



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v12n12018p57-88

Submetido em: 24 out. 2017

Aceito em: 25 jan. 2018

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria

Bacharela em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: fernandafaria8@hotmail.com.

Kargean Vianna Barbosa

Especialista em Docência do Ensino Superior pela Faculdade de Ciência e Educação do Caparaó. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: kargean@gmail.com.

Osmane Pessanha Ribeiro

Especialista em Problemas Ambientais Regionais pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: garudaprog@gmail.com.

Foram analisados os dados de monitoramento do ar da região de Campos dos Goytacazes/RJ referentes aos anos de 2012, 2013 e 2015, a partir da coleta de valores de massa do material particulado suspenso, através dos amostradores de grande volume (Hi-Vol) do INEA – Instituto Estadual do Ambiente, e se discriminaram aqueles fatores consideravelmente influentes: fluxo de veículos automotores; incremento populacional; ocorrência de queimadas em canaviais; e ainda fatores climatológicos (índices de precipitações obtidos por meio do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia). Foi efetuado tratamento estatístico para observações de tendências e preenchimento de eventuais ausências de dados. Verificou-se que o regime de chuvas exerceu importante papel no assentamento do particulado em suspensão, estabelecendo uma razão inversamente proporcional. O aumento da população no município, associado ao aumento de veículos circulantes, significa maior quantidade de material particulado emitido e disperso pelo efeito de turbulência dos automóveis. Também foram alocados espacialmente os focos e períodos preferenciais de queimadas, percebendo-se que há influências sobre as concentrações de material particulado suspensos no ar. Notou-se ainda diferenças entre os valores encontrados entre os dois pontos de coleta, isso possivelmente devido às influências e peculiaridades locais.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Material particulado. Qualidade do ar.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Survey of the Processes Involved in the Concentration of Particulate Matter in the Municipality of Campos dos Goytacazes, Brazil

This study analyses the air monitoring data from the region of Campos dos Goytacazes (Brazil) concerning the years of 2012, 2013 and 2015, by collecting data containing mass values of airborne particles. The whole set of data was obtained from the large volume samplers (Hi-Vol) of INEA - State Environmental Institute, and it was only taken into consideration the factors that were considerably influential: automotive vehicle flow; population increase; occurrence of cane fields burnings; and also climatological factors (precipitation index, obtained from INMET - National Institute of Meteorology). Furthermore, a statistical work was carried out in order to note any tendentious observance and/or to fill any absence of data. It was noticed that the rainfall regime played an important role in the settlement of the airborne particles, establishing an inversely proportional ratio. The population growth, associated to the increase of vehicles in that area, resulted on a higher quantity of particles to be released and dispersed in the air. Both the fire outbreaks and the preferential periods for the burnings were set, and it was concluded that they influence on the concentrations of airborne material particles. It was also noticed in the study some discrepancies between the two different collecting points, what may be result of local influences and peculiarities.

Keywords: Air pollution. Particulate matter. Air quality.

Levantamiento de los procesos intervinientes en la concentración de material particulado en el municipio de Campos dos Goytacazes, Brasil

Se analizaron los datos de monitoreo del aire de la región de Campos dos Goytacazes (Brasil) referentes a los años 2012, 2013 y 2015, a partir de la recolección de valores de masa del material particulado suspendido, a través de los muestreadores de gran volumen (Hi-Vol) del INEA - Instituto Estatal del Ambiente, y se discriminaron aquellos factores bastante influyentes: flujo de vehículos automotores; incremento de la población; la ocurrencia de quemaduras en cañaverales; y también factores climatológicos (índices de precipitaciones obtenidos por medio del INMET - Instituto Nacional de Meteorología). Se efectuó tratamiento estadístico para observaciones de tendencias y llenado de eventuales ausencias de datos. Se verificó que el régimen de lluvias desempeñó un importante papel en el asentamiento del particulado en suspensión, estableciendo una razón inversamente proporcional. El aumento de la población en el municipio, asociado al aumento de vehículos circulantes, significa mayor cantidad de material particulado emitido y dispersado por el efecto de turbulencia de los automóviles. También se asignaron espacialmente los focos y períodos preferenciales de quemaduras, percibiendo que hay influencias sobre las concentraciones de material particulado suspendidas en el aire. Se notaron aún diferencias entre los valores encontrados entre los dos puntos de recolección, esto posiblemente debido a las influencias y peculiaridades locales.

Palabras clave: Contaminación atmosférica. Material particulado. Calidad del aire.

1 Introdução

Atualmente, grande parte das populações mundiais concentra-se nos meios urbanos, sendo o fenômeno de intensificação da urbanização observado em escala global. No Brasil, devido a sua complexa organização territorial, os efeitos de urbanização variam muito entre suas regiões.

Tornando-se um processo generalizado e global no século XX, a urbanização mundial, que está intrinsecamente interligada à industrialização, proporcionou avanços e transformações a alguns países de forma intensa, gerando, por consequência, diversos poluentes atmosféricos provenientes de seus processos produtivos. À medida que os centros urbanos se desenvolvem, além de problemas sociais, crescem aqueles relacionados às condições ambientais; o que causa grandes interferências não somente no ar, mas também em outros recursos naturais como água e solo.

Seguindo o modelo de desenvolvimento econômico baseado no crescimento a qualquer preço, o Brasil, no período do governo de Juscelino Kubitschek nos anos 50, criou regiões saturadas de poluição atmosférica através do incentivo das indústrias nacionais a iniciarem suas atividades sem nenhuma forma de controle de poluentes. Hoje são refletidos alguns dos efeitos nocivos provenientes dessa iniciativa governamental.

A qualidade do ar de determinada região é perturbada fundamentalmente pelos níveis de poluição atmosférica, originados de um vasto conjunto de fontes emissoras, tais como as atividades industriais nos núcleos urbanos; a utilização de veículos automotores como meios de transportes; o uso e ocupação indevidos do solo – que englobam a retirada de vegetação e desgaste do solo, gerando processos erosivos que evidenciam a geração de particulados sólidos suspensos pela atuação dos ventos e a expansão urbana sem planejamento e controle – em que há dispersão de particulados decorrente da emissão desse material durante construções e/ou demolições de edifícios; entre outros.

É importante salientar que a poluição atmosférica promove diversos danos à saúde humana, tais como problemas cardiorrespiratórios, e até mesmo doenças crônicas como asma, bronquite e rinite, podendo levar muitos indivíduos à morte. E a proximidade das fontes de emissão dos poluentes, especialmente nos grandes centros populacionais, pode intensificar os efeitos patológicos mencionados.

Diante de cenários mundiais de poluição do ar – principalmente nos países desenvolvidos – a preocupação com as condições atmosféricas fortaleceu-se, especialmente após a descoberta dos efeitos causados pelos poluentes à saúde humana. A partir de então, algumas conferências internacionais foram realizadas a fim de debater de forma mais intensa tal situação. A mais famosa delas – a Conferência de Estocolmo (1972) – resultou no despertar da adoção de políticas ambientais no mundo como um todo. No Brasil, nessa mesma década, há o marco inicial da regulamentação da poluição do ar, com o estabelecimento de padrões de qualidade do ar. Com os avanços tecnológicos, são adotadas medidas de controle e monitoramento da qualidade do ar, determinadas pelos governos e embasadas nos padrões predeterminados.

Dentre as regiões do país, o estado do Rio de Janeiro representa a segunda maior economia brasileira, motivada pelo mercado industrial do petróleo, fortemente instalado na região. Por essa razão, nas últimas décadas o estado do Rio apresentou intenso crescimento; aumentando seu consumo de recursos naturais, combustíveis fósseis, além de demonstrar aumento da frota de veículos em circulação como resposta ao crescimento populacional ocorrido na área.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

O adensamento populacional pode ser percebido na região Norte Fluminense, onde o município de Campos dos Goytacazes se destaca em termos de extensão territorial, compreendendo 4.026,370 km² de território e população equivalente a 483.970 habitantes.

Como mostra o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010, Campos já possuía o equivalente a 54,6% do contingente do Norte Fluminense. Comparado a última década, a população do município teve um incremento de 13,9% e sua taxa de urbanização correspondia a 90% da população.

É, ainda, importante ressaltar a existência de atividades industriais exercidas, tais como cerâmicas – extração de argila do subsolo, ocasionando o decapeamento da superfície, tornando-a sujeita à ação dos ventos; e agroindústrias sucroalcooleiras – promoção de queimadas dos canaviais, mesmo elas sendo proibidas, de modo a facilitar o corte e manuseio na colheita da cana, o que resulta na produção de material particulado em forma de fuligem, altamente prejudicial à saúde humana, podendo ser associado a casos crônicos de doenças respiratórias registradas na região.

Embora as atividades de usinas de açúcar estejam em decadência no Norte Fluminense, tal atividade tem seu valor econômico e histórico para Campos, por ter sido durante muito tempo a base da economia local.

Em Campos, assim como nos demais municípios da região, são realizadas ações de controle e monitoramento da qualidade do ar local, a partir de aparelhos detectores de material em suspensão, realizadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Assim sendo, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar os teores de material particulado suspensos no ar no município de Campos dos Goytacazes, detectados por duas estações de monitoramento de qualidade do ar, comparando-as entre si, a fim de verificar se os níveis se apresentam em situações críticas de poluição, e, além disso, buscou-se determinar os possíveis fatores locais intervenientes na obtenção das concentrações de particulados observadas ao longo dos anos analisados.

2 Referencial teórico

2.1 O ecossistema atmosférico

A atmosfera corresponde a uma extensão gasosa, funcionando como uma estreita camada envolvente ao redor do planeta Terra, protegendo e garantindo a manutenção da vida terrestre. Os seres vivos, de modo geral, necessitam do gás oxigênio atmosférico para que possam sobreviver, utilizando-o no processo de respiração direta; e também podem utilizar outros gases presentes no ar e até mesmo aqueles dissolvidos na água e solo (RAMOS; LEITÃO, 1991).

A partir da origem da vida na Terra, sua superfície e atmosfera foram frequentemente alteradas pelos seres vivos que a habitavam, responsáveis por utilizar, formar e liberar compostos ao ambiente (GALEMBEK; COSTA, 2016). Como apresenta Rodrigues (2007), a atmosfera pode ser tida como um lugar onde constantemente acontecem reações químicas, justificando o aparecimento e permanência de diversas formas de vida no planeta desde o seu surgimento.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

De acordo com Ramos e Leitão (1991), tais componentes constituintes da camada atmosférica não estão organizados de maneira homogênea, pois variam suas concentrações em função da altitude. Visilind e Morgan (2011) dizem que a atmosfera terrestre é fragmentada em camadas simples de serem distinguidas entre elas.

Ela pode ser dividida nas seguintes camadas: a *troposfera*, que vai desde o contato com a superfície da Terra (litosfera e/ou hidrosfera) até aproximadamente 12-20 quilômetros de altitude, ultrapassando o alcance limite das formas de vida; em seguida se encontra a *estratosfera*, que alcança até 50 quilômetros de altitude e caracteriza-se pela elevação de temperatura graças à absorção dos raios ultravioleta realizada pelo gás ozônio; em sequência, encontram-se os níveis mais elevados da atmosfera – a *mesosfera* e *termosfera*; e, por fim, inicia-se o espaço a partir da camada limite superior da atmosfera – a *exosfera* (RIBEIRO, 2010).

Para delimitar o fim e o começo das camadas atmosféricas, existem as linhas de transição, que marcam as mudanças nas características entre cada uma delas, a saber, a *tropopausa* – faixa entre a troposfera e estratosfera; *estratopausa* – ponto de transição entre a estratosfera e a mesosfera; e *mesopausa* – situada entre a mesosfera e termosfera ou ionosfera (BRAGA et al., 2005).

Na troposfera, onde há maior aproximação da atmosfera com a litosfera e seus organismos vivos, ocorre a maior parte dos fenômenos atmosféricos (VISILIND; MORGAN, 2011). Por estar em contato direto com a superfície terrestre, a troposfera passa por forte movimentação e modificação dos elementos gasosos que a compõem, além de receber emissões de forma natural ou antrópica pela superfície terrestre. Dessa forma, a maioria dos estudos referentes à poluição do ar está relacionada a essa camada atmosférica (RIBEIRO, 2010).

Nela, poluentes liberados na atmosfera são transportados por ventos. Essa movimentação ocorre de forma horizontal e também por dispersão, o que reduz as suas concentrações, afastando-os das fontes geradoras. A dispersão se relaciona diretamente à estabilidade do ar, que se refere à movimentação vertical do mesmo (VISILIND; MORGAN, 2011).

A estratosfera, pela ótica ambiental, tem grande importância por ser a camada rica em ozônio (O_3), e dessa forma protege e garante a vida no planeta. Na mesosfera, as temperaturas atmosféricas caem drasticamente, por isso nela são registradas as menores temperaturas dentre todas as demais camadas atmosféricas. Já a ionosfera se faz importante para as redes de telecomunicações através de interações de ondas eletromagnéticas que resultam em diferentes fenômenos – como reflexão e refração – favorável ou prejudicial às tecnologias, alcançando cerca de 190 quilômetros de altitude (BRAGA et al., 2005).

Em posição do nível do mar, o ar é composto por 78% de N_2 , 21% de O_2 e 1% de outras substâncias, também por água em quantidades variáveis (BERBERAN, 2008).

Braga et al. (2005) mostram que tal composição se originou a partir de processos físico-químicos e biológicos, há milhões de anos, em que o planeta Terra, ainda sem composição atmosférica, estruturou-se com base em partículas sólidas e frias de variados tamanhos; surgindo posteriormente as nuvens de gases e poeiras que deram origem ao Sistema Solar. Logo após a formação do planeta Terra, durante seu processo de diferenciação em diversos estratos, ocorreram reações térmicas que levaram a Terra a elevar suas temperaturas, o que desencadeou outras reações nas proximidades da superfície terrestre, gerando como consequência a atmosfera.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

.....

Mesmo apresentando grande parte dos componentes constituintes no estado gasoso, a atmosfera não é formada unicamente por substâncias gasosas, como mostra Ribeiro (2010), havendo também porções sólidas e líquidas, provenientes de poeiras e fragmentos em suspensão; vapor d'água em forma de nuvens, neblinas e diversos outros fenômenos.

2.2 Poluição do ar: principais poluentes

Segundo Cavalcanti (2010), a poluição atmosférica conceitual está rigorosamente relacionada à degradação da situação original da qualidade do ar e as atividades antrópicas e naturais envolvidas. Conforme conceitua a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do ar, no Art. 3º, poluição é:

a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente a) prejudiquem a saúde, a segurança, e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Braga et al. (2005), Visilind e Morgan (2011) consideram haver poluição do ar quando nele estão presentes uma ou mais substâncias - poluentes atmosféricos, que trafegam até alcançar os seres humanos, animais, vegetais e até mesmo materiais; em concentrações suficientemente danosas, podendo provocar efeitos adversos. Tais concentrações dependem diretamente do clima, topografia, densidade populacional, nível e tipo de atividades industriais locais (BRAGA et al., 2005).

O ar puro, na composição já conhecida, não é encontrado nessa configuração na natureza, pois, além dos componentes que o formam, contém ainda poluentes atmosféricos; que são materiais gasosos, líquidos ou sólidos. Esses compostos ou substâncias se apresentam em concentrações superiores àquelas predeterminadas em normas e regulamentos. Dessa forma, compreende-se como poluição do ar as alterações da composição ou propriedades do seu estado puro, provocadas pela emissão de poluentes que venham a torná-lo inadequado, nocivo e desfavorável à saúde humana (RIBEIRO, 2010).

Há uma grande variedade de poluentes encontrados na atmosfera, por essa razão são abundantes as suas classificações. Eles podem ser classificados de acordo com sua origem em dois grupos: primários – aqueles lançados de forma direta pelas fontes de emissão – e secundários – aqueles gerados na atmosfera como produtos de reações (RODRIGUES, 2007).

Rodrigues (2007) ainda diz que um poluente presente na atmosfera é capaz de reagir com outro material presente na mesma, podendo realizar reações fotoquímicas ou não. Podem também ser classificados segundo uma classificação química, dividindo-os em orgânicos e inorgânicos (CAVALCANTI, 2010).

Outra forma de classificá-los é de acordo com seu estado físico, como mostram Rodrigues (2007) e Cavalcanti (2010), em que podem ser separados em gasosos ou vapores – aqueles que se portam como o próprio ar e incluem gases permanentes (como dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio,

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

entre outros) e modelos transitórios de vapores (como vapores orgânicos); e partículas ou material particulado – aqueles compostos sólidos ou líquidos emitidos por fontes poluentes ou formados na própria atmosfera (como partículas de sulfatos) que, por não serem compostos químicos definidos, têm a necessidade de serem classificados.

Como mostrado por Braga et al. (2005), a maioria dos poluentes se originam nos processos de combustão – alguns por processos incompletos e outros por processos completos. Além dos já mencionados anteriormente, existem ainda importantes poluentes, apresentados por ele, tais como: metais – na forma de particulados gerados em processos de extração mineral e combustão em indústrias siderúrgicas; amianto (asbestos) – também considerado um tipo de particulado, gerado principalmente em processos de beneficiamento desse mesmo material, podendo gerar graves problemas à saúde humana; oxidantes fotoquímicos – compostos gerados a partir de outros compostos químicos (poluentes) lançados na atmosfera; pesticidas e herbicidas – compostos químicos utilizados na agricultura, que contaminam a atmosfera desde a sua fabricação até seu uso; substâncias radioativas – compostos que possuem elementos com capacidade de emitir radiação, gerados principalmente por usinas nucleares e testes de armamentos nucleares; calor – forma de poluente atmosférico por energia gerada pela emissão de gases em altas temperaturas, principalmente por processos de combustão; entre outros.

O material particulado é um exemplo de poluente atmosférico gerado por inúmeros processos e é definido como uma partícula proveniente de materiais sólidos ou líquidos. Sua composição e tamanho se baseiam na sua origem, podendo ser emitido por meio de fontes antropogênicas como processos de combustão, industriais, mineração e queimadas; ou até mesmo por processos naturais. Tal poluente se encontra em suspensão no ar, nas mais diversas formas e tamanhos (LORENA; MARTINS, 2010).

Os particulados podem ser classificados como vapor, poeira, névoa, fumaça e *spray*, de acordo com o tamanho das partículas em micron (VISILIND; MORGAN, 2011).

Poeira é uma partícula sólida proveniente de processos de desagregação mecânica, tanto de substâncias orgânicas como também inorgânicas, em atividades simples de manuseio ou até mesmo de processamento de britagem, moagem e fundição, por exemplo. Tais partículas tendem a sedimentar por gravidade e são consideradas de tamanhos relativamente avantajados, podendo alcançar de 1-10.000 μm (LORENA; MARTINS, 2010).

Vapor também é tido como um material particulado sólido, formado por processos de condensação de vapores provenientes de sublimação, destilação, calcinação e outras reações químicas, assumindo tamanhos bem pequenos de partículas (VISILIND; MORGAN, 2011).

Visilind e Morgan (2011) e Lorena e Martins (2010) definem a névoa e os *sprays* como sendo partículas líquidas de diâmetros pequenos (0,01 – 100 μm) com origem em condensações de vapor e por reações químicas; ou até mesmo por dispersão mecânica de líquidos sob efeito da gravidade. Definem ainda a fumaça como sendo uma partícula sólida fina e maior (0,1 - 1 μm) formada por reações de combustão incompleta da matéria orgânica, como carvão, madeira e óleo diesel.

Segundo a resolução 03/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), esse poluente pode ser representado como Partículas Totais em Suspensão (PTS) – que possuem diâmetros inferiores a 50 μm ; Partículas Inaláveis (PI, PM_{10}) – com diâmetros inferiores a 10 μm ; e Fuligem – que corresponde ao teor de fuligem presente na atmosfera.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Partículas inaláveis se subdividem em grandes, também chamadas de partículas “grosseiras”, com diâmetros superiores a 2,5 µm, emitidas normalmente por fontes naturais e finas, com diâmetros inferiores a 2,5 µm, normalmente provenientes de processos de combustão e reações químicas na atmosfera (WHO, 1987).

Ainda há a classificação de acordo com as fontes de poluição atmosférica e sua mobilidade, as quais são classificadas em: fontes estacionárias ou fixas, fontes móveis e fontes naturais.

As fontes fixas se subdividem em dois grandes grupos representativos: o grupo de atividades poluidoras urbanas pouco significativas – as chamadas fontes de poluição não industriais; e o outro grupo constituído por atividades significativas de forma individual, considerando-se a tipologia de atividade industrial e a intensidade de emissão de poluentes atmosféricos em seus processos industriais. Já as fontes móveis são mais abrangentes, podendo ser representadas por meios de transporte em geral – marítimo, aéreo e terrestre (FEEMA, 2007).

Os efeitos de urbanização podem ser potencialmente influenciadores no quantitativo de partículas em suspensão, quando levados em conta os efeitos de expansão urbana, crescimento demográfico e fluxo veicular (TORRES; MARTINS, 2005).

Como mostrado no relatório da antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA, 2007), considerando-se as áreas urbanizadas, especialmente os veículos automotores representam fontes móveis de maior relevância em relação às demais, devido à numerosa concentração de veículos nessas áreas.

Mage (1996) também aponta que grande parte das fontes poluidoras da atmosfera, nos grandes centros urbanos, é resultante do tráfego de veículos. Rodrigues (2007) associa o aumento do quantitativo das frotas veiculares nos grandes centros ao crescimento da malha urbana e das populações urbanas.

A emissão atmosférica por veículos automotores colabora com aproximadamente 77% das emissões do estado do Rio de Janeiro, segundo o relatório da qualidade do ar realizado pelo órgão ambiental estadual, restando apenas 23% das emissões por fontes fixas que correspondem a setores petroquímico, naval, químico, alimentício e de transformação de energia (INEA, 2011).

Ainda neste relatório, o INEA aponta a região metropolitana do Rio de Janeiro e seus 19 municípios como sendo a segunda maior concentração de veículos e indústrias do país; e, por essa razão, apresentou-se com grande comprometimento da qualidade de seu ar.

De acordo com Braga et al. (2005), a maioria dos poluentes se originam nos processos de combustão, tendo como destaques: o monóxido de carbono (CO) – originado por combustão incompleta de combustíveis fósseis; dióxido de carbono (CO₂) – resultante de processos de combustão completa de combustíveis fósseis e outros que contenham carbono, e ainda são gerados pelo processo de respiração aeróbia dos indivíduos; óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) – gerados pela queima de combustíveis com presença de enxofre e também em processos biogênicos naturais (solo e água); óxidos de nitrogênio (NO₂) – obtidos por meio de processos de combustão e por processos de descargas elétricas atmosféricas; hidrocarbonetos e oxidantes fotoquímicos.

O crescimento e a evolução urbana das cidades têm estimulado pesquisas a respeito das modificações na qualidade ambiental dessas áreas. Analisando a qualidade do ar em ambientes



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

urbanos, não devem ser considerados apenas os quantitativos de poluentes expostos ao ar e suas fontes emissoras, mas também a forma como se comporta a atmosfera (concentração e dispersão das substâncias poluidoras) (TORRES; MARTINS, 2005).

Os ventos, bem como as precipitações, atuam nos fenômenos de dispersão e remoção dos poluentes atmosféricos. A partir da análise da direção e velocidade dos ventos, e também mediante estudo dos índices pluviométricos, determina-se o grau de influência desses fatores nas condições de poluição do meio urbano (MARTINS, 1996).

À medida que decrescem os volumes de chuvas observadas em grandes centros, percebe-se um favorecimento das concentrações dos poluentes, já que se dificulta a dispersão dos mesmos. Da mesma forma observa-se com relação aos ventos e suas velocidades, em que se nota que são aumentados os teores de poluentes na atmosfera quando as velocidades se tornam mais baixas (TORRES; MARTINS, 2005).

Como afirmam Torres e Martins (2005), os poluentes de um modo geral propendem-se a se concentrar nas áreas centrais dos municípios. Ao serem soprados ventos em áreas edificadas, agrava-se o efeito de dispersão de partículas. Nessas situações, ao se depararem com as construções verticais dos grandes centros, formam-se áreas de baixa pressão (zonas convectivas), que atraem os poluentes formando uma espécie de redemoinho.

2.3 Histórico da poluição do ar

Problemas relacionados à poluição do ar não são um assunto recente na história do mundo. Desde o princípio da Terra, já os vulcões eram responsáveis por lançar poluentes à atmosfera, comprovando que eles podem ter origem não somente em atividades antrópicas, mas também em processos naturais (CAVALCANTI, 2010).

As fontes naturais de emissão atmosférica podem ser originadas por processos biológicos e geoquímicos, como as descargas elétricas na atmosfera; processos de vulcanismos, já mencionados anteriormente; emissões pelo solo; oceanos; entre outros (RODRIGUES, 2007).

Ainda nos primórdios terrestres, as tribos humanas aprenderam a utilizar o fogo, o que repetiu em milênios, de modo a provocar alterações na qualidade do ar dos locais onde se instalavam. Já no século XII, no ano de 1273, o Rei Eduardo da Inglaterra determinou as primeiras medidas relacionadas ao controle da qualidade do ar, proibindo o uso de carvão com alto teor de enxofre e, posteriormente, a Elizabeth I proibiu, em sessões do Parlamento, a queima de carvão na cidade de Londres, na busca pela redução da fumaça e odor produzidos. Embora tenham surgido tais restrições, o carvão não deixou de ser utilizado (CAVALCANTI, 2010).

Nesses últimos séculos, a interferência do homem no equilíbrio da mistura de gases constituintes da atmosfera tem sido cada vez mais intensa, sem que se avaliem os verdadeiros impactos provocados por essas ações ou até mesmo desconsiderando aqueles já percebidos. O marco da intensa intervenção antrópica nas composições atmosféricas em períodos contemporâneos foi a Revolução Industrial, em que se iniciaram os padrões de agrupamentos em regiões urbanas, como se conhece atualmente (RIBEIRO, 2010).

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

.....

A problemática do século XIX envolvendo poluição do ar era responsabilizada principalmente pelas fumaças e cinzas de caldeiras, movimentadas pelo uso de carvão e óleo, utilizados para produção de energia elétrica; deslocamento de locomotivas e navios; aquecimento em locais domésticos; entre outras funções (CAVALCANTI, 2010).

Em 1829, houve o surgimento da locomotiva e as estradas de ferro. Mais adiante, apareceram os veículos automotores, que levaram a poluição atmosférica a assumir grandes proporções. Também o aumento populacional no século XX, que surge juntamente com a crescente necessidade por bens de consumo; e, ainda, a industrialização em massa – foram agravantes para o aumento do descarte de massa e energia na atmosfera – ou seja, poluindo-a (RIBEIRO, 2010).

Já nos anos 60 e 70, os países europeus, também o Japão, Austrália e Nova Zelândia, passaram por sérios incidentes de intensa poluição do ar, levando-os a serem os pioneiros no estabelecimento de uma legislação de controle de poluição atmosférica (CAVALCANTI, 2010). E por essa razão, em meados da década de 70, já no século XX, houve o surgimento de movimentos ambientalistas num âmbito internacional, além da realização de conferências das Organizações das Nações Unidas (ONU), sendo o ano de 1972 o marco inicial (RIBEIRO, 2010).

A partir de então, foram traçadas novas linhas de desenvolvimento, pautadas na sustentabilidade. Com isso iniciaram-se investimentos na busca por novas tecnologias, mais limpas e menos geradoras de impactos, que foram acompanhados pelo nascimento de uma sociedade moderna com consciência ambiental (RIBEIRO, 2010).

No Brasil, somente após a Conferência de Estocolmo, em 1972, observou-se o interesse em práticas de elaboração de políticas ambientais, surgindo nessa mesma década as agências ambientais do Rio de Janeiro (FEEMA, atualmente substituída pelo INEA, órgão ambiental estadual) e de São Paulo, estados de maior índice industrial (CAVALCANTI, 2010).

Embora tenha ocorrido no século XX o afloramento mundial das preocupações acerca das questões ambientais, somente na década de 90 as problemáticas relacionadas à poluição do ar tomaram maiores proporções, ou seja, surge nesse período a grande preocupação do século passado e atual – problemas em torno da camada de ozônio, causados pelos gases de efeito estufa, levando ao surgimento de grandes acordos internacionais (CAVALCANTI, 2010).

2.4 Efeitos da poluição atmosférica na saúde humana

Como afirmam Calijuri e Cunha (2013), a poluição atmosférica gera efeitos diretos na própria vida dos humanos, tornando-os vilões e vítimas, simultaneamente. E com o crescimento das populações mundiais em grandes centros urbanos, a poluição tem se tornado mais intensa, tanto no ar, como também no solo e água, devido às atividades humanas geradoras de impactos ao ambiente (CALIJURI; CUNHA, 2013).

A presença de elementos não desejados na atmosfera gera impactos negativos, principalmente na saúde humana, além de prejudicar outros indivíduos, afetando de um modo geral a qualidade de vida (VISILIND; MORGAN, 2011).

Problemas ambientais e de saúde pública em ambientes urbanos normalmente estão associados ao tráfego de veículos automotores e também a atividades industriais, que são responsáveis por liberar importantes poluentes atmosféricos (CASTRO, 2013).



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Além disso, também são observados impactos na saúde, devido à poluição atmosférica decorrente da emissão de material particulado respirável durante atividades de expansão urbana, sendo o setor industrial de construção civil um grande gerador de uma série de impactos, não somente no ar (RIOS, 2014).

E como mostram Visilind e Morgan (2011), o grande alvo afetado pelos poluentes do ar nos seres humanos é o sistema respiratório, que recebe o ar através da boca e nariz, sendo direcionado aos pulmões pela traqueia, para então atingirem os alvéolos e assim realizarem as trocas gasosas (VISILIND; MORGAN, 2011).

A determinação granulométrica de partículas em suspensão é de extrema importância para determinar os efeitos adversos à saúde humana, refletidos em cada faixa de tamanho. Partículas de aproximadamente 15 µm em diante, ao serem inaladas, não são capazes de ultrapassar as vias respiratórias superiores e são removidas na região do nariz e garganta. Já as partículas menores, numa faixa de 10 µm ou menos, são capazes de atingir o sistema respiratório inferior, alcançando até mesmo os alvéolos pulmonares (DE ALMEIDA, 1999).

Outra principal fonte de emissão de particulados no mundo são as queimadas. Tal prática ocorre nos cultivos de cana-de-açúcar, em que são queimadas as suas palhas, gerando emissões de fumaça e fuligem, podendo alcançar os centros urbanos, afetando assim as populações das cidades canavieiras. A queima da biomassa introduz não somente material particulado na atmosfera, mas também diversos outros compostos carcinogênicos e/ou mutagênicos (VASCONCELLOS et al., 2007).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), os principais poluentes restringidos pelos padrões de qualidade do ar são: Material Particulado, Dióxido de Enxofre, Dióxido de Nitrogênio e Ozônio (SANTANA, 2012).

A OMS recomenda que os níveis de algumas substâncias permaneçam em concentrações mínimas na atmosfera, como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1. Níveis recomendados pela Organização Mundial da Saúde para algumas substâncias

Poluentes (µg/m ³)	Tempo de amostragem	
	1 hora	24 horas
Fumaça	--	100-150
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	--	150-230
Dióxido de Enxofre (SO₂)	--	100-150
Ozônio (O₃)	100-200	--
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	190-320	--

Fonte: Lisboa e Kawano (2007)

Segundo Nedel (2003), pode ser estabelecida uma relação entre tamanho de partículas e os efeitos refletidos na saúde: quanto menores os tamanhos das partículas; maiores serão os problemas causados.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Partículas inaláveis bem finas são capazes de transportar substâncias tóxicas como metais pesados, de modo a atingir as vias respiratórias inferiores, transportando gases até as porções mais distantes desse sistema (NEDEL, 2003).

Os particulados de menor tamanho têm maior acidez, e por essa razão têm melhor acesso às menores porções do aparelho respiratório, penetrando profundamente e trazendo prejuízos nas trocas gasosas (BRAGA et al., 2001).

Lorena e Martins (2010) mostram que particulados entre 2,5 e 3,0 µg se depositam mais rapidamente, causando assim menos prejuízos à saúde, e ficam retidos apenas nas partes mais superiores do sistema respiratório. Já as partículas menores de 2,5 µg permanecem por mais tempo em suspensão e têm alta capacidade de penetração, sendo elas capazes de alcançar porções mais inferiores do trato respiratório – alvéolos pulmonares.

As inalações de poeiras geram as chamadas pneumoconioses, que são reações do sistema respiratório ao entrarem em contato com material particulado em suas vias mais inferiores, em quantidades superiores àquelas que o organismo é capaz de combater por mecanismos de defesa. Normalmente essas pneumopatias associam-se a ocupações específicas dos ramos de mineração e transformação de minerais; metalurgia; cerâmicas; vidros, construção civil; agricultura e indústrias de madeiras; em que os trabalhadores são expostos aos riscos de inalação (BRASIL, 2006).

Conforme se depositam no trato respiratório, esses materiais vão sendo removidos por reações de defesa do organismo (BRAGA et al., 2001).

Um organismo exposto a elevadas concentrações de particulados em suspensão, por extensos períodos, aumenta os riscos de manifestação do câncer de pulmão, além de colaborar para o desenvolvimento de doenças respiratórias obstrutivas crônicas (COPD). Já a exposição em curtos prazos ocasiona o surgimento de outras doenças respiratórias, como bronquite e asma, além de influenciar as frequências cardíacas (CASTRO, 2013 apud BRUNEKREEF; HOLGATE, 2002; DOMINICI et al., 2007; ELLIOTT et al., 2007; HALES; HOWDEN-CHAPMAN, 2007; POPE III, 2004; SAMET et al., 2000; SORENSEN et al., 2003).

2.5 Aspectos Regulatórios - legislações vigentes e padrões de qualidade do ar

A regulamentação da qualidade do meio ambiente, referindo-se à poluição do ar, água e solo, iniciou-se com o decreto da Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, que dispõe sobre o controle da poluição ambiental gerada por atividades industriais. Tal decreto complementou-se por meio da Lei nº 6.803, de 02 de julho de 1980, que surge para alinhar as diretrizes básicas de zoneamento industrial em áreas críticas de poluição do ar. Ambos os decretos foram lançados pela ocorrência de problemas graves de poluição do ar em regiões de concentração industrial (PEREIRA, 2007).

Fernandes (2014) apresenta como o primeiro passo da regulamentação das emissões atmosféricas, em território nacional, a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, além de dar outras providências.

Juntamente com o surgimento da PNMA, manifestou-se a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), baseando-se na necessidade de controle da intervenção econômica sobre os recursos naturais, atribuindo a cada indivíduo do país a responsabilidade pelos impactos gerados pelos mesmos (BRASIL, 2012).



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Com o surgimento da Resolução CONAMA nº 18, de 06 de maio de 1986, instituiu-se o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), objetivando a redução dos níveis de emissões por automóveis em ambientes urbanos (PEREIRA, 2007).

Essa Resolução foi ratificada pela CONAMA nº 16, de 17 de dezembro de 1993, em que são reafirmados os limites de emissão, os prazos e demais exigências contidas na CONAMA nº 18/1986 (BRASIL, 1993).

Considerando o intenso crescimento urbano e industrial, além do aumento da frota de veículos no país, e levando em conta aspectos negativos refletidos por essa situação, sobre a sociedade e o meio ambiente; a resolução CONAMA nº 5, de junho de 1989, dispõe sobre o Programa Nacional de Controle de Poluição (PRONAR), em que são estabelecidos limites máximos de emissão; adoção de padrões nacionais de qualidade do ar; prevenção da deterioração significativa da qualidade do ar, monitoramento da qualidade do ar; gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar; entre outros fatores.

Tal resolução foi complementada pela CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, em que são considerados como principais poluentes indicadores de qualidade do ar as seguintes substâncias: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio (BRASIL, 1990).

Por essa razão, tais poluentes são identificados como Poluentes Padrões, por ocorrerem com maior frequência em território nacional, sendo eles controlados por meio dos padrões de qualidade do ar estabelecidos no país (RODRIGUES, 2007).

Através da CONAMA nº 3/1990, foram fixados os padrões nacionais de qualidade do ar, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Padrões nacionais de qualidade do ar (CONAMA 03/1990)

Poluentes	Tempo de Amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas ¹	240 µg/m ³	150 µg/m ³
	MGA ²	80 µg/m ³	60µg/m ³
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365 µg/m ³	100 µg/m ³
	MAA ³	80 µg/m ³	40 µg/m ³
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora ¹	40.000 µg/m ³ / 35 ppm	40.000 µg/m ³ / 35 ppm
	8 horas ¹	10.000 µg/m ³ / 9 ppm	10.000 µg/m ³ / 9 ppm
Ozônio (O ₃)	1 hora ¹	160 µg/m ³	160 µg/m ³
Fumaça	MAA ³	60 µg/m ³	40 µg/m ³
Partículas Inaláveis (PM ₁₀)	24 horas ¹	150 µg/m ³	150 µg/m ³
	MAA ³	50 µg/m ³	µg/m ³
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora ¹	320 µg/m ³	190 µg/m ³
	MAA ³	100 µg/m ³	100 µg/m ³

Fonte: Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) Média Geométrica Anual

(3) Média Aritmética Anual

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

.....

A determinação de padrões de qualidade do ar possibilita a definição legal dos limites máximos permissíveis para poluentes lançados na atmosfera, preservando, assim, a saúde e o bem-estar da população. Torna-se possível, a partir disso, a realização do monitoramento da poluição do ar, de modo a fornecer dados para tomadas de ações emergenciais em casos de representatividade de risco à saúde pública, além de gerar um modelo de acompanhamento das tendências e mudanças na qualidade do ar (LISBOA; KAWANO, 2007).

Como mostra a tabela anteriormente apresentada, no Brasil, os padrões de qualidade se dividem em primários e secundários. Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações, que ultrapassadas podem gerar prejuízos à saúde pública (RODRIGUES, 2007). Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis, numa escala de curto e médio prazo (RIO DE JANEIRO, 2012). Já os padrões secundários de qualidade do ar são as concentrações abaixo daquelas previstas para gerarem efeitos adversos mínimos ao bem-estar da população e ao meio ambiente como um todo (RODRIGUES, 2007). São considerados então como níveis ideais de concentração numa escala de longo prazo (RIO DE JANEIRO, 2012).

O monitoramento da qualidade do ar não é realizado somente pelas autoridades federais, sendo também efetuado em âmbito estadual, através dos órgãos ambientais de cada Estado Federativo. No Rio de Janeiro, criou-se o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA), que estabelece normas e padrões válidos para o seu território. De acordo com a Resolução CONEMA nº 43, de 14 de dezembro de 2012, estabeleceu-se os limites máximos de emissão veicular permitidos no estado do Rio de Janeiro. Embora a resolução tenha sido lançada recentemente, o monitoramento da qualidade do ar no Estado já vem sendo realizado desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de medição.

Desde o início das operações de monitoramento no Estado, desenvolveram-se diversas ações a fim de minimizar a emissão de poluentes, tais como substituição do combustível usado nas padarias e nas indústrias, restrição do tráfego de veículos pesados em alguns túneis da cidade, implantação do Programa de Autocontrole de Emissão de Fumaça Preta por Veículos movidos a Diesel, implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M, entre outros (RIO DE JANEIRO, 2012).

3 Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida no município de Campos dos Goytacazes, a partir de parceria firmada entre as instituições INEA e Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus. Por meio dessa parceria, o órgão ambiental estadual cedeu dados de monitoramento, contendo valores de massa de material particulado suspenso no ar, obtidos pelos amostradores de grande volume, em atividades de controle de poluição do ar.

O monitoramento da qualidade do ar da cidade é realizado através do método do amostrador de grandes volumes (Hi-Vol) e se aplica à determinação da concentração de partículas em suspensão no ar ambiente. Funcionam como parte integrante do Sistema de Licenciamento Ambiental.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Este acompanhamento em Campos vem sendo promovido sem interrupções desde o ano de 2010, porém para a pesquisa foram utilizados somente os valores referentes aos anos de 2012, 2013 e 2015. Tais anos foram selecionados para o desenvolvimento desse estudo por apresentarem dados mais completos e sem falhas nas medições, falhas essas detectadas nos demais anos, possivelmente provocadas pela falta de manutenção nos aparelhos.

De acordo com a diretriz FEEMA MF- 606.R-3 (1978), que dispõe sobre o método do amostrador de grandes volumes, tal equipamento é composto basicamente por três partes: suporte do filtro, adaptador e motor. O aparelho AGV PTS (Figura 1) permite a determinação de partículas totais em suspensão com diâmetros de até 50 μm , numa faixa de vazão de 1,1 m^3/min a 1,7 m^3/min .



Figura 1. Aparelho AGV PTS das estações analisadas

Fonte: Autor, 2017

Em funcionamento, o equipamento aspira certa quantidade de ar para seu interior, durante um período de amostragem de 24 horas. O filtro, instalado no interior do equipamento, é pesado no início e no fim do procedimento, e o volume de ar amostral é determinado pela vazão e tempo da amostra. Dividindo-se a massa de partículas coletadas, pelo volume de ar amostral, obtém-se a concentração de particulados totais em suspensão.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Na Figura 1, à esquerda, encontra-se o amostrador de grandes volumes instalado na unidade da Águas do Paraíba; e à direita encontra-se o outro aparelho, instalado na APIC – Associação de Proteção à Infância de Campos.

Os equipamentos estão instalados em diferentes pontos da cidade. Embora existam quatro deles instalados no município, neste trabalho foram considerados apenas os localizados na Sede.

Uma das estações encontra-se inserida no prédio da APIC, localizado na Avenida 28 de Março, e a segunda, situada em uma das unidades de tratamento de água, da concessionária Águas do Paraíba, na Avenida XV de Novembro, próxima ao hospital Ferreira Machado (Figura 2).

Realizou-se ainda um levantamento de dados climatológicos da região estudada, com base nas informações fornecidas pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia - e referentes ao comportamento das precipitações na cidade.

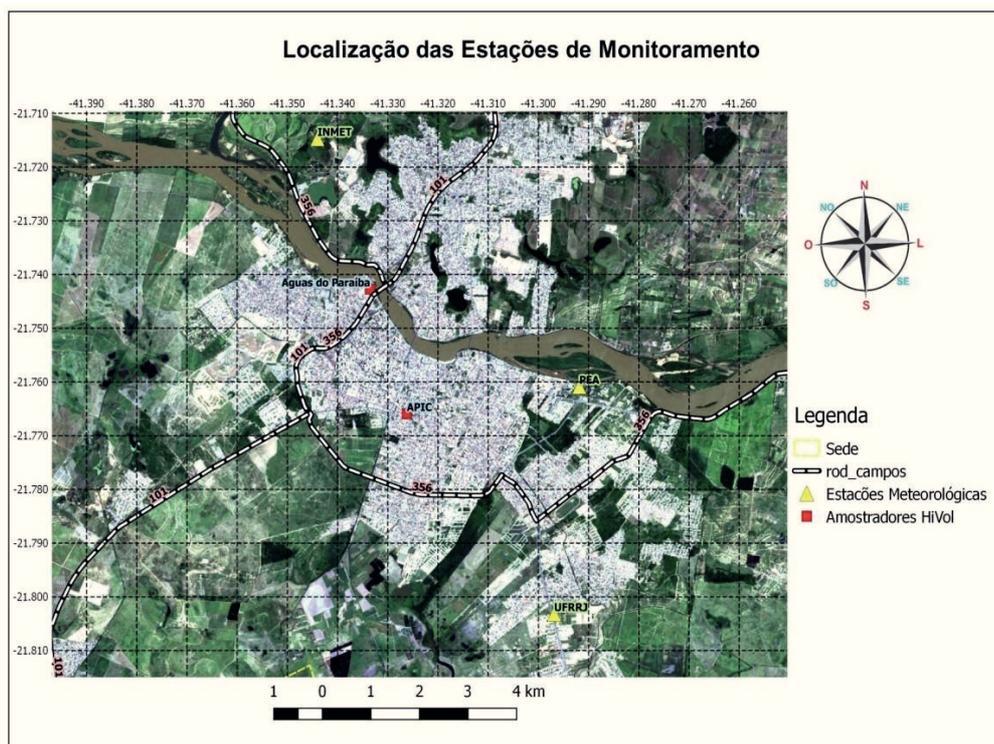


Figura 2. Localização das Estações de Monitoramento

Fonte: Autor, 2017

A estação da APIC localiza-se pelas coordenadas 21°45'57.33"S (latitude) e 41°19'34.36"O (longitude); e a estação da Águas do Paraíba encontra-se a 21°44'33.84"S (latitude) e 41°20'0.78"O (longitude). Já o posto de coleta de dados meteorológicos do INMET (Campos Sede) localiza-se pelas coordenadas 21°42'52.96"S (latitude) e 41°20'38.47"O (longitude) (Figura 2).

Da estação localizada pelas coordenadas 21°48'11.44"S (latitude) e 41°17'48.74"O (longitude), no *Campus* Dr. Leonel Miranda, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

(UFRRJ) (Figura 2), foram utilizados os dados referentes às precipitações em sequência histórica, para avaliar os comportamentos de chuvas comumente observados na região.

Os valores da concentração de material particulado obtidos nas estações de coleta foram tratados considerando a estatística descritiva aplicada, com base nas medidas de posição (média aritmética), medidas de dispersão (intervalos de confiança e desvio padrão) e coeficiente de correlação de Pearson (R) - para medir o grau de correlação entre duas variáveis, a fim de provar estatisticamente se as relações existentes entre elas são fracas, moderadas ou fortes.

Esse coeficiente, normalmente representado por R, assume apenas valores entre -1 e +1. Correlações perfeitas entre as variáveis são àquelas em que o R é igual a + ou -1. O sinal do fator Pearson determina a direção da correlação - o negativo representa relação inversamente proporcional; e, o positivo, relação diretamente proporcional (LIRA, 2004).

Correlações podem ser classificadas em muito fracas (quando o R varia entre 0,00 e 0,19); fracas (R entre 0,20 e 0,39); moderada (variação de R entre 0,40 e 0,69); forte (valores de R entre 0,70 e 0,89) e muito forte (R variando entre 0,90 e 1,00) (SHIMAKURA; RIBEIRO JÚNIOR, 2007).

Os elementos obtidos pelos equipamentos apresentaram-se com algumas variáveis faltantes (dados faltantes). Para preenchimento dessas lacunas, utilizou-se o método numérico de interpolação linear de dados, por meio do Microsoft Excel, o que possibilitou a determinação de valores intermediários aos já existentes (LAMB et al., 2007).

Em análise, procurou-se estabelecer relação das diversas variáveis em discussão, distribuídas espacialmente, que sejam intervenientes ou influentes nas concentrações das partículas aferidas pelos coletores Hi Vol.

Sendo assim, foram levantadas, ainda, informações a respeito do crescimento populacional no município, contidas no Censo do IBGE 2010 e também do crescimento da frota veicular municipal, contabilizado anualmente pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), relacionando-os.

Considerando também os episódios de queimadas em canaviais do município, ocorridos em períodos de colheitas, foi possível associá-los aos valores de particulados, registrados pelos amostradores ao longo dos meses.

Usando informações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sobre os focos de queimadas observados em Campos dos Goytacazes, por imagens de satélites, buscou-se relacionar os períodos desses eventos com os meses de colheitas da cana-de-açúcar, para verificar se os mesmos coincidiram e se de fato promoveram interferências nas concentrações de particulados amostrados.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizadas algumas ferramentas, tais como Microsoft Office Excel - na organização e representação gráfica de alguns dados, Google Earth - na demarcação dos pontos estudados, e QGIS - para a sobreposição de alguns fatores avaliados, a fim de se obter maior compreensão sobre os fenômenos estudados.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

4 Resultados e discussão

Analisando a média dos valores mensais obtidos pelos amostradores, e comparando-os entre si, verificou-se que no ano de 2012 as concentrações de particulados nas amostragens realizadas na estação da concessionária Águas do Paraíba foram superiores às encontradas na outra estação, variando entre 40 e 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Já na estação da APIC, foram apresentados valores entre 33 e 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ao longo do mesmo ano. O gráfico da Figura 3 demonstra tal situação, a partir dos valores médios mensais.

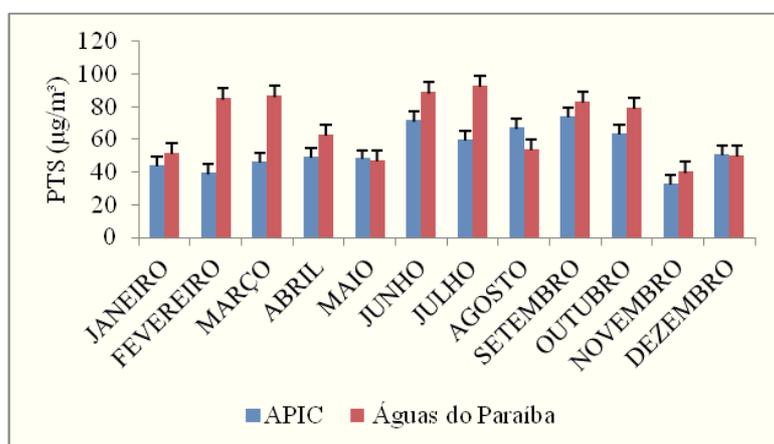


Figura 3. Médias mensais da concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ano de 2012
Fonte: Autor, 2017

Para a estação APIC, calculou-se um intervalo de confiança entre $\pm 5,2$, e, para a estação Águas do Paraíba, obteve-se um intervalo entre $\pm 5,9$.

Diante disso, pode ser observado que somente nos meses de maio, agosto e dezembro de 2012 os valores expressos pela estação APIC sobressaíram-se em relação aos da estação Águas do Paraíba.

Na primeira estação, o maior valor de particulados foi registrado no mês de setembro. Já na segunda, os valores do mês de julho foram os mais expressivos ao longo do ano.

No ano de 2013, ambos os amostradores expressaram valores semelhantes, sem grandes variações entre si, em que ambos apresentaram um intervalo de confiança entre $\pm 4,0$.

As medições de particulados nas duas estações variaram entre 39 e 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo os meses de julho, setembro e outubro os mais representativos na estação APIC. Já na estação Águas do Paraíba, sobressaíram-se os meses de maio, junho, agosto e dezembro; como mostra o gráfico da Figura 4.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

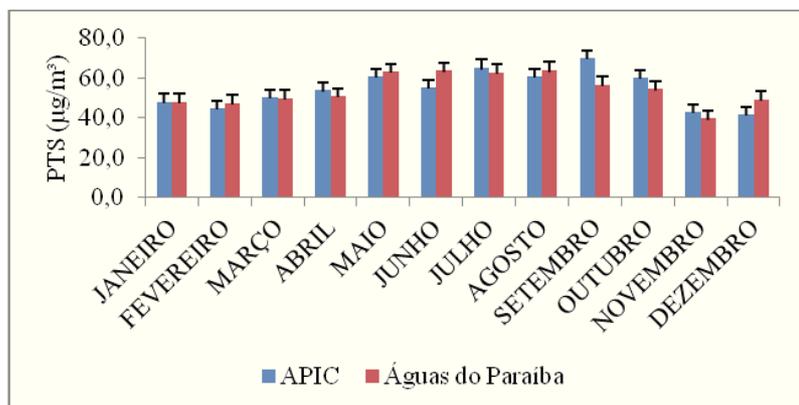


Figura 4. Médias mensais da concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ano de 2013

Fonte: Autor, 2017

Em 2015, inverteu-se o cenário observado no ano de 2012, em que a estação APIC apresentou os maiores valores de particulados na maior parte do ano, com intervalos de confiança entre $\pm 3,9$ para os valores obtidos na estação APIC e $\pm 5,2$ para os dados referentes ao monitoramento da estação Águas do Paraíba.

Nesse ano, os valores amostrais variaram entre 40 e 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como apresentado no gráfico da Figura 5.

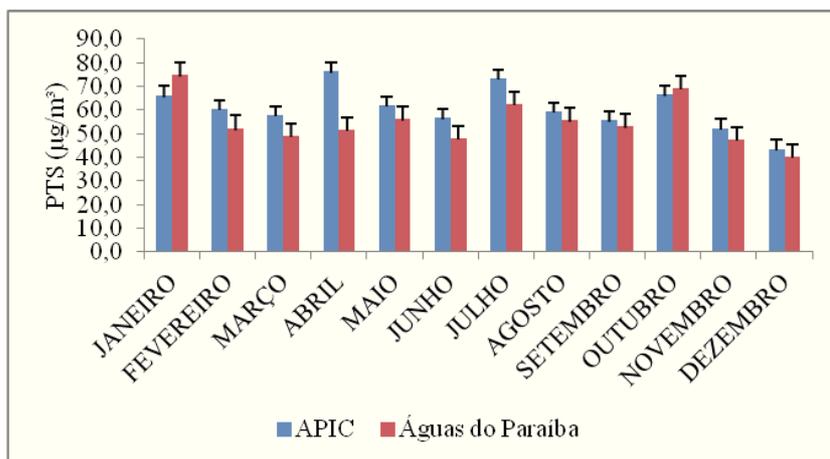


Figura 5. Médias mensais da concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ano de 2015

Fonte: Autor, 2017

Fazendo uma análise das médias anuais de amostragem, percebeu-se que, no ano de 2012, as medições da estação Águas do Paraíba foram realmente superiores as da outra estação. Em 2013, verificou-se que ambas as estações se mantiveram em padrões semelhantes de concentrações amostrais. No ano de 2015, embora tenham ocorrido alguns meses de superioridade nas medições da estação APIC, a média das amostragens na estação Águas do Paraíba, anualmente, foi maior (Figura 6).



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

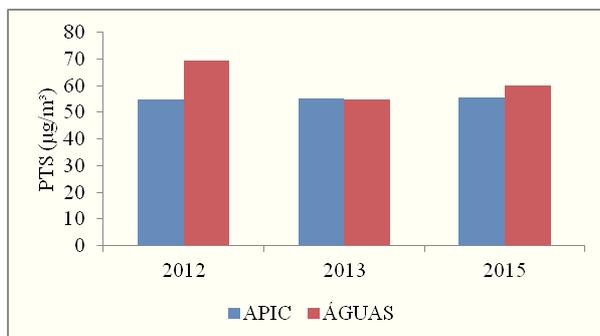


Figura 6. Médias anuais das partículas totais em suspensão (PTS) nos anos de 2012, 2013 e 2015

Fonte: Autor, 2017

Por estarem localizadas em áreas centrais do município, as estações dos amostradores estão muito próximas ao fluxo veicular presente nesses locais, em que se concentram atividades comerciais e de prestação de serviços.

O equipamento instalado na concessionária Águas do Paraíba aparentemente sofre forte influência de carros pesados, como caminhões e ônibus, pois localiza-se nas proximidades de duas importantes e movimentadas rodovias – a BR-101 e BR-356. Tal situação pode ser um fator agravador para a obtenção dos maiores volumes de particulados detectados nessa estação em alguns períodos dos anos avaliados.

Os automóveis maiores, além de liberarem materiais particulados na queima do combustível como os demais veículos, também promovem maior fluxo de turbulência sobre as partículas já decaídas no solo, elevando mais particulados ao ar.

Notou-se, a partir dos dados contabilizados pelo DENATRAN, que ao longo dos anos estudados houve um aumento de aproximadamente 23,2% no quantitativo da frota veicular municipal.

Dentre os tipos de veículos quantificados pelo departamento, as maiores porcentagens estabelecidas corresponderam ao número de automóveis e motocicletas (aproximadamente, 60% e 17% do total avaliado, respectivamente), ou seja, veículos particulares em sua maioria, evidenciando que de certo modo o aumento populacional influencia no volume da frota veicular dos centros urbanos e, conseqüentemente, promove mais emissões de particulados e dispersão dos mesmos pelos fluxos de tráfego.

Além disso, tais valores evidenciam ainda a preferência equivocada da população por automóveis particulares em detrimento do transporte coletivo, gerando ainda mais poluentes dispersos pelo ar. Essa tendência pode ser observada devido às condições insatisfatórias de transporte público, encontradas não somente no município avaliado, mas também em diversos outros centros urbanos do país.

O IBGE mostra que a população campista se encontra em crescimento ao longo dos anos, sendo a cidade classificada como a 36ª maior em incremento populacional do Rio de Janeiro.

De 2012 a 2016, percebeu-se uma tendência de crescimento moderado da população residente local (5,2% aproximadamente). Embora isso não represente um incremento vertiginoso, é possível observar que há verdadeiramente um aumento populacional na cidade, ao longo dos anos.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Avaliando as ocorrências de precipitações anuais de ambas as estações do INMET, notou-se que normalmente os meses de janeiro a maio, também novembro e dezembro, são os períodos de maiores volumes de chuva na cidade. Nos meses de inverno (junho a agosto), foram registrados os menores volumes de precipitação.

Em 2012, nos meses de janeiro, maio e novembro, em que ocorreram maiores índices pluviométricos, observou-se um declínio do teor de partículas suspensas, como mostra o gráfico da Figura 8.

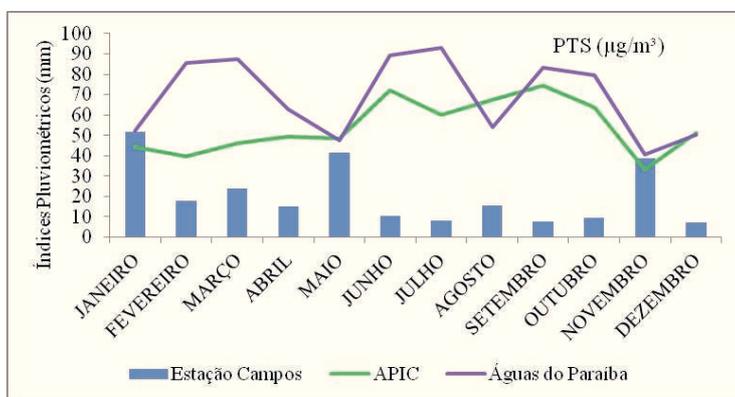


Figura 8. Médias Mensais de Precipitações comparadas às Médias Mensais de PTS no ano de 2012

Fonte: Autor, 2017

O mesmo foi observado em 2013, nos meses de janeiro, novembro e dezembro. O mês de agosto destacou-se por apresentar um declínio de partículas em suspensão, período em que tenderiam a permanecer elevados. Diferentemente do ano anterior, 2013 obteve poucos registros pluviométricos em ambas as estações, ao passo que o quantitativo de partículas em suspensão no ar, no referido ano, foi igualmente elevado (Figura 9).

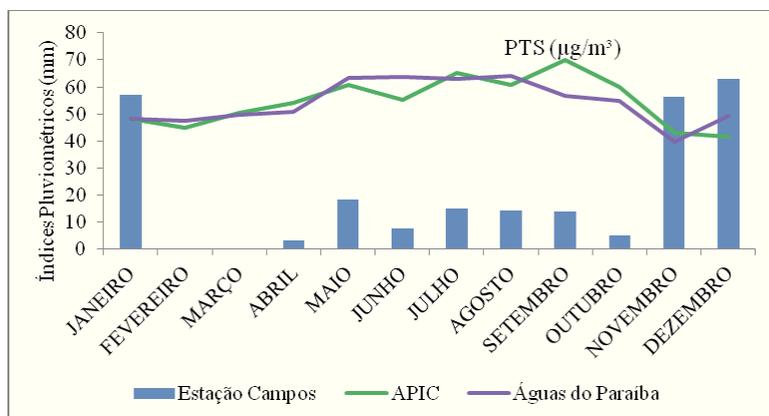


Figura 9. Médias Mensais de Precipitações comparadas às Médias Mensais de PTS no ano de 2013

Fonte: Autor, 2017

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Por fim, no ano de 2015 observou-se a mesma situação encontrada em 2013. Poucas precipitações ao longo do ano, representando menor assentamento de partículas expostas no ar (Figura 10).

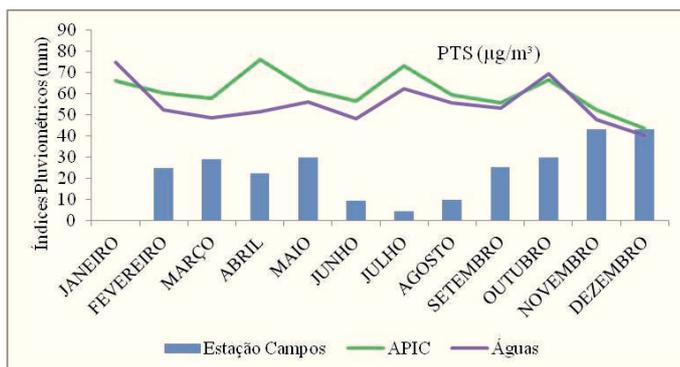


Figura 10. Médias Mensais de Precipitações comparadas às Médias Mensais de PTS no ano de 2015

Fonte: Autor, 2017

Considerando que a ocorrência de chuvas promove o assentamento das partículas no solo, e comparando os valores mensais dos particulados e precipitações, evidenciou-se que as chuvas promovem efeitos de redução de particulados suspensos na atmosfera.

Correlacionando os parâmetros em questão, percebeu-se relação inversamente proporcional entre eles, em que quanto maiores foram os valores de particulados, menores eram os índices pluviométricos; confirmando haver realmente interferências do fator climático na concentração de partículas suspensas detectadas pelo Hi Vol. Para esta análise, foram calculados os fatores Pearson (R), permitindo a quantificação do grau de correlação em cada ano estudado.

O gráfico da Figura 11 demonstra essa situação observada no ano de 2012, em que se nota o declínio de particulados à medida que se elevam os índices de chuvas. O fator de R obtido neste ano foi de aproximadamente -0,6.

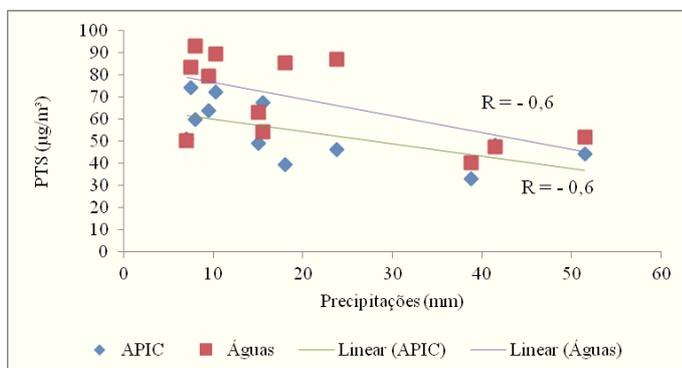


Figura 11. Correlação entre precipitações e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes, em 2012

Fonte: Autor, 2017

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Em 2013, observou-se do mesmo modo este comportamento entre ambos os fatores, como mostra o gráfico da Figura 12. Para este ano, o valor obtido em R correspondeu a aproximadamente $-0,5$.

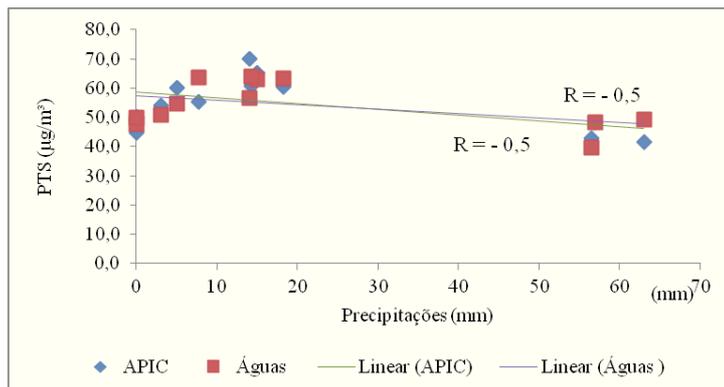


Figura 12. Correlação entre precipitações e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes, em 2013

Fonte: Autor, 2017

Por fim, no ano de 2015, mantiveram-se as mesmas relações proporcionalmente inversas, em que se obteve valor de R igual a $-0,6$ novamente (Figura 13).

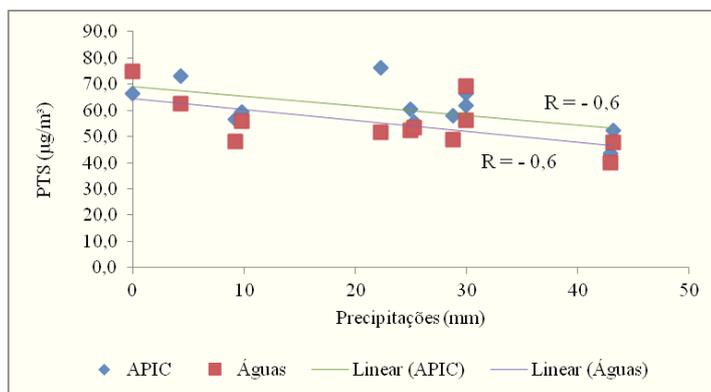


Figura 13. Correlação entre precipitações e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes, em 2015

Fonte: Autor, 2017

A prática da queima dos canaviais no município de Campos dos Goytacazes, ainda hoje, é muito utilizada. Com a realização das queimadas em plantações canavieiras, há produção de fuligem, promovendo efeitos negativos tanto ao meio ambiente quanto à saúde da população.

Esse particulado disperso pelos ventos atinge as populações urbanas, afetando-as diretamente. Na região estudada, os períodos do ano em que frequentemente ocorrem as colheitas nos canaviais e, conseqüentemente, as queimas da palha da cana-de-açúcar são entre maio e novembro (VALENTE, 2015). Nesse mesmo período, entre os meses de agosto e outubro, os

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

ventos tornam-se mais velozes e intensos, o que aumenta a capacidade de dispersão da fuligem produzida pelas queimas, direcionando-as das áreas rurais para os centros urbanos.

Na cidade, é possível observar uma grande quantidade de focos de calor no decorrer dos anos monitorados pelo INPE. Os focos concentram-se, em sua maioria, em setores rurais de Campos dos Goytacazes, rodeando as áreas centrais do município.

No ano de 2015, apresentaram-se períodos incomuns de altas concentrações de focos, totalizando 1.221 pontos registrados ao longo deste ano (Figura 14).

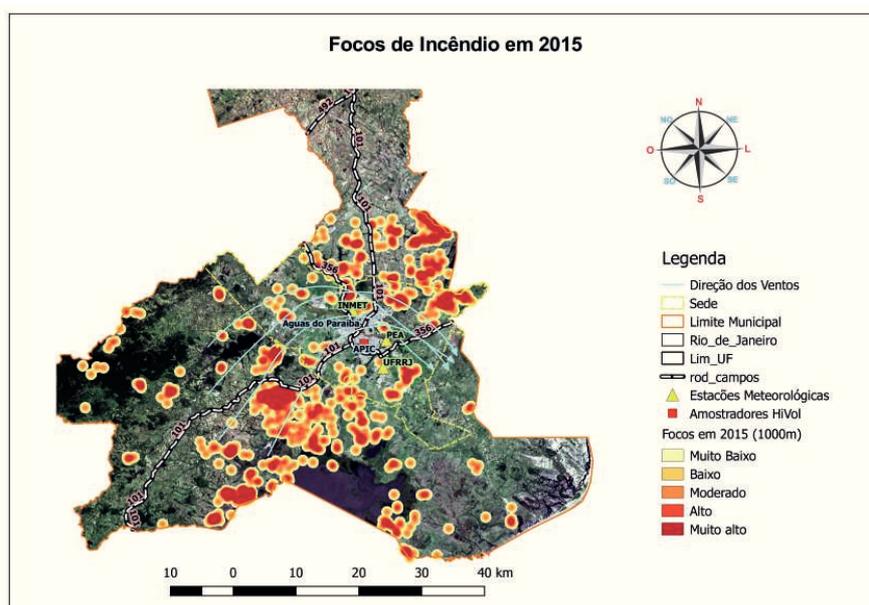


Figura 14. Focos de Incêndio no município de Campos dos Goytacazes em 2015

Fonte: Autor, 2017

Esse mesmo ano (2015) demonstrou-se atípico em relação aos demais, apresentando períodos incomuns de altas concentrações de focos captados, destacando-se o mês de janeiro, com 25,4% do total registrado nesse ano, equivalente a 310 focos de calor.

Já em 2012, foram observadas quantidades muito inferiores àquelas observadas em 2015, totalizando 299 focos (Figura 15). Nesse mesmo ano, o mês de outubro se destacou dos demais, com o registro de 140 focos de calor captados, correspondendo a 46,8% do total detectado.

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

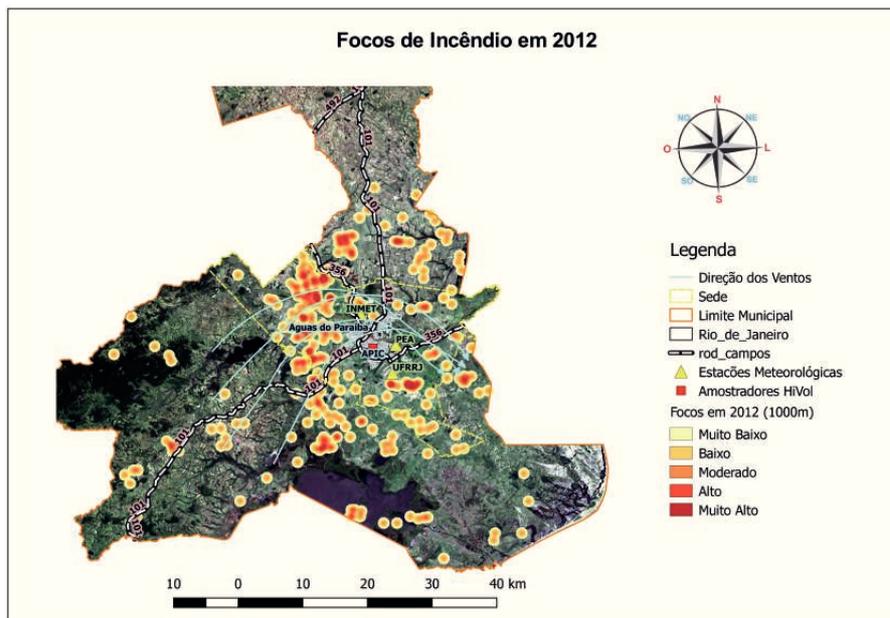


Figura 15. Focos de Incêndio no município de Campos dos Goytacazes em 2012

Fonte: Autor, 2017

Em 2013, houve uma queda no quantitativo de focos computados, tendo um total de 264 focos ao longo do ano (Figura 16). Não foram encontrados grandes números de focos por mês, sendo agosto o período com a quantidade mais expressiva de focos dentre os meses do ano (62 focos), equivalente a 23,5% da contabilização total.

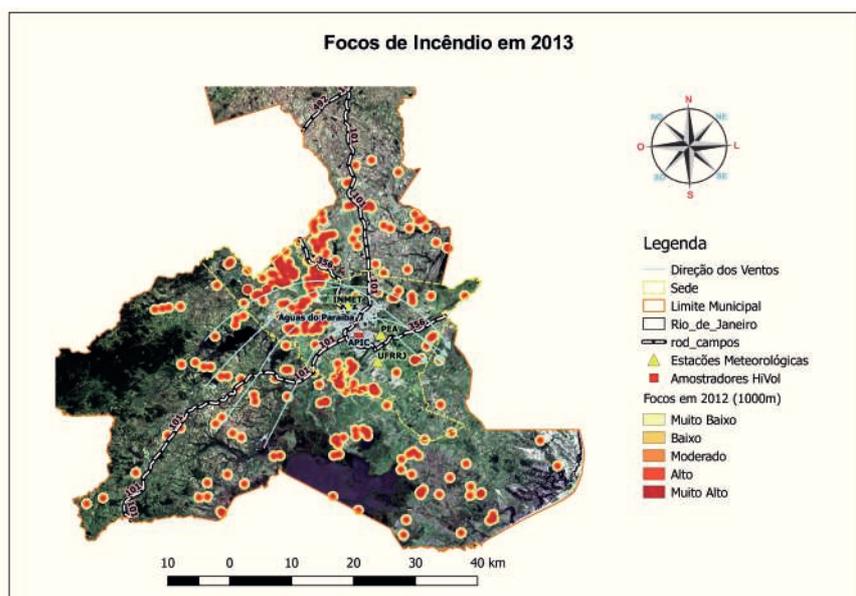


Figura 16. Focos de Incêndio no município de Campos dos Goytacazes em 2013

Fonte: Autor, 2017

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Monteiro (2011), em sua pesquisa, foi capaz de associar tais períodos de queima ao aumento das internações por problemas respiratórios, ocorridos nos mesmos períodos das queimadas, mostrando que existe de fato uma relação evidente.

Outro aspecto evidenciado por Monteiro (2011) se refere aos períodos de invernos e focos de calor, que normalmente coincidem. Isso porque, nessas épocas do ano, a umidade do ar torna-se mais baixa e, assim, o clima é mais seco, tornando-se mais propenso à ocorrência de queimadas espontâneas.

Notou-se que em janeiro de 2015 foram obtidos valores significativos de particulados ($66,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Estação APIC e $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Estação Águas do Paraíba), se comparados aos valores expressos nesse mesmo período, nos outros dois anos ($48,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em ambas as estações no ano de 2013 e, $44,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Estação APIC e $52,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Estação Águas do Paraíba em 2012).

Considerando isso, o alto índice de queimadas registrado no mês de janeiro de 2015 pode ser explicado pela não ocorrência de chuvas durante todo o mês analisado, já que nesse período normalmente não ocorrem queimadas da cultura de cana-de-açúcar.

Grande parte dos meses do ano em que foram registradas as maiores quantidades de focos de calor no município coincidiu com os períodos em que comumente ocorrem as colheitas da cana-de-açúcar (maio a novembro), demonstrando haver uma relação entre o número de focos captados pelo satélite e a prática das queimadas em Campos dos Goytacazes (Figura 17).

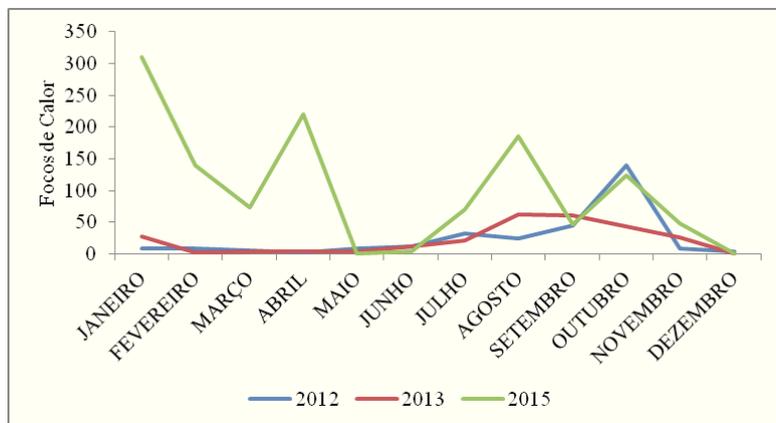


Figura 17. Focos de calor em Campos dos Goytacazes, captados pelos satélites do INPE em 2012, 2013 e 2015

Fonte: INPE, 2017

Através da correlação dos fatores em questão, observa-se forte vínculo diretamente proporcional entre eles. À medida que crescem os pontos de queimadas, elevam-se também as concentrações de particulados expostos no ar ambiente, permitindo uma associação concreta.

Na Figura 18, é possível perceber que os valores referentes ao ano de 2012 apresentaram tendências de crescimentos igualmente proporcionais, sendo o fator R em torno de + 0,5.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

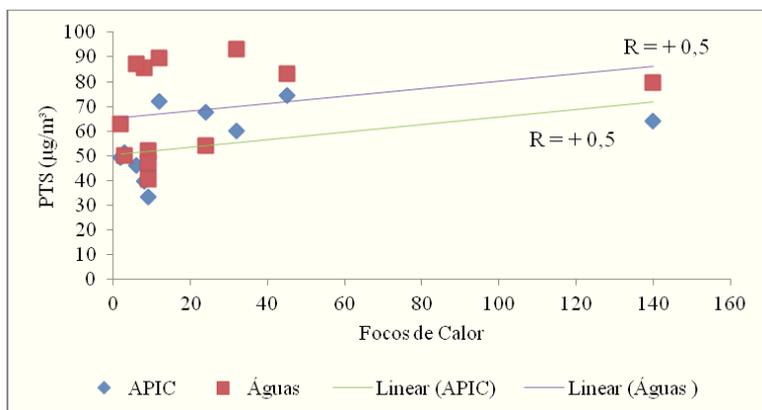


Figura 18. Correlação entre focos de calor e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes em 2012

Fonte: Autor, 2017

No ano de 2013, observou-se fortíssima correlação entre os fatores avaliados na estação de monitoramento da Águas do Paraíba, com R em torno de + 0,8. Do mesmo modo, na estação da APIC, o valor de R correspondeu a + 0,6 aproximadamente (Figura 19).

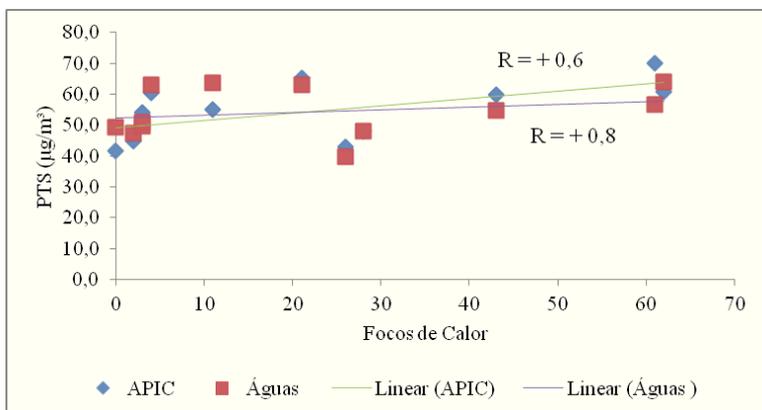


Figura 19. Correlação entre focos de calor e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes, em 2013

Fonte: Autor, 2017

Da mesma forma, no ano de 2015, notou-se um crescimento igualmente proporcional de ambos os fatores. O fator Pearson desse ano foi de + 0,6 (Figura 20).

Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

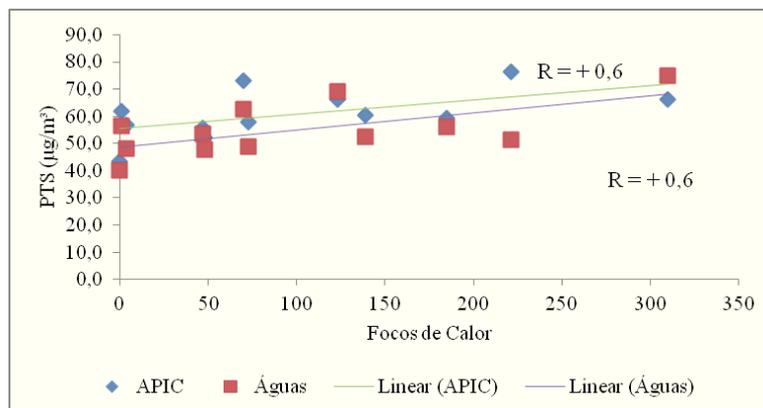


Figura 20. Correlação entre focos de calor e materiais particulados no município de Campos dos Goytacazes em 2015

Fonte: Autor, 2017

Os valores de partículas totais em suspensão (PTS) detectados nos três anos estudados não foram superiores aos padrões de qualidade do ar estipulados pela OMS e Resoluções CONAMA, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre os valores amostrados e padrões de qualidade

	2012	2013	2015
HI VOL APIC (CENTRO)	33-74 µg/m ³	41-70 µg/m ³	43-76 µg/m ³
HI VOL ÁGUAS	40-93 µg/m ³	39-64 µg/m ³	40-75 µg/m ³
CONAMA 03/1990	150-240 µg/m ³	OMS	150-230 µg/m ³

5 Considerações finais

Após as análises realizadas, conclui-se que os teores de partículas totais em suspensão observados no município de Campos dos Goytacazes, ao longo dos anos estudados, apresentaram-se dentro dos padrões preestabelecidos pelas normatizações em vigor.

Entretanto, o município tem acompanhado as tendências de crescimento dos grandes centros e por isso é essencial que se faça constantemente esse acompanhamento para controle e verificação das concentrações, sem que ultrapassem os valores máximos permitidos.

Os dados climatológicos apresentados se relacionam de maneira concreta com os teores de material particulado, estabelecendo-se uma relação inversamente proporcional entre os índices de precipitações e valores de particulados. Ou seja, quanto menor for o índice pluviométrico da região, maiores serão os teores de partículas suspensas no ar e vice-versa.

Considerando os focos de calor observados no município, notou-se que eles se concentram nos períodos de menores precipitações. Correlacionando esses fatores aos teores de particulados obtidos nos mesmos períodos, percebeu-se que os volumes amostrais desse material em suspensão foram elevados.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

Tais focos de calor podem ser ocasionados pela prática da queima da cana-de-açúcar, frequente na região, sendo possível relacionar os períodos de queimadas de cana-de-açúcar aos maiores teores de partículas em suspensão detectadas pelos amostradores.

Referências

BERBERAN, M. N. M. S. *Composição Química e Estrutura da Atmosfera Terrestre*. Lisboa: Centro de Química-Física Molecular, Instituto Superior Técnico, 2008.

BRAGA, A. et al. Poluição atmosférica e saúde humana. *Revista USP*, São Paulo, n. 51, p. 58-71, set./nov. 2001.

BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 168-213.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Pneumoconioses: Saúde do Trabalhador, Protocolos de Complexidade Diferenciada*. Brasília, Ministério da Saúde, 2006. (Série A; Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990*. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR, 1990.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 16, de 17 de dezembro de 1993*. Dispõe sobre a obrigatoriedade de licenciamento ambiental para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis, e dá outras providências, 1993.

BRASIL. *Resoluções do CONAMA*. Ed. Especial, Rio +20, 2012.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S.T. Air pollution and health. *The lancet*, v. 360, n. 9341, p. 1233-1242, 2002.

CALIJURI, C. M.; CUNHA, G. F. D. *Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologias e Gestão*. 1. ed. São Paulo: Elsevier Campus, 2013. p. 345-365.

CASELLI, M. et al. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). *Chemosphere*, v. 81, n. 3, p. 306-311, 2010.

CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M. Qualidade do ar: Parâmetros de Controle e Efeitos na Saúde Humana: Uma breve Revisão. *Revista Holos*, out. 2013.

CAVALCANTI, M. P. S. P. *Modelo de gestão da qualidade do ar: abordagem preventiva e corretiva*. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/ COPPE UFRJ, 2010.

CIDAC. *Anuário Estatístico 2015 Campos dos Goytacazes*. Centro de Informações e Dados e Campos, 2015.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

DE ALMEIDA, T. I. *Poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

DOMINICI, F. et al. Particulate air pollution and mortality in the United States: did the risks change from 1987 to 2000. *American Journal of Epidemiology*, v. 166, n. 8, p. 880-888, 2007.

ELLIOTT, P. et al. Long term associations of outdoor air pollution with mortality in Great Britain. *Thorax*, v. 62, n. 12, p. 1088-1094, 2007.

FEEMA. *Relatório Anual da Qualidade do Ar*. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 2007.

FERNANDES, M. C. *Estimativa das Emissões Veiculares para CO, HC e NOx na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis/SC*. Monografia (Graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2014.

GALEMBECK, E.; COSTA, C. A evolução da composição da atmosfera terrestre e das formas de vida que habitam a Terra, *Revista Química Nova na escola*, v. 38, n. 4, nov. 2016. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/edicao.php?idEdicao=68>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

HALES, S.; HOWDEN-CHAPMAN, P. Effects of air pollution on health. *BMJ*, v. 335, n. 7615, p. 314-315, 2007.

IBGE. *Cidades*: Rio de Janeiro: Campos dos Goytacazes. 2016.

INEA. *Relatório da qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro*. 2011.

LAMB, J.R. et al. *Algoritmo Computacional para Determinação do Polinômio Interpolador de Newton*. In: Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, S., Paraná, 2007. p.4.

LIRA, A. S. *Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações*. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia) – Universidade Federal do Paraná, UFP, 2004.

LISBOA, M. H.; KAWANO, M. *Poluição Atmosférica: Monitoramento de Poluentes Atmosféricos*. Faculdade ASCES, dez. 2007. cap. 4. Disponível em: <<http://repositorio.ascses.edu.br/jspui/bitstream/123456789/418/7/Cap%204%20Monitoramento%20de%20poluentes%20atmosf%C3%A9ricos.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

LORENA, S.; MARTINS, E. *Poluição Atmosférica: Poluentes particulados ou gasosos*. In: SEMANA DA QUÍMICA UFRJ, 17., 2010.

MAGE, D. et al. Urban air pollution in megacities of the world. *Atmospheric Environment*, v. 30, n. 5, p. 681-686, 1996.

MARTINS, L. A. *A Temperatura do Ar em Juiz de Fora, MG: Influência do Sítio e da Estrutura Urbana*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1996. 168 p.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

MONTEIRO, A. C. G. *Avaliação dos impactos ambientais e socioeconômicos da queima da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes, RJ*. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, 2011.

NEDEL, A. *Aplicação de um Modelo de Dispersão de Poluentes na Região de Candiota-RS e sua Relação com as Condições Meteorológicas*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS, 2003.

PEREIRA, S. Jr. J. *Legislação Brasileira sobre Poluição do ar*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007.

POPE III, C.A. Air pollution and health-good news and bad. *New England Journal Medicine*, v. 351, n. 11, p. 1057-1067, 2004.

RAMOS, J. M. J.; LEITÃO, L. A Atmosfera da Terra: sua origem, evolução e características actuais. *Revista Sociedade Portuguesa de Química, SPQ*, p. 53-65, 1991.

RIBEIRO, P. O. *Controle e Avaliação da Qualidade do ar*. 2010. Apostila do curso Técnico em Segurança do Trabalho na Modalidade a Distância do Instituto Federal Fluminense, IFF.

RIO DE JANEIRO. *Diretriz INEA MF-606. R-3, de 06 de julho de 1978*. Dispõe sobre o método do amostrador de grandes volumes (HiVol – determinação de partículas em suspensão no ar ambiente). Aprovado pela deliberação CECAN nº 027, 1978.

RIO DE JANEIRO. *Resolução CONEMA nº 43, de 14 de dezembro de 2012*. Ratifica a Política de Controle de Emissões Veiculares definida no PCPV, estabelece os limites máximos de emissão veicular e revoga disposições contrárias, 2012.

RIOS, M. B.C. *Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do bairro Ilha Pura, Vila dos Atletas*. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, 2014.

RODRIGUES, da S. F. *Guia de tecnologias ambientais: Ar e poluição do ar*. 1. ed. Via Sapia, out. 2007. Apostila de treinamento.

SAMET, J. M. et al. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *New England Journal Medicine*, v. 343, n. 24, p. 1742-1749, 2000.

SANTANA, E. et al. *Instituto de Energia e Meio Ambiente: Padrões da qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia*, 2012.

SHIMAKURA, S. E; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. *Interpretação do Coeficiente de Correlação*, 2007. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~ce003/ce003/node8.html>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

SORENSEN, M.; AUTRUP, H.; MOLLER, P. Linking exposure to environmental pollutants with biological effects. *Mutat. Res.*, v. 544, n. 2-3, p. 255-271, 2003.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. Determinação dos fatores que influencia na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora, MG. *Revista Geoambiente on-line*, n. 5, jul./dez. 2005. Disponível em: <www.jatai.ufg.br/geo/geoambiente.htm>. Acesso em: 20 out. 2016.



Levantamento dos Processos Intervenientes na Concentração de Material Particulado no Município de Campos dos Goytacazes/RJ

Fernanda do Nascimento Faria, Kargean Vianna Barbosa, Osmane Pessanha Ribeiro

.....

VALENTE, K. S. *Análise espacial do impacto das queimadas de cana-de-açúcar na prevalência dos sintomas de asma de alunos do município de Campos dos Goytacazes, RJ*. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Saúde Pública e Meio Ambiente, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, ENSP. Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, 2015.

VASCONCELLOS, P. C.; BRUNS, R. E.; MAGALHÃES, D. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos como traçadores da queima da cana-de-açúcar: uma abordagem estatística. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 577-581, 2007.

VISILIND, A. P.; MORGAN, M. S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. Tradução da 2ª ed. Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 271-306.

WHO. *Urban air Pollution 1973 – 1980, Global Monitoring System*. World Health Organization, 1987.

