

EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR CAUSADA POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NA SAÚDE HUMANA E NO MEIO AMBIENTE

Marcia Helena dos Santos Bento, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: marciahelenabento@yahoo.com.br
Paulo Leitão Barreto, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: pauloleitaobarreto@gmail.com
Leoni Pentado Godoy, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: leoni_godoy@yahoo.com.br
Alberto Souza Schmidt, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: albertoschmidt56@gmail.com

Resumo: Este estudo apresenta uma revisão de literatura sobre as especificidades dos combustíveis brasileiros, considerando suas potencialidades poluidoras, e o impacto dessa poluição sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente. Atualmente, pode-se acompanhar o nível de poluição atmosférica e os poluentes gerados por veículos através dos meios de transportes. Estes expõem a população, principalmente nas grandes cidades brasileiras, diariamente a essa poluição, prejudicial à saúde a curto e em longo prazo. Mostrando a posição da legislação brasileira e das normas voltadas à gestão da qualidade ambiental, destacando a importância da disseminação contínua e crescente de informações que levem condutores e empresários a adotarem procedimentos e opções de consumo de combustíveis assegurando melhor qualidade ambiental e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida para todos. Finalizando enfoca e aconselha a utilização por parte das reparadoras automotivas de um aparelho para regulação e verificação das condições do motor; o analisador de gases, que em muito irá contribuir na melhora da poluição veicular.

Palavras-chaves: Poluentes. Veículo Ambiental. Analisador de gases.

EFFECTS OF AIR POLLUTION CAUSED BY AUTOMOTIVE VEHICLES ON HUMAN HEALTH AND in THE ENVIRONMENT

Abstract: This study presents a literature review on the specifics of the Brazilian fuel market, considering its polluters potentials, and the impact of pollution on human health and the environment. Currently, you can monitor the level of air pollution and pollutants generated by vehicles through the means of transport. These expose the population of such pollution every day, mainly in the Brazilian megacities causes damage to health the short and long term. Showing the position of the Brazilian legislation and standards aimed at management of environmental quality, highlighting the importance of continuing and increasing spread of information that leads, drivers and businessmen, to adopt procedures and options for ensuring fuel consumption improved environmental quality and, consequently, better quality of life for all. Finishing focuses and advises the use by the automotive repairers the appliance for regulation and verification of the conditions of the engine, the gas analyzer, which will greatly contribute to the improvement of vehicular pollution.

Keywords: Pollutants. Environmental Vehicles. Gas analyzer.

1. INTRODUÇÃO

O veículo automotor constituiu-se no grande vilão ambiental do Século XX, em virtude da quantidade e dos tipos de poluentes por ele produzidos. Uma significativa parcela de responsabilidade dos veículos automotores sobre a emissão de poluentes e, portanto, sobre a qualidade do ar atmosférico em áreas urbanas é, em geral, fruto da desinformação e da forma de utilização à qual os veículos são submetidos pelos usuários deste importante meio de locomoção e transporte.

O Programa de Controle de Emissões por Veículos Automotores – PROCONVE – foi o elemento catalisador de uma obrigatória evolução de veículos e motores no país. A primeira fase de aplicação do Programa, de 1987 a 1992, coincidiu com a entrada de veículos importados e, geralmente, de qualidade superior. Posteriormente o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA instituiu também o PRONAR (1989), com vistas a estabelecer padrões de qualidade do ar, e padrões de emissão, e o PROMOT, que submeteu os ciclomotores, motociclos e veículos similares novos a licenciamento para configuração. Tais fatos induziram as montadoras e demais empresas do setor automobilístico do país a uma obrigatória e necessária busca de qualidade, para não perder competitividade num mercado aberto às empresas estrangeiras de tecnologia mais avançada. Aliadas à evolução dos

combustíveis outras medidas também foram necessárias para atendimento do PROCONVE, como por exemplo: evolução dos sistemas de alimentação (formação da mistura ar/combustível) e de ignição (responsável pelo início do processo de combustão), melhoria da qualidade de óleos lubrificantes, até mesmo de sistemas de freio e pneus, e a utilização de sistemas de tratamento dos gases residuais da combustão. A gasolina é o combustível consumido em maiores volumes em termos globais, cujo consumo é inferior somente ao consumo de água no mundo, para atendimento do PROCONVE e para aumentar o rendimento apresentado pelos motores, e ainda reduzir o consumo de combustível destes, sofreu profundas alterações na sua composição e aditivação. Também o óleo diesel, de grande consumo, sofreu alterações de especificação, principalmente aquelas referentes ao seu teor de enxofre, que é demasiadamente elevado, se comparado a outros países do mundo. Tais especificações são aplicadas ao óleo diesel destinado às grandes regiões metropolitanas do país.

Para FEEMA (2003) dentre as variedades de poluentes pode-se citar:

- Poluentes primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão;
- Poluentes secundários: aos formados na atmosfera como produtos de alguma reação;
- Poluentes gasosos: comportam-se como o ar, uma vez difundidos, não mais se depositam;
- Partículas: as névoas sólidas com diâmetro equivalente inferior a 100 microns que permanece certo tempo em suspensão.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre os combustíveis brasileiros, destacando os respectivos impactos que suas emissões poluentes podem causar aos seres humanos e ao meio ambiente, bem como as normas que regulam seu uso no território nacional.

BRANCO (1995) diz “Se a natureza desempenha seu próprio papel com relação à depuração do ar e se o seu papel é limitador cada um nós poderá ajudá-la arcando com uma parte da responsabilidade pela poluição.”

2. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO BRASIL

Segundo Esteves *et al.* (2003), dentre os diversos problemas ocasionados pelo modelo capitalista, pode-se mencionar a poluição atmosférica como sendo uma questão cada vez mais eminente nos grandes centros urbanos. Desde o início da era de desenvolvimento capitalista, e com o advento da revolução industrial, a maior parte da poluição do ar era produzida pelas indústrias, classificadas como fontes estacionárias de emissões. No entanto, o surgimento dos motores de combustão interna provocou o surgimento do automóvel, que é uma fonte móvel, e que se disseminou ao longo das décadas. Tem-se, atualmente, uma situação onde um dos maiores geradores de poluição atmosférica nos grandes centros são as fontes móveis em circulação nas ruas.

Schumacher & Hoppe (2000) citam que “a poluição do ar é caracterizada por alterações na composição e nas propriedades do ar, tornando-o nocivo, impróprio ou inconveniente à saúde humana, à vida animal e aos vegetais”. O desequilibrado e vertiginoso incremento da população, experimentado nas últimas décadas, conduziu a uma ocupação desordenada da superfície da Terra que, aliada à explosão econômica e ao avanço industrial e tecnológico, promoveu um desequilíbrio na biosfera. Para a FEEMA (2003), entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que

possam tornar o ar impróprio, nocivo, ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

ACIOLI (1994) relata que devido à poluição atmosférica, mudanças estão ocorrendo na composição do ar num ritmo cada vez mais acelerado e que tal fato deve causar profundas preocupações, pois o ar é um fator decisivo para a manutenção e o desenvolvimento da vida em nosso planeta. Como por exemplo, a quantidade de CO₂ na atmosfera anteriormente calculada em 0,03% já atingiu o triplo, ou seja, 0,09% em grandes cidades.

De acordo com a CETESB (2002), a determinação da qualidade do ar está restrita a um grupo de poluentes, quer por sua maior frequência de ocorrência, quer por efeitos adversos que causam ao meio ambiente. São eles: o dióxido de enxofre (SO₂), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O₃), hidrocarbonetos totais (HC) e óxidos de nitrogênio (NO_x). A Resolução CONAMA n° 03, de 28/06/90, define e fixa os padrões nacionais de qualidade do ar. Um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico, que garanta a proteção da saúde e o bem-estar das pessoas. São baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos que possam proporcionar uma margem de segurança adequada.

A referida Resolução estabelece, também, os métodos de amostragem e de análise dos poluentes atmosféricos, definidos em Instruções Normativas. Os padrões objetivam assegurar a saúde humana e outros requisitos ambientais. Por estes estudos e padrões podem-se agrupar os efeitos da poluição atmosférica conforme os efeitos sobre o patrimônio: *Patrimônio natural*: plantas, animais e até ecossistemas inteiros são atingidos e debilitados; *Patrimônio físico*: construções, maquinaria, equipamentos diversos são afetados pelo acúmulo de partículas e por ações corrosivas; *Patrimônio Cultural e Memória*: monumentos, paisagens e construções típicas também sofrem os efeitos da poluição. Mariano da Rocha e Dill (2001) relatam que para a Organização Mundial da Saúde é considerado elemento poluidor todo o teor de substância na atmosfera que prejudique a saúde e o bem estar da população. Dentro desse conceito as áreas urbanas são poluídas por gases dos veículos automotores, fuligens provenientes de lareiras, incineradores de lixo, padarias e olarias, poeiras de diversos tipos e aerossóis em geral.

3. COMBUSTÍVEIS E EMISSÃO DE POLUENTES VEICULARES

3.1 Gasolina automotiva

Conforme Farah (1994) entende-se por gasolina automotiva um derivado de petróleo formado por uma mistura complexa de hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos, olefínicos e aromáticos cuja faixa de destilação varia de 30°C a 220°C. O autor afirma que a EPA – Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos, considera como sendo substancialmente similar à gasolina um produto contendo, em termos de oxigênio, até 2,0% de álcool ou 2,7% de éteres, podendo conter aditivos, sem alterar a denominação do produto. A CEE (Comunidade Econômica Européia) também estabelece limites para a presença de oxigenados na gasolina, de acordo com o tipo. Assim, por essa regulamentação internacional, o produto carburante automotivo brasileiro, que conteve até 25% de álcool etílico anidro, não pode ser considerado como gasolina.

A diferença fundamental entre as gasolinas comercializadas no Brasil reside na sua octanagem, que é a medida da capacidade de resistência à detonação nos motores. A partir de 1992 deveria ser adicionado à gasolina o álcool etílico, num percentual (peso) de 20%, para substituir o chumbo tetraetila (CTE - antidetonante) como aditivo para elevar a octanagem,

porém, a média no país situou-se numa faixa de 15% a 18%. O ideal para o país é que a mistura seja de 24%, para evitar altas taxas de contaminação atmosférica, pela presença de chumbo, proibido pelo PROCONVE, notadamente nas grandes cidades do Sul do país.

3.2 Álcool carburante

Segundo Paulo Penido (1980) entre os diversos tipos de álcool que poderiam ser utilizados como combustíveis estariam:

- Etanol C_2H_6O – Álcool Etílico
- Metanol CH_4O – Álcool Metílico
- Profanol C_3H_8O – Álcool Profílico
- Butanol $C_4H_{10}O$ – Álcool Butílico

Destes o Etanol destaca-se como o mais indicado para substituir a gasolina, devido suas boas qualidades como: é líquido, seguro, inofensivo, não poluente, renovável, relativamente barato, facilmente transportável e no Brasil pode ser produzido em grande escala.

Lima e Marcondes (2002) afirmam que o álcool carburante é o álcool etílico (etanol), utilizado como combustível em motores de combustão interna. De acordo com o autor, os três tipos de alcoóis classificados na Resolução 01/77 do Instituto do Açúcar e do Álcool são: Álcool hidratado carburante ($93,8^\circ$ INPM): utilizado nos motores de combustão interna como combustível puro, sem mistura com gasolina ou aditivos; Álcool anidro carburante ($99,3^\circ$ INPM): é empregado em mistura com a gasolina automotiva em proporções que variam de 15% a 25%, é o álcool desidratado; Álcool refinado industrial ($94,2^\circ$ INPM). Para Rodrigues (2003), a experiência do Brasil indica que o álcool etílico produzido a partir da cana de açúcar pode ser uma alternativa interessante para a substituição parcial dos combustíveis fósseis (gasolina e diesel), com vantagens tanto econômicas quanto médio ambientais. O Brasil está, atualmente, entre os principais produtores mundiais de álcool, a frente de grandes produtores, como os Estados Unidos, União Européia, China e Índia.

O Brasil foi o país que desenvolveu o maior e mais significativo programa de substituição de combustíveis fósseis por combustíveis oriundos da biomassa, produzindo excelentes resultados tanto nas questões técnico-econômicas como nas questões ambientais, e o álcool etílico hidratado combustível foi e ainda é o grande sustentáculo dos combustíveis alternativos no Brasil (CAMARGO, 2003).

3.2 Óleo diesel

Conforme explica a Mercedes-Benz (1989), o motor de ignição por compressão tem um processo de combustão totalmente diferente dos motores de ignição por faísca (otto), normalmente utilizados nos automóveis de passeio, exigindo um combustível com características bastante particulares, e de qualidade superior. Os motores diesel funcionam sempre com excesso de ar, numa proporção mínima de 30% acima da estequiometricamente correta, podendo atingir valores de diluição do combustível até dez vezes superior aos de otto, o que proporciona uma extrema redução dos índices de CO e de HC não queimados. Segundo Machado (2004) o óleo combustível utilizado no Brasil para motores diesel, como padrão, é o combustível classificado pela Agência Nacional do Petróleo como sendo o Diesel Automotivo Interior, ou tipo B, indicado para motores de ciclo diesel e instalações de aquecimento de pequeno porte.

3.3 Gás natural veicular (GNV)

O gás natural é um combustível fóssil que pode substituir quase todos os derivados de petróleo na maioria de seus usos finais. Entre os combustíveis fósseis, o gás natural é o de melhor desempenho ambiental, apresentando menores emissões de contaminantes atmosféricos. Sua queima emite uma quantidade menor de material particulado, pouquíssimo óxido de enxofre – SO_2 , além de emitir menos dióxido de carbono – CO_2 , monóxido de carbono – CO e óxidos de nitrogênio – NO_x . Com relação à emissão de enxofre, o gás natural apresenta enormes vantagens em relação ao diesel. Na verdade, a composição química do gás natural pode ser isenta de enxofre. Ele constitui uma opção técnica e economicamente viável como combustível para veículos de passeio, e também pode ser usado em veículos pesados, movidos a diesel, por reduzir os custos de manutenção e aumentar a vida útil do motor.

4. EFEITOS DA POLUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES EM HUMANOS

Se o combustível for fóssil, como o petróleo e derivados, carvão, gás natural, xisto, que se extraem do subsolo onde se encontram enterrados, esse processo tem um caráter irreversível. Além de consumir oxigênio, a queima de um combustível fóssil aumenta, de fato, a quantidade de CO_2 na atmosfera, o que pode causar o efeito estufa. Mais ainda, como os processos de queima da gasolina ou do óleo diesel em um motor nunca são completos, inevitavelmente se lança para a atmosfera o monóxido de carbono, um gás altamente tóxico. Os combustíveis fósseis são, assim, os maiores responsáveis pela poluição da atmosfera. Conforme relatório da Mercedes-Benz (1989), os efeitos dos produtos da combustão incompleta de motores diesel e gasolina, e de outros produtos indesejáveis atuam sobre o homem e meio ambiente, variando desde a irritação dos olhos, pele e vias respiratórias, até a morte. Também ocorre a destruição de densas camadas de vegetação mais próximas às fontes de emissão.

Mariano da Rocha & Dill (2001) assinalam que alguns combustíveis fósseis, quando queimados, lançam na atmosfera *óxidos de enxofre* e de *nitrogênio*, e estes são transformados em ácidos sulfúricos e nítricos, e/ou convertidos em aerossóis de sulfatos e nitratos. Tais compostos retornam à Terra na forma de chuva ácida, e além de prejudicarem os seres vivos, destroem obras de valor artístico (esculturas e construções), implicando também no regime hidrológico das águas continentais e marinhas. O ar poluído, normalmente nas cidades e próximo às áreas industriais, causa irritação nas mucosas do aparelho respiratório, tosse, mal-estar geral, irritações oculares, envenenamento e morte. Provoca o aparecimento da asma, bronquite, enfisema pulmonar, doenças alérgicas e câncer nas vias respiratórias. A cada ano, o mundo recebe somente de veículos automotores, cerca de 80 milhões de toneladas de monóxido de carbono (CO) na atmosfera.

4.1. Monóxido de carbono (CO)

Conforme PETROBRÁS (1994) e MERCEDES-BENZ (1989), o monóxido de carbono é um gás inodoro e incolor, mais leve que o ar. A fonte mais comum de CO é a exaustão de motores de combustão interna. As intoxicações por CO ocorrem em ambientes fechados ou mal ventilados, e seu efeito tóxico ocorre quando, após inalado, se combina com a hemoglobina do sangue, formando a carboxi-hemoglobina (COHb), que é incapaz de conduzir o oxigênio, produzindo a hipóxia tecidual. A hemoglobina tem uma afinidade 218 vezes maior ao CO do que ao CO_2 . A gravidade das lesões está relacionada ao grau e a duração da hipóxia, principalmente nos tecidos cerebral e miocárdico. Os sintomas clínicos da intoxicação aguda são relacionados com a porcentagem de COHb no sangue, que podem levar

à diminuição de atenção, dores de cabeça, dispnéia, náuseas, taquicardia, convulsões e até a morte.

Para Esteves *et al* (2003), o CO é encontrado principalmente nas cidades devido ao grande consumo de combustíveis, tanto pela indústria como pelos veículos, sendo estes últimos são os maiores causadores deste tipo de poluição, pois além de emitirem mais do que as indústrias, lançam esse gás à altura do sistema respiratório. Por isso, a poluição por monóxido de carbono (CO) é encontrada sempre em altos níveis nas áreas de intensa circulação de veículos dos grandes centros urbanos. Constitui-se em um dos mais perigosos tóxicos respiratórios para o homem e animais devido ao fato de não possuir cheiro, não ter cor, não causar irritação e não ser percebido pelos sentidos. Em face da sua grande afinidade química com a hemoglobina do sangue, tende a combinar-se rapidamente com esta, ocupando o lugar destinado ao transporte do oxigênio; pode, por isso, causar a morte por asfixia. A exposição contínua, até mesmo em baixas concentrações, também está relacionada às causas de afecções de caráter crônico, além de ser particularmente nociva para pessoas anêmicas e com deficiências respiratórias ou circulatórias, pois produz efeitos nocivos no sistema nervoso central, cardiovasculares, pulmonares e outros (MELCHORS, 2000).

4.2. Hidrocarbonetos (HCs)

Segundo Esteves *et al* (2003) os HCs são gases e vapores com odor desagradável (similares à gasolina ou diesel), irritantes dos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior, que são resultantes da queima incompleta e da evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis. Podem vir a causar dano celular, sendo que diversos hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos. Participam ainda na formação dos oxidantes fotoquímicos na atmosfera, juntamente com os óxidos de nitrogênio (NO_x).

Conforme a PETROBRÁS (1994) e a MERCEDES-BENZ (1989) os hidrocarbonetos (HC) são irritantes das vias respiratórias, com alguns aromáticos cancerígenos que atacam o sistema nervoso. Os HC olefínicos e acetilenos são integrantes da reação de formação do *smog fotoquímico*, que causa irritação dos olhos, nariz, garganta e pulmões, agravando as doenças respiratórias.

4.3. Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

Não está ainda perfeitamente demonstrado que o monóxido de nitrogênio (NO) constitua perigo à saúde nas concentrações em que se encontra no ar das cidades. Entretanto, em dias de intensa radiação, o NO é oxidado a dióxido de nitrogênio (NO_2), que é altamente tóxico ao homem, aumentando a susceptibilidade às infecções respiratórias e aos demais problemas respiratórios em geral. Além de irritante das mucosas, provocando uma espécie de enfisema pulmonar, podem ser transformadas nos pulmões em nitrosaminas, algumas das quais são conhecidas como potencialmente carcinogênicas (ESTEVES *et al*, 2003). Para a PETROBRÁS (1994) e a MERCEDES-BENZ (1989) os óxidos de nitrogênio são resultantes da oxidação do nitrogênio do ar em temperaturas elevadas. No caso do NO_2 , trata-se de um gás marrom-amarelado com cheiro forte e picante. Concentrações de 50 a 300 ppm de NO_2 geram fraqueza progressiva, dispnéia, tosse e cianose, depois de 1 a 3 semanas após uma ou repetidas exposições. Concentrações superiores a 300 ppm causam edema pulmonar fulminante ou broncopneumonia, cuja manifestação se dá após algumas horas ou dias. O impacto da exposição ao NO_2 é em função tanto da concentração do gás quanto do tempo de exposição. A recuperação da reação inflamatória pulmonar pode requerer de 1 a 6 meses, e algumas sequelas enfisematosas podem persistir indefinidamente.

4.3 Oxidantes fotoquímicos (principalmente O₃)

Os hidrocarbonetos (HC_s) e óxidos de nitrogênio (NO_x) reagem na atmosfera, principalmente quando ativados pela luz solar, formando um conjunto de gases agressivos chamados de oxidantes fotoquímicos. Dentre esses, o ozônio é o mais importante, pois é utilizado como indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. O ozônio também tem origem nas camadas superiores da atmosfera, onde exerce importante função ecológica, absorvendo as radiações ultravioletas do sol e reduzindo assim a sua quantidade na superfície da Terra; pode, por outro lado, nas camadas inferiores da atmosfera, exercer ação nociva sobre vegetais, animais, materiais e sobre o homem, mesmo em concentrações relativamente baixas (ESTEVEES *et al*, 2003). Não sendo emitidos por qualquer fonte, mas formados na atmosfera, os oxidantes fotoquímicos são chamados de poluentes secundários. Ainda que sejam produtos de reações químicas de substâncias emitidas em centros urbanos, também se formam longe desses centros, ou seja, nas periferias das cidades e locais onde, em geral, estão localizados os centros de produção agrícola. São agressivos às plantas, agindo como inibidores da fotossíntese e produzindo lesões nas folhas, por isso, o controle dos oxidantes fotoquímicos adquire fortes conotações sócio-econômicas (ESTEVEES *et al*, 2003). Esses poluentes formam o chamado *smog* fotoquímico, ou névoa fotoquímica, que possui esse nome porque promove na atmosfera redução da visibilidade. Ademais, provocam danos à estrutura pulmonar, reduzindo sua capacidade e diminuindo a resistência às infecções; causam o agravamento das doenças respiratórias, aumentando a incidência de tosse, asma, irritações no trato respiratório superior e nos olhos (PETROBRÁS, 1994; MERCEDES-BENZ, 1989).

4.5 Dióxido de Enxofre (SO₂)

A inalação do dióxido de enxofre (SO₂), mesmo em concentrações muito baixas, provoca espasmos passageiros dos músculos lisos dos bronquíolos pulmonares. Em concentrações progressivamente maiores, causam o aumento da secreção mucosa nas vias respiratórias superiores, inflamações graves da mucosa e redução do movimento ciliar do trato respiratório, responsável pela remoção do muco e partículas estranhas. Pode aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite. Em certas condições, o SO₂ pode transformar-se em trióxido de enxofre (SO₃) e, com a umidade atmosférica, transformar-se em ácido sulfúrico, sendo assim um dos componentes da chuva ácida (PETROBRÁS, 1994).

4.6 Material Particulado

Sob a denominação geral de material particulado (MP), se encontra uma classe de poluentes constituída de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que, devido ao seu pequeno tamanho, se mantém suspenso na atmosfera. As fontes emissoras desses poluentes são as mais variadas, indo de incômodas fuligens emitidas pelos veículos, até as fumaças expelidas pelas chaminés industriais, passando pela própria poeira depositada nas ruas, levantada pelo vento e pelo movimento dos veículos. As partículas mais finas, em geral as menores que 10 *micros* (um *mícron* é a milésima parte do milímetro), penetram mais profundamente no aparelho respiratório, e são as que apresentam efetivamente mais riscos à saúde. As partículas causam, ainda, danos à estrutura e à fachada de edifícios, à vegetação e são também responsáveis pela redução da visibilidade (ESTEVEES *et al*, 2003).

5. LEGISLAÇÃO E NORMAS AMBIENTAIS

Como o ar atmosférico é insuscetível de apropriação, é considerado como bem indisponível, e este tem sido um dos maiores focos de preocupação da legislação ambiental. A Constituição da República de 1988, em seu Art. 23, Parágrafo VI, estabelece que a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas - inclusive a atmosférica - é de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. No Art. 24, Parágrafo VI, prevê a competência concorrente da União, dos Estados e do Distrito Federal para legislar sobre a proteção do meio ambiente e controle da poluição. Aos municípios, nesta matéria, cabe suplementar a legislação federal e a estadual no que couber, conforme dispõe o Art. 30, Parágrafo 11. Mais adiante, o Art. 225, *caput*, prevê que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado - incluindo aqui o ar como suporte físico-químico - bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo. Além disso, a Constituição conferiu ampla proteção ao ar atmosférico e poder de controle sobre as atividades capazes de poluí-lo (SEAMA, 2003).

A legislação brasileira dispõe de um amplo leque de diplomas legais voltados à proteção do meio ambiente, entre os quais se destacam a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938/81; a Lei dos Crimes Ambientais, Lei 9.605/98; a Lei dos Recursos Hídricos, Lei 9.433/97, e a Lei da Ação Civil Pública, Lei 7.347/85. Em relação à qualidade atmosférica, destacam-se três programas nacionais, lançados por resoluções do CONAMA. São estes:

- PROCONVE – Resolução 018/86 do CONAMA, de 06.05.1986: Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, objetivando a redução de emissões.
- PRONAR – Resolução 005/89 do CONAMA, de 15.07.1989: Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, cujo objetivo é contribuir para a gestão ambiental e o desenvolvimento socioeconômico do país, estabelecendo padrões de qualidade do ar, e padrões de emissão.
- PROMOT – Resolução 297/02 do CONAMA, de 26.02.2002: Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, e estabelece como requisito prévio para a importação, produção e comercialização de ciclomotores novos, motocicletas novos e similares, em todo o território nacional, a Licença para Uso da Configuração de Ciclomotores, Motocicletas e Similares-LCM.
- PCPV – A última resolução do CONAMA a de nº 418 datada de novembro de 2009, dispõe sobre critérios para elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular – PCPV para o programa de inspeção dos veículos em órgãos estaduais e municipais quanto aos limites de emissões e manutenção. Segundo ela fica obrigatório o PCPV em municípios com frota superior a 3 milhões de veículos, todo o ano para todos os veículos a partir de 18 meses da data de publicação deste plano, já com os novos índices de emissões veiculares em vigor com a nova tabela.

Além do cumprimento das leis referenciadas, as organizações empresariais têm-se voltado para normas de gestão, fundadas em estratégias de competitividade e de responsabilidade sócio-ambiental, focadas na própria sustentabilidade e na dos fatores com os quais interage. Dentre essas normas, a série ISO 14000. Pombo e Magrini (2008) afirmam que no tocante à gestão ambiental privada, as normas ISO 14000 fornecem às organizações ferramentas de gerenciamento para o controle de seus aspectos ambientais e para a melhoria de seu desempenho ambiental, oferecendo diversos benefícios econômicos, que estão associados a benefícios ambientais. Esses benefícios incluem: redução no uso de matérias-primas; redução no consumo de energia; melhoria da eficiência do processo; redução da

geração de rejeitos e de custos de disposição; e melhoria do gerenciamento de rejeitos, utilizando processos como a reciclagem e a incineração para tratar resíduos sólidos ou utilizando técnicas mais eficientes para o tratamento de efluentes líquidos. Para Denardin e Vinter (2007), a certificação ISO 14000 auxilia as empresas que vêm a preservação ambiental não como um empecilho, mas como um fator de sucesso para se posicionarem no mercado, ou seja, uma oportunidade de ascensão regional, nacional e internacional.

Analisando a implantação das normas ISO 14000 em uma instituição bancária de grande porte, Neumann (2006) verificou vantagens ambientais na adaptação da frota de veículos da organização, que passou a utilizar veículos com motores que lançam menos CO₂ na atmosfera. O autor concluiu que a frota de automóveis, por menor que seja, deveria contribuir para uma menor emissão de poluentes — o máximo possível — condição imprescindível, para a eficaz gestão ambiental em qualquer organização. Para Campos e Melo (2008) o controle operacional, da Norma ISO 14001 impõem o controle do consumo médio de combustível da frota de veículos e do número de veículos da frota com tecnologia para redução da poluição, constituindo, esta, em uma das ferramentas de gerenciamento da emissão de gases poluidores por parte dos veículos da frota da empresa.

6. ANALISADOR DE GASES

O analisador de gases é um instrumento de teste veicular altamente versátil, o mais comum mede os quatro principais gases poluitivos, ou seja, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂) e hidrocarbonetos (HC), para o controle e certificação das emissões de gases ou ainda para aferição após check-up ou mesmo regulagem do motor, podendo também ser usado para detectar e localizar problemas relacionados com a ignição, sistema de alimentação (combustível), escapamento, dispositivo de controle de emissões e até mesmo problemas de funcionamento do motor.

Conforme a apostila Apultech, referente ao curso analisador de gases, há vários fatores que devem ser considerados ao se utilizar o aparelho:

- Leituras altas de CO indicam mistura rica causada por problemas de carburação / injeção. A relação ar / combustível influi diretamente no volume de CO presente nos gases de descarga. Elevado níveis de CO vem do fornecimento insuficiente de oxigênio (O₂) necessário para uma combustão mais completa. Isto é causado por uma mistura demasiadamente rica, ou seja, muito combustível ou falta de ar.
- Altas leituras de HC normalmente indicam excesso de combustível não queimado causado por combustão incompleta. As causa mais comuns são: falha do sistema de ignição, vazamento de vácuo e problemas de emulsão da mistura.
- Altas leituras de O₂ indicam misturas pobres, isto é, muito ar na composição da mistura.
- Baixas leituras de O₂ indicam uma mistura rica.
- Altas leituras de CO₂ indicam uma mistura ar / combustível próxima da ideal e combustão eficiente (estequiométrica/ $\lambda = 1$)¹.

Se estes limites forem excedidos, serão necessários reparos ou regulagens. O quadro abaixo, lista alguns tipos de problemas que resultam em leituras anormais dos gases:

¹ Ao invés da relação ar/combustível alguns fabricantes europeus utilizam o termo “LAMBDA” (λ) que é um valor numérico igual a 1 quando comparado a relação estequiométrica ideal (14,6:1), diminuindo de 1 quando enriquece e aumentando de 1 quando empobrece.

CO	CO ₂	HC	O ₂	Possíveis causas
A	B	A	A	Mistura rica com falha de ignição
A	B	A	B	Defeito no termostato/falha no sensor temperatura (ECT) – Afogado sem falha
B	B	B	A	Má vedação na descarga após catalisador
B	A	B	A	Defeito do injetor / catalisador defeituoso
A	B	M/B	B	Mistura rica
A	A	A	A	Falha do injetor / catalisador inoperante / vazamento de vácuo junto com mistura rica
B	B	A	A	Falha de ignição / mistura pobre / ar falso entre o sensor de fluxo de ar e o corpo de borboleta / combustível fora de especificação (adulterado)
B	A	B	B	Indica boa combustão e catalisador eficiente
M	M	A	B	Válvulas enforcadas / comando de válvulas gasto ou sincronismo errado
B	A	B	M	Leituras normais

Legendas: A = alto; B = baixo; M = médio

Fonte: Tipos de problemas detectados através de leituras anormais dos gases. (APULTech,2009)

Recomenda-se, antes de iniciar o teste, a inspeção no veículo quanto aos seguintes itens:

- Integridade do escapamento
- Funções básicas do motor (marcha lenta, compressão, etc.)
- Sistema elétrico (alternador, bateria, lâmpadas, *check engine*)
- Sistema com injeção de combustível ou com carburador

Além do acima exposto, o aparelho ainda serve para os chamados testes genéricos, que diagnosticam outros defeitos que não os efetuados pela saída de gases no escape, ou em outras áreas do motor (gases de combustão nos sistema de refrigeração; vazamentos de combustível; vazamentos ou obstruções do escapamento; vapores ou gases no habitáculo dos passageiros; problemas no catalisador, etc.)

Abaixo quadro que demonstra a influência das condições do motor na emissão de gases no escape:

Estado do Motor	HC	CO	CO ₂	O ₂	NO _x
Ignição com defeito	Alto Aumentando	Abaixando	Abaixando	Alto Aumentando	Elevado Decréscimo
Perda de compressão	Alto Aumentando	Abaixando	Abaixando	Alto Aumentando	Elevado Decréscimo
Mistura rica	Alto Aumentando	Alto Aumentando	Médio Abaixando	Médio Abaixando	Elevado Decréscimo
Mistura pobre	Alto Aumentando	Alto Abaixando	Alto Abaixando	Alto Aumentando	Elevado Decréscimo
Mistura super pobre	Alto Aumentando	Baixo Abaixando	Abaixando	Alto Aumentando	Alto Aumentando
Ponto atrasado	Alto Baixando	S/ Alteração Aumentando	S/ Alteração	S/ Alteração	Alto Baixando
Ponto muito atrasado	Alto Aumentando	S/ Alteração	Alto Aumentando	S/ Alteração	Elevado Decréscimo

Ponto adiantado	Alto Aumentando	S/ Alteração	S/ Alteração	S/ Alteração	Alto Aumentando
Operação da válvula EGR	S/ Alteração	S/ Alteração	Algun Decréscimo	S/ Alteração	Algun Decréscimo
Fugas da válvula EGR	Algun Aumentando	S/ Alteração	S/ Alteração Decréscimo	S/ Alteração	Algun Decréscimo S/ Alteração
Operação da injeção de AR	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Alto Decréscimo	Alto Aumentando	S/ Alteração
Operação do catalisador de 3 vias	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo
Escape com fuga	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	Médio Aumentado	S/ Alteração
Motor gasto	Algun Aumentando	Algun Aumentando	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	S/ Alteração Decréscimo
Comando gasto	S/ Alteração Decréscimo	Algun Decréscimo	Algun Decréscimo	S/ Alteração Decréscimo	S/ Alteração Decréscimo

Fonte: *Influências das condições do motor na emissão de gases no escape (APULTech, 2009).*

Analisando as propriedades da gasolina (pois é o combustível que mais polui e o mais utilizado) temos que a relação ideal para uma combustão perfeita é de 14,66 partes de ar para uma parte de gasolina (kg) ou em volume temos a correspondência de 1 litro de combustível para aproximadamente 10.000 litros de ar. A isto chama-se “Relação Estequiométrica” da mistura.

Em condição ideal a combustão resultará na formação de dióxido de carbono (CO₂), vapor d’água (H₂O) e Nitrogênio (N₂), sendo que os dois últimos são produtos não prejudiciais.

Devido ao fato dos motores de combustão interna não serem 100% eficientes, existem variações da relação estequiométrica, mistura “pobre”, ou seja, muito ar e pouco combustível ou mistura “rica” no caso de pouco ar e muito combustível. Nestas condições são formados na câmara de combustão durante o processo de queima e lançados na atmosfera subprodutos expelidos que incluem: Dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Hidrocarbonetos (HC), Oxigênio (O₂).

Devido à ocorrência de CO, NO_x e HC em produtos que afetam a saúde e o meio-ambiente, existe um controle da emissão máxima emitida desses gases regulamentada por leis federais e estaduais.

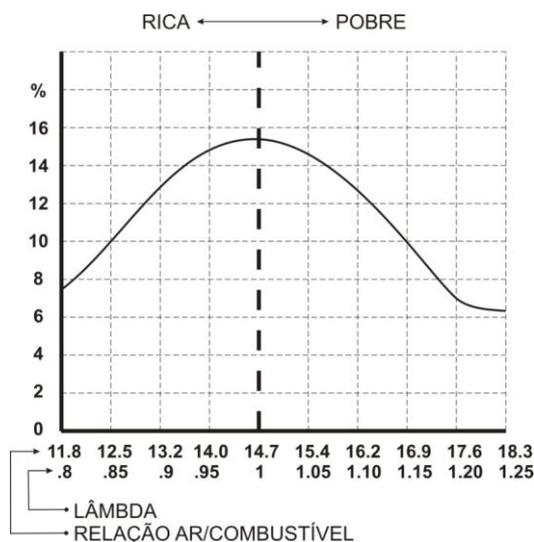


Figura 1: Dióxido de Carbono (CO₂) (APULTech, 2009)

Análise: O pico de CO₂ ocorre quando a mistura aproxima-se de 14,7 e diminui para mistura pobre ou rica, ou seja, é um bom indicador da eficiência da combustão.

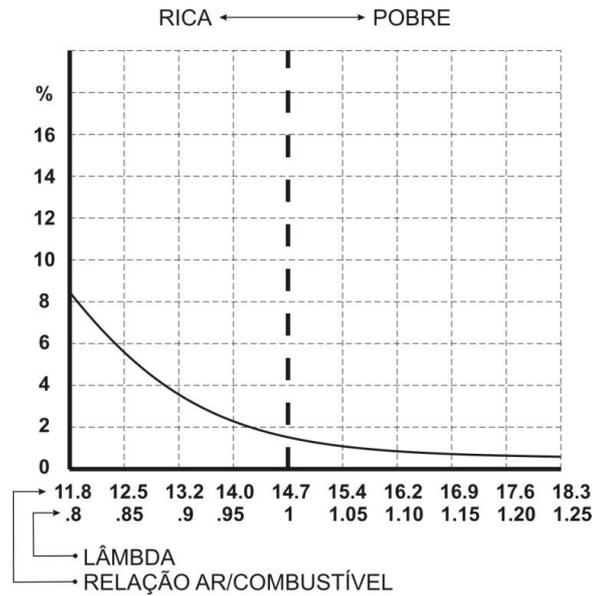


Figura 2: Monóxido de Carbono (CO) (APULTech, 2009)

O CO é um subproduto resultante da combustão com mistura rica, ou seja, falta ar e, quanto mais rica a mistura maior a concentração de CO na descarga. É, sem com de dúvidas, o poluente veicular mais letal principalmente em ambientes fechados.

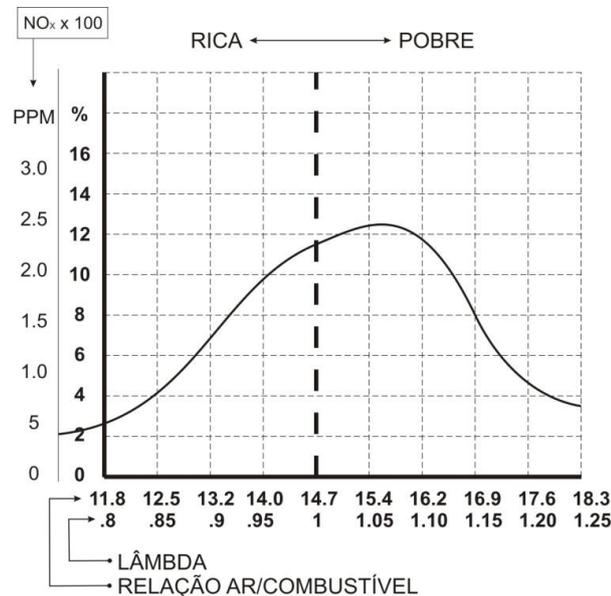


Figura 3: Óxidos de Nitrogênio (APULTech, 2009)

As altas temperaturas na câmara de combustão formam óxidos nítricos e dióxidos de nitrogênio, quando o nitrogênio do ar atmosférico ultrapassa 1.400°C (condições de carga no motor). Neste caso, percebe-se a maior formação de NO_x com misturas mais pobres, provocando o aumento da temperatura na câmara de combustão.

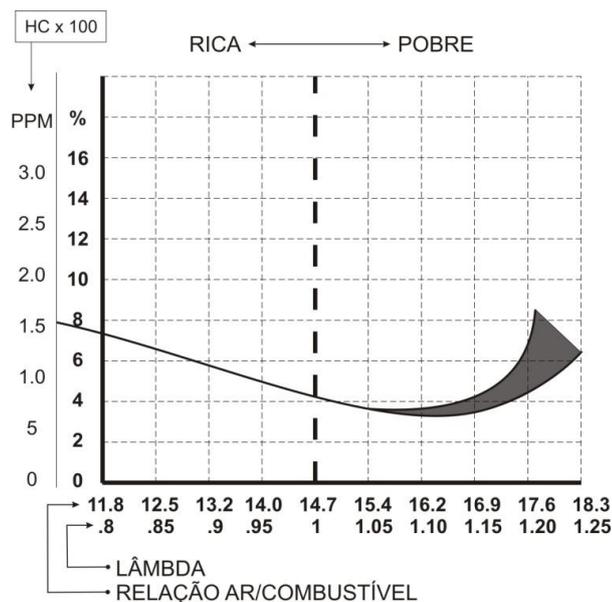


Figura 4: Hidrocarbonetos (Hc) (APULTech, 2009)

É resultante dos vapores de gasolina não queimados e é medido em p.p.m. (partes por milhão), sendo que as concentrações mais de Hc ocorrem próximas da relação 16,2:1 (mistura pobre).

Os vapores de gasolina oriundos do tanque de combustível e ou da cuba do carburador são também fontes de emissão de Hc, chamadas emissões evaporativas. Veículos em geral construídos a partir de 1990 já possuem dispositivos anti-evaporativos chamados cânister.

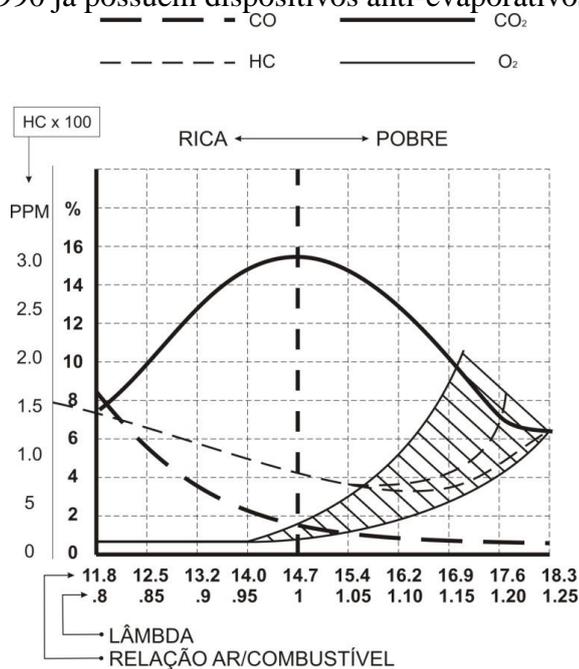


Figura 5: Correlação 4 gases (APULTech, 2009)

Pela análise do diagrama acima, Figura 5, chega-se a conclusão da correlação existente entre ar/combustível e os quatro gases monitorados pelo analisador onde na mistura ideal (estequiométrica de 14,6:1) situa-se próximo ao ponto onde os níveis de emissões mudam sensivelmente e onde ocorrem os menores níveis de HC e CO, ou seja, é o ponto de obtenção de uma combustão quase perfeita.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição atmosférica tornou-se um dos grandes e principais problemas ocorrentes nos grandes centros urbanos, afetando a qualidade de vida dos indivíduos, através dos prejuízos causados à saúde, bem como ao meio ambiente em geral, considerados seus aspectos ambientais, culturais, econômicos, entre outros. A deterioração do ar, ocasionada pelas emissões de gases veiculares, agrava-se com o aumento do número de veículos que cresce junto com a população mundial, e com a demanda de transportes das empresas.

O legislador brasileiro tem, ao longo dos últimos anos, procurado definir uma ordem jurídica que incentive a adoção de tecnologias veiculares menos poluentes, com vistas a diminuir a pressão poluente sobre a atmosfera, porém, sem uma participação engajada dos setores ativos da sociedade esses esforços encontram óbices em diversos aspectos, como a qualidade dos combustíveis colocados à disposição do mercado, e os veículos com mais de dez anos, que tendem a poluir mais agressivamente o meio ambiente.

No presente estudo, vê-se que o lançamento no ar de gases como o monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio podem ocasionar graves enfermidades respiratórias em pessoas e animais, e mesmo prejudicar a fotossíntese de plantas. Foi possível, também, verificar que a qualidade dos combustíveis utilizados é capaz de influenciar preponderantemente a emissão desses gases, levando indivíduos e organizações à oportunidade de optarem pela utilização, tanto em seus veículos privados, como nas frotas empresariais, por substâncias de menor potencial prejudicial à saúde e à ambiência. A partir da literatura investigada, é possível depreender que a utilização do álcool carburante, e principalmente do gás natural veicular, apresenta-se como uma solução racional na consecução do objetivo comum de melhorar as condições atmosféricas nos grandes centros urbanos, em benefício de todos os segmentos sociais e ao meio ambiente.

8. RECOMENDAÇÕES

Segundo BRANCO (1995) pode-se ter o cuidado da escolha de um veículo pelo seu combustível, preferindo o álcool à gasolina, por ser o primeiro oriundo de fontes renováveis e gerar menos poluentes, além disso, deve-se manter o veículo e seus mecanismos perfeitamente regulados para que emitam índices menos de poluentes.

Também, conforme exposto anteriormente, recomenda-se a todas as reparadoras automotivas e principalmente concessionárias autorizadas que utilizem “Analisador de Gases”, pois além do diagnóstico e da correta regulagem do motor (consequente menor poluição), ainda proporciona a adequação do veículo à legislação, cuja tendência é tornar-se cada vez mais exigente.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, J.L. Fontes de Energia. 138 p. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 1994.

APULTECH. Curso analisador de gases. 33 p. Santa Maria, 2009

BRANCO, S.M.; Murgel, E. Poluição do Ar. 88 p. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

CÂMARA DOS DEPUTADOS, BR. Gás natural: Uma importante alternativa energética para o Brasil. Relatório de Consultoria Legislativa. MAIO/2004. Paulo César Ribeiro Lima. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>>. Acesso em 10 nov. 2004.

CAMARGO, M.N. Estudo do comportamento de um motor de ignição por compressão, trabalhando com óleo diesel e gás natural. 265p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

CAMPOS, L.M.S.; MELO, D.A. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. *Produção*, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CETESB. Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2001. São Paulo: CETESB, 2002 Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 16 out. 2004.

DENARDIN, V.F.; VINTER, G. Algumas considerações acerca dos benefícios econômicos, sociais e ambientais advindos da obtenção da certificação ISO 14000 pelas empresas. 2007. UFRJ. Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/eco/trabalhos/comu1/4.doc>>. Acesso em: 7 jul. 2009.

ESTEVES, G.R.T.; BARBOSA, S.R.S.; SILVA, E. P.; ARAÚJO, P.D. Estimativa dos efeitos da Poluição Atmosférica sobre a Saúde Humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. 2003. Disponível em: <<http://www.seama.es.gov.br/qualidadedoar>>. Acesso em 16 out. 2004.

FARAH, M. A. Os tipos e a produção de gasolina. In: 4º Curso básico de Combustíveis e Asfaltos. PETROBRÁS/REFAP. Canoas, RS. 1994.

FEEMA. Qualidade do ar. Relatório 2003/Gov.2003. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br>> Acesso em 26 de out. de 2004.

FEEMA. Qualidade do ar. Relatório 2009/Gov.2009. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br>> Acesso em 23 de set. de 2010.

LIMA, L. R.; MARCONDES, A. A. Álcool carburante: uma estratégia brasileira. Curitiba: UFPR. 2002.

MACHADO, P. R. M. Combustão, combustíveis e emissões residuais de veículos automotores. Notas de aula. Santa Maria, RS. 2004.

ROCHA, J. S. M.; DILL, P. R. J. Cartilha Ambiental. Santa Maria: PALOTTI, 2001.

MELCHIORS, D. Estudo comparativo da qualidade do ar em Porto Alegre utilizando-se diferentes oxigenados na gasolina. In: 2º Seminário sobre uso e qualidade da gasolina, IBP, Rio de Janeiro, RJ. 2000.

MERCEDES-BENZ DO BRASIL. Os veículos comerciais e o meio ambiente. Engenharia experimental. Relatório técnico. 1989.

NEUMANN, M. A iniciativa socioambiental como uma estratégia mercadológica. estudo de caso: ABN AMRO Bank – Banco Real S/A. São Paulo: Centro Universitário SENAC, 2006.

PENIDO FILHO, P. O álcool combustível. 265 p. São Paulo: Nobel, 1980.

PETROBRÁS. 4º Curso Básico de Combustíveis e Asfaltos. Apostila Técnica. REFAP/BR. Canoas, RS, 1994. 124p.

PETROBRÁS. *MTBE* – Aditivo para gasolinas. Apostila Técnica. REFAP/BR. Canoas, RS, 1996.

POMBO, Felipe Ramalho; MAGRINI, Alessandra. Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. *Gest. Prod.*, v. 15, n. 1, abr. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104530X2008000100002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 08 jul. 2009.

RODRIGUES, R. M. *Cidades brasileiras – O passado e o presente*. Ed. Moderna, 2003. 88p.

SEAMA. *Relatório da Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória*. ES. 2003. Disponível em: <<http://www.seama.es.gov.br/qualidadedoar>>. Acesso em 14 out. 2004.

SCHUMACHER, M.V., HOPPE, J.M. *A floresta e o ar*. Porto Alegre: Palotti, 2000.