



**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
OSWALDO CRUZ**

**OS PRECURSORES DO OZÔNIO EMITIDOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

SAKAI, Alexandre Shigueru; SOGABE, Milton Norio
sakai.alexandre1@gmail.com
Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: *Este estudo tem como objetivo estimar a quantidade emitida de compostos orgânicos voláteis (COV) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) para se ter uma dimensão da evolução desses poluentes entre 2012 e 2016. Será baseado em dados do Relatório de Qualidade do Ar da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), um artigo feito por M. N. Sogabe em 2013, dados de consumo de combustíveis na RMSP em 2016, além de fatores de emissão evaporativa nas etapas de comercialização de combustíveis da EPA (Environment Policy Agency). Com esses dados, será feita análise do impacto que a movimentação e o consumo de gasolina e outras fontes tem sobre a qualidade do ar e sobre a saúde da população metropolitana, pelas condições atuais de consumo e de controle exigidos pelos órgãos ambientais, para que se tenha uma visão sobre futuras políticas a serem adotadas no futuro.*

Palavras-chave: Combustível, gasolina, COV, ozônio, RMSP.

Abstract: *This study aims to estimate the emitted the amount of volatile organic compounds (VOC) emitted in the RMSP (Metropolitan Region of São Paulo) to have a dimension of the evolution of these pollutants between 2012 and 2016. It will be based on data from the Air Quality Report of CETESB (Environmental Company of São Paulo State), an article made by M. N. Sogabe in 2013, fuel consumption data in the RMSP in 2016, as well as evaporative emission factors in fuel commercialization stages from EPA (Environment Policy Agency). With this data, it will be analyzed the impact that movement and consumption of gasoline, and other sources has on the air quality and on the health of the metropolitan population, by the current consumption and control conditions demanded by the environmental agencies, so that have a vision about policies to be adopted in the future.*

Key words: Fuel, gasoline, VOC, ozone, RMSP.

1. INTRODUÇÃO

São Paulo é o estado mais populoso do Brasil, com 45.094.866 habitantes, sendo que só na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) são 21.391.624 habitantes (IBGE, 2017). Essa grande quantidade de pessoas, somada ao fato de ser o estado brasileiro de maior PIB (IBGE, 2015) com uma enorme quantidade de empresas e indústrias, as grandes distâncias e um transporte público precário, são fatores que contribuem para que o Estado de São Paulo tenha a maior frota de veículos do país, com 28.359.822 veículos em 2018 e, desse número, só na RMSP estão 13.053.252 veículos (DENATRAN, 2018).

Além do trânsito caótico e o aumento de acidentes nas vias, essa quantidade de veículos tem grande influência na qualidade do ar. Os veículos automotores são fontes de emissão de Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (MP), Óxidos de Enxofre (SO_x), Hidrocarbonetos (HC), Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e Óxidos de Nitrogênio (NO_x) (MIRAGLIA, 2017). Destaque para os NO_x e certos HC, denominados de COV, que são os precursores químicos do O₃ troposférico junto à radiação solar. Em 2016, os veículos automotores foram os responsáveis por 76,27% das emissões de HC e 50,08% das emissões de NO_x na RMSP (CETESB, 2017).

Este artigo toma como referência o artigo publicado na Revista Meio Ambiente Industrial & Sustentabilidade (set/out 2013), feito por Milton Norio Sogabe, Gerente do Setor de Projetos Especiais da CETESB, que visou analisar as emissões evaporativas de combustíveis relacionadas ao uso e abastecimento de veículos automotores, no Estado de São Paulo. O artigo em questão baseou-se no Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2013, com dados de 2003 até 2012. Após esse relatório, foram publicados outros quatro relatórios referentes aos anos de 2013 a 2016.

Após quase cinco anos dessa publicação, será feita a atualização de informações para 2016 e uma estimativa das emissões de COV para 2017. Para efeito de estimativa, considerando a carência de dados, será feita uma simplificação utilizando apenas dados referentes ao consumo de gasolina C e assumindo as emissão de hidrocarbonetos ou de não-metano hidrocarbonetos nos relatórios da CETESB como sendo o total de emissão de COV.

O presente artigo se baseará nos Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2013 (referente a 2012) e de 2017 (referente a 2016), nos Relatórios de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo de 2012 e de 2016 e no PCPV 2017-2019.

2. QUALIDADE DO AR E OS EFEITOS À SAÚDE

Conforme Quadro 1, são diversos os efeitos dos poluentes atmosféricos à saúde, de acordo com a qualidade do ar encontrada na região. Desta forma, os custos com políticas de melhoria da qualidade do ar podem inicialmente serem considerados como gastos públicos, porém, se considerarmos a longo prazo, tais políticas podem ser até mais econômicas devido à redução da perda de produtividade (dias de trabalho perdidos), de atividades restritas ou morte prematura e de despesas médicas (tratamentos, exames e medicamentos). (MIRAGLIA, 2014).

Quadro 1 Qualidade do ar e efeitos à saúde.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
N2 - MODERADA	41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>25 - 50 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>100 - 130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>200 - 240 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>20 - 40 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.
N4 - RUIM	81 - 120	>100 - 150 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>50 - 75 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>130 - 160 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>11 - 13 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>240 - 320 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>40 - 365 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.
N5 - MUITO RUIM	121-200	>150 - 250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>75 - 125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>160 - 200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>13 - 15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar esforço físico e vias de tráfego intenso.	>320 - 1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>365 - 800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.
N6 - PÉSSIMA	>200	>250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso.	>1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.

Fonte: CETESB, 2017

2.1 Ozônio

Conforme Relatório de Qualidade do Ar de 2017, houve “a diminuição do número de dias de ultrapassagens do PQAr na maioria das estações da RMSP, em relação ao ano anterior”. Essa diminuição pode ser relacionada diretamente à redução no número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes (CETESB, 2017).

O favorecimento à dispersão é muito ligado à alta umidade e períodos chuvosos. Recentemente o sudeste brasileiro, em especial a RMSP, sofreu com um período de seca que reduziu o nível dos reservatórios de água e limitou o consumo de água por grande parte da população. Pode ter sido um período atípico, porém o desmatamento, com destaque ao desmatamento da Amazônia, foi apontado por cientistas como um dos motivos de alteração climatológica no país, visto que a retirada da cobertura vegetal interrompe o fluxo de umidade do solo para a atmosfera, por exemplo, de grandes nuvens de umidade que seriam transportadas da Amazônia até o sudeste brasileiro (G1, 2014).

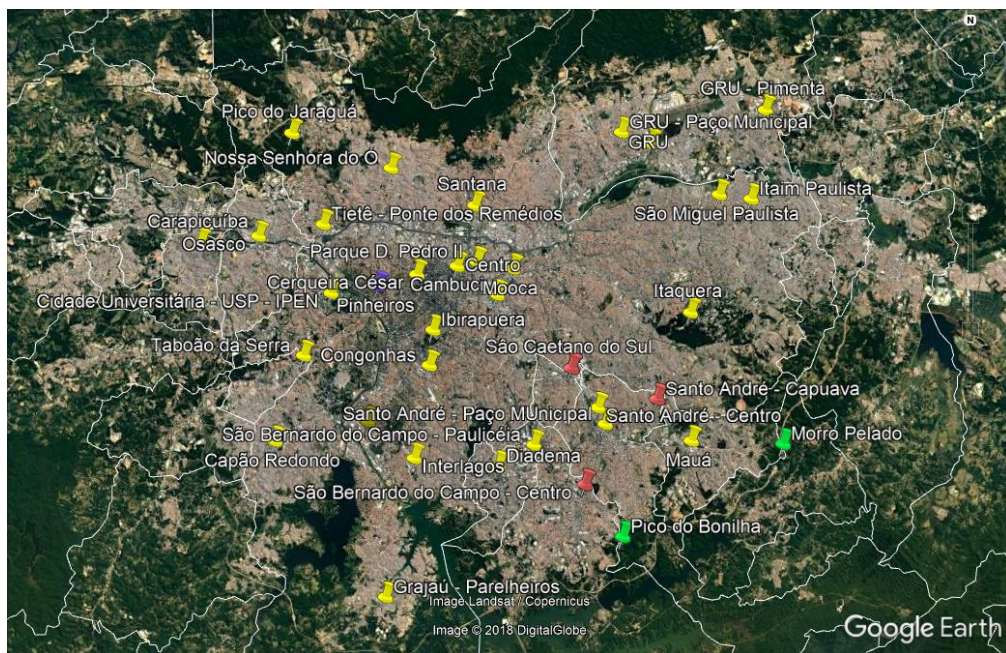
Com relação ao ozônio, por se tratar de um poluente secundário formado por poluentes precursores (NO_x e alguns HC) com a radiação solar, sua formação depende de condições meteorológicas, como nebulosidade, radiação solar incidente, altas temperaturas, transporte atmosférico de precursores, transporte de ozônio de uma região para outra, etc. (CETESB, 2017).

Na RMSP, destacam-se as regiões de Pinheiros e do ABC. A primeira, por conta do grande movimento veicular na Marginal do Rio Pinheiros. A segunda, por ser uma região com grande

concentração de indústrias. Entre os resultados do Relatório de Qualidade do Ar de 2017 (ano base 2016), o monitoramento nas duas regiões apresentou altas concentrações de benzeno, de tolueno e NO_2 . Os pontos de monitoramento de São Bernardo do Campo-Centro, São Caetano do Sul e Santo André-Capuava estão entre os pontos com maior número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h na RMSP para o O_3 .

Vale destacar que esses municípios se localizam na marginal da RMSP e as regiões mais urbanizadas estão cercadas por acidentes geográficos como o Pico do Bonilha (São Bernardo do Campo e Santo André) e Morro do Pelado (Mauá).

Figura 1 – Imagem de satélite da RMSP, com os pontos de monitoramento (amarelo), os pontos maiores número de ultrapassagens para o O_3 (vermelho) e acidentes geográficos da região do ABC.



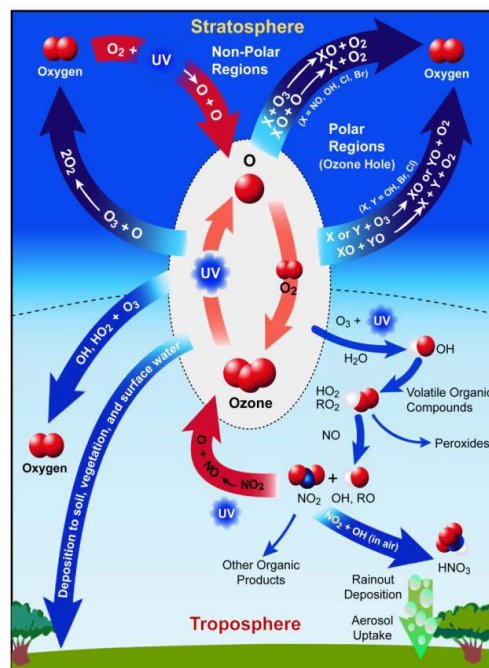
O ozônio tem efeitos sobre a saúde, como irritação nos olhos e vias respiratórias e a diminuição da capacidade pulmonar. O poluente também tem efeito sobre a vegetação, podendo inibir o crescimento de plantas e reduzir a produtividade em plantações, ou seja, é um impacto sobre a economia (MARTINS, 2006).

Se na estratosfera o ozônio tem uma função imprescindível para a vida na Terra ao filtrar a radiação ultravioleta do tipo B, na troposfera o ozônio é um importante gás de efeito estufa (GEE), que contribui para a mudança climática no planeta.

A formação de O_3 é complexa e depende de fatores que incluem: intensidade e distribuição espectral de luz solar; mistura atmosférica; concentração de precursores no ar ambiente e taxas de reações químicas desses precursores; e processamento em nuvens e partículas de aerossol (EPA, 2013).

O esquema a seguir mostra os maiores ciclos fotoquímicos influenciando o O_3 na troposfera e na estratosfera.

Figura 2 - Esquema que mostra uma visão geral dos ciclos fotoquímicos que influenciam o O₃ na troposfera e estratosfera



Fonte: EPA, 2013.

De acordo com a EPA (2013), os principais episódios de altas concentrações de O₃ nos EUA e na Europa são associados a sistemas de alta pressão de movimento lento. Sistemas de alta pressão durante as estações mais quentes estão associadas ao afundamento do ar, resultando em calor, céus geralmente sem nuvens, com ventos fracos. O afundamento de ar resulta no desenvolvimento de condições estáveis perto da superfície que inibam ou reduzam a mistura de precursores de O₃. A atividade fotoquímica envolvendo esses precursores é melhorada devido às temperaturas mais elevadas e à disponibilidade de luz solar durante as estações mais quentes. No leste dos EUA, as concentrações de O₃ e outros poluentes são determinados por processos meteorológicos e químicos que se estendem tipicamente em áreas de várias centenas de milhares de quilômetros quadrados. Os episódios de ozônio são, portanto, melhor considerados com a natureza regional.

As condições propícias para a formação de alto O₃ podem persistir por vários dias. O transporte de poluentes a favor do vento de grandes centros é caracterizado pelo desenvolvimento de plumas urbanas. Barreiras de montanhas limitam a mistura e resultam em uma maior frequência e duração de dias com altas concentrações de O₃. No entanto, o levantamento orográfico sobre a montanha resulta em transporte O₃ para centenas de áreas quilômetros a favor do vento (EPA, 2013).

Como o aquecimento solar da superfície diminui com o anoitecer, a camada do limite diurno colapsa deixando para trás O₃ e seus precursores em uma camada residual acima de uma camada limite superficial noturna. Os poluentes na camada residual tornaram-se agora essencialmente parte da troposfera livre. Os ventos na troposfera livre tendem a ser mais fortes que aqueles mais perto da superfície e assim são capazes de transportar poluentes por longas distâncias. Assim, O₃ e seus precursores podem ser transportados verticalmente por convecção na parte superior da camada mista em um dia, então transportado durante a noite como uma camada de proporções elevadas de mistura, e, em seguida, arrastado para uma convecção crescente da camada limite a favor do vento e trazida de volta para a superfície (EPA, 2013).

Segundo a EPA (2013), concentrações elevadas de O₃ que apresentam grandes variações diurnas na superfície no sul da Nova Inglaterra (EUA) foram associados com a presença de tais camadas. Ventos a centenas de metros acima do solo podem trazer poluentes do oeste, embora ventos de superfície sejam do sudoeste durante períodos de alto O₃ no leste dos EUA. Estas considerações sugerem que em muitas áreas dos EUA, O₃ e seus precursores podem ser transportados por centenas, se não milhares de quilômetros.

Emissões de compostos precursores de O₃ (NO_x, COVs e CO) podem ser divididos em fontes naturais e antropogênicas. As fontes naturais podem ser divididas em biogênica de vegetação, micróbios e animais, e abiótica da combustão de biomassa, luz e fontes geogênicas. No entanto, a distinção entre fontes naturais e fontes antropogênicas é difícil na prática, pois as atividades humanas afetam direta ou indiretamente nas fontes naturais, por exemplo, plantas e animais usados na agricultura, ou mesmo as emissões de queimadas (EPA, 2013).

3 POLÍTICAS, PLANOS E LEGISLAÇÃO

No âmbito federal, a Resolução Conama nº 418/2009 dispôs sobre o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV) que é o “instrumento de gestão da qualidade do ar do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar-PRONAR e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE, com o objetivo de estabelecer regras de gestão e controle da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis de veículos”.

É um instrumento elaborado pelos órgãos ambientais estaduais com base no inventário de emissões de fontes móveis e o monitoramento da qualidade do ar, visando a redução da emissão de poluentes, sendo revisto a cada três anos. No Estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 59.113/2013, que estabeleceu padrões de qualidade do ar, estabeleceu também para atendimento das metas os seguintes instrumentos e diretrizes:

- I - aprimoramento da fiscalização de fontes móveis;
- II - incentivo à melhoria da eficiência energética de fontes móveis;
- III - desenvolvimento e incentivo a adoção de políticas de gestão ambiental em empresas de transporte;
- IV - apoio às alternativas tecnológicas de transporte com baixa ou sem emissão de poluentes;
- V - desenvolvimento de estudos específicos para o avanço no controle de emissões;
- VI - fomento à implantação de programas de renovação de frota circulante com sucateamento de veículos com alta emissão de poluentes;
- VII - estudos sobre restrição à circulação de veículos automotores;
- VIII - acompanhamento das metas de melhoria da qualidade do diesel.

Quanto ao inciso IV, nos Estados Unidos, referência em regulamentos e tecnologias ambientais, uma das tecnologias utilizadas na redução da emissão de COV durante o abastecimento é a Recuperação de Vapores de Abastecimento (*Onboard Refueling Vapor Recovery – ORVR*), que é utilizada em todos os veículos leves a gasolina e Flex produzidos nos EUA e no Canadá (SZWARC, 2014). O sistema de recuperação de vapores é um sistema de captação de vapores, instalado nos bicos de abastecimento das bombas de combustíveis líquidos, que direciona esses vapores para o tanque de combustível do próprio posto revendedor de combustíveis ou para um equipamento de tratamento de vapores (LAUXEN, 2016).

Tem sido publicada desde 1972 pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) a Compilação de Fatores de Emissões do AR (AP-42) por meio do desenvolvimento e

compilação de dados, estudo de materiais e estimativas de engenharia. Em seu capítulo 5: Indústria do Petróleo há o subitem 5.2 que analisa o transporte e o comércio de líquidos do petróleo que envolvem várias operações que podem causar perdas por emissões evaporativas (USEPA, 2011).

Quanto ao abastecimento de tanques de veículos de transporte, de acordo com USEPA (2011), os métodos de abastecimento submerso (abastecimento por tubo e abastecimento na parte inferior), por se tratarem de métodos que envolvem menor turbulência, são métodos que resultam em uma menor geração de vapor em relação ao método de esguicho.

Segundo USEPA (2011), para a captura de vapores orgânicos, o último método utiliza a recuperação de vapores por refrigeração, absorção, adsorção e/ou compressão, sendo que o produto é devolvido ao compartimento de armazenagem. A eficiência no controle da recuperação está na faixa de 90 a 99 por cento, dependendo da natureza dos vapores e do tipo de equipamento de controle usado.

Já para o controle no reabastecimento de veículos automotores, ocorre o transporte dos vapores deslocados do tanque de combustíveis do veículo para o espaço vazio do tanque de armazenamento subterrâneo pelo uso de uma mangueira e bocal especiais, por diferença de pressão ou até com o uso de uma máquina de sucção a vácuo. Alguns sistemas apresentam eficiência de controle de 88 a 99 por cento (USEPA, 2011). No Estado de São Paulo, de acordo com o PCPV 2017-2019, a CETESB propõe adotar a partir da próxima fase do PROCONVE (2020-2022) o uso do sistema ORVR para veículos novos.

Sobre as alternativas de combustíveis utilizadas no Brasil, as principais são a gasolina e o etanol para automóveis, comerciais leves e motocicletas. Etanol tem sido promovido com o combustível “verde” porque tende a produzir menores emissões de CO₂, HC e NO_x que a gasolina. Mas o impacto na qualidade do ar dessa transição da gasolina para o etanol tem sido difícil de avaliar (NATURE, 2014).

Outro fator que influencia a população na escolha do combustível é o preço frente ao rendimento dos dois combustíveis, sendo que o etanol rende entre 70 e 75% da gasolina (G1, 2018). No entanto, o aumento no preço da gasolina é acompanhado pelo aumento do etanol, seja por conta do aumento dos impostos para todos os combustíveis pelo governo, seja pelo simples aumento do preço do etanol por conta dos empreendedores (TERRA, 20-).

No que se refere à questão florestal, no ano de 2017, foi publicada a Resolução SMA nº 7/2017 que criou critérios e parâmetros de compensação ambiental para o Estado, expandiu a necessidade de compensação ambiental para a supressão de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração (que antes não era necessária, de acordo com a Lei Federal nº 11.428/2006) e aumentou a relação entre área a compensar e a área a suprimir, que antes era de 1:1 apenas para a vegetação secundária em estágio médio e estágio avançado em qualquer local, de acordo com o artigo 17 da Lei Federal nº 11.428/2006, e agora é de no mínimo 1,25:1 e, no máximo, de 6:1 dependendo da prioridade de restauração de vegetação nativa do município, sendo que o município de São Paulo tem prioridade de restauração classificada como Muito Baixa. Por outro lado, a compensação ambiental não exige que seja feita na mesma região, no mesmo município, ou, na maioria dos casos, na mesma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). As únicas exceções são para intervenções florestais realizadas nas UGRHIs do Alto Tietê e na Piracicaba-Capivaria-Jundiá, onde as intervenções deverão ser realizadas em uma das duas UGRHIs. Ou seja, por mais que haja uma grande compensação ambiental, ela será feita em local muito distante e manterá prejudicada a região objeto da intervenção.

4 RESULTADOS

A figura x mostra a oscilação da emissão de poluentes locais e de CO_{2eq} de 2006 a 2016, com destaque para a queda de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}) nos últimos anos por conta da redução no consumo de combustíveis e a substituição de parcela de consumo de gasolina por etanol nos carros flex-fuel, de acordo com o PCPV 2017-2019. Vem ocorrendo uma queda gradativa de hidrocarbonetos não-metano (NMHC) e de NOx, ano após ano.

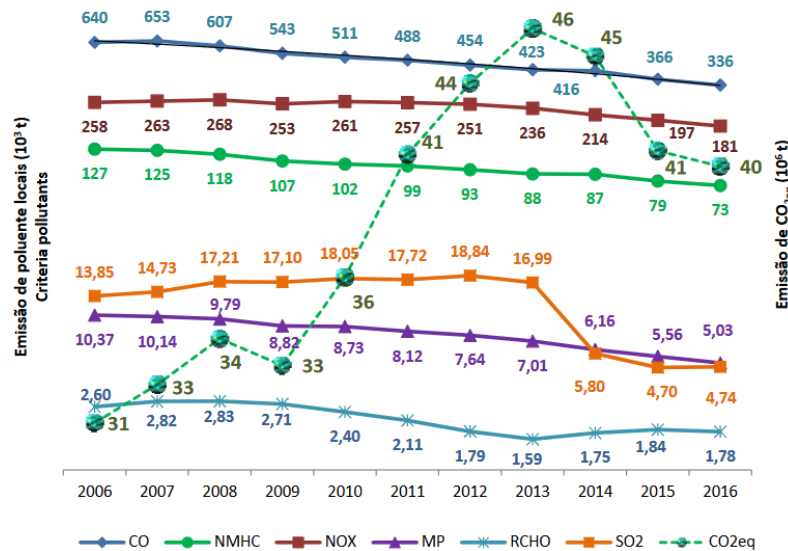


Figura 3 – Emissão de poluentes entre 2006 e 2016 no Estado de São Paulo. Fonte: CETESB, 2017.

4.1 Emissões veiculares

Pelas informações contidas nos Relatórios de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2013 (referente ao ano de 2012) e 2017 (referente ao ano de 2016), observamos que houve um aumento significativo na quantidade de veículos à gasolina tanto no Estado de São Paulo quanto na RMSP.

Porém, com dados da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, enquanto no Estado houve queda no consumo de combustíveis em geral, houve um aumento na RMSP. No caso só da gasolina, houve o aumento no Estado e na RMSP.

Os resultados obtidos por SOGABE em 2013 foram os seguintes: 13.020 toneladas de COV nos postos de gasolina (baseado no consumo de 2011), 3.240 toneladas de COV nas bases de armazenamento (baseado no inventário de 2009 com dados de 2008) e 29.115 toneladas de COV de fontes móveis (estimativa de 2012).

O valor de 29.115 toneladas de COV para 2012 foi estimado considerando as emissões veiculares totais de COV no Estado de São Paulo (58.230 toneladas) e que, deste total, 29.115 toneladas seriam emitidas na RMSP que conta com aproximadamente metade da frota de veículos à gasolina do Estado.

Para 2016, este trabalho utilizou os resultados do Relatório de Qualidade do Ar de 2017 (ano base 2016) para veículos movidos apenas à gasolina na RMSP (20.120 toneladas de COV). Em 2016, foram estimadas pela CETESB as emissões veiculares por categoria, sendo incluídas as emissões evaporativas nos valores obtidos de HC para automóveis e comerciais leves de ciclo Otto, pela abordagem *bottom-up*, que considera a distância anual percorrida para cada tipo de veículo, a quantidade de veículos, o fator de emissão, a autonomia e o volume de combustível consumido. Pelo Relatório de Emissões Veiculares de 2016, houve a emissão de 47.510 toneladas de COV no Estado de São Paulo por fontes móveis.

4.2 Emissões de fontes estacionárias

Para estimativa das emissões evaporativas em postos de combustíveis, foi utilizada a abordagem *top-down* que utiliza apenas o consumo aparente de combustível e fatores de emissão do AP-42 (*Air Pollutant Emissions Factors*) da EPA (*Environmental Protection Agency*), conforme tabela abaixo.

Tabela 1 Fatores de Emissão do AP-42 da USEPA para o Estado de São Paulo

Fonte de Emissão de Posto de Combustíveis	Fator de Emissão (mg de COV/L)	
Estágio I – Transferência para o Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC)		
Enchimento do SASC do Posto	Ponta Não Submersa	1.380
	Ponta Submersa	880
	Ponta Submersa e Recuperação de Vapor de Estágio I	40
	Respiro e Esvaziamento do SASC	120
Estágio II – Abastecimento do Veículo		
Perdas de Deslocamento (Sem Controle)	1.380	
Perdas de Deslocamento com Recuperação de Vapor de Estágio II	132	
Derrame no Abastecimento de Veículo	80	

Fonte: SOGABE, 2013.

Para a situação atual mais comum em postos de combustível, temos na transferência para o SASC as emissões no enchimento do SASC com ponta não submersa (1.380 mg de COV/L) e no respiro e esvaziamento do SASC (120 mg de COV/L); e no abastecimento do veículo temos as emissões na perda de deslocamento sem controle (1.380 mg de COV/L) e no derrame no abastecimento (80 mg de COV/L). Somados esses fatores são 2.460 mg de COV por litro de combustível movimentado.

Utilizando dados da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo, estima-se que o consumo no Estado de São Paulo em 2016 foi de 9.990.516.458 litros de gasolina, sendo 4.645.553.769 litros somente na RMSP. Utilizando os fatores da AP-42, estima-se que foram emitidos nos postos de combustíveis um total de 13.750,84 toneladas de COV na RMSP, considerando o enchimento do SASC e o abastecimento de veículos.

Com esses dados de consumo, considerando a recuperação de vapor no Estágio I (40 mg de COV/L) e no Estágio II (212 mg de COV/L), seriam apenas 252 mg de COV por litro movimentado, ou seja, com os consumos de 2012 e 2016 seriam emitidas 1.131,33 e 1.170,68 toneladas de COV na RMSP, respectivamente.

As emissões de fontes fixas dos Relatórios de Qualidade do Ar da CETESB do ano de 2016 são baseadas no PREFE 2014, que tem como referência o inventário feito em 2008. Assim, temos em 2016 a estimativa de 5.600 toneladas de COV das operações de processos industriais (124 empreendimentos) e 3.680 toneladas de COV das bases de combustíveis líquidos (9 empreendimentos). Portanto, temos um total de 9.280 toneladas de HC das fontes fixas.

Já em 2012, foram obtidos 4.700 toneladas de HC das operações de processos industriais (121 empreendimentos) e 3.400 toneladas de HC das bases de combustíveis líquidos (18 empreendimentos). O total estimado foi de 8.100 toneladas de HC das fontes fixas.

4.3 Resultado final

Segue um compilado dos resultados obtidos neste trabalho em comparação aos dados obtidos em 2012.

Tabela 2 Comparação de resultados de 2012 e 2016.

Dados – Unidade / Ano	2.012	2.016
Frota circulante à gasolina C em SP - unid.	4.173.008,00	5.705.496,00
Frota circulante à gasolina C na RMSP - unid.	2.313.673,00	2.813.211,00
Consumo de combustíveis em SP - L	36.331.998.008,00	36.127.357.771,00
Consumo de combustíveis em RMSP - L	13.851.979.416,00	14.209.166.038,00
Consumo de gasolina em SP - L	9.461.875.412,00	9.990.516.458,00
Consumo de gasolina na RMSP - L	4.489.413.764,00	4.645.553.769,00
Emissões veiculares de NMHC em SP - ton	58.230,00	47.510,00
Emissões HC por veículos à gasolina na RMSP - ton	29.115,00	20.120,00
Emissões de COV de Postos de Combustíveis na RMSP - ton (AP-42)	13.020,00	13.750,84
Emissões de COV de Bases de Armazenamento na RMSP - ton (RQAR)	3.400,00	3.680,00
Emissões de COV de Processos Industriais na RMSP – ton (RQAR)	4.700,00	5.600,00
TOTAL de COV na RMSP - ton	50.235,00	43.150,84
Emissões de COV de Postos de Gasolina com Recuperação de Vapores na RMSP - ton (AP-42)	1.131,33	1.170,68

Fonte: CETESB (2012, 2013, 2016, 2017), SOGABE (2013).

Fica evidente o impacto que as fontes móveis têm sobre o total de emissões de COV na RMSP, chegando a aproximadamente 47% em 2016. Isso porque o presente trabalho só considerou os COV como as emissões de HC por veículos movidos à gasolina. Por outro lado, é possível observar uma significativa queda nas emissões por fontes móveis.

A segunda maior fonte de emissões de COV são os Postos de Combustíveis que representam quase 32% das emissões em 2016. Mas, chama a atenção a estimativa considerando um cenário com recuperação de vapores que mostra uma drástica redução de 91% nas emissões de COV se essa tecnologia fosse utilizada.

Vale ressaltar também o aumento na frota de veículos movidos à gasolina e no aumento do consumo de combustíveis, em especial da gasolina, na RMSP. O aumento do consumo de gasolina implicou em um leve aumento das emissões de postos de combustíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente que os dados obtidos são uma estimativa utilizada para se ter uma noção do impacto causado pelas fontes de poluição na qualidade do ar na RMSP.

A redução na quantidade de dias com ultrapassagem dos valores de ozônio dos Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) mostra que a concentração de ozônio não depende apenas da concentração de COV e NOx, mas também porque envolve muitas reações químicas e condições meteorológicas.

O fato é que não se pode ficar na dependência de condições favoráveis à dispersão de poluentes e/ou da redução de radiação solar para que haja a diminuição de ozônio na RMSP. Mesmo com a redução, os dados mostram a grande quantidade de poluentes emitidos no meio ambiente a cada ano, principalmente no que se refere aos veículos automotores.

Devem ser adotadas políticas governamentais, como o investimento em transporte público, controle de fontes de poluição, monitoramentos da qualidade do ar, exigências e incentivo à melhoria contínua das tecnologias de controle de poluentes, como a recuperação de vapores no enchimento do SASC e no abastecimento de veículos, e o uso de energias alternativas nos transportes, como o uso de etanol ou mesmo de energia elétrica.

Políticas de controle ao desmatamento e de incentivo ao reflorestamento e à arborização de áreas urbanizadas também devem receber a devida atenção, uma vez que promovem o aumento da umidade do ar e, por consequência, favorecem a dispersão de poluentes.

Este estudo mostra que deve ser feito um esforço em todas as áreas de conhecimento e localizações geográficas, em especial sobre áreas urbanizadas e industrializadas, para que haja uma melhoria na qualidade do ar e para que essas ações realmente surtam efeito no futuro.

Essas ações acabarão envolvendo custos e grandes mudanças na sociedade, governo e empreendimentos. Porém, deve-se ter em mente que envolve medidas necessárias para que se garanta o bem-estar da população e a qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. 2018. *Anuário Estatístico 2018*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018>. Acesso em: 12 jul. 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2018. São Paulo Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: 05 ago. 2018

E.U.A. United States Environmental Protection Agency – EPA. *Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants*. Office of Research and Development, 2013.

G1. Auto Esporte. 2018. *Mesmo em queda, etanol só é mais vantajoso que a gasolina em 5 estados*. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/mesmo-em-queda-etanol-so-e-mais-vantajoso-que-a-gasolina-em-5-estados.ghtml>. Acesso em: 07 out. 2018.

G1. Natureza. 2014. *Novo estudo liga desmatamento da Amazônia a seca no país*. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2014/10/novo-estudo-liga-desmatamento-da-amazonia-seca-no-pais.html>. Acesso em: 10 set. 2018.

LAUXEN, D. H. 2016. *Redução da exposição a compostos orgânicos voláteis no abastecimento de veículos*. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6071/D%c3%a9bora%20Hansen%20Lauxen_.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 30 set. 2018.

MARTINS, L. D. 2006. *Sensibilidade da formação do ozônio troposférico às emissões veiculares na Região Metropolitana de São Paulo*. Disponível em: http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_leila_d_martins_0.pdf. Acesso em: 17 jul. 2018.

MIRAGLIA, S. G. E. K., GOUVEIA, N. 2014. *Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v19n10/1413-8123-csc-19-10-4141.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2018

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2012. *Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2012*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2017/09/relatorio-2012.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2016. *Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2016*. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2017/11/EMISS%C3%95ES-VEICULARES_09_nov.pdf. Acesso em: 07 out. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2013. *Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2013*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/relatorio-ar-20131-1.zip>. Acesso em: 07 out. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2017. *Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2017*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2018/05/relatorio-qualidade-ar-2017.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Energia e Mineração. 2018. *Boletim Energético – Informativo mensal com dados sobre a geração e o consumo dos principais energéticos do Estado de São Paulo – Maio/2018*. Disponível em: http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/BiblioVirtual/diversos/boletim_energetico.pdf. Acesso em: 06 jul. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo e Secretaria de Energia e Mineração. 2018. *Resumo Executivo – Dados de produção e consumo de petróleo, derivados e gás – 2º bimestre 2018*. Disponível em: http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalecv2/intranet/BiblioVirtual/petrogas/resumo_Executivo_Petro_Gas.pdf. Acesso em: 05 jul. 2018.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2017. *Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV 2017-2019*. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2018/01/PCPV-2017-2019.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2018.

. SOGABE, M. *A poluição causada pelas emissões evaporativas de gasolina*. Revista Meio Ambiente Industrial & Sustentabilidade, p. 76, 2013.

TERRA. 20-. Estudo Prático. *Por que o preço do etanol sobe junto com o da gasolina.* Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/por-que-o-preco-do-etanol-sobe-junto-com-o-da-gasolina/>. Acesso em: 07 out. 2018.