

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES**

ELISA NAZIRA BURSI

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR GERADA PELO TRANSPORTE PÚBLICO
URBANO NO MEIO AMBIENTE**

Botucatu – SP
Dezembro - 2009

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA E TRANSPORTES

ELISA NAZIRA BURSI

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR GERADA PELO TRANSPORTE PÚBLICO
URBANO NO MEIO AMBIENTE

Orientador: Prof. Dr. Ieoshua Katz

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso Superior de Logística e
Transportes.

Botucatu – SP
Dezembro – 2009

DEDICATÓRIA

A minha família, por todo incentivo, amor, por entender meus momentos de ausência em algumas ocasiões, pela paciência e apoio nos momentos difíceis, sem vocês minha vida não teria sentido.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças, paciência e me iluminar em todos os momentos e por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais exemplos de dedicação e perseverança, a quem devo tudo por me ensinar a viver, por estarem comigo sempre e serem muito mais do que pai e mãe, serem amigos.

Aos meus irmãos Paulinho e Adriana, pelos inesquecíveis momentos que passamos juntos, pela cumplicidade, por sempre perdoarem minha irritabilidade, pelos momentos de risos, tenho grande admiração, merecem todo o meu carinho e amor.

A minha tia e madrinha Janete, pela amizade, incentivo, por sempre acreditar em mim e me ensinar o prazer da leitura.

Meu tio Benedito, pelas lições de que não existem obstáculos que limitam ou dificultam a capacidade de viver, cuidar do outro e principalmente de si mesmo, por ser exemplo de superação e conquista da liberdade dando um sentido a tudo.

Ao meu namorado Fabio, por ter tornado mais fáceis os dias de desânimo e cansaço, por compreender os meus momentos de ausência, pelo amor e incentivo.

A todos os funcionários da FATEC, em especial aos professores que participaram desta jornada, sempre solícitos, sem eles não haveriam enriquecedoras idéias.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Ieoschua Katz, pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos, cobranças, paciência e pela excelente orientação.

Ao querido Prof. Dr. Osmar Delmanto Jr. por toda atenção, sugestões e críticas que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao querido Lazlo, pela amizade, inesgotáveis conselhos, incentivos e auxílio fundamental desde o início desta caminhada.

Ao querido Luiz Guilherme, pela amizade incondicional, companheirismo, pelas incontáveis crises de risos, por agüentar meus momentos de ansiedade e estresse.

A amiga Fernanda, por sempre acreditar em mim, por todo incentivo, pelas palavras amigas, paciência, por dividir comigo momentos alegres e tristes, pela sólida amizade a qual tenho certeza de que será para sempre.

A Gisele, pelo incentivo, momentos de felicidades, pelo suporte em todos os momentos, incansáveis crises de risos e por tão dedicada amizade em todos esses anos.

Ao amigo Rodrigo Fumis, pelo incentivo, competente ajuda na elaboração deste trabalho, a qual foi essencial.

A querida Patrícia Amanda, pelo carinho, grande amizade e pelo companheirismo em todos os momentos.

Minha admiração pelas amigas Daniela e Camila, e ao amigo Douglas, pelo companheirismo, compreensão, pelos momentos de descontração e por todo carinho.

Aos amigos irmãos, em especial Bob, Bruno Augusto, Leonardo, Luciane, Marcel, Monique, Sandra, Wellington, com quem pude compartilhar muitos momentos divertidos e outros nem tanto, mas que ajudaram e mostraram que amizade ainda vale a pena.

Ao Secretário Municipal de Meio Ambiente, Mário Sérgio Rodrigues pela colaboração, conselhos e por permitir minhas ausências para que este estudo fosse possível.

A todos os colegas da Secretaria Municipal de Meio Ambiente: Carlos, Daniela Traf., Igor, Irene, Juliane, Jurandi, Leonardo, Mônica, Paulo, Maria Rita, Tarcísio, agradeço pela paciência, pelos momentos divertidos e companhia, merecem minha admiração.

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente cresce à medida que os problemas ambientais requerem ações urgentes por causa dos fatores globais, como o efeito estufa, a poluição atmosférica, mudanças climáticas e problemas locais, tem impacto significativo na saúde dos seres humanos.

O aumento da frota de veículos motorizados resulta em danos ambientais, destacando-se o aumento da contaminação do ar por gases de efeito estufa e material particulado, provenientes da queima de combustíveis fósseis. Cabe lembrar que sem o efeito estufa o sol não conseguiria aquecer a Terra suficiente para que ela fosse habitável, este fenômeno existe independente da ação do Homem, porém, a sua intensificação gera diversos problemas ambientais.

O setor de transporte público de passageiros exerce papel fundamental de integração do tecido urbano, afetando diretamente a produtividade das demais atividades econômicas, em função da sua própria qualidade e produtividade, já que existe uma ligação entre o transporte de passageiros e a qualidade de vida de seus usuários. O incentivo ao transporte público pode ser uma excelente ferramenta para melhorar a qualidade do ar nas cidades.

A arborização urbana adequada passou a ser vista como um elemento fundamental para qualquer cidade, pois tem o benefício de aumentar a qualidade do ar, absorvendo a poluição atmosférica e diminuindo a poluição sonora.

O presente estudo teve como finalidade levantar alguns aspectos ligados à poluição por transporte coletivo público urbano que trafegam na cidade de Botucatu. Analisando as influências dos poluentes emitidos por tais veículos no meio ambiente, e a compensação por meio da arborização urbana.

Palavras – chave: Arborização Urbana. Influência da Poluição. Meio Ambiente. Poluição. Transporte público urbano. Veículos Motorizados.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo.....	13
1.2 Justificava.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Conceituação.....	15
2.2 Transporte Urbano.....	17
2.3 Transporte Público Urbano.....	18
2.4 Poluição gerada pelo transporte.....	20
2.4.1 <i>Poluição do ar gerado pelo transporte urbano</i>	21
2.4.1.1 <i>Diesel</i>	24
2.4.2 <i>Nível de emissões de gases por veículos a Diesel</i>	26
2.4.3 <i>Padrões de emissão</i>	28
2.4.4 <i>Controle da emissão de poluentes</i>	29
2.4.5 <i>Metodologia bottom-up</i>	30
2.5 Problemas decorrentes da poluição atmosférica.....	31
2.5.1 <i>Mudanças climáticas</i>	31
2.5.2 <i>Efeito Estufa</i>	34
2.5 <i>Chuva ácida</i>	35
2.6 <i>A Convenção do Clima e o Protocolo de Quioto</i>	35
2.7 Arborização urbana	36
2.7.1 <i>Microclima</i>	38
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Estudo de caso	39
3.1.1 <i>Características da cidade de Botucatu</i>	39
3.1.2 <i>Metodologia empregada na pesquisa</i>	39
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	41
4.1 Cálculo de poluentes emitidos pelo transporte público.....	48
4.2 Compensação da emissão dos poluentes por arborização.....	54
5 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1	Emissões relativas de poluentes por tipo de fonte 24
2	Escala de Ringelmann, escala gráfica para avaliação da densidade de fumaça preta28
3	Fiscalização da emissão de fumaça preta pela Escala Ringelmann29
4	Apresentação esquemática das camadas atmosféricas com dados de altitudes, temperaturas e pressões31
5	Representação dos principais problemas ambientais no mundo.....33
6	Esquema simplificado do Efeito Estufa, decorrente das atividades humanas que emitem para atmosfera uma quantidade maior de gases do que o ocorrido pelos fenômenos naturais.....42
7	Representação dos principais problemas ambientais no mundo.....43
8	Comparativo da frota veículos do Município de Botucatu com a frota do estado de São Paulo e do Brasil44
9	Frota de Ônibus do Município de Botucatu46
10	Distribuição Modal das Viagens Urbanas de Botucatu47
11	Contribuição anual das fontes da poluição do ar51
12	Escala de Ringelmann, escala gráfica para avaliação da densidade de fumaça preta51
13	Cálculo da quantidade necessária de árvores a serem plantadas para compensar a emissão anual de gases poluentes.....55

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Indicador comparativo entre os modos de locomoção.....	19
2 Principais poluentes considerados indicadores da qualidade do ar.....	22
3 Emissões de um motor movido a diesel novo em g/km.....	25
4 Padrões Nacionais de Qualidade do ar por veículos a diesel.....	25
5 Qualificação do ar	26
6 Frota de veículos do município de Botucatu	44
7 Tabela 7. Valores de emissões de um motor movido a diesel novo em g/km	49
8 Quilometragem percorrida diária, mensal e anual pela frota de transporte público	
Municipal	50
9 Estimativa de poluentes emitidos pelo transporte público - g/km	51
10 Índice de emissão de poluentes pelo transporte público	52
11 Emissão anual de poluentes em gramas/passageiro/km no Município de Botucatu	53
12 Qualificação do ar exigido – índices de poluentes por micrograma	53
13 Composição da cobertura vegetal do Município de Botucatu	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C - Carbono

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

HC – Hidrocarboneto

MP – Material Particulado

SO₂ - Dióxido de Enxofre

S - Enxofre

1 INTRODUÇÃO

A preocupação e percepção do Homem vem aumentando a cada dia para a questão ambiental, pautada principalmente pelas variações climáticas, para mais calor ou para mais frio. Com o desenvolvimento econômico, aumento de produção e a eterna necessidade pela busca da satisfação e do conforto, cresceu também a degradação ao meio ambiente, porém é falsa a idéia ser inevitável a poluição quando se fala em desenvolvimento. A forma de utilização de recursos naturais e do meio ambiente é condicionada pela organização da sociedade e pela cultura.

Com o início da Revolução Industrial, o aumento do desenvolvimento urbano, atividade industrial, agrícola e transporte, iniciou-se também o uso dos combustíveis fósseis, um dos maiores vilões para o aumento do efeito estufa e conseqüentemente um dos causadores das mudanças climáticas globais.

Diante dessa impossibilidade que o homem tem de controlar o clima, é preciso agir localmente não somente pelas mudanças climáticas, mas também porque a cada dia mais pessoas estão vulneráveis aos impactos ambientais.

Segundo o relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo, publicado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no ano de 2008, os veículos são responsáveis por 97% das emissões de monóxido de carbono, 97% de hidrocarbonetos, 96% de óxidos de nitrogênio, 40% de material particulado e 35% de dióxido de enxofre.

Conforme afirma a World Wildlife Fund (WWF, 2007), a cobiça, a busca inconseqüente apenas pelo lucro, pode ser devastadora e seus reflexos surgem cada vez mais rapidamente. Quando falamos de problemas ambientais, queimadas, o nível dos oceanos

subindo, poluição, desmatamento, temos a tendência de achar que é um problema abstrato, que está longe de nós. Mas a verdade é que está cada vez mais próximo. Na tosse que leva milhares aos hospitais no inverno pela má qualidade do ar.

De acordo com a Resolução 315/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) a emissão de poluentes por veículos automotores contribui significativamente para a deterioração da qualidade ambiental, especialmente nos centros urbanos, porém, o problema de poluentes advém não só dos escapamentos dos veículos, mas também do desgaste dos componentes dos freios e dos pneus, que emitem partículas de pequeno diâmetro para o ar, os quais influenciam diretamente na saúde dos cidadãos, pois são facilmente inalados e penetram no aparelho respiratório, causando também irritação nos olhos, além de estar fortemente associado a problemas cardiovasculares, causando custos diretos e indiretos para a sociedade.

O problema de poluição gerado pelo tráfego de veículos também é a maior fonte de ruído urbano, e um dos principais problemas ambientais, tornando-se, conseqüentemente, uma preocupação com a saúde pública, pois a poluição sonora está diretamente ligada ao fluxo de tráfego, comprometendo a qualidade de vida da população, gerando incômodos e interferindo nas atividades básicas como: perda ou diminuição da audição e do sono, dificuldades para estudar, trabalhar, comprometimento na capacidade de comunicação e memorização.

É importante que um município tenha uma arborização urbana adequada, não só pelo benefício de purificação do ar, sombreamento e estética de paisagem, mas também pelo fato de atenuar a poluição sonora, aumentando a qualidade de vida da população.

A arborização urbana vem merecendo uma atenção cada vez maior em função dos benefícios e até mesmo dos problemas que se apresentam em função da presença da árvore no contexto da cidade.

O crescimento desordenado das cidades brasileiras e as conseqüências geradas pela falta de planejamento urbano despertaram a atenção de planejadores e da população no sentido de se perceber a arborização como componente necessário ao espaço urbano. Dessa forma, mais expressivamente, a arborização passou a ser vista nas cidades como importante elemento natural atuando como reestruturados do espaço urbano, pois as áreas bastante arborizadas apresentam uma aproximação maior das condições ambientais normais em relação ao meio urbano que apresenta, entre outros, temperaturas mais elevadas, particularmente, nas áreas de elevados índices de construção e desprovidas de cobertura vegetal (GOMES e SOARES, 2004).

1.1 Objetivos

O presente estudo teve por objetivos avaliar a emissão de poluentes atmosféricos gerado pelo transporte público urbano no meio ambiente no Município de Botucatu - SP, e também calcular a quantidade de árvores a serem plantadas na área urbana do município, para um possível suprimento da emissão dos poluentes.

1.2 Justificativas

O Município de Botucatu tem aproximadamente 150.000 ha de área territorial, sendo uma estimativa de 10% de riquezas arbóreas. Está localizado em uma região com rico ecossistema, possui em seu subsolo um grande reservatório de água, conhecido como Aquífero Guarani.

Nos últimos anos a cidade teve um aumento significativo na frota de veículos motorizados movidos à combustão de combustíveis fósseis, aliado a isso vem crescendo o tamanho dos congestionamentos, acidentes, poluição sonora e poluição gerada pela queima de combustível.

Existem algumas opções para o deslocamento com veículos de um ponto a outro: transporte informal, transporte particular e transporte público; infelizmente o transporte público é visto como última opção, pois não oferece o conforto de porta a porta. Porém se fosse visto como prioridade para a locomoção, o tamanho dos congestionamentos seria relativamente menor, conseqüentemente diminuiria a emissão de poluentes.

As concentrações de poluentes crescem com o aumento da urbanização, as ações de controle da qualidade do ar devem ser implementadas o mais rápido possível.

A poluição do ar, em áreas urbanas, é provocada pelas atividades de produção e consumo de energia, emissões veiculares e atividades industriais. As concentrações de poluentes do ar crescem com o aumento da urbanização, a necessidade de mobilidade da sociedade e o conseqüente consumo de energia.

A questão ambiental é essencial e importante para qualquer cidade, e com o aumento dos efeitos ambientais, muitas vezes decorrentes de algumas operações logísticas, este é um vasto campo para estudo, buscando minimizar os impactos, a possibilidade de utilizar combustíveis menos poluentes e o aumento da arborização urbana para a compensação da

emissão desses poluentes, aumentando a qualidade de vida dos cidadãos e diminuindo os impactos ambientais, nesse contexto o trabalho justificou-se.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceituação

Para efeitos da Lei de Política nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/81, art. 3, c.c. Decreto n. 99.274/90) são estabelecidas as seguintes definições sobre Meio Ambiente, Degradação Ambiental, Poluição e Poluidor:

- **Meio Ambiente:** sistema ecológico ou ainda o ecossistema constituem-se num conjunto de elementos e fatores indispensáveis à vida. O conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite abrigar e reger a vida em todas as suas formas;
- **Degradação da Qualidade Ambiental:** alteração adversa das características do meio ambiente;
- **Poluição:** alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas do ar, água, solo, que podem ou não afetar adversamente a vida humana, degradação da qualidade ambiental resultante 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) Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

- **Poluidor:** as pessoas físicas ou jurídicas responsável, diretas ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.
- **Poluição atmosférica** é a emissão de gases poluentes ou de partículas sólidas na atmosfera, que provocam a degradação dos ecossistemas devido ao lançamento de inúmeros poluentes. Além de contribuir com o efeito estufa, à diminuição da qualidade do ar, a problemas de saúde nos seres vivos como diversas doenças respiratórias, diversos tipos de cânceros, entre outros (LOPES, 2000).
- **Carbono:** é um elemento básico na composição dos organismos, tornando-o indispensável para a vida no planeta. Este elemento é estocado na atmosfera, nos oceanos, solos, rochas sedimentares e está presente nos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural).
- **Dióxido de carbono:** ou gás carbônico, a representação química é CO_2 , cujo aumento em concentração está ligado ao aumento na combustão de combustíveis fósseis.
- **Ciclo de carbono:** muitos organismos nos ecossistemas terrestres e nos oceanos, como as plantas, absorvem o carbono através do processo de fotossíntese encontrado na atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2). A liberação de dióxido de carbono via queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (desmatamentos e queimadas, principalmente) impostas pelo homem constituem importantes alterações nos estoques naturais de carbono e tem um papel fundamental na mudança do clima do planeta.
- **Sequestro de carbono:** sequestro de carbono é um processo de remoção de gás carbônico. Tal processo ocorre principalmente por meio de fotossíntese, capturam o carbono e lançam oxigênio na atmosfera. É a captura e estocagem segura de gás carbônico (CO_2), evitando-se assim sua emissão e permanência na atmosfera terrestre. A arborização das vias públicas e dos parques resulta em sequestro de carbono e contribui para a amenização do microclima, pela quantidade de áreas sombreadas.

Segundo CETESB (2009), quando a alteração ecológica afeta, de maneira nociva, direta ou indiretamente, a vida e o bem estar humano, trata-se de poluição. É a modificação de características de um ambiente de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga. A nocividade da poluição tem um caráter passivo e não ativo. Caracteriza-se pela perda das condições propícias à vida de determinadas espécies vegetais e animais.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990), define legalmente como padrão de qualidade do ar as concentrações máximas de um componente atmosférico para garantir a proteção da saúde e do bem estar das

peças. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Para o CONAMA (1990), entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que torne ou possa 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.

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluente presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. Para facilitar esta classificação, os poluentes são divididos em duas categorias:

- Poluentes primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão.
- Poluentes secundários: aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera (CETESB, 2009).

2.2 Transporte Urbano

A facilidade de deslocamento de pessoas é um fator importante na caracterização da qualidade de vida de uma sociedade e, por consequência, do seu grau de desenvolvimento econômico e social. O termo transporte urbano é empregado para designar os deslocamentos de pessoas e produtos no interior das cidades (FERRAZ e TORRES, 2004).

A necessidade de lazer, estudo, trabalho, entre outros motivos estão relacionadas a movimentação de pessoas pelas cidades, podendo ser feitas a pé ou por veículos motorizados, que pode ser individual (motocicletas ou automóveis), ou coletivo (ônibus, táxis, etc.). Nas cidades o transporte público tem a função de fornecer uma alternativa de transporte em substituição ao automóvel, com finalidade de reduzir a poluição atmosférica, congestionamentos, acidentes e o consumo de energia, contribuindo para a ocupação racional do solo urbano.

A opção pelo automóvel particular se deve por proporcionar maior privacidade, liberdade e segurança, porém quando utilizada em larga escala, não deixa que o trânsito flua, provocando congestionamentos, além de contribuir com a poluição do ar (CASTRO, 2000).

Os veículos automotores produzem mais poluição atmosférica do que qualquer outra atividade humana isolada. Quando se trata de efeitos locais da poluição, associados ao uso de transporte repercutem em vários campos, tais como saúde, localização e igualdade social, qualidade de vida e necessidades de infra-estrutura (MONTEIRO, 1998).

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2009), a atividade de transportar mercadorias e pessoas é naturalmente geradora da poluição sobre o ambiente que ela está inserida. Mesmo na época do transporte movido a tração animal havia o problema da poluição, com o excesso de dejetos de cavalos espalhados pelas vias urbanas na época; sem considerar as emissões do gás metano originários do processo digestivo dos animais. O setor de transporte responde por cerca de 20% das emissões globais de CO₂, que é um dos principais gases causadores do efeito estufa, sem considerar a emissão de outros gases também nocivos ao meio ambiente.

Ainda para a NTU (2009), o padrão de mobilidade das cidades atualmente é fortemente gerador de poluição. Cerca de 30% dos deslocamentos urbanos motorizados da população brasileira são realizados por transporte individual, o qual ocupa 70% das vias restando pouco espaço para os demais modais. Do ponto de vista de eficiência energética e ambiental o transporte individual apresenta o pior desempenho, com forte tendência de crescimento para os próximos anos, em função da política de incentivo às vendas de automóveis e motocicletas.

2.3 Transporte público urbano

De fundamental importância nas cidades por seu aspecto social e democrático, uma vez que representa o único modo motorizado seguro, cômodo e acessível às pessoas de baixa renda, e uma importante alternativa para quem não pode dirigir (FERRAZ e TORRES, 2004).

Cerca de 8% a 16% da receita das famílias urbanas são gastos, em geral, com transporte, e esse nível pode subir a mais de 25% entre as famílias mais pobres das cidades grandes (BANCO MUNDIAL, 2003).

O setor de transporte público de passageiros exerce papel fundamental de integração do tecido urbano, afetando diretamente a produtividade das demais atividades econômicas, em função da sua própria qualidade e produtividade, já que existe uma ligação entre o transporte

de passageiros e a qualidade de vida de seus usuários. Cabe aos órgãos municipais a responsabilidade plena sobre todo o processo de construção e administração dos problemas de circulação, planejamento e fiscalização dos transportes públicos da cidade (AZAMBUJA, 2002).

Ainda para Azambuja (2002), a ampla publicidade em torno dos automóveis, enaltecendo seu desempenho, conforto e status, faz com que a população tenha como objetivo possuir um veículo privado e só utilize o transporte coletivo quando não houver alternativa.

A política atual é de incentivar a aquisição e uso do veículo particular, seja carro ou, para as populações de mais baixa renda, a motocicleta. O resultado dessa política foi o aumento nos custos dos insumos do transporte público em especial do óleo diesel, com reflexos na tarifa e no meio ambiente, cabe lembrar que quanto mais lento o trânsito maior a emissão de poluentes (LERNER, 2009).

Ainda segundo Lerner (2009), a indústria de ônibus vem produzindo motores que geram cada vez menos poluentes. A Tabela 1 apresenta indicadores comparativos entre ônibus, motocicletas e automóveis, comparando-os quanto ao volume transportado de passageiros, além de apresentar os índices de energia e poluição gerados.

Tabela 1. Indicador comparativo entre os modos de locomoção.

MODALIDADE	OCUPAÇÃO PESSOA/MODO	ÍNDICES RELATIVOS POR PASS/KM	
		ENERGIA (1)	POLUIÇÃO (2)
ÔNIBUS	50,0	1,0	1,0
MOTOCICLETA	1,0	4,5	32,3
AUTOMÓVEL	1,3	12,7	17,0

Notas: (1) Base calculada em grandes equivalentes de petróleo (diesel e gasolina)

(2) Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarbonetos (HC), Óxidos de Nitrogênio (Nox) e materiais particulados (MP)

Fonte: LERNER, 2009.

Segundo MENINI (2004), o incentivo ao transporte público pode ser uma excelente ferramenta para melhorar a qualidade do ar nas cidades. Para isso, ele deve ser encarado não apenas como uma necessidade à mobilidade das pessoas, mas como forma de transportá-las mais eficientemente, ocupando menor espaço nas vias, ocupando menor quantidade de energia e emitindo menos poluentes por passageiro transportado.

2.4 Poluição gerada pelo transporte

Os veículos automotores desempenham um papel fundamental dentro da sociedade pelos deslocamentos que estas realizam, seja a pé ou utilizando meios de transportes nas áreas urbanas. Visto as emissões de veículos automotores é prejudicial à saúde, ao bem estar do homem e ao meio ambiente, tendência nos centros urbanos é o agravamento da qualidade do ar. A proliferação e a utilização de veículos particulares têm causado problemas ambientais, seus efeitos se fazem sentir não apenas localmente, mas a nível regional podendo se agravar com o passar do tempo (MONTEIRO, 1998).

Os gases e partículas emitidos pelos veículos na atmosfera permanecem durante muito tempo e podem ser transportados pelas correntes aéreas para outros lugares, tem o efeito cumulativo, ao contrário da poluição sonora que desaparece com a remoção da fonte de emissão (KAWAMOTO, 1999).

Segundo informações coletadas junto ao Serviço Social do Transporte (SEST), o combustível consumido pelos motores dos veículos é transformado em gases que são lançados no ar, os quais aproximadamente 1% é altamente perigoso ao Homem e ao meio ambiente. Essa estimativa pode parecer pouca, mas considerando a frota de veículos automotores e a quantidade de combustível queimado por ano, essa parcela assume grandes proporções gerando grandes impactos. Em menor escala a poluição do ar também é causada pela evaporação do óleo do cárter, do combustível do tanque e o combustível que vai para a alimentação do motor, que ocorre com o carro parado ou em movimento. Outra fonte de poluição do ar pelo veículo é o atrito dos pneus com o asfalto.

A inspeção veicular e melhoria na qualidade dos combustíveis são algumas das medidas imprescindíveis para a diminuição da emissão de poluentes, motores a diesel. Segundo a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET, 2009) as categorias de veículos que utilizam a combustão interna são duas: motor de ignição por faísca e motor de combustão espontânea, ambos veículos a gasolina ou álcool, e os outros a diesel. Os principais poluentes, chamados também de poluentes primários, são: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Hidrocarboneto (HC) e Material Particulado (MP).

Os poluentes podem ser emitidos em maior ou menor quantidade, depende do combustível utilizado, do tipo de motor, da frequência com que é feita a manutenção e da forma como é dirigido. Caso o veículo esteja desregulado a emissão de poluentes é maior. Os

veículos a diesel formam a fuligem (C), portanto quanto mais negra a tonalidade da fumaça que sai do escapamento do veículo, maior é a emissão de poluentes.

Dentre as resoluções do CONAMA (2002), as que fazem referência à legislação de trânsito detalham e tratam das normas para fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis; estabelecem limites para emissão de gases; prevê normas para manutenção, regulamentação de veículos, além do programa para conscientização da população a respeito da poluição causada pelos veículos.

Após a constatação da gravidade da poluição gerada pelos veículos, a CETESB (1980), desenvolveu bases técnicas que culminaram com a Resolução nº18/86 do CONAMA, que estabeleceu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), o programa impõe a certificação de protótipos e de veículos da produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios, exige que os veículos e motores novos atendam a limites máximos de emissão, em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. Além da produção de veículos menos poluentes, também é meta do PROCONVE que os órgãos estaduais de controle ambiental implantem programas regionais de Inspeção e Manutenção dos veículos em uso, o que foi regulamentado pela Resolução CONAMA nº 07/93.

2.4.1 Poluição do ar gerado pelo transporte urbano

De longe, a questão ambiental que mais preocupa com relação ao transporte urbano se refere à poluição local do ar. Desenvolver uma estratégia apropriada com recursos limitados para solucionar o problema demanda uma cuidadosa identificação das prioridades, tanto na seleção de metas quanto de instrumentos (BANCO MUNDIAL, 2003).

Os combustíveis fósseis são amplamente utilizados para diversos fins energéticos, como geração de energia elétrica, transporte e indústria. Mesmo com um maior uso de outras fontes energéticas atualmente, os combustíveis fósseis têm se mantido como a principal fonte. Nos meios de transporte os derivados de petróleo (como gasolina e óleo diesel) continuam sendo os energéticos predominantes, apesar de no caso do Brasil haver um amplo uso de álcool etílico, tanto como combustível exclusivo quanto misturado a derivados de petróleo como a gasolina. Recentemente nota-se também uma expansão no uso do gás natural veicular, principalmente em veículos leves de uso intensivo (MENDES, 2004).

De acordo com a CETESB (2009), nos centros urbanos o problema da poluição do ar tem-se constituído das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes e para o meio ambiente. Os veículos automotores são os principais causadores dessa poluição em todo o mundo. As emissões causadas por veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde e afetam o meio ambiente.

Tabela 2. Principais poluentes considerados indicadores da qualidade do ar

POLUENTE	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITO SOBRE A SAÚDE	EFEITOS AO MEIO AMBIENTE
Material Particulado (MP)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, em forma de poeira, neblina, fuligem, etc.	Processos de combustão (indústria, veículos automotores)	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do ar e solo.
Dióxido de Enxofre (SO₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de fósforo. É um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de combustível, veículos a diesel.	Desconforto na respiração doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com doenças crônicas de pulmão e coração são mais sensíveis.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	Gás com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, o qual contribui para o aumento de partículas inaláveis.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais que utilizam óleo ou gás.	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, abaixar a resistência às infecções respiratórias.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação: folhas e colheitas.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Encontrado em maiores concentrações nas cidades, emitido principalmente por veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízos dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, aprendizado, de trabalho e visual.	Pode afetar o equilíbrio térmico da atmosfera.

Fonte: MANZOLI, 2009.

A qualidade do ar tornou-se um problema ambiental dos mais significativos, tanto nos países industrializados como naqueles em desenvolvimento, tornando-se uma ameaça à saúde e ao bem-estar das pessoas e do meio ambiente em geral.

Até meados de 1980, a poluição atmosférica urbana era atribuída basicamente às emissões industriais, e as ações dos órgãos ambientais visavam ao controle das emissões dessas fontes. No Brasil, a exemplo do que ocorre com a maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte das grandes instalações industriais, responsáveis pelas emissões de poluentes para a atmosfera, está concentrada em áreas urbanas. Ao longo do tempo, devido à obrigatoriedade do licenciamento ambiental, observa-se uma tendência à modernização das instalações industriais, com o objetivo de diminuir e controlar as emissões atmosféricas.

O rápido crescimento da frota veicular aumentou significativamente a contribuição dessa fonte na degradação da qualidade do ar, os centros urbanos concentram as principais vias de tráfego e os maiores fluxos de veículos de uma região, onde ocorrem os grandes congestionamentos que contribuem ainda mais para o aumento da emissão de poluentes do ar (INSTITUTO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2007).

As ações para a redução da poluição causada pelo Sistema de Transportes, passam por diversas ações como a articulação do planejamento de uso e ocupação do solo e melhoria do sistema viário, a melhoria do sistema de transportes, a redução das emissões de veículos automotores, a melhoria dos sistemas de circulação e fiscalização do tráfego, a melhoria da qualidade dos combustíveis e alternativas energéticas de baixo potencial poluidor, o desenvolvimento de instrumentos econômicos e fiscais, educação e o desenvolvimento social (CETESB, 2009).

As emissões de gases poluentes também variam de acordo com a maneira com que o veículo é conduzido, a tecnologia empregada (principalmente no sistema de alimentação e combustão), o tipo de combustível empregado, presença de dispositivos de controle de emissão como os conversores catalíticos. O tipo e a composição do combustível usado nos automóveis influenciam, de modo significativo, nas diferentes formas de contaminação às quais o meio ambiente está sujeito (MANZOLI, 2009).

Na Figura 1 é feita a divisão dos poluentes pelas fontes emissoras em uma região metropolitana (em %), salientando que os veículos pesados emitem um percentual significativo de Material Particulado, Óxido de Nitrogênio e Óxidos de Enxofre.

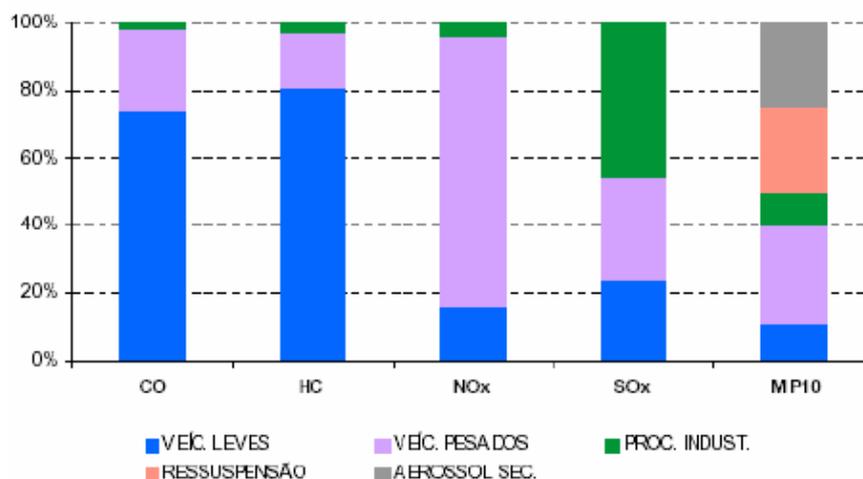


Figura 1. Emissões relativas de poluentes por tipo de fonte

Fonte: CETESB, 2008.

2.4.1.1 Diesel

Segundo Barros (2007), a composição química do óleo diesel depende da procedência do óleo cru e do processo da refinaria a qual foi submetido. Os gases emitidos pelo escapamento de veículos movidos a diesel contem poluentes que são nocivos ao meio ambiente, contribuindo para o aumento dos gases de efeito estufa, as substâncias poluentes destas emissões são essencialmente:

- a. NO₂ – dióxido de nitrogênio (oxidantes):
- b. CO – monóxido de carbono
- c. SO₂ – dióxido de enxofre (emissões gasosas ácidas),
- d. CO₂ – dióxido de carbono (gás carbônico),
- e. HC – hidrocarbonetos:
- f. Partículas incombustíveis e pós ou material particulado (MP).

Os motores movidos a diesel produzidos, atualmente necessitam atender a limites estabelecidos em normas internacionais, sendo esses limites periodicamente modificados a fim de obrigar fabricantes a desenvolverem motores capazes de produzirem maior potência com o mínimo consumo de combustível e o mínimo de emissões (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de emissões de um motor movido a diesel novo em g/km

POLUENTE		g / km
CO	Monóxido de Carbono (CO)	2,0
HC	Hidrocarbonetos (HC)	0,3
NO	Óxidos de Nitrogênio (NO)	0,6
MP	Partículas para veículos a Diesel	0,5
S	Enxofre	1,3

Fonte: BARROS, 2007.

O uso do Diesel é uma prática que carrega na atmosfera diversas substâncias tóxicas, que podem gerar danos à saúde humana e ao meio ambiente. A Tabela 4 demonstra um comparativo entre os valores aplicados pelos padrões nacionais de qualidade do ar para os veículos movidos a diesel.

Tabela 4. Padrões Nacionais de Qualidade do ar por veículos a diesel.

Poluente	Padrão Primário	Padrão Secundário
<i>Material Particulado – por micro gramas</i>		
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240 80	150 60
Fumaça (FMC)	150 60	100 40
Partículas Inaláveis (MP)	150 50	150 50
<i>Gases - por micro gramas</i>		
Dióxido de enxofre (SO ₂)	365 80	100 40
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 10.000	40.000 10.000
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	320 100	190 100

Fonte: CETESB, 2009.

O impacto ambiental causado por estes poluentes, além da quantidade em que são lançados na atmosfera, depende também de variáveis como topografia, quantidade de radiação solar e condições climáticas, tais como velocidade do vento e ocorrências de inversões térmicas, que podem influenciar favoravelmente ou não no processo de dispersão de poluentes, dependem também de como os poluentes serão absorvidos pelos seus receptores, tais como seres humanos, fauna, flora, edificações (CETESB, 2002). A Tabela 5 demonstra a

qualidade do ar, com base nos índices exigidos pelo CONAMA e pela CETESB, além do significado atribuído para cada nível de qualidade.

Tabela 5. Qualificação do ar

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0 - 50	Praticamente não há risco à saúde e ao meio ambiente
Regular	51 - 100	Pessoas sensíveis podem apresentar sintomas, a maioria da população não é afetada.
Inadequada	101 - 199	Toda a população pode apresentar agravamento com problema cardíaco e respiratório.
Má	200 - 299	Toda a população pode apresentar agravamento com problema cardíaco e respiratório.
Péssima	> 299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Fonte: CETESB, 2009.

De acordo com a PORTARIA ANP nº 310, de 27 de dezembro de 2001, a partir dessa data, a comercialização do óleo diesel automotivo no território nacional deve atender as seguintes especificações:

- Óleo Diesel Automotivo Interior: produzido no país, importado ou formulado pelos agentes econômicos autorizados para cada caso conforme características constantes no Regulamento Técnico, tendo conteúdo máximo de enxofre 0,35% em massa, para comercialização nos demais municípios do país.

2.4.2 Nível de emissões de gases por veículos a Diesel

A Cetesb tem como objetivo, através do PROCONVE, estabelecer um cronograma de redução gradual da emissão de poluentes para veículos leves e pesados, assim, todos os novos modelos de veículos e motores nacionais e importados são submetidos obrigatoriamente à homologação quanto à emissão de poluentes. O PROCONVE, que estabelece a obrigatoriedade da Certificação de Conformidade dos motores aos níveis de emissão prescritos abaixo:

- reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores, visando o atendimento dos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos;
- promover o desenvolvimento tecnológico nacional tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios de emissão de poluentes;
- criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;
- promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores;
- estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados;
- promover a melhoria das características técnicas postas à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera.

A grande quantidade de fumaça emitida por veículos pesados, pode estar ligada a componentes mecânicos, itens eletrônicos e a qualidade do combustível utilizado ou para se conseguir um pouco mais de potência, mas, diferentemente do que muitos pensam isso provoca danos graves ao motor e ao meio ambiente. A inspeção veicular e o bloqueio da documentação do veículo em situações irregulares criam-se uma barreira contra a circulação de veículos desregulados, obrigando o proprietário a realizar reparos necessários para que a emissão de gases esteja dentro do permitido para cada modelo de veículo (BURIN, 2009).

As características do combustível definem a qualidade da queima da mistura ar-combustível dentro do motor, o que influi na formação de poluente. É oportuno lembrar que os poluentes emitidos pelo tubo de escapamento são os resultados da queima incompleta do combustível. Deve-se usar óleo diesel filtrado e evitar aquele que apresenta sinais de adulteração. Manutenção do veículo é um importante para a redução da emissão de fumaça preta. Fatores que aumentam a emissão:

- Filtro de ar sujo;
- Bomba de combustível desregulada;
- Bicos de injeção alterados, carbonizados ou travando;
- Válvulas desreguladas;
- Baixa compressão nos cilindros;
- Freios “pegando” nas rodas;
- Embreagem patinando;
- Pneus murchos;

- Tanque de combustível sujo;
- Tubo de escapamento estrangulado;
- Má operação do veículo;
- Acelerações desnecessárias;
- Uso incorreto das marchas.

2.4.3 Padrões de emissão

Os veículos automotores do ciclo Diesel anterior à injeção eletrônica apresentam uma característica particular de emissão de fumaça em função da queima do combustível, o que não acontece nas mesmas quantidades dos motores do ciclo Otto. A fumaça preta emitida pela queima que não ocorre na sua totalidade é uma das principais fontes de material particulado presente na atmosfera e tem maior potencial de agressão.

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. A Escala Ringelmann é utilizada para a comparação colorimétrica de fumaça conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Consiste em uma escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto, como demonstrado na Figura 2.

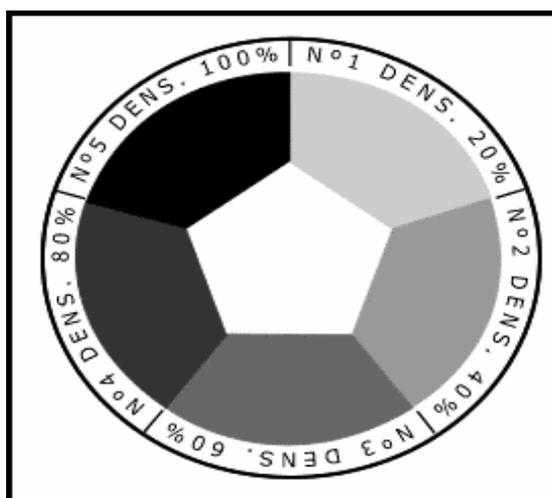


Figura 2. Escala de Ringelmann, escala gráfica para avaliação da densidade de fumaça preta.
Fonte: CETESB, 2008.

A CETESB desenvolve a fiscalização da emissão de fumaça preta (partículas de carbono elementar) oriunda dos veículos movidos a diesel e considera como regular os veículos que apresentam emissão de fumaça preta inferior ao padrão nº 2 da Escala

Ringelmann, que corresponde a uma emissão praticamente invisível com massa de partículas muito pequena.

Conforme ilustra a Figura 3, durante os meses de inverno (maio à setembro), devido à dificuldade de dispersão de poluentes na atmosfera, a fiscalização de veículos movidos a diesel que é realizada em conjunto pela CETESB e pela Polícia Militar é intensificada, onde o veículo, após ter sua emissão excessiva constatada quando em movimento na via pública, é parado para ser autuado quanto a infração ambiental.



Figura 3. Fiscalização da emissão de fumaça preta pela Escala Ringelmann

Fonte: CETESB, 2009.

2.4.4 Controle da emissão de poluentes

As ações para a redução da poluição causada pelo sistema de transporte passam por diversas ações tais como a melhoria do sistema viário, redução das emissões de veículos automotores, melhoria da qualidade dos combustíveis e alternativas energéticas de baixo potencial poluidor. A tecnologia do veículo automotor, a organização do tráfego, ordenamento do solo, a promoção da gestão ambiental urbana, a política de transportes são fatores determinantes da qualidade do ar nas cidades (CETESB, 2009).

O objetivo fundamental dos programas de controle de emissões veiculares é a redução da emissão de poluentes a níveis que a sua concentração na atmosfera não ocasione impactos negativos sobre a saúde e o bem estar da população e tampouco a perda da qualidade do ar. A redução das emissões de poluentes está diretamente ligada à mobilidade, isso implica em reduzir a poluição sem impedir ou restringir a capacidade das pessoas fazerem os deslocamentos necessários às suas necessidades (MENDES, 2004).

Ainda para o mesmo autor, deve-se reduzir a quantidade de veículos em circulação e fazer com que cada veículo emita menos poluente, popularizar e incentivar o uso do

transporte público e do transporte não motorizado, desincentivar a utilização do transporte individual.

O monitoramento da qualidade ambiental é uma das ações de maior importância, assim como a conscientização da população quanto aos problemas do meio ambiente. Cada município deve desenvolver um sistema de gestão ambiental, visando a proteção ao meio ambiente e a qualidade de vida.

2.4.5 Metodologia bottom-up

Permite a identificação e quantificação das emissões dos gases de efeito estufa separadamente, o que facilita o estudo de políticas e projetos para a redução dessas emissões. Para uma melhor abordagem as fontes devem ser separadas em fontes móveis e fontes fixas, permitindo a utilização de fórmulas simples, na maior parte dos casos.

As variáveis das fontes móveis de emissão é um exercício bastante complexo que necessita de algumas informações, tais como: o modal, tipo de transporte, características operacionais e a idade da frota. Para o setor de transportes o modelo geral de emissões pode ser expresso pela Equação 1 (MATTOS, 2001).

$$\text{Emissões}_i = \text{FE}_{iabc} \times \text{Atividade}_{abc} \dots \dots \dots (1)$$

Onde:

Emissões_i = quantidade emitida de poluente i;

FE_{ia} = fator de emissão (g/Km) do poluente i;

a = tipo de combustível;

b = tipo de veículo (ônibus, automóvel de passeio, comercial leve, etc.);

c = controle de emissões.

Atividade = distância percorrida.

2.5 Problemas decorrentes da poluição atmosférica

2.5.1 Mudanças Climáticas

A vida da humanidade está intimamente ligada ao padrão climático existente e a ameaça de alterações significativas do clima causadas pela poluição do ar. Em uma escala global, a poluição proveniente das atividades humanas gradativamente começa a atingir

proporções que podem ser significativas, embora os fatores sejam complexos. Em uma escala regional, contudo, já atingimos o ponto onde o clima é afetado e se percebe a situação criada (SEWELL, 1933).

O ar atmosférico encontra-se em uma fina camada que recobre a Terra, localizando-se nos primeiros 30 quilômetros de altitude; sendo que 50% estão concentrados nos primeiros cinco quilômetros. A troposfera é a camada mais próxima da Terra, a mais fina e, estende-se em uma altitude de 8 a 10 quilômetros, variando a sua espessura entre a latitude e o tempo. Contem, praticamente, toda a umidade da atmosfera (chuva, nuvens e neve), é também aonde se originam todas as mudanças climáticas que caracterizam o clima da Terra.

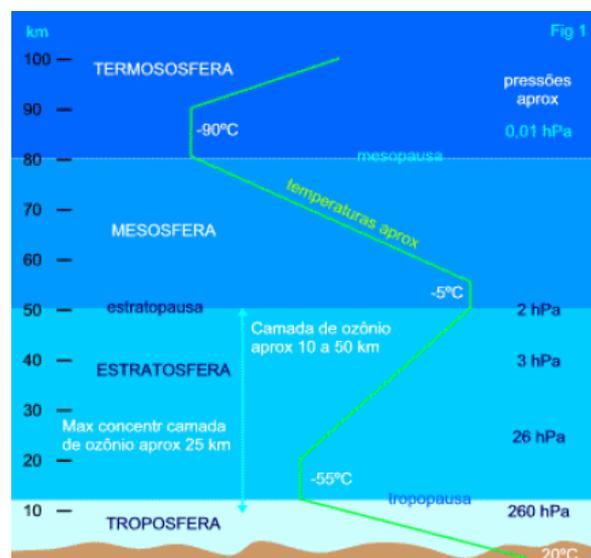


Figura 4. Apresentação esquemática das camadas atmosféricas com dados de altitudes, temperaturas e pressões.

Fonte: GREENPEACE, 2009.

Acima da troposfera está a estratosfera, que varia de 10 a 50 quilômetros, aonde se localiza a camada de ozônio, que protege a Terra das radiações ultravioletas provenientes do sol. A termosfera é a camada acima da mesosfera, a 80 quilômetros de altitude, menos fina e alcança no máximo 190 quilômetros de altitude.

As mudanças climáticas podem ser direta ou indiretamente atribuídas às atividades humanas que altere a composição da atmosfera mundial e que se some aquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis.

Conforme afirma o GREENPEACE (2009), com a revolução industrial, começamos a usar intensivamente o carbono estocado durante milhões de anos em forma de carvão mineral, petróleo e gás natural, para gerar energia, para as indústrias e para os veículos. As florestas,

grandes depósitos de carbono, começaram a ser destruídas e queimadas cada vez mais rapidamente. Então imensas quantidades de CO₂ e outros gases começaram a ser despejadas na atmosfera, tornando aquela camada mais espessa. Mais calor do sol fica retido em nossa atmosfera. Isso intensifica o efeito estufa, e nosso planeta já mostra sinais de febre.

Segundo Campos (2001), vários estudos tem mostrado que a concentração de dióxido de carbono (CO₂) e a temperatura da atmosfera variaram conjuntamente nas últimas dezenas de milhares de anos, reforçando a preocupação de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, gerando temperaturas médias mais altas na superfície terrestre, gerando mudanças climáticas, que está diretamente ligada ao aquecimento global.

O mesmo autor afirma que as questões relativas ao aquecimento global se referem à escala dos impactos regionais e às conseqüências para a sociedade no próximo século. Porém suas implicações da mudança do clima são claras em termos de padrões de consumo e desenvolvimento, na medida em que a industrialização nos últimos 150 anos se processou com base na queima de combustíveis fósseis, produzindo gases que comprovadamente contribuem para o aquecimento do planeta.

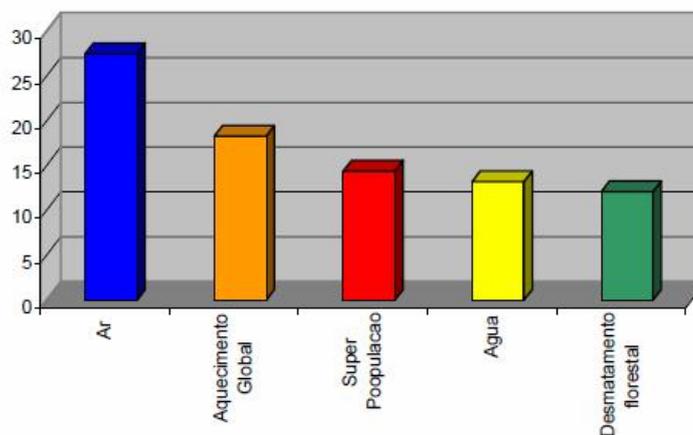


Figura 5. Representação dos principais problemas ambientais no mundo

Fonte: Confederação Nacional de Transporte, 2001.

Mudanças regionais são mais facilmente identificadas, observam-se maior precipitação de chuvas em volta de algumas cidades grandes, talvez devido a poeira e produtos químicos, inclusive as partículas emitidas pelo escapamento dos veículos motorizados. A cobertura das nuvens, causada por tais partículas aumentou a reflexibilidade da atmosfera, protegendo a cidade contra o calor da energia solar e tendendo a abaixar a temperatura. Mas o fenômeno das ilhas térmicas indica que ocorre o oposto, provavelmente

devido ao calor que é gerado dentro da cidade, a maior absorção do calor radiante pelas próprias partículas (SEWELL, 1933).

No último século a temperatura da Terra aumentou 0,7°C, e já está alterando o clima em todo o planeta. As grandes massas de gelo começam a derreter, aumentando o nível do mar, furacões ficam mais intensos e destrutivos, temperaturas mínimas ficam cada vez mais altas, enchentes, secas, escassez de água são algumas das conseqüências (GREENPEACE, 2009).

Quando o aquecimento global foi detectado, alguns cientistas ainda acreditavam que o fenômeno poderia ser causado por eventos naturais, porém o avanço da ciência ficou provado que as atividades humanas são as principais responsáveis pelas mudanças climáticas. O ritmo do aquecimento neste século será muito superior ao do século 20 e poderá alcançar valores sem precedentes nos últimos 10 mil anos. Vários setores terão que se adaptar à maior frequência de episódios de chuvas e de seca.

Nas grandes cidades brasileiras, a queima de combustíveis fósseis provoca sérios danos à saúde, aumentando o número de doenças infecciosas e ainda contribui para o aquecimento global. Combustíveis em transição, como o álcool e o biodiesel, devem ser amplamente utilizados. É de extrema importância que os países desenvolvidos reduzam os níveis de emissões, e os países em desenvolvimento devem utilizar energias renováveis.

2.5.2 Efeito estufa

Segundo a WWF (2009), o efeito estufa é um fenômeno natural, ou seja, existe na natureza, independente da ação do homem e das atividades econômicas. Ele é causado pela presença de determinados gases na atmosfera terrestre e, por este motivo, estes gases são chamados de gases de efeito estufa (GEE). Sem a ajuda do efeito estufa, o sol não conseguiria aquecer a Terra o suficiente para que ela fosse habitável, pois a temperatura média do planeta estaria em torno de 17 °C negativos e sua superfície coberta de gelo.

O efeito estufa garante que a temperatura média do planeta esteja atualmente próxima aos 15 °C, portanto mais ou menos 32 °C acima do que seria sem ele. Além disso, sem o efeito estufa, o planeta estaria sujeito a variações bruscas de temperatura entre a noite e o dia, como acontece na lua e também nos desertos.

Ainda para a WWF (2009), afirma que quando são lançados mais gases de efeito estufa do que as florestas e oceanos são capazes de absorver, ocorrem as mudanças climáticas, mais conhecido como aquecimento global. As principais formas de emissão de gases são: a

queima de combustíveis fósseis (como petróleo, carvão e gás natural) e o desmatamento (no Brasil, o desmatamento é o principal responsável por nossas emissões de GEEs). Ao desmatar, muitas pessoas queimam a madeira que não tem valor comercial. O gás carbônico (CO₂) contido na fumaça oriunda desse incêndio sobe para a atmosfera e se acumula a outros gases aumentando o efeito estufa. No Brasil, 75% das emissões são provenientes do desmatamento.

Partículas pequenas podem agir também como núcleos para a condensação ou congelamento do vapor de água no ar. O envolvimento em longo prazo da descarga crescente de calor pelo Homem na atmosfera é problemático, pois pode alterar o equilíbrio térmico na Terra. Porém, esse aumento de calor seria centralizado nas áreas urbanas, criando alterações complexas na circulação da atmosfera (SEWELL, 1933).

Para Bezerra (2007), os países em desenvolvimento também têm que assumir as emissões de gases de efeito estufa, mas os maiores compromissos têm que ser assumidos pelos países ricos, exigência de que países em desenvolvimento com grandes índices de emissão de gases de efeito estufa cumpram as metas do Protocolo de Quioto é umas das maiores discussões atuais. O Brasil, por exemplo, é um dos cinco países do mundo com maior taxa de emissões, devido aos grandes incêndios para desmatamentos e à industrialização crescente.

2.5.3 Chuva ácida

É uma das principais conseqüências da poluição do ar. A reação dos poluentes emitidos pelas indústrias e por veículos automotores com a água forma o ácido nítrico e ácido sulfúrico, presentes nas precipitações da chuva ácida. Os poluentes do ar são carregados e podem viajar vários quilômetros, podendo cair a grandes distâncias das fontes poluidoras, prejudicando outros locais. A chuva ácida, além de destruir monumentos, carrocerias, carros, provoca acidentes ecológicos mais graves, queima a vegetação, contamina o solo e a água (LOPES, 2000).

2.6 A Convenção do Clima e o Protocolo de Quioto

Em 1992 foi elaborada a redação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que foi aberta às assinaturas de todos os chefes de estado presentes durante a Cúpula da Terra no Rio de Janeiro (ECO-92). Na época 154 países assinaram a

convenção. Mas foi em 21 de março de 1994 que, a então chamada Convenção do Clima, entrou em vigor, foi assinado por 182 países, inclusive o Brasil, e estabelece que todos os países devem reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, porém o esforço daqueles que mais emitiram ao longo da história deverá ser maior. O objetivo era estabilizar a concentração do gás associado ao aquecimento global, o gás carbônico (CO₂), mas esse acordo não especificou o limite das concentrações.

Foi então que surgiu o Protocolo de Quioto, o qual estabelece metas de redução de gases causadores do efeito estufa para os países que assinaram e ratificaram o acordo, evitando o super aquecimento da Terra e evitar as previsões trágicas que vem sendo traçadas por causa da intensificação das mudanças climáticas.

O Protocolo representa o primeiro passo concreto no sentido de evitar o super aquecimento da Terra e reduzir as previsões trágicas que vêm sendo traçadas por causa da intensificação das mudanças climáticas. Segundo o Protocolo, as nações industrializadas que assinaram o documento devem diminuir suas emissões de gases de efeito estufa em 5,2% em relação aos níveis emitidos em 1990. O período de compromisso do Protocolo vai de 2008 a 2012, prazo para que a meta estabelecida seja atingida. As negociações agora giram basicamente em torno do que será feito depois de 2012, quando termina a vigência do Protocolo (WWF, 2008).

Conforme Bezerra (2007) declara, a redução de 5,2% na emissão de gases do efeito estufa, estabelecida pelo Protocolo de Quioto para até 2012, ainda é um grande desafio para os principais países industrializados. Após 2012, as estimativas são de que, em dez anos, seja necessário reduzir até 20% das emissões de gases de efeito estufa, o que aumentará a corrida para soluções mais efetivas reduções significativas nas emissões de gases de efeito estufa em nível global requerem comprometimento político, alocação de capital para financiar mudanças na infra-estrutura da economia e cooperação de todos os países emissores para alcançar os padrões exigidos.

Para Izique (2005), a expectativa é de que o Brasil repita a atuação que teve nas negociações que antecederam a assinatura do Protocolo de Quioto, quando contribuiu para a formulação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que autorizou os países desenvolvidos a adquirir créditos de carbono gerados por empresas de nações em desenvolvimento, criando um mercado estimado em €34 bilhões até 2010, do qual o Brasil é o segundo maior beneficiário, atrás somente da Índia. No entanto, para o período pós-Quoto, a elaboração de qualquer proposta dependerá de estudos mais detalhados sobre o impacto do aquecimento global nas diversas regiões do Brasil que permitam formular recomendações de

políticas ambientais, capacitar especialistas para elaboração de cenários das mudanças climáticas e subsidiar negociações futuras.

2.7 Arborização urbana

A arborização urbana integra o meio ambiente natural que, por sua vez faz parte do patrimônio natural e exerce um papel importante para a qualidade de vida do Homem que vive nos centros urbanos. Com o surgimento das indústrias e o crescimento das cidades, os espaços arborizados deixaram de ter função apenas paisagística, mas passou a ser uma necessidade urbanística, de higiene, de preservação do meio ambiente.

A árvore tem um papel importante na qualidade de vida em ambientes urbanos. Plantadas ao longo das ruas, elas abatem os ruídos, especialmente do tráfego, filtram partículas que poluem o ar, tornam o ambiente saudável, diminuem a velocidade do vento, fornecem sombra aos pedestres e aos veículos. Em suma, as árvores adicionam uma dimensão especial na paisagem da cidade, tornando-a muito mais agradável. No verão, funcionam como ar condicionado natural, melhorando a temperatura do através da evapotranspiração (BIONDI, 1985).

A descoberta e exploração de novas tecnologias aumentam a degradação ambiental e surgem os primeiros movimentos que exigem a preservação de áreas naturais em benefício da coletividade. A Terra vem atravessando períodos de transformações, que duplicará o contingente demográfico, que tem relação com a degradação de recursos naturais e desigualdade nos padrões de consumo dos recursos naturais.

De acordo com Aguirre e Lima (2007), devido ao aumento de urbanização, caracterizado pelas superfícies impermeabilizadas, verticalização (prédios e construções), asfalto, superfícies acumuladoras e refletoras de calor, além da poluição e da concentração de população, a utilização de árvores de médio e grande porte é imprescindível para a mitigação dos efeitos causados pela ação humana sobre o meio. Dentre as inúmeras vantagens da arborização urbana, as principais são:

- Redução de temperatura pela cobertura de superfícies refletoras de calor;
- Sombreamento e conservação do asfalto, diminuindo os gastos públicos com manutenção;
- Redução da velocidade das enxurradas pela retenção e liberação aos poucos da água das chuvas;

- Aumento da umidade do ar, produzindo o mesmo efeito do que aparelhos de ar condicionado sem gastar energia ou produzir calor como os equipamentos;
- Ruas bem arborizadas podem reter até 70% da poeira em suspensão;
- Abafamento da poluição sonora.

As árvores tolerantes a poluentes do ar são as principais responsáveis pela melhoria da qualidade do ar nas áreas urbanas. A poeira existente nestas áreas é geralmente depositada em toda a superfície da copa. Os poluentes gasosos são tanto absorvidos quanto afastados para outras áreas através do movimento do ar produzido pela copa. As árvores reduzem a poluição do ar através dos processos de oxigenação e diluição, que são respectivamente a introdução de oxigênio na atmosfera e a mistura de ar poluído com o ar puro que as plantas produzem.

A tanto direta como indiretamente na redução da poluição sonora. Diretamente, absorvendo as ondas do som através das folhas, galhos e troncos. Indiretamente, agindo como a velocidade do vento, temperatura e umidade do ar. Para que desempenhe o seu papel como barreira contra o som, muito dos fatores são levados em consideração como a quantidade, tamanho e arranjo das árvores, tamanho das folhas e forma das copas. As árvores garantem a estabilidade emocional, quebrando a monotonia do cinza dos prédios (BIONDI, 1985).

As árvores e outras plantas são um dos meios usados para melhorar a qualidade do ar, pois são conhecidas por sua capacidade de “varrer” os poluentes do ar, impedindo fisicamente seu movimento ou absorvendo-os quimicamente. As árvores também alteram a circulação do ar nas camadas inferiores, e arvoredos podem ser usados para impedir o ajuntamento de fontes numerosas de poluição do ar (SEWELL, 1933).

A arborização urbana sempre exerce influência no progresso e na cultura da humanidade, nas variações do clima do ar, atuando e definindo temperaturas, em função dos benefícios e até mesmo dos problemas em função da presença da árvore no contexto da cidade.

2.7.1 Microclima

É influenciada pela existência da arborização e pelas estruturas de concreto existentes. O fator micro climático tem influência no crescimento da árvore são a temperatura do ar, a umidade e o vento. Em geral as cidades tendem a ser mais quentes tanto no verão como no inverno, a velocidade do vento é menor e a umidade relativa do ar geralmente mais baixa,

porém estes fatores variam muito entro da cidade, fazendo com que não haja um único micro clima.

O micro clima dominante das áreas urbanas é conhecido por efeito de ilhas quentes, o calor das mesmas é causado principalmente pelo transporte urbano. A temperatura nestes locais sofre uma variação drástica, principalmente à noite quando os céus estão claros e os ventos suaves (BIONDI, 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo de caso

3.1.1 Características da cidade de Botucatu

O nome da cidade vem de "Ibytu katu", que em tupi significa "bons ares", tem excelente clima e ar que se respira, vindo da Cuesta. No passado chegou a representar 1/4 extensão territorial do estado de São Paulo, está localizada na região centro sul do Estado, é o 10º maior entre os 645 municípios paulistas.

Segundo dados coletados pelo INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2008), a cidade de Botucatu possui uma população de 120.800 habitantes, tem 1.483 Km² de área territorial e o seu bioma atualmente atinge aproximadamente 10% de sua área total, é composto por Cerrado e Mata Atlântica.

3.1.2 Metodologia empregada na pesquisa

No desenvolvimento da pesquisa, os dados foram obtidos através de pesquisa de campo *in loco* em conjunto com a Prefeitura Municipal de Botucatu responsável pelo transporte urbano, foram coletadas informações pertinentes ao controle de emissões de poluentes e arborização urbana. Também foram utilizados dados como os números de veículos do transporte coletivo em circulação, quilometragem rodada média mensal (Km/mês), idade da frota (anos), e o tipo de combustível.

Os dados que são de acesso negado, foram analisados através de informações encontradas em base teórica e os cálculos foram desenvolvidos em planilhas eletrônicas e ilustrados com gráficos no programa computacional Microsoft Excel 2003.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A importância da atmosfera para a vida na Terra é que os seres humanos são dependentes do ar para viver. Cada indivíduo respira 22 mil vezes por dia, mas não sobrevive mais do que 5 minutos sem ar. A atmosfera por meio de ciclos naturais (ciclos de carbono, nitrogênio, enxofre, fósforo e hidrológico) tem seus constituintes consumidos e reciclados naturalmente. Do ponto de vista ambiental, destacam-se duas camadas na atmosfera: a troposfera, onde ocorrem a maioria dos fenômenos relacionados com a poluição do ar e a estratosfera, onde ocorre os fenômenos prejudiciais a camada de ozônio.

O impacto regional é a deposição ácida ou chuva ácida, que atinge várias regiões do planeta, e partículas de gases formadores da chuva ácida podem ser transportadas a distâncias de muitos quilômetros. A Figura 6 apresenta como é a formação do efeito estufa.

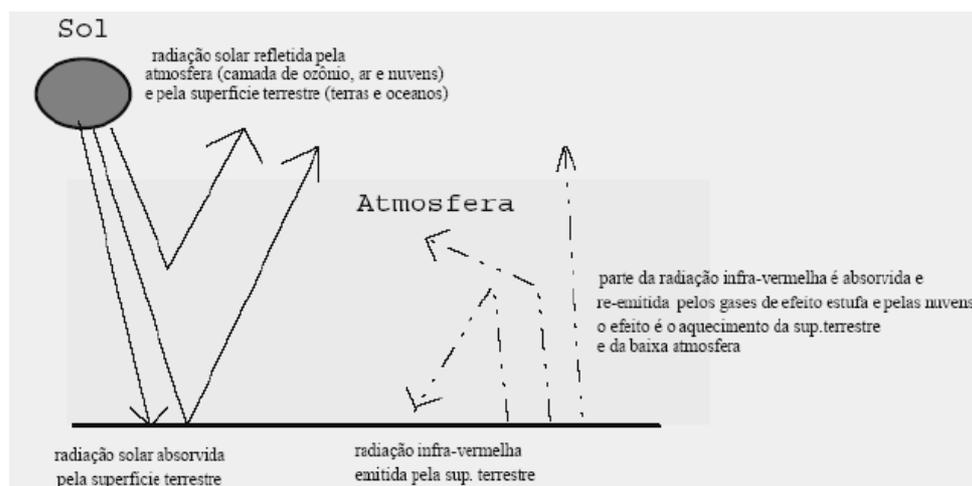


Figura 6. Esquema simplificado do Efeito Estufa, decorrente das atividades humanas que emitem para atmosfera uma quantidade maior de gases do que o ocorrido pelos fenômenos naturais.

Fonte: LOPES, 2000.

A poluição atmosférica é a presença de poluentes no ar que respiramos devido a substâncias produzidas por fenômenos naturais ou geradas pelas atividades humanas em quantidades que podem ser prejudiciais para a vida humana, vegetal ou animal.

A poluição do ar nas cidades é considerada problemas a partir da identificação de que o transporte é a maior fonte de emissão de poluentes do ar. As atividades de transportes afetam o meio ambiente e a saúde humana. O transporte é considerado, sob a ótica social e econômica, atividade de melhoria da qualidade de vida, mas sob o ponto da questão ambiental é uma atividade que degrada o meio ambiente.

A questão ambiental que mais preocupa com relação ao transporte se refere à poluição do ar, essas preocupações são abrangentes e é resultado da degradação da qualidade do ar nas cidades. A Figura 7, ilustra que um dos principais problemas ambientais é a poluição do ar.

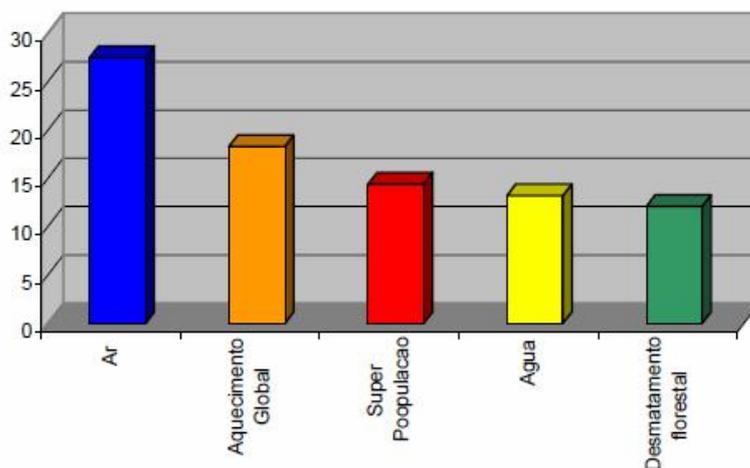


Figura 7. Representação dos principais problemas ambientais no mundo.

Fonte: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE, 2001.

O sistema de transporte público permite que pessoas se desloquem para lugares distantes de suas residências, portanto representa um papel fundamental na sociedade, aumentando o acesso à saúde, educação e atividades sociais locais. No entanto, as preocupações são que o sistema de transporte degrada o meio ambiente e que há risco de que a sustentabilidade ambiental pode estar ameaçada pelo desenvolvimento econômico, que um sistema de transporte permite e ajuda a desenvolver.

As emissões de poluentes do ar provenientes do escapamento dos veículos automotores provocam alterações na qualidade do ar das cidades.

O Transporte público urbano é de fundamental importância nas cidades por seu aspecto social e democrático, uma vez que representa o único modo motorizado seguro, cômodo e acessível às pessoas de baixa renda, e uma importante alternativa para quem não pode dirigir (FERRAZ e TORRES, 2004). Na Tabela 6 e Figura 8, estão descritas as modalidades de veículos que compõe a frota na cidade de Botucatu, nela é possível observar que a frota em sua maioria é composta de automóveis e motocicletas.

Tabela 6. Frota de veículos do município de Botucatu

Tipo de veículo	Frota
Automóveis	39.359
Motocicletas / Motonetas	11.195
Caminhões	1.359
Caminhonetes	3.722
Ônibus / Micro-ônibus	585

Fonte: IBGE, 2008.

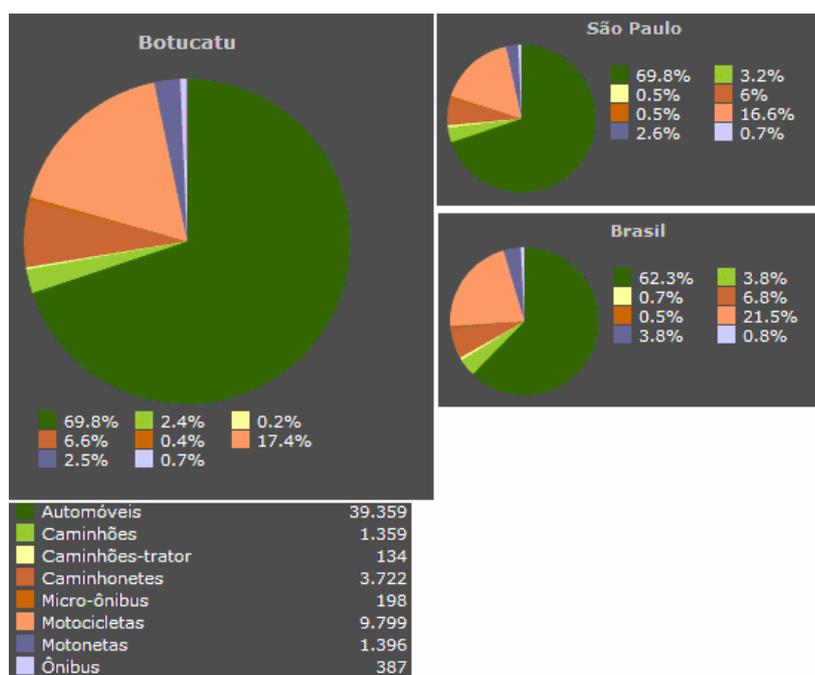


Figura 8. Comparativo da frota veículos do Município de Botucatu com a frota do estado de São Paulo e do Brasil.

Fonte: IBGE, 2008.

Na Figura 8, é possível observar ainda que a frota se assemelha com a de veículos do estado de São Paulo e do Brasil.

A mobilidade e a acessibilidade geram vantagens e desvantagens, as quais tem custos materiais e ambientais. As desvantagens dos congestionamentos, o aumento das doenças associadas à poluição por veículos; aumento dos danos ambientais por corrosão, mortes por

acidente de tráfego, consumo desordenado por recursos naturais não-renováveis. As vantagens são o conforto de locomoção de porta a porta, traçar o próprio trajeto e fazer os próprios horários.

A utilização do transporte público urbano é fundamental é uma excelente ferramenta para melhorar a qualidade do ar nas cidades. Para isso, ele deve ser encarado não apenas como uma necessidade à mobilidade das pessoas, mas como forma de transportá-las mais eficientemente, ocupando menor espaço nas vias, ocupando menor quantidade de energia e emitindo menos poluentes por passageiro transportado (MENINI, 2004).

No ano de 2007 a frota de Botucatu era composta por 51.390 veículos urbanos, portanto houve uma evolução da frota de veículos na ordem de 4%, entre os anos de 2007 e 2008 (IBGE, 2008).

O serviço de transporte público em Botucatu é feito, desde 1985, através de permissão a uma única concessionária, a Empresa de Auto-Ônibus Botucatu. O serviço é oferecido através de 29 linhas que conectam duas regiões da cidade passando pela região central (linhas do tipo diametral).

A frota da empresa é composta atualmente por 55 veículos, sendo que destes, 41 são ônibus com duas portas e capacidade para 72 passageiros; 10 são ônibus com três portas e elevador para o transporte de deficiente e capacidade para 66 passageiros e 3 deles são microônibus com capacidade de 36 passageiros. Todos os veículos de sua frota estão devidamente regulados para a menor emissão possível de gases poluentes. A Figura 9 apresenta a frota de transporte público Municipal.



Figura 9. Frota de Ônibus do Município de Botucatu, veículos com no máximo 5 anos, regulados para a menor emissão de gases poluidores, com recursos de segurança, disponibiliza poltronas para idosos e elevadores para cadeirantes.

Fonte: EMPRESA DE AUTO ÔNIBUS DE BOTUCATU, 2009.

Como o Município de Botucatu não possui corredores específicos para veículos de transporte coletivo, esses trafegam junto com os demais veículos. Sendo assim de certa forma em alguns trechos do Município devido ao estreitamento na faixa de rolamento dos veículos, para realizar o embarque e desembarque de passageiros esses veículos acabam obstruindo totalmente ou parcialmente o trânsito. Assim caso houvesse corredores específicos para esse tipo de transporte, o fluxo seria muito maior tanto de veículos de passeio bem como os veículos destinados ao transporte coletivo.

A Figura 10 apresenta os dados obtidos pelas pesquisas realizadas no local pela Prefeitura Municipal de Botucatu em conjunto com a Faculdade de Tecnologia de Botucatu no ano de 2007 em 1.050 domicílios, com a finalidade de mapear o comportamento da população residente na cidade de Botucatu quanto à sua mobilidade de origem e destino domiciliar, permitindo assim uma aproximação da realidade nos diversos tipos de transporte no Município de Botucatu.

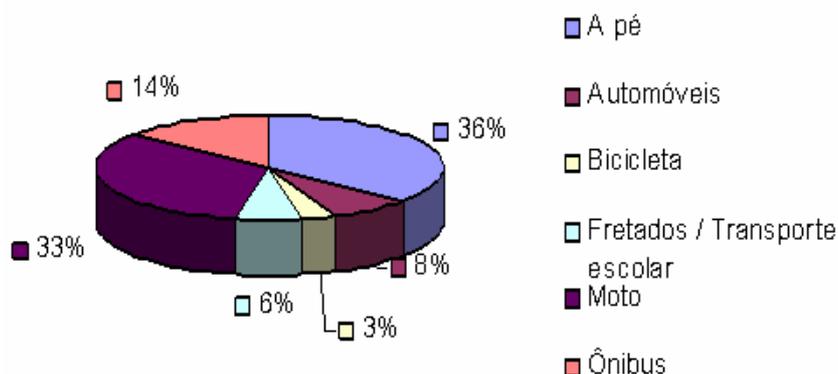


Figura 10. Distribuição Modal das Viagens Urbanas de Botucatu

Fonte: SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, 2008.

O consumo diário de energia (dia útil), da cidade de Botucatu é estimado em 7,98 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), equivalentes a 0,071TEP/1.000 habitantes, ainda que não indique precisamente o impacto sobre o meio ambiente (determinado pelo consumo total), indica posturas mais cuidadosas com o meio ambiente por parte da população. A maioria das cidades brasileiras não possui controle ou monitoramento de emissão de poluentes por transporte urbano, sendo Botucatu uma delas.

A mobilidade da população da cidade em estudo é bastante alta, enquanto a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) mostra no Relatório da Mobilidade Urbana (2007) que as cidades de 100 a 250.000 habitantes têm um índice de 0,83 viagem/habitante/dia, Botucatu apresenta 1,37 viagem/habitantes/dia. A distribuição modal é bastante parecida com exceção para os meios individuais de transporte, apresenta-se um índice de quase três vezes a média do Brasil para cidades do mesmo porte (SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, 2008).

Muitas variáveis afetam no acúmulo de CO e HC em uma região urbana, como o número de veículos automotores que trafegam na região, a forma como tais veículos são conduzidos, as manutenções a que são submetidos, a idade média da frota, a velocidade média, as variáveis do microclima, sinalização de trânsito entre outras.

As emissões do dióxido de carbono (CO₂), gás de efeito estufa não é regulada pelo PROCONVE, que analisa gases como o monóxido de carbono (CO) e o óxido nitroso (NO_x), além do material particulado, os quais tem levado ao aquecimento do planeta. Os danos são sentidos somente no longo prazo (AMORIM, 2008).

A CETESB (2009) afirma que os modelos de emissão de gases emitidos por veículos em áreas urbanas requerem informações detalhadas com base na distância percorrida, velocidade, tamanho do veículo, idade e tipo de combustível.

Apenas os parâmetros mais relevantes e cuja mensuração seja possível serão coletados, partindo do princípio que as emissões são decorrentes do nível de atividade do transporte, expresso em passageiro por quilômetro (pass./Km) e da quantidade de poluentes dos combustíveis.

A árvore tem um papel importante na qualidade de vida em ambientes urbanos, filtram partículas que poluem o ar, tornam o ambiente saudável, diminuem a velocidade do vento, fornecem sombra aos pedestres e aos veículos. No verão, funcionam como ar condicionado natural, melhorando a temperatura do através da evapotranspiração (BIONDI, 1985).

As plantas fazem a fotossíntese, um processo bioquímico que transforma CO₂ (dióxido de carbono) em Carbono e libera oxigênio (O₂) com a ajuda da energia do sol. A absorção do carbono se dá ao longo do crescimento da árvore, por isso os projetos de plantio têm que ser monitorados para garantir a eficácia da neutralização.

Com base nos dados coletados a redução da emissão de carbono pode ser feito através da quantidade de veículos da frota de transporte público urbano e formas de reduzir a emissão dos mesmos, além de ser possível calcular a emissão do gas nas viagens realizadas e quantificar o número de árvores a serem plantadas para se chegar a um equilíbrio na relação emissão / capitação de carbono no município.

4.1 Cálculo de poluentes emitidos pelo transporte público

Para o cálculo das emissões de poluentes dos veículos de transporte público da cidade de Botucatu, a qual tem uma frota composta por 52 veículos, foi utilizado o método de *bottom up* descrito por Mattos (2001), baseando na metodologia semelhante à utilizada pela CETESB, para a realização do seu inventário de emissões. Essa mesma metodologia também é utilizada em algumas cidades nos Estados Unidos.

O combustível utilizado pela frota de transporte público é o diesel, os quais contem poluentes que são nocivos ao meio ambiente, contribuindo para o aumento dos gases de efeito estufa (BARROS, 2007).

Foram calculados os níveis de emissão, também descrito por Mattos (2007), de Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarbonetos (HC), Dióxido de enxofre (SO₂), Óxido de Nitrogênio (NO_x) e Material Particulado (MP), demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7. Fatores de emissões de um motor movido a diesel novo em g/km

POLUENTE		g / km
CO	Monóxido de Carbono (CO)	2,0
HC	Hidrocarbonetos (HC)	0,3
NO	Óxidos de Nitrogênio (NO)	0,6
MP	Partículas para veículos a Diesel	0,5
S	Enxofre	1,3

Fonte: BARROS, 2007.

Segundo a CETESB (2009) os modelos de emissão de gases emitidos por veículos em áreas urbanas requerem informações detalhadas com base na distância percorrida, velocidade, tamanho do veículo, idade e tipo de combustível. Os cálculos foram obtidos através da quilometragem percorrida diária, mensal e anual pela frota de transporte público municipal, apresentado na Tabela 8, multiplicados pelo fator de emissão de alguns dos poluentes emitidos por veículos a diesel, conforme os fatores de emissão que já foram demonstrados na Tabela 7.

Tabela 8. Linhas e quilômetros de transporte público urbano de Botucatu.

Linha		Viagens Semanais	Viagens Mensais	km de percurso da cidade a custo	km percorrido	km semanal	km mensal
COHAB	ID. PARAISO	204	6120	22,1	0	4508	133252
COHAB	VL. MARIA	90	1980	16,9	0	1521	39462
COHAB	VL. APARECIDA	95	2090	17,8	0	1691	37202
COHAB	ID. BRASIL	102	2652	20,2	0	2060	53570
COHAB	VL. PAULISTA	329	9870	25,5	0	8390	251685
COMERCÍARIOS	VL. PAULISTA	204	6120	18	2,6	5672	110160
MARAJÓARA	ID. PARAISO	241	7230	23	10,7	5543	166290
ID. BRASIL	VL. PAULISTA	90	2340	18,7	14,8	1683	43758
SESI	ID. BRASIL	137	4110	23,09	1,8	3163	94900
SESI	ID. BANDERANTES	96	2496	22,59	-	2169	56305
SESI	VL. PAULISTA	119	3570	27,3	4,6	3249	97461
COMERCÍARIOS	VITAL BRASIL	72	1872	20	2,4	1440	37440
MONTE MOR	VL. ASSUMPTÃO	174	5220	18,6	9	3236	97092
CAMBUI	CENTRO	60	1800	14,6	-	876	19272
ITAMARATY	CENTRO	72	1872	12,6	-	907	23397
CONTINENTAL	CENTRO	72	1872	12,6	-	907	23397
RECANTO AZUL	CENTRO	72	1872	7,9	4,2	569	14789
LAGEADO	CENTRO	60	1800	17,7	9,5	1062	29364
ID. BRASIL	CENTRO	172	5160	8,1	10,7	1393	41796
RUBIÃO TR	P. Q. DAS CASCATAS	119	3570	24,1	13,1	3868	86037
RUBIÃO TR	CENTRO - REFORÇO	102	2652	12	13,1	1224	31824
RUBIÃO TR	CENTRO - CAFÉTES OURO	24	624	24,1	13,1	578	15038
SANTA ELIZA	CENTRO	96	2496	22,4	-	2130	55910
SANTA ELIZA	CENTRO - ÁRVORE GRANDE	30	780	25,1	-	753	19578
P. Q. SERRA NEGRA	LAGEADO	60	1800	24,8	4,9	1488	32756
PSIQUIÁTRICO	VL. APARECIDA	48	1248	28,3	22,9	1358	35318
BAIRRO	DURATEX	48	1248	51,1	-	2453	63773
RODOVIÁRIA	DURATEX	48	1248	50,2	-	2410	62650
RODOVIÁRIA	RIO BONITO	74	2220	65	-	4810	144300
PARATODOS	BOILÃO	72	1872	23,8	-	1714	44554
SUBTOTAL		3182	88364	69818	131,4	69846	1952770

Fonte: Departamento de Engenharia de Tráfego de Botucatu, 2008.

A Tabela 9 apresenta o resultado dos cálculos em g/km da estimativa de poluentes emitidos pelo diesel através da frota do transporte público urbano é composta por 55 veículos, em semanas, meses e anos.

Tabela 9. Estimativa de poluentes emitidos pelo transporte público - g/km

Poluentes	Semanal	Mensal	Anual
Monóxido de Carbono (CO)	6364	3905541	46866488
Hidrocarbonetos (HC)	954,6	585831	7029973
Óxidos de Nitrogênio (NO)	1909,2	1171662	14059946
Material Particulado (MP)	1591	976385	11716622
Dióxido de enxofre (SO ₂)	413,66	253860	3046322

Fonte: BURSI, E.N., 2009.

De acordo com a Figura 11, os resultados demonstraram que a maior parte dos poluentes emitidos é de monóxido de carbono (CO), sendo uma estimativa de 57% do total calculado. Segundo a CETESB (2009) os níveis de CO estão diretamente associados a prejuízos da saúde da população e ao meio ambiente, podendo afetar o equilíbrio térmico da atmosfera.

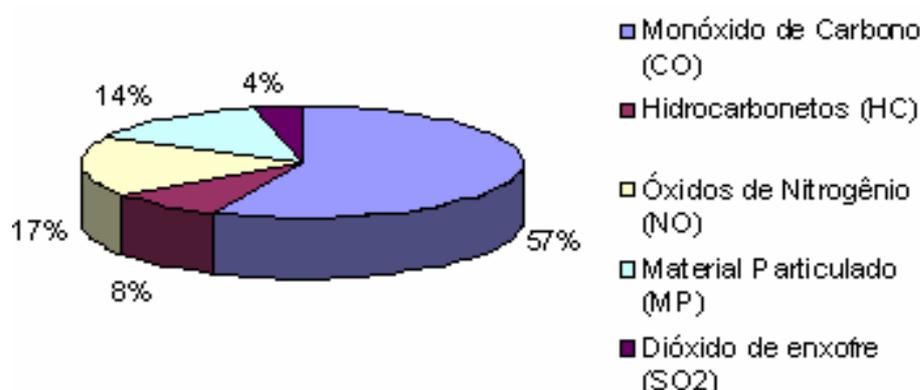


Figura 11. Contribuição anual das fontes da poluição do ar

Fonte: BURSI, E.N., 2009.

De acordo com os resultados obtidos foi possível verificar as emissões de poluentes grama/mês, e desta forma estimar a emissão por micrograma/anual realizada pelo transporte público urbano. Esse resultado confirma os limites em micrograma permitido pela CETESB (2009) e portando dentro do padrão. Para esse cálculo foram considerados somente os veículos novos, com no máximo cinco anos de fabricação.

Tabela 10. Índice de emissão de poluentes pela frota municipal de transporte público

Poluentes	Anual
Monóxido de Carbono (CO)	5 microgramas
Hidrocarbonetos (HC)	7 microgramas
Óxidos de Nitrogênio (NO)	10 microgramas
Material Particulado (MP)	10 microgramas
Dióxido de enxofre (SO ₂)	3 microgramas

Fonte: BURSI, E.N., 2009.

A média anual de viagem por habitante da cidade que utiliza apenas o transporte público como meio de locomoção principal, foi de 13.980 passageiros/km, correspondente a distância viajada anualmente. A Tabela 11 apresenta a emissão de cada tipo de poluente nocivo a atmosfera, com base na relação passageiro/km. Nesta mesma Tabela nota-se que o monóxido de carbono (CO) apresenta uma emissão de 3.352 gramas/passageiro/km, tornando-se assim o principal poluente.

Tabela 11. Emissão anual de poluentes em gramas/passageiro/km da frota no Município de Botucatu.

Poluentes	Gramas/passageiro/km
Monóxido de Carbono (CO)	3.352
Óxidos de Nitrogênio (NO)	1.006
Material Particulado (MP)	838
Hidrocarbonetos (HC)	503
Dióxido de enxofre (SO ₂)	218

Fonte: BURSI, E.N., 2009.

O impacto ambiental causado por estes poluentes, além da quantidade em que são lançados na atmosfera, depende também de variáveis como topografia, quantidade de radiação solar e condições climáticas, tais como velocidade do vento e ocorrências de inversões térmicas, que podem influenciar favoravelmente ou não no processo de dispersão de poluentes, dependem também de como os poluentes serão absorvidos pelos seus receptores, tais como seres humanos, fauna, flora, edificações (CETESB, 2002). A Tabela 12 demonstra a

qualidade do ar, com base nos índices exigidos pelo CONAMA e pela CETESB, além do significado atribuído para cada nível de qualidade.

Tabela 12. Qualificação do ar exigido – índices de poluentes por micrograma

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0 - 50	Praticamente não há risco à saúde e ao meio ambiente
Regular	51 - 100	Pessoas sensíveis podem apresentar sintomas, a maioria da população não é afetada.
Inadequada	101 - 199	Toda a população pode apresentar agravamento com problema cardíaco e respiratório.
Má	200 - 299	Toda a população pode apresentar agravamento com problema cardíaco e respiratório.
Péssima	> 299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Fonte: CETESB, 2009.

Empregada na maioria das grandes cidades brasileiras, a escala Ringelmann, demonstrada na Figura 12, permite a um observador determinar, visualmente, quão escura é a emissão de fumaça preta de chaminés, veículos leves e veículos a diesel.

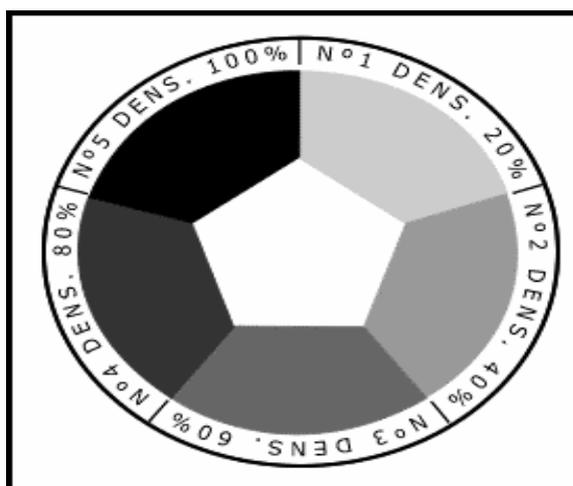


Figura 12. Escala de Ringelmann, escala gráfica para avaliação da densidade de fumaça preta.
Fonte: CETESB, 2008.

Geralmente utilizada pela CETESB no trânsito das grandes cidades para fiscalização da emissão de fumaça preta oriunda, considera como regular os veículos que apresentam

emissão de fumaça preta inferior ao padrão nº 2 da Escala Ringelmann, que corresponde a uma emissão praticamente invisível com massa de partículas muito pequena.

Segundo informações coletadas na unidade da CETESB do Município de Botucatu, não é feito o controle de emissões veiculares nesta localidade, pois é considerado inviável pelo seu alto custo e falta de mão de obra para a realização de serviço.

4.2 Compensação da emissão dos poluentes por arborização urbana

A prática do plantio de árvores para neutralizar a emissão de carbono está começando a tornar-se comum, mas ainda precisa de divulgação. Com a prática do plantio de árvores, além de reduzir as emissões de carbono que diminuem o efeito estufa, estaremos contribuindo também com a dimensão especial na paisagem da cidade, tornando-a muito mais agradável, melhora da temperatura, sombreamento e principalmente com a melhoria da qualidade do ar (BIONDI, 1985). A Tabela 13 apresenta a composição da cobertura vegetal do Município de Botucatu.

Tabela 13. Composição da cobertura vegetal do Município de Botucatu

Cobertura Vegetal	Quantidade (ha)	Descrições
Cerradão	440	
Várzea	663	
Nativas	2.556	1ª Mata
	1.984	2ª Mata
Exóticas	76	Pinus
	3.640	Eucaliptus

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU, 2008.

Considerada uma cidade de porte médio, possui uma frota totalizada em 56.220 veículos. Ao que concerne ao número de veículos que compõem a frota de veículos da cidade de Botucatu, durante o período de 2007 e 2008, são utilizados dados de veículos licenciados pelo Departamento de Trânsito de São Paulo (DETRAN).

Com os dados coletados, foi possível calcular a quantidade necessária de árvores a serem plantadas para reduzir a emissão de carbono na atmosfera, com base na quantidade de quilometragem/ano e o tipo de veículo emissor de poluentes. Sendo assim, através de um sistema computacional utilizado por várias empresas e órgãos públicos para a realização do cálculo de emissões de poluentes de vários tipos de fontes geradoras, foi possível apresentar uma relação em que para a quantidade de 19.527,70 km rodados mensalmente serão

necessários os plantios de 3.700 árvores/mês, totalizando 44.400 árvores anuais, na área urbana no Município de Botucatu. Na cidade estão registradas 18.000 árvores plantadas, sendo necessárias o plantio de no mínimo 26.400 árvores por ano no perímetro urbano do município de Botucatu, para que assim haja a compensação da emissão anual de poluentes na atmosfera auxiliando dessa forma dando uma pequena contribuição no combate ao aquecimento global.

Consumo de combustível

Selecione o meio de transporte utilizado, insira a quilometragem mensal e em seguida clique na tecla "Adicionar" para contabilizar o veículo.

Veículo:
Ônibus

1952770

+ um veículo

* Clique em '+ um veículo' para cada veículo adicional que quiser calcular.
** Para excluir veículos adicionais clique no X.

Compensação

Agora você já pode fazer parte desta Iniciativa Verde, ao plantar 3700 Árvores você compensará sua emissão anual de Gases de Efeito Estufa contribuindo com o esforço global para impedir o aquecimento de nosso planeta e, ao mesmo tempo, estará proporcionando uma série de benefícios ambientais para a nossa e as próximas gerações.

Também podemos plantar as Árvores para você. Suas Árvores serão plantadas em um de nossos restauros florestais.

Plantar Árvores

Figura 13. Cálculo da quantidade necessária de árvores a serem plantadas na área urbana para compensar a emissão anual de gases poluentes emitidos pelo transporte coletivo no Município de Botucatu.

Fonte: INICIATIVA VERDE, 2009.

5 CONCLUSÕES

O transporte público é parte de extrema importância da cidade, para a qualidade do trânsito, pois evita a utilização de carros nas ruas e diminui os congestionamentos e a poluição quando comparado os valores de poluentes emitidos por passageiro transportado, além de diminuir o consumo de combustíveis e conseqüentes reduções de emissões de gases de efeito estufa.

Os resultados do estudo foram satisfatórios com relação aos fatores de emissões de poluentes gerados pelo transporte público urbano no Município de Botucatu, já que estão dentro dos limites permitidos pela CETESB, devido ao fato dos veículos serem novos, além de que a Empresa de Auto Ônibus executa manutenção preventiva e regular em seus veículos.

Apesar dos veículos do transporte coletivo público do município de Botucatu serem movidos a diesel, combustível que mais emite poluentes, ainda é o meio de transporte mais indicado, pois produz emissões menores do que os automóveis e motos, quando comparados por pessoa transportada por quilometragem. Portanto, deve-se incentivar a população a trocar o uso de o transporte veicular individual pelo transporte público, pois além de diminuir o congestionamento ajudam na melhora da qualidade ambiental e beneficiando a saúde dos habitantes.

Os órgãos públicos do Município de Botucatu devem investir no controle da poluição gerada pelo transporte, com a manutenção regular dos veículos, principalmente nos mais antigos, mesmo tendo um alto custo para que esse controle seja feito, seria de um ganho social e ambiental. Deve-se induzir a prática do plantio de árvores para neutralizar a emissão de carbono, compensando a emissão de poluentes emitidos pelo transporte na atmosfera.

A pesquisa mostrou-se satisfatória, entretanto ainda existem vários aspectos relevantes que poderiam ser abordados para a obtenção de valores mais consistentes, o que sugere agregação de outros fatores para estudos mais completos, como a emissão de poluentes da frota municipal por tipo de combustível, a partir da mesma metodologia aqui empregada.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, J.H. de; Lima, A.M.L.P. **Uso de árvores e arbustos em cidades brasileiras.** 2007. 66 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2007. p. 53.

AMORIM, C. Carro terá selo de gasto energético. **Meio ambiente e saneamento**, São Paulo, SP. 2008. Disponível em: <<http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/node/1096>>. Acesso em: 02 dez. 2009.

AZAMBUJA, A.M.V. DE, **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros.** 2002. 410f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2002.

BANCO MUNDIAL. **Cidades em movimento: estratégias de transporte urbano do Banco Mundial.** Tradução Eduardo de Farias Lima. São Paulo: Editora Sumatra, 2003. p. 53.

BARROS, M.A.T.M. **Emissões atmosféricas de grupos motogeradores na região metropolitana de São Paulo.** 2007. 136 f. Tese (Mestrado em Energia) – Universidade Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2007.

BEZERRA, F. Novos caminhos para Quioto. **Ecologia e meio ambiente.** Revista Instituto Ciência Hoje, Rio de Janeiro, RJ. p. 17, set. 2007.

BIONDI, D. **Diagnóstico da arborização de ruas da cidade de Recife.** 1985.147 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 1985. 167f.

BOTUCATU. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO. **PLANEJAMENTO.** Botucatu, SP, 2007. 24 p.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS (NTU). 2009. **A contribuição do transporte público coletivo para o meio ambiente.** Brasília, DF. 2009.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1990. **Cidades.** São Paulo, SP. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 05 nov. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 008/93**, de 31 de agosto de 1993. Referente a In: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/.cfm?codlegi=133>>. Acesso em: 12 set. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Educação Profissional Meio Ambiente**. Brasília, DF. 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/meioambi.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS (IBAMA). Referente a In: **Qualidade do ar**. Disponível em: <<http://ibama.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 315/02**, de 20 de novembro de 2002. Referente a In: Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=337>>. Acesso em: 12 set. 2009.

BURIN, G. Análise de emissão de gases. **REVISTA AUTO REPARO**, São Paulo, SP. 2009. Disponível em: <<http://revistaautoreparo.com.br/2009/09/analise-de-emissao-de-gases/>>. Acesso em: 31 out. 2009.

CAMPOS, C.P. de. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto**. 2001. 169 f. Tese (Mestrado em Engenharia/Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001. p. 20.

FERRAZ, A. C.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2004. São Carlos, SP. Editora Rima. 2004. 403f.

GOMES, M.A.S.; SOARES, B.R. **Reflexões sobre qualidade ambiental urbana**. 2004. 130 f. Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 2004. p 23.

GREENPEACE. Como o aquecimento global já afeta o Brasil. **Mudanças do clima, Mudanças de vida**. 2009. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/cartilha_clima.pdf>. Acesso em: 09 set. 2009.

IZIQUÉ, C. Clima de Incerteza. **REVISTA PESQUISA FAPESP**, São Paulo, SP, v.108 p. 22-23, fev. 2005.

KAWAMOTO, E. **Custo e nível de serviço no transporte público por ônibus**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1984.

LOPES, S. G. B. C. **Ecologia**. Introdução à Biologia. São Paulo, SP. Editora Saraiva, 2000. p.553 – 555.

MATTOS, L.B.R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa – o caso do município do Rio de Janeiro**. 2001. 222 f. Tese (Mestrado – Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

MANZOLI, A. **Análise das emissões veiculares em trajetos urbanos curtos com localização por GPS**. 2009. 200 f. Tese (Doutorado – Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2009.

MENDES, F.E. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**. 2004. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia/Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. p. 04.

MENINI, S.R. **Análise do perfil de emissões atmosféricas para o sistema de transporte público por ônibus híbrido e movido a gás natural: o caso de Juiz de Fora**. (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2004.

MONTEIRO, A.G. **Estratégia de redução de emissões de poluentes no setor de transportes por meio de substituição modal na região metropolitana de São Paulo**. (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 1998.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Qualidade do ar**. 2007. Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br/qualidade-ar.asp>>. Acesso em: 05 set. 2009.

SÃO PAULO. PREFEITURA MUNICIPAL DE BOTUCATU. Botucatu e sua história. **ARTIGOS**. Disponível em: <http://www.botucatu.sp.gov.br/estudo_pesquisa/corpo.htm>. Acesso em: 06 set. 2009.

SÃO PAULO. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Poluição**. 2009. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/saiba.asp>>. Acesso em: 03 set. 2009.

SÃO PAULO. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Poluentes**. 2009. São Paulo. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>. Acesso em: 03 set. 2009.

SÃO PAULO. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do ar**. 2009. São Paulo. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_historico.asp>. Acesso em: 03 set. 2009.

SÃO PAULO. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Ruídos**. 2009. São Paulo. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/ruído.asp>>. Acesso em: 04 set. 2009.

SEWELL, G.H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. 1933. Tradução: Gildo Magalhães. São Paulo, SP. Editora Pedagógica e Universitária, 1933. 293 f.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). Mudanças Climáticas. **O que fazemos?**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/clima/mudancas_climaticas>. Acesso em: 10 set. 2009.