

Eixo Temático ET-08-008 - Poluição Ambiental

Poluição Ambiental

## **DESENVOLVIMENTO DE UM AMOSTRADOR E MEDIDAS PRELIMINARES DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO**

Rhafael Cainã Santos de Melo<sup>1</sup>, Nataly Albuquerque dos Santos<sup>2</sup>,  
Márcia Helena Pontieri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba, DEQ-CT-UFPB.

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, PRODEMA-UFPB.

<sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba, DTS-CTDR-UFPB

### **RESUMO**

A atmosfera da região metropolitana de João Pessoa é afetada por uma ampla emissão de poluentes antropogênicos, tais como as Materiais Particulados Atmosféricos (MPA). Estes são oriundos de fontes veiculares, industriais e da combustão de biomassa gerada principalmente, na combustão da palha de cana-de-açúcar durante a colheita. Não existem estudos sobre o real aumento destes contaminantes e sua caracterização na cidade de João Pessoa. Uma das dificuldades para obtenção destes dados são os amostradores de MPA. Considerando a importância de informações sobre a qualidade do ar, este trabalho teve como objetivo montar um equipamento para amostragem de MPA a fim de gerar dados preliminares a respeito de suas concentrações frente a variação das condições climáticas. Para a montagem do equipamento foi proposto um sistema que funciona a partir da força motriz de um compressor, que impulsiona a captura de ar através de um funil de Büchner, equipado com o filtro de papel, no qual as partículas são retidas. Após passar pelo funil, o ar segue através do compressor até o medidor de gás, que registra o volume amostrado. As amostragens ocorreram em um bairro residencial de João Pessoa, com duração oito horas cada. Com os volumes de ar amostrados e massas dos filtros, antes e após a coleta, foram calculadas as concentrações de MPA. Registrou-se também as condições climáticas dos dias de amostragem. As concentrações de MPA se mostraram abaixo dos níveis determinados pela Resolução CONAMA nº 03/1990, que estipula como padrão secundário para partículas totais em suspensão, o valor máximo de  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Os valores modestos evidenciam a influência das condições meteorológicas e climáticas nas concentrações de MPA na atmosfera. Em períodos chuvosos tem-se um arraste das partículas em suspensão pelas gotas descendentes, o que diminui drasticamente a quantidade das mesmas no ar. Conclui-se que fatores meteorológicos são preponderantes na dinâmica do material particulado na atmosfera e reafirmam a sutileza do estudo da mesma, uma vez que as variáveis envolvidas são bastante mutáveis. O amostrador ativo pode ser uma alternativa na ausência de um amostrador de grandes volumes, principalmente se sua utilização tiver como objetivo, resultados comparativos.

**Palavras-chave:** Material Particulado Atmosférico, Queima de biomassa, Poluição Atmosférica.

## INTRODUÇÃO

Uma infinidade de compostos orgânicos e inorgânicos, na forma de gases, líquidos e partículas sólidas compõem a atmosfera da Terra. Estes compostos são denominados poluentes atmosféricos quando apresentam níveis de concentração tais que os tornem impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde humana e danosos aos materiais, e aos processos naturais do ecossistema (CETESB, 2016).

A dinâmica da atmosfera é bastante complexa e a concentração dos poluentes depende do fluxo de emissão, transformação física (gás-partícula), reações químicas, processos de transporte, condições meteorológicas (dispersão, inversão térmica, ventos, precipitação, etc) e topografia da região.

Os poluentes podem ser denominados como primários, quando são provenientes de uma fonte direta de emissão, ou secundários, quando são formados na atmosfera através de reações entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera (CETESB, 2016).

Em grandes centros urbanos, as fontes antropogênicas são as principais responsáveis pela origem destes poluentes. Emissão veicular é considerada a fonte antropogênica de maior impacto na poluição da atmosfera urbana. Os veículos são os maiores emissores de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), hidrocarbonetos (HC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados. Os HPAs e seus derivados são carcinogênicos e mutagênicos; os NO<sub>x</sub> irritam os alvéolos dos pulmões e, na presença de hidrocarbonetos, em condições climáticas favoráveis (incidência de luz solar e inversão térmica), podem gerar o *smog* fotoquímico. Quanto ao CO, diminui a capacidade de oxigenação do sangue, podendo causar a morte por asfixia (LENZI; FAVERO, 2009).

Reações fotoquímicas são responsáveis pela formação de ozônio (O<sub>3</sub>), nitrato de peroxiacetila (PAN) e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Essas substâncias afetam a saúde humana reduzindo a capacidade respiratória, a resistência às infecções e provocando asma e irritações nos olhos. Estas espécies também podem degradar os materiais e inibir a fotossíntese das plantas (LENZI; FAVERO, 2009).

No Brasil a composição do combustível é um fator de relevância. A gasolina comum contém cerca de 27% de álcool hidratado, enquanto a gasolina premium, 25% (BRASIL, 2015) correspondendo, em 2016, a 39,4% do consumo brasileiro de combustíveis do ciclo Otto (MELO et al., 2017). Os carros movidos a álcool emitem de 65% a 67% menos CO e hidrocarbonetos, respectivamente, que os movidos a gasolina; entretanto emitem de 13% e 40% a mais de óxido de nitrogênio e aldeídos (formaldeído e acetaldeído) do que os carros a gasolina (SOUZA, 1998). Estas informações mostram que a característica da atmosfera urbana do Brasil é diferenciada, já que, em outros países, a contribuição de poluentes veiculares está relacionada somente aos combustíveis fósseis.

### **Material Particulado Atmosférico (MPA)**

Partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar compõem o MPA. Estas partículas possuem diâmetro que varia entre 0,002µm e 100µm. As composições médias das partículas na atmosfera variam com o tamanho, tempo e localização; além de variar individual e independentemente de seu diâmetro, refletindo os diversos processos e origens na atmosfera (DA ROCHA, 2003)

As partículas grossas são produzidas por processos mecânicos e geralmente são removidas da atmosfera por sedimentação. Em sua composição elementar, predominam

compostos inorgânicos derivados do solo e da névoa marinha, além de compostos biológicos tais como pólen, esporos e insetos (CANÇADO, 2003). Partículas finas são preferencialmente emitidas por processos de combustão e compostas por material carbonáceo, metais, compostos orgânicos, íons nitrato, sulfato e amoníaco (ARBEX, 2001).

O material particulado assume elevadas concentrações quando há queima de biomassa. Segundo a agência de proteção ambiental dos EUA, “U.S. Environmental Protection Agency” – USEPA (1998), o maior percentual do MPA produzido por combustão é de partículas com diâmetro menor que 2,5µm, (90% do total).

Em 1970, a US EPA estabeleceu os padrões de qualidade do ar. As concentrações dos poluentes de ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e MPA menor ou igual a 10µm (PM<sub>10</sub>); passaram a ser monitoradas como indicadores. No Brasil, em 1976, o Governo do Estado de São Paulo, através do Decreto Estadual nº8468, regulamentou alguns padrões de qualidade do ar. Em 28/06/1990, esses padrões foram ampliados nacionalmente e transformados em Resolução pelo CONAMA nº 003/1990. Essa resolução estabelece dois tipos de padrões de qualidade de ar (BRASIL, 1990):

- Padrões primários: são concentrações que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população exposta.
- Padrões secundários: são concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população humana, da fauna, da flora e do meio ambiente em geral.

Os compostos utilizados como indicadores e controlados pela resolução são: Partículas totais em suspensão (partículas menores que 100µm), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio (O<sub>3</sub>), fumaça (fuligem), partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) (Quadro 1).

**Quadro 1.** Padrões nacionais de qualidade do ar - Resolução CONAMA nº 03/1990.

Poluentes	Padrão primário (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão secundário (µg/m <sup>3</sup> )	Amostragem
O <sub>3</sub>	160	160	1 hora <sup>(1)</sup>
CO	10000 (9ppm)	10000 (9ppm)	8 horas <sup>(1)</sup>
SO <sub>2</sub>	80	40	MAA <sup>(2)</sup>
Fumaça	150	100	24 horas <sup>(1)</sup> MAA <sup>(2)</sup>
Partículas Totais em Suspensão (TSP)	240 80	150 60	24 horas <sup>(1)</sup> MGA <sup>(3)</sup>
NO <sub>2</sub>	320 100	190 100	1 hora <sup>(1)</sup> MAA <sup>(2)</sup>
PM <sub>10</sub>	150 50	150 50	24 horas <sup>(1)</sup> MAA <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano, <sup>(2)</sup>Média Aritmética Anual, <sup>(3)</sup>Média Geométrica Anual. Fonte: BRASIL (1990).

### **Queima da cana-de-açúcar**

As emissões atmosféricas provenientes das queimadas de cana-de-açúcar, decorrentes das atividades industriais para fabricação de açúcar e álcool, podem causar um impacto atmosférico muito amplo. Elas são uma importante fonte de gases-traços na atmosfera tais como monóxido de carbono, metano e óxido nítrico, gases estes que fazem parte do ciclo oxidante fotoquímico da atmosfera como, por exemplo, o efeito estufa.

Apesar da queimada da cana-de-açúcar não ser contabilizada no aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, outros gases produzidos, tais como monóxido de carbono (CO), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), sulfeto de carbonila (COS), cloreto de metila (CH<sub>3</sub>Cl) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) podem vir a sê-lo (DA ROCHA, et al., 2003).

Estudos têm demonstrado que o material particulado presente na atmosfera é responsável por vários efeitos deletérios sobre a saúde humana, incluindo aumento das consultas de emergência por patologias respiratórias (CARMO et al., 2010; SILVA et al., 2010; BUENO et al., 2010), exacerbação de asma e pneumonia em crianças (CÉSAR et al., 2016), das internações hospitalares por patologias respiratórias (BRAGA et al., 2007; AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012), aumento da mortalidade (BORJA-ABURTO et al., 1997), doenças respiratórias de idosos (MARTINS et al., 2001).

A comunidade científica tem se empenhado na busca de um melhor entendimento dos efeitos causados pela queima da biomassa. Alguns destes estudos têm se preocupado com a queima de cana-de-açúcar, procurando determinar os principais constituintes da atmosfera, suas interações e relações com horários e épocas de maior emissão nas regiões de cultivo de cana-de-açúcar (DA ROCHA et al., 2003; ALLEN; CARDOSO; DA ROCHA, 2004).

No sul e sudeste, o corte mecanizado já substituiu praticamente toda a colheita manual de cana-de-açúcar, e conseqüentemente sua queima. Porém, na Paraíba, apesar de algumas usinas já terem cerca de 50% da colheita mecanizada, a queima deverá se estender por mais uns 15 anos. Os produtores alegam que, além de causar o desemprego de cerca de 28mil trabalhadores somente no estado da Paraíba, a área de plantio é bastante acidentada, impossibilitando a utilização de máquinas na colheita (MELO et al., 2016).

No nordeste brasileiro, o Estado da Paraíba é o terceiro maior produtor de etanol. Sua capacidade instalada de produção de cana-de-açúcar é de 8 milhões, sendo que, na safra de 2016, foram produzidas aproximadamente 5 milhões de toneladas (MELO et al., 2016).

A cidade com maior produção de cana-de-açúcar no Estado é Santa Rita, seguida de Pedras de Fogos, Sapé e Rio Tinto, distantes 22,4; 57,4; 69,0 e 66,8 quilômetros respectivamente da cidade de João Pessoa. Sendo que, com exceção de Sapé, todas fazem parte da região metropolitana da capital Paraibana.

A atmosfera da cidade de João Pessoa é afetada por uma ampla emissão de poluentes antropogênicos, vindas da combustão de biomassa e também de fontes veiculares e industriais. O principal tipo de combustão de biomassa encontrado na região é a combustão da palha de cana-de-açúcar que ocorre durante a colheita. No período que se estende de julho a fevereiro de cada ano, costuma-se queimar previamente a plantação para facilitar o corte manual das plantas, diminuindo o tempo

para a finalização da colheita. Nesta época existe o risco de haver um aumento da contaminação atmosférica que pode levar a problemas respiratórios.

Apesar do problema atingir mais de 1 bilhão de pessoas na região, não existem estudos sobre o real aumento destes contaminantes e sua caracterização. Uma das dificuldades para obtenção destes dados são os amostradores de MPA. Estes equipamentos são bem específicos, com custo elevado, tanto para obtenção como para manutenção, já que utilizam filtros que devem ser substituídos a cada amostragem, cujo valor comercial é considerável.

Piovezan et al. (2017), desenvolveu um equipamento para amostragem de MPA, de baixo custo, para medidas atmosféricas tanto em ambiente interno como externo.

Mesmo não se tratando de um equipamento regulamentado pela Resolução CONAMA nº 03/1990, que preconiza o uso de amostradores de grandes volumes para obtenção de concentrações de MPA, é possível utilizá-lo para medidas comparativas entre épocas diferentes do ano, condições climáticas variadas, diferentes locais de amostragem, entre outras. É possível ainda, utilizar o MPA coletado para posterior determinação de sua composição.

## **OBJETIVOS**

Considerando a importância de medidas atmosféricas que contribuam para a obtenção de informações sobre as características da qualidade do ar da cidade de João Pessoa, este trabalho teve como objetivo montar um equipamento para amostragem de MPA e realizar medições para obtenção de informações preliminares a respeito das concentrações frente a variação das condições climáticas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A montagem do amostrador se baseou no modelo exposto por Piovezan (2017). Foram utilizados: 1 compressor de ar Resum ACO-001, um funil de Büchner de 55 mm de diâmetro, um medidor de gás LAO G-0.6, mangueiras de PVC transparente, flexível, e de silicone transparente, nas medidas de 5 e 10 mm, papel de filtro de fibra de vidro MGA, marca Sartorius, 55 mm de diâmetro.

Os filtros foram secos em estufa a 60 °C, por duas horas, em seguida colocados em dessecador contendo sílica gel, por 40 min para esfriarem. Após isto, foram pesados em balança analítica de 0,1 mg de precisão, marca Bel, modelo M214Ai, armazenados individualmente em envelopes de papel manteiga e mantidos em dessecador. Toda a manipulação dos filtros foi feita com a utilização de uma pinça. Para o transporte, os envelopes contendo os filtros, foram armazenados em recipiente de plástico, fechado e contendo sílica gel.

No início de cada coleta o volume inicial do medidor de gás foi registrado, em seguida o filtro foi colocado no funil de Büchner e a bomba, ligada. O funil foi posicionado de forma a ficar virado para a rua, em frente a uma residência.

Após oito horas de amostragem, a bomba foi desligada, o volume final do medidor de gás, registrado, e o filtro retirado e armazenado no envelope de papel manteiga para ser mantido no recipiente com sílica gel.

As condições climáticas foram obtidas no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Os filtros foram levados ao Laboratório de Tecnologia Sucroalcooleira do Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira do Centro de Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, onde os envelopes foram semiabertos e transferidos

para estufa a 60 °C por duas horas. Após este tempo foram transferidos para dessecador por aproximadamente 40 min. Em seguida foram pesados em balança analítica.

As coletas foram realizadas na área externa de uma residência, cuja rua pertence a rota do transporte coletivo municipal, no bairro Jardim Cidade Universitária, João Pessoa. O amostrador foi instalado à uma altura de aproximadamente 6 metros.

Os valores iniciais e finais das massas e dos volumes medidos, foram utilizados para calcular as concentrações de cada amostragem em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  utilizando a Eq. (1).

$$C = \frac{(m_f - m_i)}{(v_f - v_i)} \times 10^6 \quad 1)$$

Onde:

$C$  = concentração de Material Particulado em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$m_i$  = massa do papel de filtro antes da amostragem

$m_f$  = massa do papel de filtro após amostragem

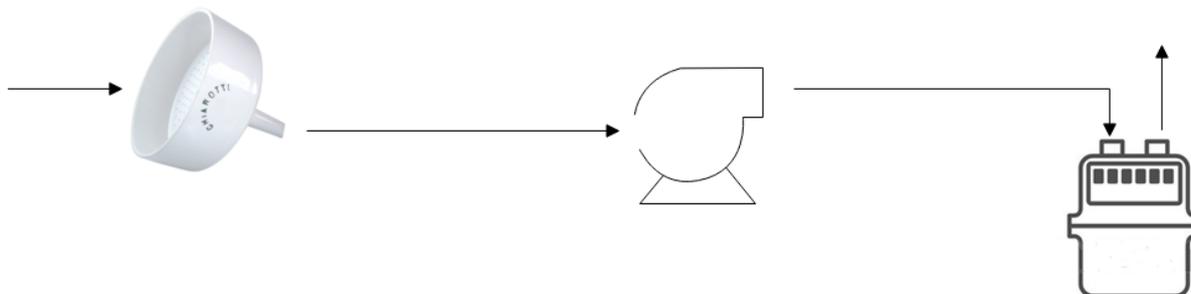
$v_i$  = volume inicial do medidor de gás

$v_f$  = volume final do medidor de gás

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Construção do amostrador

O dinâmica do sistema se dá a partir da força motriz de um compressor que impulsiona a captura de ar através de um funil de Büchner, equipado com um filtro de papel que servirá como anteparo receptor das partículas que se quer capturar. Após a passagem pelo funil, o ar segue através do compressor e, posteriormente, pelo medidor de gás, conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Esquema de funcionamento de um amostrador ativo de baixo custo. As setas representam o percurso do gás durante a amostragem.

A construção do amostrador iniciou-se com o encaixe de uma extremidade da tubulação de PVC na entrada do compressor de ar e, a outra, no funil de Büchner, conforme as Figura 2 (a) e (b).



**Figura 2.** Fixação do tubo de PVC na sessão de entrada do compressor de ar (a) e no funil de Büchner (b).

Com outro ramo da tubulação, conectou-se a saída da bomba à sessão de entrada de ar no medidor de gás, conforme Figura 3 (a) e (b). É importante ressaltar a necessidade de observar a indicação do sentido da vazão, impressa no mesmo.



**Figura 3.** Fixação da tubulação de PVC na saída do compressor (a) e na entrada do medidor de gás (b).

Utilizaram-se os tubos de PVC e de silicone conforme a necessidade de flexibilidade e diâmetro para proporcionar a melhor vedação possível.

A Figura 4 mostra todo o sistema montado e pronto para a realização da amostragem.



**Figura 4.** Sistema de amostragem ativa de baixo custo.

### Amostragem

Durante a primeira amostragem, realizada em nove dias no período compreendido entre trinta e um de maio e três de julho, as massas aferidas antes e depois dos processos de coleta apresentaram variação insignificante ou nula. A hipótese que melhor explica esses resultados está relacionada com a precipitação de chuvas no período no qual foi feito o experimento, já que o mês de junho é costumeiramente chuvoso, no nordeste do Brasil. As médias de umidade relativa e precipitação no período compreendido entre os dias 31 de maio e 03 de julho de 2017, foram de 82,6% e 11,1mm respectivamente. Em muitos dias de coleta, apesar de não ter havido precipitação, os dias que antecederam foram chuvosos, causando um aumento da umidade relativa. Os valores elevados de precipitação e umidade relativa neste período promoveram uma lavagem do ar, tornando os níveis de MP muito baixos.

Em virtude das condições meteorológicas durante o período da primeira amostragem não ter permitido observar se o equipamento consegue amostrar material particulado atmosférico, uma nova amostragem foi feita no período entre dez e vinte e dois de agosto. Neste período as médias de umidade relativa e precipitação foram de 67,8% e 1,8mm respectivamente. Estes valores são muito mais baixos que os ocorridos no período da amostragem anterior.

Durante esta segunda amostragem, foi possível obter valores mensuráveis de material particulado. Cada amostragem teve duração de 8 horas. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Volume de ar coletado ( $V_{ar}$ ) em metros cúbicos, massa de MP coletado (mMP) em microgramas e Concentrações diárias de material particulado atmosférico (MPA) em microgramas por metro cúbico, no período da segunda amostragem (amostragens de 8 h).

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Data	10/ago	11/ago	12/ago	13/ago	18/ago	19/ago	20/ago	21/ago	22/ago
mMP ( $\mu\text{g}$ )	400	200	300	300	900	600	200	600	0
$V_{ar}$ ( $\text{m}^3$ )	6,876	6,851	6,938	7,159	6,920	6,939	7,211	6,924	6,905
$C_{MP}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	58,17	29,19	43,24	41,90	130,06	86,47	27,74	86,66	0

Em se tratando das concentrações de MP identificadas, estas estão abaixo dos níveis determinados pela Res. CONAMA nº 03/1990, que especifica como padrão secundário para partículas totais em suspensão, o valor máximo de  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Fica evidente a influência das condições climáticas nas concentrações de material particulado na atmosfera, em concordância com as observações de Piovezan et al. (2017), que obteve valores de  $128\mu\text{g}/\text{m}^3$  para amostragem realizada em dia de sol,  $219\mu\text{g}/\text{m}^3$  em dia nublado e  $54\mu\text{g}/\text{m}^3$  em dia com garoa. Em períodos chuvosos temos um arraste das partículas em suspensão pelas gotas descendentes, o que diminui drasticamente a quantidade das mesmas no ar.

Durante a segunda amostragem deste trabalho, ocorreram dias com menor precipitação, porém o fato de haver chuvas intermitentes, mesmo que com intervalos de alguns dias entre elas, reduz bastante as concentrações de MP, se comparado com períodos de estiagem permanente.

Quanto a reprodutibilidade da amostragem, a vazão da coleta pode ser um parâmetro importante, já que as concentrações de material particulado na atmosfera estão sujeitas a um número muito alto de variáveis. Para as coletas da segunda amostragem a vazão variou de 0,8564 a 0,8631m<sup>3</sup>/h, com coeficiente de variação igual a 1,81% e média igual a 0,8712 ± 0,01448m<sup>3</sup>/h, com 95% de confiança. Estes valores mostram a robustez do sistema, apesar de sua simplicidade.

## CONCLUSÕES

O sistema de amostragem se mostrou bastante robusto e, apesar de não ser capaz de selecionar MPA com diâmetro de até 10µm (inalável e responsável por doenças do sistema cardiorrespiratório), é suficiente para fazer uma avaliação quantitativa das concentrações, independentemente do tamanho das partículas, presentes na atmosfera durante o intervalo analisado.

Sendo assim, o amostrador ativo de baixo pode ser uma alternativa na ausência de um amostrador de grandes volumes, principalmente se sua utilização tiver como objetivo, resultados comparativos.

Conclui-se ainda que fatores meteorológicos são preponderantes na dinâmica do material particulado na atmosfera e reafirmam a sutileza do estudo da mesma, uma vez que as variáveis envolvidas são bastante mutáveis.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A.; DA ROCHA, G. O. Influence of sugar cane burning on aerosol soluble ion composition in Southeastern Brazil. *Atmos. Environ.*, v. 38, p. 5025-5038, 2004.
- AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L. F. C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. *Rev Assoc Med Bras.*, v58(3), p.302-307, 2012.
- ARBEX, M. A. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara-SP.** 2001. Tese (Doutorado em Medicina) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; PROCÓPIO, M.; ANDRÉ, P. A.; SALDIVA, P. H. N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, v. 23, Supl. 4, p. S570-S578, 2007.
- BRASIL. **Portaria MAPA nº 75, de 05 de março de 2015.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=281775>>. Acesso em: 15 ago. 2017.
- BRASIL, **Resolução CONAMA nº 003/1990** do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- BUENO, F. F.; FONSECA, A. R.; BRAGA, F. A.; MIRANDA, P. S. C. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, v. 32, n. 2, p. 185-189, 2010.
- CANÇADO, J. E. D. **A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba.** 2003. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CARMO, C. N.; HACON, S.; LONGO, K. M.; FREITAS, S.; IGNOTTI, E.; LEON, A. P.; ARTAXO, P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica*, v. 27, n. 1, p. 10-16, 2010.

CÉSAR, A. C. G.; NASCIMENTO, A. L. C.; MANTOVANI, K. C. C.; VIEIRA, L. C. P. Material particulado fino estimado por modelo matemático e internações por pneumonia e asma em crianças. **Rev Paul Pediatr.**, v. 34, n. 1, p. 18-23, 2016.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar, poluentes. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>> acesso em: 20 abr 2016.

DA ROCHA, G. O. **Avaliação de compostos iônicos majoritários presentes na fase gasosa e na fase particulada da atmosfera da região de Araraquara-SP.** 2003. (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2003.

DA ROCHA, G. O.; FRANCO, A.; ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A. Sources of atmospheric acidity in an agricultural-industrial region of São Paulo State, Brazil. **J. Geophys. Res.**, v. 108, n. D7, p. 4207, 2003.

LENZI, E.; FAVERO, L.O. B. **Introdução à química da atmosfera:** ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: CTC, 2009.

MARTINS, L. C.; LATORRE, M. R. D. O.; SALDIVA, P. H. N.; BRAGA, A. L. F. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v. 4, n. 3, p. 220-229, 2001.

MELO, F. A. D.; ROCHA, V. F.; CABRAL, T. L. F.; SANTOS, L. A. L.; SOUSA, E. S. **Relatório Técnico da safra 2016/2017**, Associação do Plantadores de Cana da Paraíba, Departamento Técnico - ASPLAN-DETEC, julho de 2017.

PIOVEZAN, M.; TRILHA, R.; SANTOS, A. V.; BUENO, L. Construção e avaliação de dispositivo para determinação de Material Particulado em ambientes internos e externos. **Quim. Nova Esc.**, v. 39, n. 1, p. 38-88, 2017.

SILVA, A. M. C.; MATTOS, I. E.; FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.I; HACON, S. Material particulado (PM<sub>2.5</sub>) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v. 13, n. 2, p. 337-51, 2010.

SOUZA, S. R. **Ácidos carboxílicos na atmosfera de São Paulo:** um estudo analítico e ambiental. 1998. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Particulate matter research needs for human health risk assessment to support future reviews of the National Ambient Air Quality Standards for particulate matter. NC 27711, EPA/600/R-97/132F, 1998.