funil de Büchner e filtro) fica distante pelo menos 1 m da fonte de MP.

Para ambiente interno foi verificado concentração média de MP de $4573,5 \pm 714,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para cigarros e $2.553,0 \pm 1904,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para defumadores. Ambos os casos

extrapolam em muito os limites estabelecidos pela resolução do CONAMA n° 5, de 15 de junho de 1989, que institui o PRONAR (Programa Nacional de controle da qualidade do Ar), que determina como aceitável a concentração de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bem como os limites da U.S. EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), que estabelece para MP₁₀ diário em $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estes resultados são mais graves quando se considera que, para ambas as legislações estes limites são para uma amostragem de 24 h e não podem ser excedidos mais de uma vez por ano (CONAMA, 2016; U.S. EPA, 2016a).

Segundo dados da U.S. EPA (2016b), os níveis de MP em ambiente interno podem exceder os níveis em comparação com o ambiente externo, bem como os limites de qualidade estabelecidos como aceitáveis. Uma vez que as normas ambientais não regulamentam padrões de qualidade do ar para MP em ambiente interno, estes resultados são alarmantes para as amostras como cigarros e defumadores. Esses materiais são consumidos diariamente em escala mundial, sendo pouco estudado o impacto que podem causar à saúde ao ser liberado MP na queima em locais fechados e sem ventilação.

Determinação de MP em ambiente externo

As coletas foram realizadas na cidade de Correia Pinto-SC, no bairro Pró-Flor (Figura 4). A bomba de vácuo foi substituída por um aspirador de pó de 700 W (aspirador portátil), adaptação esta que atendeu com sucesso o tempo de amostragem de mais de 6 h sem aquecimento excessivo. O filtro foi disposto em altura mínima de 1 m do solo e sempre perpendicular ao sentido do vento. Tais procedimentos evitam erros de amostragem provenientes de material depositado no solo revolvido pelas correntes de ar.

Um fator de suma importância que deve ser acompanhado e utilizado na discussão dos resultados é a influência das condições climáticas no momento da coleta, como as mostradas na Tabela 3 para o presente estudo.

Os resultados mostrados na Tabela 2 para amostragem Ambiental (1-3) não podem ser avaliados como replicatas de uma mesma medida, pois as concentrações dos poluentes podem variar rapidamente com o passar do tempo. Para a

Tabela 3: Condições climáticas nas coletas em ambiente externo.

Coleta	Condição Climática	Temperatura média (°C)	Umidade (%)	Vento (km/h)
Ambiental (1)	Ensolarado	29	48	26 - NE
Ambiental (2)	Garoa	19	94	13 - NO
Ambiental (3)	Nublado	23	78	11 - O

Figura 4: Amostragem ambiental e detalhe do filtro em altura mínima de 1 metro do solo e perpendicular ao sentido do vento (A). Mapa do ponto de coleta (em vermelho) e arredores (B). Legenda: 1- Locais com construção civil em execução; 2- Comércio que possuem chaminés ativas.

obtenção de valores médios das análises realizadas é mais apropriado um estudo de longa duração (tempos de amostragem maiores), nos quais se fixa o período de amostragem (MOZETO, 2001). Sobre a ótica da legislação brasileira as concentrações de MP foram inferiores ao limite do CONAMA (2016) e, segundo a U.S. EPA (2016), apenas uma amostragem ultrapassou os $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lembrando que as amostragens nunca ultrapassaram 24 h, resultados que demandam atenção e poderiam exceder os padrões de qualidade do ar.

As condições climáticas influenciam largamente nos resultados de MP. Observou-se menor valor de MP na coleta realizada em dia com garoa referente à amostra Ambiental 2 ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ocasionado possivelmente pela lavagem da atmosfera. Contraditoriamente, a coleta Ambiental 3 ($219 \mu\text{g}/\text{m}^3$), realizada em dia nublado e umidade relativa do ar de 78%, não induziu o mesmo raciocínio, pois apresentou o maior valor de MP entre as amostras.

A importância de registrar e acompanhar as condições climáticas ficam evidentes quando observamos a amostra Ambiental 1 ($128 \mu\text{g}/\text{m}^3$), na qual se esperava valores mais elevados de MP, visto que em dias ensolarados não há ocorrência de lavagem da atmosfera. Entretanto, considerar apenas as condições de umidade relativa do ar e a ocorrência de precipitação para justificar maiores ou menores valores para MP pode levar a interpretações equivocadas. A velocidade dos ventos é outro fator relevante nestas observações, uma vez que as altas velocidades intensificam os efeitos dispersivos de material do solo e de fontes próximas ao local da coleta (Figura 4).

A localização espacial do local de coleta e a identificação de fontes de MP tornam-se relevantes do ponto de vista quantitativo e auxilia na justificativa dos resultados (Figura 4 (B)). Construções civis em execução, chaminés de padarias e casas, ruas sem pavimentação, queimadas em campos, pedreiras de extração e florestas são todas fontes potenciais de MP atmosférico e devem ser consideradas.

Conclusões

O dispositivo proposto neste artigo mostrou-se ser de fácil construção e passível de adaptações a diferentes realidades escolares. A aplicação do dispositivo na quantificação de MP em ambiente interno, além de uma sugestão de aplicação, chama atenção pelos altos valores encontrados e o grande impacto que estas fontes de MP podem causar na saúde. Já na proposta de aplicação em ambiente externo, as concentrações de 54 , 128 e $219 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP, são influenciadas pelas adaptações feitas no dispositivo, condições climáticas e as fontes de material particulado próximas ao local da coleta. Vale salientar que em outras condições experimentais os resultados podem ser diferentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Secretaria Municipal de Águas e Saneamento (SEMASA) do município de Lages -SC pela colaboração e gentileza no empréstimo do hidrômetro para realização deste trabalho. Ao Instituto Federal de Santa

Marcel Piovezan (marcel.piovezan@ifsc.edu.br) é Doutor em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Catarina e Professor do Ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal de Santa Catarina. Lages, SC – BR. **Rafaella**

Trilha (rafaellaqmc@gmail.com), Bacharel e Licenciada em Química, Graduada de Fonoaudiologia na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC – BR. **Amanda Vitória Santos** (amadavelho30@gmail.com), Técnica em Análises Químicas, Graduada em Química na Universidade Federal de Santa Catarina. Lages, SC – BR. **Luana Bueno** (luana.bueno069@gmail.com), Técnica em Análises Químicas, Graduada em Química na Universidade Federal de Santa Catarina. Lages, SC – BR.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Serviços: pesquisa de normas técnicas. NBR 9547/1997 – Material particulado em suspensão no ar ambiente - determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume - método de ensaio. Disponível em: http://www.esaat.com.br/docs/met_abnt/9547.pdf. Acesso em: 22 ago. 2016.

BAIRD, C. e CANN, M. Química ambiental. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. *Diário Oficial da União nº 1*, Seção 1, Brasília, página 131-13, 2 de janeiro de 2007. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_382.pdf. Acesso em: 22 ago. 2016.

U.S. EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Particulate Matter (PM) Standards - Table of Historical PM NAAQS*. Disponível em: http://www3.epa.gov/ttn/naaqs/standards/pm/s_pm_history.html. Acesso em: 22 ago. 2016a.

U.S. EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Indoor Air Quality (IAQ) – Indoor Particulate Matter*. Disponível em: https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-particulate-matter#Levels_in_Homes. Acesso em: 22 ago. 2016b.

GUARIEIRO, L. L. N.; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 3, p. 434-445, 2011.

KOWALSKI, M.; KOWALSKA, K. E KOWALSKA, M. Health benefits related to the reduction of PM concentration in ambient air, Silesian Voivodeship, Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, v. 29, p. 209-217, 2016.

MOZETO, A. A. Química Atmosférica: A química sobre nossas cabeças. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, Edição Especial, p. 41-49, maio-2001.

RAASCHOU-NIELSEN, O.; BEELEN, R.; WANG, M.; HOEK, G.; ANDERSEN, Z.J.; HOFFMANN, B.; STAFOGGIA, M.; SAMOLI, E.; WEINMAYR, G.; DIMAKOPOULOU, K.; NIEUWENHUIJSEN, M.; XUN, W.W.; FISCHER, P.; ERIKSEN, K.T.; SØRENSEN, M.; TJØNNELAND, A.; RICCI, F.; DE HOOGH, K.; KEY, T.; EEFTEMS, M.; PEETERS, P.H.; BUEÑO-DE-MESQUITA, H.B.; MELIEFSTE, K.; OFTEDAL, B.; SCHWARZE, P.E.; NAFSTAD, P.; GALASSI, C.; MIGLIORE, E.; RANZI, A.; CESARONI, G.; BADALONI, C.; FORASTIERE, F.; PENELL, J.; DE FAIRE, U.; KOREK, M.; PEDERSEN, N.; ØSTENSON, C.-G.; PERSHAGEN, G.; FRATIGLIONI, L.; CONCIN, H.; NAGEL, G.; JAENSCH, A.; INEICHEN, A.; NACCARATI, A.; KATSOULIS, M.; TRICHOPOULOU, A.; KEUKEN, M.; JEDYNSKA, A.; KOOTER, I.M.; KUKKONEN, J.; BRUNEKREEF, B.; SOKHI, R.S.; KATSOUYANNI, K. E VINEIS, P. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer. *Environment International*, v. 87, p. 66-73, 2016.

SPIRO, T. G. e STIGLIANI, W. M. *Química Ambiental*. Trad. S. M. Yamamoto. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

TORRES DE ALMEIDA, I. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. 1999. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Para saber mais

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. de. A qualidade do ar de interiores e a química. *Química Nova*, v. 22, n.1, p. 65-74, 1999.

Abstract: *Construction and Evaluation of Device to Determination Indoor/Outdoor Particulate Matter.* The responsible gases for aggravating the greenhouse effect, ozone layer destruction and acid rain are commonly worked in environmental studies since high school courses until college classes. This approach does not consider the particulate matter (PM). This paper shows the construction and evaluation of a low-cost device to determination of solid PM in air, with possibility in application on classes that involving environmental issues. The principle of determination is based on the air aspiration through a filter paper and a water meter, which measures the volume of air collected. The concentration of PM is determined by the filter mass difference, weighed before and after of analysis divided by air volume collected. The PM contents of indoor were above the air quality standards when cigarettes and incenses were burned. Already, the outdoor results showed variability due sampling and climatic effects. The device showed adaptability and minimal waste production.

Keywords: air quality, interdisciplinary, cigarettes