



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR DE TRANSPORTES – ESTUDO DE CASO DOS BRTS NO RIO DE JANEIRO

Thaís de Moraes Mattos

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Roberto Schaeffer

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2011

ANÁLISE DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GASES DE
EFEITO ESTUFA NO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL – ESTUDO DE
CASO DOS BRTS DO RIO DE JANEIRO

Thaís de Moraes Mattos

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Profº. Roberto Schaeffer – Ph.D

Profº. Emílio Lèbre La Rovere – D.Sc.

Profª. Heloísa Teixeira Firmo – D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
FEVEREIRO DE 2011

Mattos, Thaís de Moraes

Análise de projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa no setor de transportes no Brasil – o estudo de caso dos BRTs no Rio de Janeiro/ Thaís de Moraes Mattos. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2011.

viii, 86 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Roberto Schaeffer

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 76-78.

1. Transportes e Meio ambiente. 2. Gases de Efeito Estufa. 3. *Bus Rapid Transit* (BRT)

I. Roberto Schaeffer; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

Dedico este projeto de graduação ao meu pai (*in memoriam*),
a minha mãe e ao tio Dinei, meus grandes exemplos.

AGRADECIMENTOS

Acredito que ninguém chega a lugar nenhum sozinho, e sempre tive sorte de encontrar pessoas muito especiais.

Ao professor Roberto Schaeffer pela sua orientação, paciência, carinho e ensinamentos.

Aos professores Emilio La Rovere e Heloísa Firmo, por aceitarem participar da banca e pelos ensinamentos em suas aulas.

À Iene, por sempre resolver nossos problemas burocráticos e por ser uma ótima professora. A todos os professores da graduação de engenharia ambiental da UFRJ, pelos ensinamentos que levarei para minha carreira.

Ao professor Ronaldo Balassiano, que ajudou a esclarecer algumas dúvidas durante a execução desse projeto.

Ao Marcos Pisani, Marcelo Maywald, Durval Mello e Luís Gustavo Barreto da SMTU que me auxiliaram na obtenção de dados.

À turma de ambiental de 2006 e a todos os amigos que fiz na faculdade, em especial para Lilian, Karen, Nicole, Mário, Tijuca, Nayane, Adriana, Marcele, Chico, Isabella, Theo, Fernanda e Pitiba, obrigada pelos momentos alegres dessa ótima fase de nossas vidas. A Licia, obrigada por estar sempre presente, pelos abraços e risadas.

Às amigas de longa data: Sara, Esther, Luana, Juliane e Amanda, por entenderem minha ausência e por tantos momentos divertidos desde a nossa infância/adolescência.

A todos os amigos da família, que já quase são parte dela.

Aos amigos da ICF International do departamento de mudanças climáticas, por todo aprendizado e pelo ótimo ambiente de trabalho.

Ao professor Fernando Pellon, Marcília, professor James Kahn, e a CAPES, pela experiência maravilhosa do intercâmbio na Washington and Lee University – EUA.

A toda a minha família, pelo amor que sempre recebo. Em especial, para meus priminhos fofos, pelos carinhos e abraços, principalmente quando mais preciso.

Aos meus avôs Vadinho (*in memorian*) e Anilda, por todo carinho que recebi, e por tantas comidinhas gostosas feitas especiais para mim. À vovó Julieta, meu exemplo de mulher de garra. Obrigada por tornar minha mãe tão especial, e por tudo o que fez por mim a minha vida inteira, incluindo as toalhas lindas, por cuidar de mim e por tanta vontade de estudar, mesmo aos 84 anos. Você é um exemplo!

A minha mãe, minha grande amiga, torcedora, fotógrafa e conselheira. Não sei nem como agradecer, mas obrigada por ser a melhor mãe que eu poderia ter e que me faz querer ser uma pessoa melhor a cada dia. Ao tio Dinei, que mesmo tão diferentes, sei que nos complementamos. Obrigada por sempre me dar visão diferente de tudo, e por tanto carinho e amor. O apoio de vocês sempre foi muito importante pra mim.

Ao meu pai, que não chegou a ver seu grande sonho de me ver formada. Obrigada por todo amor, carinho e dedicação nos 25 anos que tivemos juntos e por ser o melhor pai e amigo de todos!

Divido essa conquista com todos vocês.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Análise de projetos de redução de emissão de gases de efeitos estufa no setor de transportes no Brasil – estudo de caso dos BRTs do Rio de Janeiro

Thaís de Moraes Mattos

Fevereiro/2011

Orientador: Roberto Schaeffer

Curso: Engenharia Ambiental

O Brasil não possui metas obrigatórias de redução de Gases de Efeito Estufa (GEE), como o Protocolo de Quioto instituiu aos países desenvolvidos, porém o país estipulou suas próprias metas voluntárias de redução de emissões. O setor de transportes no Brasil possui grande potencial de redução de emissão de GEEs, por ter o modal rodoviário como o mais utilizado no transporte de cargas e pessoas, e por ser o maior consumidor de derivados de petróleo do país. Sendo assim, esse estudo analisou as metodologias do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para o setor de transportes que poderiam ser utilizadas para nortear projetos para reduzir as emissões de GEE no país. No Rio de Janeiro, por vir a sediar jogos da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e as Olimpíadas de 2016, serão feitas algumas melhorias no sistema de transporte urbano da cidade para esses eventos. Dentre elas destaca-se a implantação de 3 sistemas BRT (*Bus Rapid Transit*), que irão tornar o transporte urbano da cidade mais atrativo e diminuir a circulação de diversos ônibus convencionais e carros de passeio, diminuindo assim os congestionamentos e o consumo de combustível fóssil, e conseqüentemente diminuindo também a emissão de poluentes atmosféricos locais e globais. Nesse estudo, foi feita uma estimativa da redução de emissão de GEE que poderá ocorrer após a implantação desse novo sistema de transportes na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos mostraram uma redução de emissão significativa que poderá ser obtida pelo projeto, podendo assim, contribuir para que as metas voluntárias de redução de emissão de GEE do país e da recente meta voluntária do município do Rio de Janeiro sejam atingidas.

Palavras-chave: Transporte e meio ambiente; Gases de Efeito estufa

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

Analysis of greenhouse gases reduction projects in the transportation sector in Brazil –
Case study of BRTs in Rio de Janeiro

Thaís de Moraes Mattos

February/2011

Advisor: Roberto Schaeffer

Course: Environmental Engineering

Brazil does not have mandatory Greenhouse Gas (GHG) emission reductions as stipulated for developed countries in the Kyoto Protocol, but Brazil has created its own voluntary targets. The Brazilian transportation sector has a large potential to reduce GHG emissions, since road based cargo and personal transport is the main consumer of petroleum products in Brazil. This study analyzed the Clean Developed Mechanism (CDM) methodologies applied to transportation sector that can be used as a base of projects to reduce GHG in Brazil. Rio de Janeiro will host the 2016 Olympic Games and games for the 2014 World Cup, so the city's urban transportation will be improved for these events. One of these improvements is the implementation of 3 BRT (Bus Rapid Transit) systems in this city, which will turn the urban transportation more attractive, reducing the quantity of ordinary buses and cars, diminishing the traffic jam and therefore the fossil fuel consumption, which is related to local and global air pollutants reduction. This study also estimated the GHG emission reduction that may occur after the BRT implementation in Rio de Janeiro. The results demonstrated a significant emission reduction by this project's implementation, which can contribute towards the voluntary emission reduction targets of the city of Rio de Janeiro and Brazil.

Keywords: Transportation and Environment; Greenhouse Gases.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Importância do Tema.....	1
1.2. Objetivos Gerais	3
1.3. Metodologia	4
2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
2.1. Panorama atual do setor de transportes no Brasil	6
2.2. Emissões associadas ao setor.....	16
3. PROJETOS DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GEE NO SETOR DE TRANSPORTES	25
3.1. Protocolo de Quioto e Projetos de MDL.....	25
3.2. Projetos de redução de emissão de GEE no setor.....	27
3.2.1. Fabricação de biodiesel para utilização no transporte.....	28
3.2.2. Mistura de Óleo Vegetal ao Diesel	31
3.2.3. Veículos Elétricos e Híbridos.....	33
3.2.4. Mudança Modal de Transporte de Cargas	34
3.2.5. VLT e Metrô	35
3.2.6. BRT.....	37
3.2.7. Bondes.....	40
3.2.8. Outros projetos.....	42
4. ESTUDO DE CASO: POTENCIAL DE REDUÇÃO DE GEE ATRAVÉS DO BRT NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO	46
4.1. O projeto.....	57
4.2. Cálculo da Redução de Emissão de GEE do Projeto.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
7. ANEXO – MEMÓRIA DE CÁLCULO	79

1. INTRODUÇÃO

1.1. Importância do Tema

O aquecimento global é um dos principais assuntos discutidos no mundo atualmente, principalmente por ser um problema de escala mundial, atingindo tanto os países já desenvolvidos quanto os que estão em desenvolvimento. Uma das consequências do aquecimento global são as mudanças do clima e apesar de muito já ter sido discutido, não se sabe o quanto o clima do planeta irá se modificar, nem em que localidades, mas se sabe que o aquecimento global não irá passar despercebido.

O comprometimento do Brasil no combate às mudanças climáticas se iniciou em junho de 1992, quando o país sediou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecido como Cúpula da Terra do Rio de Janeiro (Banco Mundial, 2010), ou ECO 92, como ficou conhecida no Brasil. O resultado dessa reunião foi a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), que posteriormente levou à criação do Protocolo de Quioto, que estabeleceu que os países desenvolvidos (do Anexo I desse protocolo) deveriam reduzir suas emissões de CO₂ uma média de 5% em relação aos seus níveis de emissão de 1990, durante um período de 5 anos (de 2008 a 2012) (CQNUMC, 2010a). Porém, ainda não existe um acordo de redução de emissão para após o ano de 2012, tanto para os países desenvolvidos quanto para os em desenvolvimento.

O Brasil não se enquadra dentre os países do Anexo I, não tendo que reduzir suas emissões de acordo com o Protocolo de Quioto. Porém, o país se comprometeu a reduzir suas emissões voluntariamente. Em dezembro de 2008 foi lançado o Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), que visa à redução de 70% no desmatamento até 2017 que, no país, é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Em dezembro de 2009 foi aprovada a lei 12.187, que

instituiu a Política Nacional de Mudança do Clima e para alcançar os objetivos da PNMC, o país irá adotar como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com o objetivo de reduzir entre 36,1% e 38,9% de suas emissões projetadas até 2020 (Brasil, 2009). Essa medida mostra a crescente preocupação em reduzir as emissões de GEE que vem sendo mostrada em todo o mundo, incluindo países que não possuem obrigatoriedade de redução, como o caso do Brasil.

Além do desmatamento no Brasil, o uso da energia fóssil como o petróleo e seus derivados é outra principal causa das emissões antropogênicas de CO₂, o principal gás de efeito estufa (GEE). A geração de energia elétrica no país não é muito intensiva em carbono, por ter cerca de 90% da sua geração por hidroeletricidade, que é considerada mais limpa em emissões de gases de efeito estufa. Porém, o setor de transportes no Brasil não apresenta esse perfil e é muito intensivo em carbono.

O setor de transportes é vital para o desenvolvimento econômico e social de um país. É estimado que nas próximas décadas a demanda por transportes continue a crescer em todo o mundo, e mais rapidamente nos países em desenvolvimento e nos emergentes, pelo crescimento de suas rendas (Banco Mundial, 2010). Devido a isso, é muito importante que se pense em maneiras de reduzir o consumo de combustíveis fósseis no setor, principalmente no Brasil, onde esse consumo é muito grande, e também devido às metas de redução de GEE voluntárias do país.

No Brasil, o setor de transportes é um dos setores com maior potencial de redução de emissão de GEE, por ter como base o modal rodoviário. O país já apresenta algumas medidas consideradas mais “limpas” no setor, como o uso difundido de biocombustíveis como etanol e biodiesel misturados ao combustível fóssil comercializado no país, ou então vendidos como combustível, como é o caso do etanol. Se a matriz energética brasileira refletisse a média mundial, as emissões totais do Brasil seriam 17% mais altas (Banco Mundial, 2010). Porém, o potencial de

redução de emissão de GEE no setor ainda é muito grande e pode ser mais explorado, já que o transporte rodoviário, mesmo com essas medidas, ainda é responsável pelo consumo de cerca de 78% de todo o diesel consumido no país em 2009 (BEN, 2010).

Como a queima de combustíveis fósseis está também associada à emissão de outros poluentes atmosféricos além dos GEEs, os projetos visando à redução de emissão de gases de efeito estufa também podem gerar a redução de emissão de diversos poluentes, o que pode melhorar a condição do ar nas grandes cidades brasileiras, que mais sofrem com problemas de poluição atmosférica.

Uma das grandes causas da poluição atmosférica nas grandes cidades vem de emissão veicular, que é agravada pela má eficiência do transporte urbano nas cidades, que levam a um aumento de consumo de combustível fóssil que não seria necessário caso o transporte coletivo fosse atrativo e mais passageiros deixassem de usar o transporte individual para se locomoverem por transporte urbano. Uma boa alternativa para melhorar o sistema de transporte urbano nas cidades é o BRT (*Bus Rapid Transit*), que é um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, podendo assim reduzir as emissões de gases de efeito estufa pelo setor, além de reduzir a quantidade de veículos circulantes, diminuindo assim os congestionamentos, o consumo extra de combustível e conseqüentemente, a emissão de poluentes atmosféricos locais e globais.

1.2. Objetivos Gerais

O principal objetivo desse trabalho é avaliar os projetos de redução de emissão de gases de efeito estufa no setor de transportes, baseando-se nas metodologias aprovadas para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) desse setor, aprovados pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do

Clima (CQNUMC) até janeiro de 2011. Para exemplificar o potencial de redução de emissão que esse setor apresenta no Brasil, será feita uma estimativa da redução de emissão que poderá ocorrer com a implantação dos projetos de BRT já planejados para a cidade do Rio de Janeiro.

Dada a crescente preocupação em reduzir as emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças climáticas, pretende-se com essa avaliação, sinalizar aos tomadores de decisão que o setor de transportes já possui diversos projetos de redução de GEE que poderiam ser mais aplicados no Brasil e no mundo.

Portanto, os objetivos específicos desse trabalho são:

- Analisar o panorama do setor de transportes no Brasil;
- Analisar o panorama do setor de transportes na região metropolitana do Rio de Janeiro;
- Analisar os projetos existentes de redução de emissão de GEE no setor de transportes e suas barreiras para implantação; e
- Estimar a redução de emissão de GEE decorrente da implantação do BRT na cidade do Rio de Janeiro.

1.3. Metodologia

Nesse estudo, será feita uma contextualização do setor de transportes no Brasil e na cidade do Rio de Janeiro, e, com isso, serão avaliados projetos de redução de emissão de GEE no setor com base em metodologias de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) aprovadas até janeiro de 2011 pela CQNUMC. Essa também será a base para o cálculo da estimativa de redução de emissão de GEE do projeto de BRT a ser implantado no Rio de Janeiro.

A base de informações é oriunda de órgãos governamentais, estudos já realizados sobre o setor, publicações nacionais, como o Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa e o Balanço Energético Nacional, além de estudos e publicações internacionais, como os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Contudo, um obstáculo desse estudo foi a falta de acesso aos dados específicos do projeto de BRT do Rio de Janeiro. Com isso, foi necessário adotar algumas premissas para o cálculo e parâmetros de outro BRT, para que a estimativa de redução de emissão dos projetos pudesse ser calculada.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1. Panorama atual do setor de transportes no Brasil

A importância do setor de transportes em um país ultrapassa a simples definição de deslocamento de bens e pessoas. O setor também é responsável por induzir riqueza e desenvolvimento, já que gera emprego, transferência econômica e também consome produtos e insumos de outros setores. Contudo, a infra-estrutura do transporte brasileiro tem sido considerada como o grande entrave ao desenvolvimento econômico do país (CNT, 2010). A Confederação Nacional do Transporte (CNT), em alguns de seus últimos estudos apontou alguns problemas encontrados no setor, como as más condições de rodovias e a baixa densidade de ferrovias e de hidrovias que poderiam ser efetivamente navegáveis.

Atualmente o Brasil possui uma infraestrutura de transportes que não opera de forma eficiente os modais em todas as regiões, causando um grave desequilíbrio na matriz de transportes. Os custos logísticos no Brasil atingiram um valor equivalente a 11,6% do PIB de 2008, o equivalente a R\$ 349 bilhões (CNT, 2010).

Na ocorrência de um sistema logístico de transporte ineficiente, observa-se que (CNT, 2010):

- Nos setores econômicos produtivos, as ineficiências agregam custos, aumentando o preço do produto final;
- A população economicamente ativa, responsável pelo consumo de produtos, arca com essa ineficiência em razão dos custos embutidos nos valores dos bens consumidos;
- Para o meio ambiente, os custos da ineficiência da malha de transportes acarretam em altos índices de emissão de poluentes;

- A sociedade brasileira também perde como um todo, pois os custos da ineficiência acarretam uma baixa competitividade dos produtos brasileiros no mercado externo e, conseqüentemente, há uma menor geração de divisas. Além disso, percebem-se as dificuldades de integração física entre cidades de diferentes Estados, bem como a queda no nível do serviço oferecido à população em geral.

O transporte de passageiros, tanto regional como urbano, é feito em sua maioria pelo modal rodoviário. Este comportamento na movimentação de cargas e pessoas leva a um grande consumo energético, principalmente de combustíveis fósseis, que como foi visto anteriormente, o setor é o maior consumidor de derivados de petróleo no país, resultando em altas emissões de gases de efeito estufa e de outros poluentes atmosféricos associados à queima de tais combustíveis.

A malha rodoviária do país conta atualmente com 1.580.809 km de extensão, sendo que apenas 13,4% desse total, que corresponde a 212.618 km, são constituídos de pistas pavimentadas. Contudo, grande parte das vias pavimentadas ainda apresenta alguma deficiência, como falhas na pavimentação, na sinalização ou na geometria. Esse cenário compromete a qualidade e a segurança dos fluxos de carga e de pessoas, dificultando a integração com os demais modais e gerando custos elevados, por problemas mecânicos que podem ocorrer nos veículos, principalmente nos de carga (CNT, 2010). Apesar dessas dificuldades, o transporte rodoviário detém a maior participação na matriz do transporte de cargas no Brasil, com aproximadamente 61% do total, sendo responsável pela movimentação de cerca de 1 bilhão de toneladas de carga por rodovias em 2009 (CNT, 2010).

Assim como o principal modal utilizado possui alguns problemas, o mesmo acontece com os menos utilizados como o aquaviário e ferroviário. O transporte aquaviário brasileiro é constituído basicamente por dois sistemas: o marítimo (que abrange a circulação da costa atlântica) com 7.500 km de vias e o de navegação interior, que utiliza as hidrovias e rios navegáveis e que conta com aproximadamente

44.000 km de rios, dos quais 29.000 km são naturalmente navegáveis, mas apenas 13.000 km são efetivamente usados para fins econômicos (CNT, 2010), ou seja, apenas um terço da extensão total é economicamente utilizada.

Em 2008, o transporte aquaviário no país movimentou 537 milhões de toneladas de carga, e em 2009 esse número subiu para 637 milhões de toneladas (CNT, 2010). Porém, no ano de 2006 uma pesquisa da CNT já apontava que eram indispensáveis algumas ações urgentes na infraestrutura portuária, como a retomada das dragagens, aquisição de equipamentos de estiva e movimentação e a melhoria dos acessos terrestres (como construção de novos terminais e aquisição de novos equipamentos), muitas das quais ainda não foram feitas. Ações de médio prazo, como a adequação de horários dos órgãos públicos, treinamento de pessoal dos órgãos oficiais e dos trabalhadores e a revisão de procedimento para a redução da burocracia também são essenciais para manter um nível de competitividade adequado para os portos brasileiros (CNT, 2010).

No transporte ferroviário, observa-se uma estagnação dos investimentos do Governo Federal na ampliação da malha para localidades que apresentam grande oferta de cargas a granel (CNT, 2010). Outro problema é relacionado à qualidade do serviço ferroviário nas grandes áreas urbanas, que sofre o impacto da urbanização irregular sobre a área de jurisdição da ferrovia.

A malha ferroviária brasileira em operação apresenta 29.817 km de extensão, mas quase a sua totalidade (28.066 km) é operada por empresas privadas (CNT, 2010), o que dificulta uma gestão mais integrada deste modal. A principal característica histórica dessas vias é a interligação das áreas de produção agrícola e de exploração mineral do interior do país para os portos, onde serão exportados.

Os principais problemas encontrados na malha ferroviária atualmente são a grande variação dos tempos de viagem e as baixas velocidades na transposição de regiões metropolitanas, causadas pelo excesso de passagens de nível e pelas

invasões na faixa de domínio (CNT, 2010). O crescimento do sistema ferroviário depende de ajustes tributários, regulatórios, físicos e operacionais, além de investimentos na construção de variantes para sanar problemas de traçado (CNT, 2010).

Apesar das melhorias no setor ferroviário nos últimos anos, esse tipo de transporte ainda não é muito aproveitado pela maioria dos setores da economia do país, além do fato de existir uma grande concentração do transporte em uma pequena porção de sua extensão, equivalente a 10% da malha total (CNT, 2010). É necessário eliminar essas dificuldades do sistema ferroviário, pois é um ótimo sistema para o transporte de mercadorias de baixo valor agregado, com grande peso e volume específico. Também poderia ser mais utilizado no transporte de passageiros, principalmente substituindo o transporte regional, que é muitas vezes feito por ônibus, onde a geografia do país permitir a instalação de uma ferrovia. Um exemplo disso é o TAV (Trem de Alta Velocidade) para passageiros, que está planejado para ser construído entre as cidades do Rio de Janeiro e Campinas, passando por São Paulo, ligando assim as duas principais cidades do país. O projeto irá diminuir consideravelmente o tempo de viagem, que hoje é feito em grande parte pelo modal rodoviário, ou por transporte aéreo.

Já o transporte público urbano é parte essencial de todas as cidades, por permitir o deslocamento das pessoas nos seus afazeres diários. No Brasil, cada município é responsável por seu sistema de transporte urbano, embora possam conceder licenças a empresas particulares.

O transporte coletivo mais utilizado nas grandes e médias cidades brasileiras é por meio dos ônibus, que em 2009 transportou cerca de 11,4 bilhões de passageiros em todo o país (CNT, 2010). Porém, ao longo dos anos, percebe-se uma diminuição no número de passageiros transportados por ônibus, o que se explica em grande parte, pela falta de investimentos no transporte público e pelo incentivo ao transporte

individual com oferta de créditos e facilidade para se adquirir veículos (CNT, 2010). O resultado disso é o aumento do número de veículos nas ruas, o que eleva o consumo de combustíveis e conseqüentemente, a emissão de poluentes atmosféricos, além de causar saturação nas vias urbanas e congestionamentos.

Atualmente se observa uma crise na mobilidade brasileira, cujo maior exemplo é a cidade de São Paulo (CNT, 2010), cidade conhecida por seus grandes engarrafamentos. Os prejuízos dessa cidade pelos problemas de mobilidade urbana foram estimados em R\$ 33,5 bilhões por ano, incluindo-se os gastos com o que se deixa de produzir em função dos congestionamentos e às deseconomias causadas pelo excesso de veículos em circulação (CNT, 2010).

Com isso, é imprescindível repensar a organização dos transportes públicos nas grandes metrópoles brasileiras, implementando políticas de incentivo do transporte coletivo. Algumas soluções incluem a construção de sistemas sobre trilhos, utilização do sistema de barcas (quando possível) e a implantação de BRTs, que permitem o aumento da velocidade operacional dos ônibus, melhorando o desempenho do sistema e resultando na otimização do uso dos ônibus em circulação, reduzindo inclusive a emissão de poluentes e o tempo de viagem (CNT, 2010).

O setor de transportes vem sendo o principal consumidor de derivados de petróleo do país há muito tempo, como pode ser visto na Figura 1, através da ampla utilização de automóveis movidos à gasolina e diesel, combustíveis fósseis mais utilizados no setor. Em 2009, o setor sozinho foi responsável pelo consumo de 51,2 % do total de derivados de petróleo consumidos no Brasil (EPE, 2010).

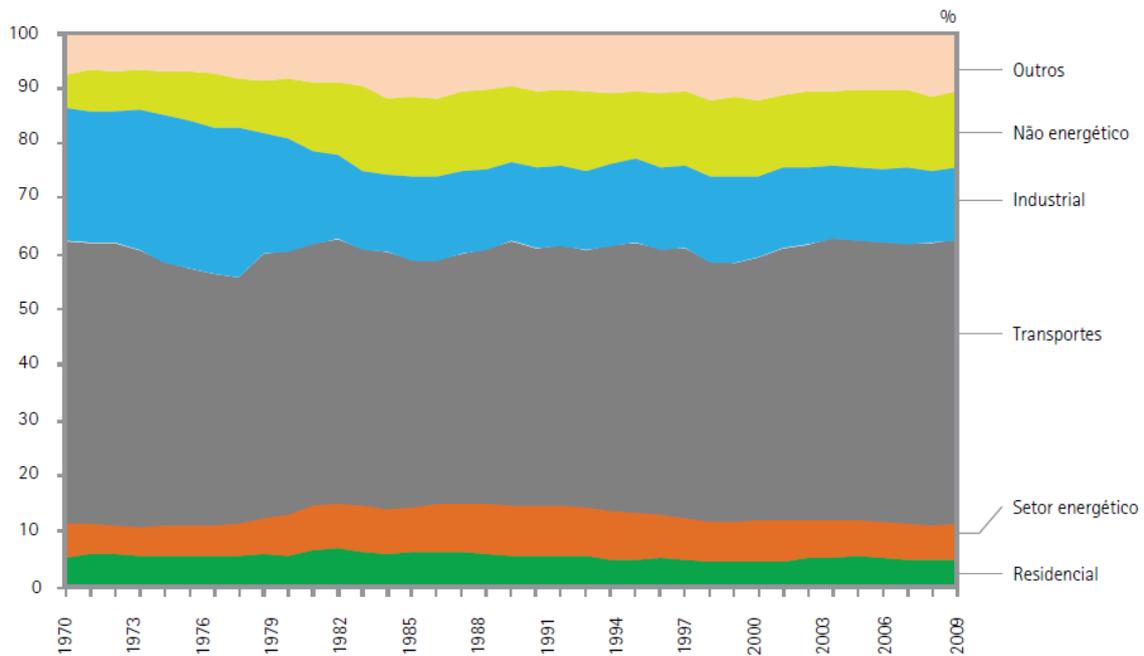


Figura 1 – Participação de cada setor no consumo de derivados de petróleo no país

Fonte: EPE, 2010

Dentro desse consumo de derivados de petróleo, o setor de transportes foi responsável pelo consumo de 35.813.000 m³ de diesel, sendo 97% desse consumo só no setor rodoviário, o que corresponde a 34.627.000 m³ (EPE, 2010). Esse consumo de diesel pelo modal rodoviário foi equivalente a 78% do consumo de óleo diesel no Brasil em 2009 (EPE, 2010). A gasolina é um combustível fóssil que é usado apenas pelo setor de transportes, e é o segundo combustível mais utilizado no país. A evolução do consumo de combustíveis pelo setor rodoviário pode ser visto na Figura 2 a seguir:

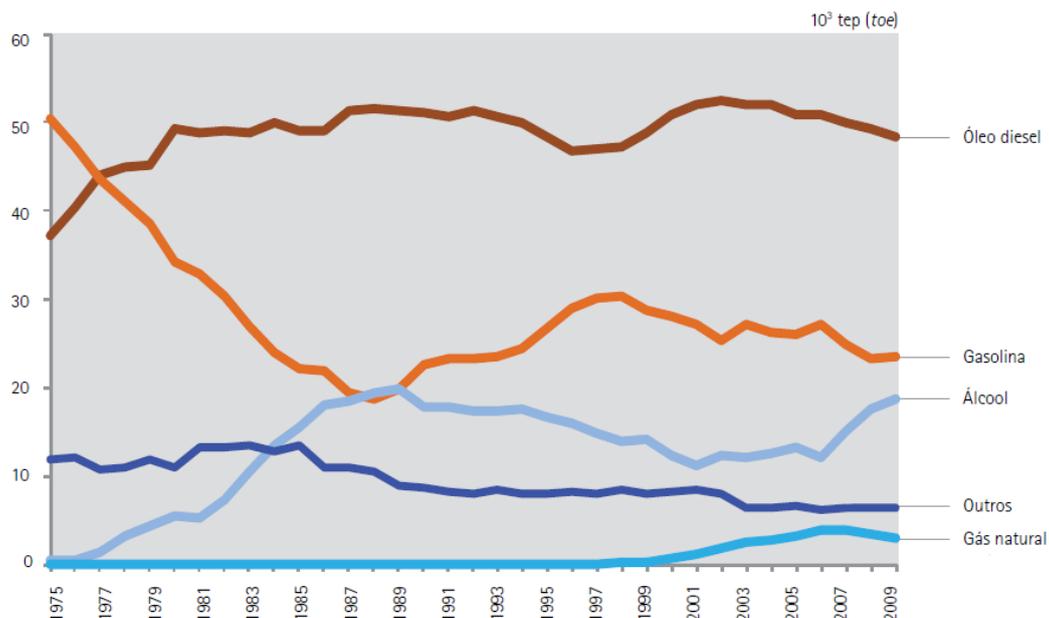


Figura 2 – Evolução do consumo de combustível pelo transporte rodoviário no Brasil

Fonte: EPE, 2010

Como pode ser visto na Figura 2, o óleo diesel é o combustível mais utilizado no país desde a década de 70, por sua grande difusão no sistema de transporte rodoviário de veículos pesados. A gasolina era o combustível mais utilizado no país até 1977, quando o consumo de diesel se equiparou ao de gasolina e passou a ser o combustível mais utilizado a partir de então. O consumo de gasolina passou a diminuir consideravelmente até 1989, enquanto o de etanol ia crescendo nesse mesmo tempo. Hoje, a gasolina é o 2º combustível mais utilizado, e o consumo de etanol está apenas um pouco abaixo ao da gasolina, quando se compara o consumo energético desses dois combustíveis, pois se comparar o consumo por volume, o de etanol atualmente já é maior que o de gasolina. A partir de 1999, surge o consumo de gás natural, que vem crescendo em participação como combustível para veículos leves no país.

A Figura 3 a seguir mostra o percentual de consumo de cada combustível no setor rodoviário, no ano de 2009.

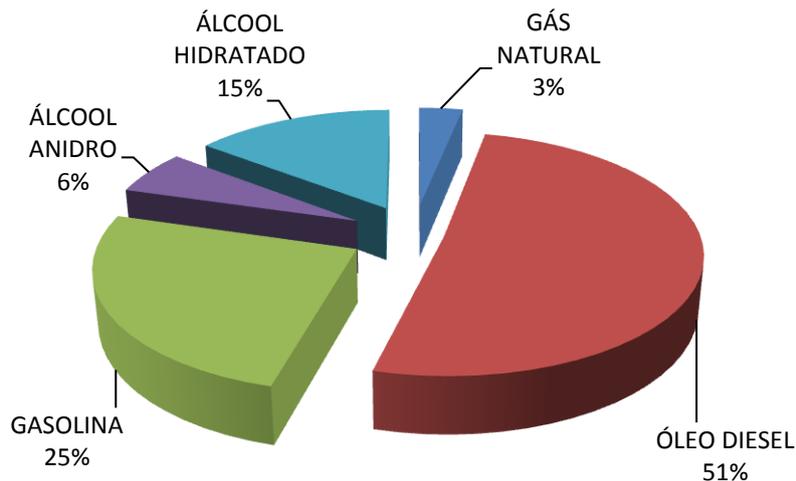


Figura 3 – Consumo de Combustível no setor rodoviário em 2009

Fonte: Elaboração própria baseado em EPE, 2010

Percebe-se pela Figura 3 que o diesel é responsável por metade do consumo de todo combustível utilizado no setor rodoviário, com 50,9%. A gasolina vem em segundo lugar, com 25,4% do consumo e o etanol usado como combustível vem logo atrás, com 14,6%. O etanol que é misturado na gasolina por uma medida mandatória do governo (álcool anidro) corresponde a 5,9% de todo consumo rodoviário e o gás natural veicular é o combustível menos utilizado, com apenas 3,2% do consumo no setor.

Por ter como base no sistema rodoviário, uma das medidas visando à diminuição dos impactos ambientais causado pelo intensivo uso de combustíveis fósseis no setor de transportes é a utilização de biocombustíveis, como o álcool anidro e o biodiesel, que já possuem mistura mandatória em toda gasolina e diesel comercializados no país, respectivamente, ou já são usados como combustíveis no setor e tem comercialização altamente difundida, como o álcool hidratado.

A criação do Programa Nacional do Álcool na década de 70 foi motivada pela crise de suprimento internacional do petróleo. O etanol (ou álcool) é um biocombustível para veículos leves, que no Brasil é produzido de cana de açúcar, apesar de poder ser

feito de diferentes tipos de biomassa, mas a cana-de-açúcar é a que oferece melhores vantagens energéticas e econômicas para o Brasil (ANP, 2010). O etanol pode ser visto como um combustível renovável “substituto” da gasolina.

Existem dois tipos de etanol utilizados no país: o hidratado, consumido em motores desenvolvidos para este fim, e o anidro, que é misturado à gasolina, sem prejuízo para os motores. Desde julho de 2007, toda gasolina comercializada no Brasil tem uma mistura de 25% de álcool anidro.

Além da grande utilização do etanol, desde 2008 existe outro componente renovável na matriz energética brasileira no setor de transportes: o biodiesel. O lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2004 surgiu após incentivo governamental e estabelece a obrigatoriedade de adição de biodiesel a todo óleo diesel comercializado ao consumidor, começando com uma mistura de 2% a partir de 1º de janeiro de 2008 e com planejamento de chegar até 5% a partir do ano de 2013, sendo o período de 2006 a 2008 de caráter voluntário. Contudo, em março de 2008 foi promulgada uma resolução antecipando as metas do programa, de modo que a obrigatoriedade da adoção da mistura de 3% de biodiesel no diesel passou a valer a partir de 1º de julho de 2008, sendo elevada para 5%, a partir de janeiro de 2010 (BEN 2010), que é o valor de mistura comercializada atualmente, denominado como B5. O histórico da participação de biocombustíveis no transporte do Brasil pode ser visto na Figura 4.

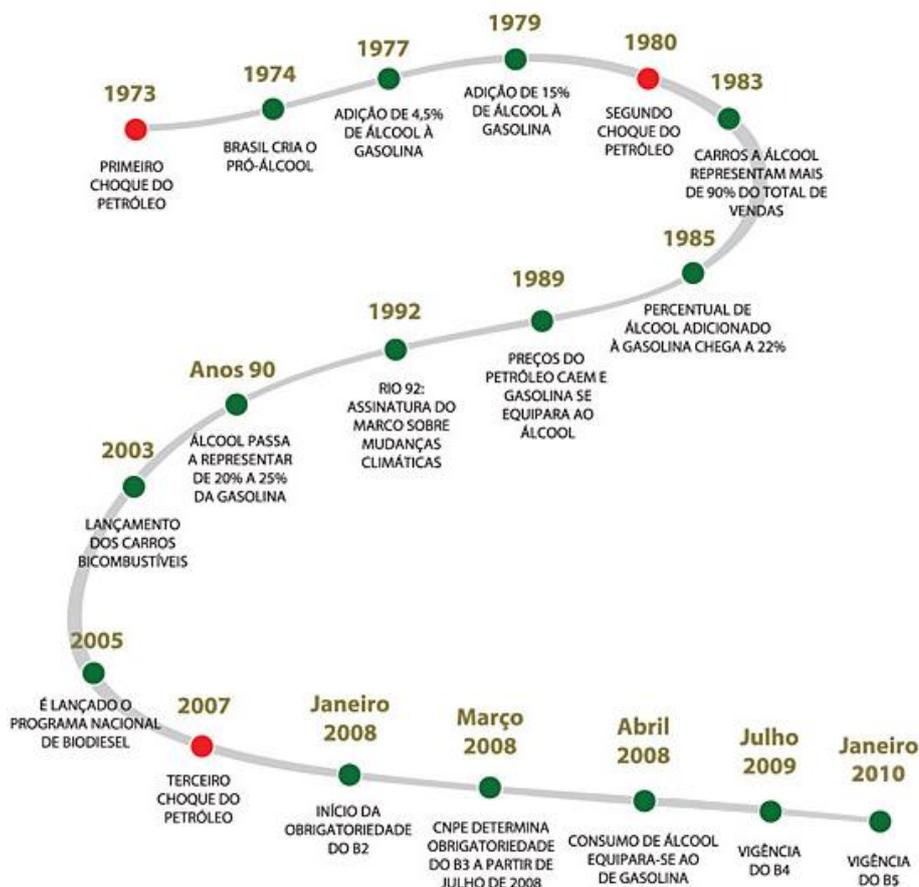


Figura 4 – Evolução dos biocombustíveis no Brasil

Fonte: ANP, 2010

De acordo com a ANP, em julho de 2010, cerca de 85% do biodiesel produzido no país tinha como origem o óleo de soja, que provém de uma cultura altamente mecanizada. Porém, quando o programa de biodiesel surgiu no país, este visava utilizar diversas fontes de óleo vegetal que podem ser cultivadas no país, investindo na agricultura familiar. Além disso, a soja tem uma produtividade de óleo por hectare plantado bem menor que diversas oleaginosas, como a palma e o pinhão manso, que necessitariam de menor área plantada para se atingir uma mesma quantidade de óleo vegetal produzido, diminuindo também os impactos ambientais associados ao plantio.

Apesar do consumo e produção de biodiesel ter aumentado muito nos últimos anos pelo aumento da porcentagem da mistura mandatória, o consumo de diesel no país no setor rodoviário ainda é muito elevado, como foi visto anteriormente. O diesel

ainda é o combustível mais utilizado no setor de transporte no Brasil, como pode ser visto na Figura 3, principalmente pela dependência do sistema rodoviário de automóveis pesados (ônibus e caminhões) no transporte de passageiros e cargas.

2.2. Emissões associadas ao setor

Os poluentes emitidos para a atmosfera podem se dividir de acordo com a sua área de influência, sendo classificados como locais e regionais/globais. Os poluentes atmosféricos locais estão relacionados com problemas de poluição em pequena escala e são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica nas grandes cidades, onde existem grandes concentrações de fontes móveis e fixas, gerando quantidades significativas desses poluentes para a atmosfera. Já os poluentes globais são aqueles que seu raio de ação ultrapassa a região de onde foi emitido, como é o caso dos gases de efeito estufa.

Os veículos são considerados fontes móveis, pois emitem poluentes de maneira dispersa, pois não tem um local fixo definido de posicionamento permanente. Para esse estudo, os principais poluentes locais a serem considerados são aqueles que são mais comumente emitidos por fontes móveis, listados a seguir (Braga, 2007):

- Monóxido de Carbono (CO): Composto gerado pela combustão incompleta de combustíveis que contenham carbono em sua composição.
- Óxidos de Enxofre (SO₂ e SO₃): São produzidos pela queima de combustíveis que contém enxofre em sua composição, além de serem gerados em processos biogênicos naturais.
- Óxidos de Nitrogênio (NO_x): A principal fonte deste poluente é a combustão, já que grande parte dos processos de combustão ocorrem em presença do ar, e o

nitrogênio (N_2) é o gás mais abundante na atmosfera. Também podem ser gerados por processos de descargas elétricas na atmosfera.

- Hidrocarbonetos: São resultantes da queima incompleta dos combustíveis e da evaporação desses e de outros materiais, como solventes orgânicos.
- Material Particulado: Partículas de material sólido e líquidos capazes de permanecer em suspensão, como é o caso da poeira, da fuligem e partículas de óleo. Esses poluentes podem ter origem nos processos de combustão (fuligem e partículas de óleo) ou ocorrer por fenômenos naturais, como é o caso da dispersão do pólen ou da suspensão de material particulado pela ação do vento.

Alguns desses poluentes são monitorados nas grandes cidades brasileiras como Rio de Janeiro e São Paulo, para o controle da qualidade do ar. Caso suas concentrações estejam muito acima da permitida, podem causar alguns danos à saúde humana, como mostra a Tabela 1.

Vale ressaltar que o ozônio (O_3) é o único poluente¹ que também é monitorado nas grandes cidades como Rio de Janeiro e São Paulo, mas não foi considerado na Tabela 1 por não ser uma emissão primária dos veículos, que são o foco desse estudo.

¹ O ozônio é um gás naturalmente presente na atmosfera, porém é considerado como poluente na troposfera, que é sua camada mais baixa, onde não está presente naturalmente, apenas por emissão antrópica.

Tabela 1 – Principais poluentes locais monitorados nas grandes cidades e seus efeitos à saúde humana

Poluentes Monitorados	Efeitos à saúde humana
Partículas em suspensão	Interfere no sistema respiratório e pode afetar os pulmões e todo o organismo.
Dióxido de Enxofre SO ₂	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar, agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.
Óxidos de Nitrogênio NO ₂ e NO	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.
Monóxido de Carbono CO	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares

Fonte: INEA, 2010

Além de causar efeitos à saúde humana, a alta concentração de poluentes locais também pode afetar a vegetação e fauna local. Além disso, pode causar alguns problemas críticos, como o *smog* fotoquímico, que tem como principal agente poluidor os veículos, com a emissão de NO_x, CO e HC, que reagem na atmosfera gerando novos poluentes, tendo como característica a cor marrom avermelhada na atmosfera.

De acordo com o inventário brasileiro, os automóveis movidos à gasolina são as principais fontes de lançamento de CO na atmosfera, responsáveis pela emissão de 1.814.000 Gg de CO/ano em 2005 (MCT, 2010). Em segundo lugar ficaram os caminhões movidos a diesel, com 612 Gg de CO/ano, no mesmo ano (MCT, 2010), porém percebe-se que a contribuição dos caminhões é bem inferior à contribuição de CO pela emissão dos veículos à gasolina. Essa grande contribuição de CO por veículos à gasolina pode ser visto na Figura 5.

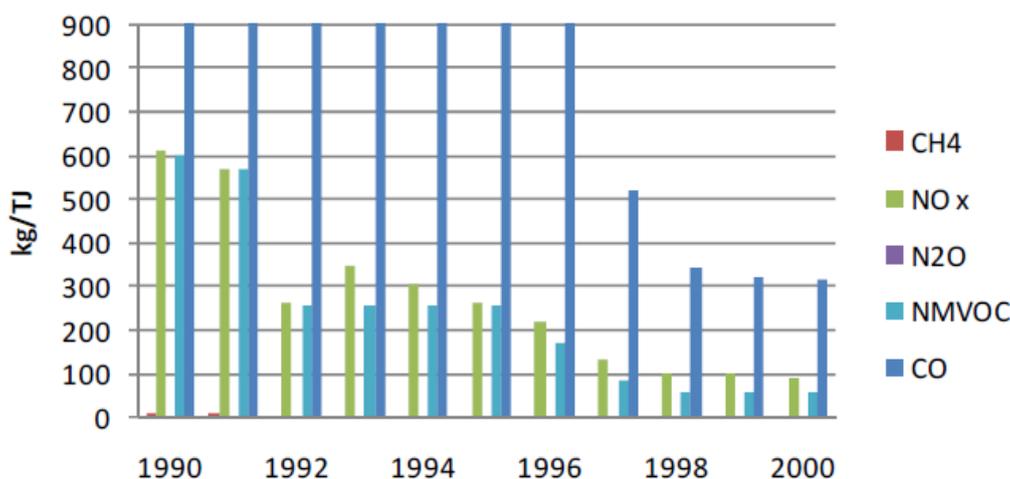


Figura 5 – Fatores de emissão de poluentes atmosféricos de automóveis novos à gasolina

Fonte: MCT, 2010

Percebe-se pela Figura 5 que a partir de 1997, os níveis de emissão de poluentes atmosféricos por veículos à gasolina diminuíram consideravelmente, principalmente os níveis de CO, NMVOC (compostos voláteis não metânicos) e NO_x. As emissões de CH₄ podem ser desprezíveis a partir de 1992, quando não aparece mais no gráfico, e a de N₂O também pode ser desprezada, como pode ser visto no gráfico.

Essa redução de emissão dos veículos novos se deu principalmente pelo PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores), consolidado pela Lei Federal 8.723 de 1993. O PROCONVE se baseia nas experiências de países desenvolvidos, exigindo que os veículos e motores novos atendam a limites máximos de emissão em ensaios padronizados e com combustíveis de referência (CETESB, 2010). O programa impõe ainda, entre outros, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto, e proíbe a comercialização de modelos de veículos não homologados segundo seus critérios (CETESB, 2010). Toda essa exigência contribui para a redução das emissões de poluentes por veículos, mas devido ao grande número desses nas grandes cidades, a emissão ainda é muito elevada, contribuindo para que muitas cidades possuam problemas relacionados à qualidade do ar.

No que diz respeito à poluição atmosférica global, os gases de efeitos estufa (GEE) estão fortemente relacionados a essa questão. O efeito estufa é um fenômeno natural do planeta, onde os GEEs presentes na atmosfera retêm parte da energia solar que é refletida pela Terra, o que causa um aquecimento natural, responsável pela manutenção da temperatura do planeta na média dos 15°C. Porém, devido à grande emissão antrópica desses gases, vem ocorrendo um aumento do calor retido, o que causa aumento da temperatura terrestre, o chamado aquecimento global. Algumas previsões futuras para a mudança do clima na Terra devido a esse efeito são catastróficas, como aumento dos níveis do oceano, com desaparecimento de diversas cidades litorâneas. Por isso é necessário que se tome medidas urgentes para diminuir a emissão antrópica de tais poluentes.

O GEE de maior importância é o dióxido de carbono (CO₂), que é o principal composto resultante da combustão completa de combustíveis que contenham carbono em sua composição, mas também é gerado no processo de respiração aeróbia dos seres vivos, que utilizam o oxigênio para liberar a energia presente nos alimentos ingeridos (Braga, 2007). O problema da emissão de CO₂ por combustíveis fósseis é que essa quantidade de CO₂ não fazia parte do ciclo natural do carbono na Terra, pois estava armazenado em estruturas geológicas, e é liberado para a atmosfera após sua queima, aumentando assim a concentração desse gás na atmosfera. A diferença dessa emissão para a de biocombustíveis é que o CO₂ liberado após a queima dos biocombustíveis já fazia parte do ciclo de carbono natural, pois foi capturada na etapa de crescimento da biomassa, não aumentando a concentração de CO₂ do ciclo de carbono.

O controle do efeito estufa está relacionado ao controle das emissões antrópicas de CO₂, que podem ser atingidas com a diminuição da combustão de combustíveis fósseis, por exemplo, através da substituição por fontes renováveis de energia ou pela

eficiência energética no seu consumo, que no caso do setor de transportes pode ser feito através de melhorias no transporte coletivo.

Os outros gases de efeito estufa relacionados com emissões antrópicas são o metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e os Clorofluorcarbonos² (CFCs), cada um com um potencial de aquecimento global próprio. O conceito de potencial de aquecimento global (ou GWP, da sigla em inglês *Global Warming Potential*) foi desenvolvido para comparar a habilidade de cada GEE em reter o calor na atmosfera, em comparação com o que seria retido pelo CO_2 , de acordo com a unidade de massa de cada um e considerando um tempo de permanência específico. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) já publicou alguns valores de referência para o potencial de aquecimento global de alguns GEEs, em seus relatórios. Porém, os valores mais comumente usados na literatura, e os que são considerados pelo Protocolo de Quioto, são os valores listados no *Second Assessment Report (SAR)* do IPCC, que considera um tempo de permanência de 100 anos. De acordo com esses valores, o GWP do dióxido de carbono é 1, o do metano é de 21 e o do óxido nitroso, de 310. Percebe-se então que comparativamente, a emissão de N_2O e CH_4 é muito mais intensificadora ao aquecimento global que a emissão de CO_2 , porém, nos processos de combustão, a quantidade emitida de CO_2 é geralmente muito maior que a desses outros gases. No caso do setor de transportes, como foi visto na Figura 5, as emissões de N_2O e CH_4 representam parcelas muito pouco significativas do total de poluentes que é emitido.

O Brasil, por ser signatário da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, tem o compromisso de fazer uma Comunicação Nacional

² Os CFCs também são responsáveis por outro problema global, o da destruição da camada de ozônio na atmosfera. Como o Protocolo de Montreal já regula a emissão desses gases para a atmosfera, eles não são contemplados pelo Protocolo de Quioto, que será visto mais adiante nesse estudo.

reportando suas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (que controla as emissões de gases prejudiciais à camada de ozônio) por meio de um inventário. De acordo com esse inventário desenvolvido pelo Brasil, que reporta as emissões ocorridas no período de 1990 a 2005, a análise das emissões ocorridas nesse período mostra uma redução da participação dos caminhões no total das emissões de CO₂, compensada pelo aumento da participação de automóveis, como pode ser visto na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Participação das diferentes categorias de automóveis nas emissões de GEE em 1990 e 2005 no Brasil

Categoria	Participação em 1990 (%)	Participação em 2005 (%)
Automóveis	27,4	34,7
Comerciais Leves	12,6	18,3
Caminhões	51,4	38,5
Ônibus	8,7	8,6

Fonte: MCT, 2010

Percebe-se pela Tabela 2 que participação das emissões de GEE no país originadas pelo consumo de combustíveis fósseis por caminhões diminuiu quase 13% no período de 1990 a 2005. As emissões por ônibus mantiveram praticamente a mesma contribuição, e houve um pequeno aumento da contribuição de GEE no país por veículos comerciais leves. Contudo, percebe-se um aumento significativo da contribuição dos automóveis nesses 15 anos, que passaram de 27,4% das emissões de GEE do país em 1990 para 34,7% das emissões em 2005. As médias de emissões de CO₂ provenientes do transporte rodoviário em 2005 podem ser vistas na Tabela 3 a seguir, por tipo de veículo e combustível.

Tabela 3 – Emissões de CO₂ em 2005 por combustível e por veículo

Emissões de CO₂ em 2005 (Gg/ano)		
Gasolina	Automóveis	39.987
	Comercial leves	7.463
	Caminhões	723
	Ônibus	-
Diesel	Automóveis	3,76
	Comercial leves	16.070
	Caminhões	50.627
	Ônibus	11.448
Álcool	Automóveis	6.395
	Comercial leves	882
	Caminhões	52
	Ônibus	-

Fonte: Adaptado de MCT, 2010

Como pode-se observar na Tabela 3, os caminhões movidos a diesel foram a maior fonte de emissão de CO₂ no setor rodoviário em 2005, com a emissão de 50.627 Giga gramas (o equivalente à mil toneladas) por ano. O segundo tipo de veículo que mais emitiu esse GEE no ano de 2005 foi o automóvel movido à gasolina, com 39.987 Gg/ano. Os automóveis comerciais leves e os ônibus movidos a diesel, também apresentaram emissões significantes. Os automóveis a álcool³ e os comerciais leves a gasolina também contribuíram com uma pequena parcela das emissões.

Ainda não havia estimativas mais recentes de emissões de CO₂ associadas ao setor até o fechamento desse estudo, porém não houve nenhuma mudança modal significativa durante esse período no país que modifique muito o efeito comparativo entre as emissões dos veículos entre o ano de 2005 e 2010. O que pode influenciar os valores das emissões nos próximos estudos em comparação com os valores de 2005

³ Apesar de ser oriundas de um biocombustível, as emissões de CO₂ por veículos a álcool na Tabela 3 não são consideradas neutras. Isso ocorre porque a metodologia do IPCC usada pelo MCT considera a cana (matéria-prima do álcool) como absorvedora de carbono, quando é considerado também o setor de florestas e agricultura, pois assim as emissões do combustível são zeradas. Nessa tabela, não foram consideradas as florestas e agriculturas, considerando apenas as emissões pelo biocombustível, apesar do balanço global do álcool ser neutro.

é a maior participação dos bicompostíveis na matriz energética, tanto na inserção do biodiesel no diesel como a mistura maior de etanol na gasolina, que ocorreram após 2005.

3. PROJETOS DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GEE NO SETOR DE TRANSPORTES

3.1. Protocolo de Quioto e Projetos de MDL

O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional ligado à Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (CQNUMC), e a maior característica deste protocolo foi estabelecer metas de redução de emissão de GEE obrigatórias a 37 países industrializados e à comunidade europeia (CQNUMC, 2010a). Essas metas equivalem a uma redução média de 5% dos níveis de emissão de 1990, durante um período de 5 anos (de 2008 a 2012) (CQNUMC, 2010a). Enquanto a CQNUMC encoraja os países desenvolvidos a estabilizarem suas emissões de GEE, o Protocolo de Quioto os compromete a fazê-lo (CQNUMC, 2010a).

O protocolo foi desenvolvido em dezembro de 1997, na cidade japonesa de Quioto e entrou em vigor em fevereiro de 2005. As suas regras de implementação foram adotadas no Acordo de Marrakesh em 2005. O Protocolo de Quioto reconhece a responsabilidade dos países desenvolvidos pelas altas concentrações de GEE na atmosfera, devido às emissões que ocorrem pela atividade industrial há mais de 150 anos. Sendo assim, cai sobre essas nações uma maior responsabilidade nas atividades de redução de emissão, de acordo com o princípio de “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” (CQNUMC, 2010a).

Seguindo o acordo, os países desenvolvidos precisam atingir suas metas primeiramente com medidas nacionais. Porém, o Protocolo de Quioto oferece uma maneira adicional de atingir essas metas, baseado em 3 mecanismos (CQNUMC, 2010a):

- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)
- Negociação de Emissões (Mercado de Carbono)
- Implementação Conjunta.

Esses mecanismos ajudam o investimento em projetos mais limpos, além de auxiliarem as partes a atingirem suas metas de redução de emissão de uma forma custo-eficiente e mais flexível (CQNUMC, 2010a). Desta forma, a redução de emissão ganhou um valor econômico, o que também fornece incentivos a não só setores públicos investirem em projetos de redução de emissão, mas também ao setor privado.

Ao fim do período de compromisso do Protocolo de Quioto em 2012, um novo acordo deve ser negociado e ratificado, para dar continuidade ao que já foi desenvolvido até agora. Porém, até janeiro de 2012 não existiam metas de redução estabelecidas, tanto para os países desenvolvidos quanto para os em desenvolvimento.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) promove projetos de redução de emissão em países em desenvolvimento, com o recebimento de Reduções Certificadas de Emissão (RCE) (CER, da sigla em inglês *Certified Emission Reduction*) que equivalem a uma tonelada de CO₂ (CQNUMC_a, 2010). Essas RCEs, ou CERs, podem ser comercializadas e usadas por países desenvolvidos para que eles possam atingir parcialmente suas metas de redução de emissão, estabelecidas no Protocolo de Quioto.

3.2. Projetos de redução de emissão de GEE no setor

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo requer a aplicação de uma linha de base de emissões e um sistema de monitoramento para determinar a quantidade de CERs a ser obtida com o projeto, de acordo com as metodologias de MDL aprovadas. Essas metodologias são aprovadas ou desenvolvidas pela CQNUMC, e servirão como base nesse estudo para indicar os projetos de redução de emissão no setor de transportes.

As metodologias podem ser divididas em metodologias de larga escala (iniciadas por AM), de pequena escala (inicial AMS) e consolidadas (ACM). A Tabela 4 a seguir mostra todas as metodologias aprovadas do setor de transporte até janeiro de 2011, assim como a quantidade de projetos em validação, negados ou já registrados no mundo em cada metodologia até a mesma data. Nem todos os projetos que estão na fase de validação necessariamente terão seu registro aceito como projeto de MDL pela CQNUMC, pois isso depende do cumprimento das especificações da metodologia e das regras de MDL.

Tabela 4 – Projetos de MDL no setor de Transportes de acordo com as metodologias aprovadas (até Janeiro de 2011)

Projeto	Metodologia	Projetos registrados	Projetos em validação	Projetos negados	Total de Projetos no Mundo*
Mistura de Óleo vegetal no Diesel	AMS.III.T	1	-	-	1
Mistura de Biodiesel no Diesel	AM0047	-	1	2	1
	ACM0017	-	9**	-	9
	AMS.III.AK	-	1	-	1
Mudança Modal no Transporte de Cargas	AM0090	-	-	-	-
Melhoria no Transporte de Passageiros - BRT	AM0031	1	8	2	9
Melhoria no Transporte de Passageiros - Bondes	AMS.III.U	1	-	-	1
Melhoria no Transporte de Passageiros - VLT e Metrô	ACM0016	-	4	-	4
Veículos Elétricos e Híbridos	AMS.III.C	1	9	3	10
Tecnologia Retrofit	AMS.III.AA	-	-	-	-
Carros de Baixa Emissão de GEE	AMS.III.S	-	-	-	-
Utilização de dispositivo de ajuste de marcha lenta	AMS.III.AP	-	-	-	-
Utilização de Gás Natural Biogênico em Veículos	AMS.III.AQ	-	-	-	-
TOTAL					36

* Excluindo os projetos negados

** Inclui projetos que destinam o biodiesel para veículos e indústrias

Fonte: Elaboração própria baseado em CDM Pipeline, 2011

Como pode-se observar na Tabela 4, existem apenas 36 projetos de MDL no setor de transportes, considerando apenas os projetos em validação ou os que já estão registrados e excluindo os projetos negados. Desses 36 projetos, apenas 4 já foram registrados no mundo como projetos válidos de MDL, com direito a receber créditos de carbono. Considerando a importância do setor de transporte no mundo, esse número é muito baixo. Outros setores, como o de eletricidade, já possuem um número muito alto de projetos de MDL no mundo, somando mais de 3.800 projetos em validação e aprovados.

Dentre esses projetos exibidos na Tabela 4, o Brasil colaborou com apenas 1 projeto, que teve a aprovação negada pela CQNUMC. Era um projeto de fabricação de biodiesel por óleo descartado, com uma redução de emissão prevista de 410.417 toneladas de CO₂e por ano.

A seguir, serão descritos os projetos de redução de emissão de GEE baseados nas metodologias aprovadas da CQNUMC, mencionados na Tabela 4.

3.2.1. Fabricação de biodiesel para utilização no transporte

O projeto em questão se baseia na metodologia AMS.III.AK e consiste na mistura de até 20% de biodiesel no diesel utilizado por veículos, produzido pela transesterificação de óleos/gorduras já utilizadas ou através da transesterificação de óleo vegetal produzido por oleaginosas cultivadas em áreas já degradadas.

Esta metodologia só se aplica em misturas de no máximo 20% de volume de biodiesel no diesel (B20) para assegurar que o desempenho da mistura não seja muito diferente da performance do diesel puro nos veículos e não necessite de nenhuma modificação nos motores. Apenas o biodiesel que é consumido além da mistura mandatória é elegível a créditos como projeto de MDL. No Brasil, desde janeiro de

2010, a mistura mandatória de biodiesel no diesel é de 5%, e como a mistura nesse projeto pode chegar até 20%, esse projeto ainda poderia ser aplicado no Brasil e receber créditos com o excedente.

Apesar da redução de emissão ocorrer na etapa do consumo do combustível, são os produtores do biodiesel que recebem os créditos de carbono nesse projeto. A redução de emissão de GEE desse projeto se dá pela diminuição do consumo de combustível fóssil (diesel) que seria consumido, caso não fosse misturado a um biocombustível.

O cálculo da redução de emissão é feito pela diferença entre a emissão de linha de base (antes do projeto) e todas as emissões associadas ao projeto. A emissão de linha de base é associada à quantidade de diesel que deixou de ser consumido após o início da circulação dos veículos com a mistura biodiesel/diesel. Já as emissões de projeto incluem:

- As que ocorrem durante o plantio da oleaginosa (caso o biodiesel seja fabricado por óleo vegetal)
- As que ocorrem pelo transporte de matéria-prima até a usina de processamento do óleo (pode ser desconsiderada caso a distância entre o plantio e usina seja menor que 50 km)
- As que ocorrem no processo de fabricação do óleo vegetal (caso o biodiesel seja fabricado por óleo vegetal)
- Emissões associadas à produção de biodiesel (que incluem o gasto energético nesse processo e emissões associadas ao metanol, caso ele seja utilizado)

As emissões do biodiesel na etapa de consumo por veículos não são contabilizadas, pois o CO₂ emitido pelo biodiesel foi absorvido pela biomassa durante seu crescimento e já fazia parte do ciclo de carbono natural, o que não se aplica aos combustíveis fósseis.

O único projeto de MDL do Brasil no setor de transportes (até janeiro de 2011) era desse tipo, mas teve seu registro negado pela CQNUMC. Ele era baseado em outra metodologia (AM0047, que foi posteriormente substituída pela ACM0017, não detalhada nesse estudo por não ser específica do setor de transportes), porém também consistia na mistura de biodiesel no diesel veicular. Este projeto incluía a construção e operação de uma planta para produção de biodiesel através de óleo/gordura usada no Estado de São Paulo, cuja produção seria destinada a uma frota cativa. Eram considerados 10 anos de crédito para esse projeto, com uma média de redução de emissão estimada em 410.417 toneladas de CO₂e por ano.

A metodologia AMS.III.AK, apesar de ter sido recentemente aprovada, já possui um projeto em validação baseada nela no Vietnã, com uma redução de emissão estimada de 7.531 toneladas de CO₂e por ano. As metodologias AM0047 e ACM0017, que são bem similares a essa que foi recentemente aprovada, mas não eram específicas ao setor de transportes, possuem em conjunto 10 projetos em validação no mundo.

De acordo com o documento de concepção desse projeto brasileiro de mistura de biodiesel no diesel, uma das principais barreiras de implementação citada é a falta de infraestrutura para suprir os recursos necessários para a produção do biodiesel. Como esse projeto usaria óleo de cozinha usado para a produção do biodiesel, apesar de haver quantidade representativa de matéria prima para a produção no local, não há práticas de manejo, coleta e controle de qualidade desses rejeitos.

Existe também uma barreira relacionada à mudança de matéria prima para a produção de biodiesel. Quando o programa de biodiesel foi iniciado no Brasil, idealizou-se que a produção de biodiesel seria feita com diversos tipos de oleaginosas, principalmente, provenientes da agricultura familiar. Contudo, cerca de 80% do biodiesel fabricado atualmente no Brasil usam como matéria-prima o óleo de soja, que vem de uma cultura altamente mecanizada e que não possui um alto rendimento de

óleo vegetal por hectare. Porém, a indústria de soja no país é muito bem consolidada, o que possibilita a disponibilização deste óleo para a indústria de biodiesel. Outras culturas, como o dendê, possuem rendimentos de óleo muito maiores e poderiam ser utilizadas para esse fim. Entretanto, é necessário que exista um planejamento de plantio e de logística, de modo que o óleo de dendê consiga ser atrativo o suficiente, possibilitando uma maior participação desta e de outras oleaginosas na produção de biodiesel no país. Com o tamanho continental do território brasileiro, onde diversas culturas diferentes são bem adaptadas, esse potencial poderia ser mais explorado, principalmente visando às oleaginosas mais produtivas, que necessitariam de menor área plantada para produzir a mesma quantidade de óleo vegetal que a soja. Talvez o incentivo financeiro dado pelo recebimento de créditos de carbono possibilite uma maior diversificação de fontes para produção de biodiesel no país.

Também deve ser mencionada uma barreira enfrentada pelos biocombustíveis em geral, que se refere à percepção de que a utilização de óleos vegetais na produção de biocombustíveis competirá com a produção de alimentos, resultando em aumento do nível de desmatamento devido à necessidade de novas áreas de plantio para atender o aumento crescente da demanda. Porém, de acordo com a metodologia em que esse projeto se baseia, para conseguir os créditos, o plantio da oleaginosa deve ser feito em áreas já anteriormente degradadas.

No Brasil, desde 2008 já existe uma mistura mandatória de biodiesel em todo diesel comercializado, mas esse projeto não entrou no âmbito de obtenção de créditos de carbono, apesar de reduzir as emissões de GEE no setor de transportes.

3.2.2. Mistura de Óleo Vegetal ao Diesel

O projeto em questão se baseia na metodologia AMS.III.T da CQNUMC e consiste na mistura de 10% de óleo vegetal *in natura* no diesel utilizado por veículos, produzido

através do plantio de oleaginosas em áreas degradadas. O óleo vegetal *in natura* se difere do biodiesel por não passar pelo processo de transesterificação.

Assim como no projeto de mistura de biodiesel no diesel, apenas os produtores do óleo vegetal podem conseguir créditos de carbono por esse projeto, apesar da redução de emissão se dar no consumo do combustível. Também similar ao mesmo projeto, as emissões de linha de base são calculadas de acordo com o diesel que deixa de ser consumido após a mistura com o biocombustível. Já as emissões do projeto também incluem as emissões associadas ao plantio da oleaginosa, as emissões pelo processamento do óleo vegetal e pelo transporte da matéria-prima à usina.

Até o momento, não há nenhum projeto de MDL de mistura de óleo vegetal no diesel veicular no Brasil. O Paraguai desenvolveu o único projeto baseado nessa metodologia, já aprovado pela CQNUMC. O projeto tem um período de crédito de 7 anos, com uma média de redução de emissão anual de 17.188 toneladas de CO₂e.

Uma das barreiras de implementação deste projeto paraguaio, que foi destacada em seu documento de concepção de projeto, foram os desafios a serem enfrentados pelo fato de ser pioneiro no país, o que também aconteceria no Brasil. Porém, de acordo com o mesmo documento, os riscos e incertezas associadas a este fato poderiam ser compensados pelo capital recebido pelos créditos de carbono, além do reconhecimento internacional de ter um projeto registrado na CQNUMC.

Um projeto desse tipo a ser implementado no Brasil ainda poderia encontrar outra importante barreira, que é o fato de o óleo vegetal não ser um combustível especificado pela ANP para uso em motores, não tendo garantias dos fabricantes de veículos para o uso de óleo vegetal para esse fim (ANP, 2010_b).

3.2.3. Veículos Elétricos e Híbridos

Esse projeto tem como base a metodologia AMS.III.C da CQNUMC, de redução de emissão de GEE por veículos elétricos e híbridos. A emissão de linha de base se dá pela emissão gerada pela energia consumida por quantidade de “serviço” dos veículos que seriam utilizados na ausência do projeto. Para os carros elétricos, a emissão de projeto consiste nas emissões associadas à geração de energia elétrica que será usada pelos veículos no projeto. Já nos carros híbridos que também utilizam combustível fóssil, as emissões associadas ao projeto devem incluir, além das emissões pela geração de energia elétrica, a emissão do combustível fóssil que será utilizado.

Não existe nenhum projeto registrado ou em fase de validação baseado nesta metodologia no Brasil, mas existe 1 projeto de MDL já aprovado no mundo, localizado na Índia. A Índia também é responsável por 8 dos 9 projetos baseados nessa metodologia que se encontram em fase de validação na CQNUMC, sendo o outro do Chile.

No único projeto aprovado desta metodologia, o transporte de carros deixou de ser feito por rodovias e passou a ser feito por vagões em ferrovias na Índia. Esse projeto tem um período de crédito de 10 anos, com uma média de redução de 23.000 toneladas de CO₂e por ano. A redução de emissão de GEE se dá pelo fato dos veículos ferroviários emitirem bem menos CO₂ para percorrer a mesma distância que os veículos rodoviários emitiriam, sendo considerado um veículo de baixa emissão de gases do efeito estufa.

Não havia anteriormente nenhum projeto desse tipo na Índia, portanto esse projeto também sofria as barreiras por ser um projeto pioneiro. O transporte de carros por rodovias era bem mais barato que o feito apenas por ferrovias ou de uma

combinação entre ferrovias e rodovias, mas emitiria muito mais gases de efeito estufa no mesmo percurso. Contudo, a possibilidade de ganhar créditos como um projeto de MDL viabiliza o projeto, e dá incentivo para que os projetos de redução de emissão, mesmo mais caros que a prática comum, sejam desenvolvidos. Os veículos híbridos e elétricos ainda possuem um alto valor de investimento, quando comparados aos veículos convencionais.

3.2.4. Mudança Modal de Transporte de Cargas

Esse projeto se baseia na metodologia AM0090, e consiste na mudança no transporte de cargas do modal rodoviário para o hidroviário ou ferroviário. A emissão de linha de base do projeto é associada à emissão que ocorre no transporte da carga por rodovias, enquanto que as emissões de projeto são as emissões para transportar a mesma quantidade de carga, com o mesmo ponto de partida e destino da linha de base, mas utilizando ferrovias ou hidrovias. A redução de emissão se dá pela substituição do transporte por um modal menos intensivo em emissão de GEE.

O transporte regional de cargas é feito 60% por rodovias no Brasil (Banco Mundial, 2010). Sendo assim, esse tipo de projeto tem um grande potencial de redução de emissão no país.

Uma das barreiras enfrentadas nesse projeto é relacionada ao investimento, pois é necessário um alto investimento na infraestrutura do projeto, seja construindo galpões de armazenamento, adquirindo barcaças ou até a necessidade de construção/adequação de portos no caso do transporte hidroviário, ou investindo em ferrovias e locomotivas. Mais uma vez, o transporte rodoviário poderia sair mais barato que a implementação de projetos desse tipo, mas a possibilidade de receita com os créditos de carbono pode ser um incentivo para desenvolvê-los.

Outra barreira é relacionada à prática comum. De acordo com a Confederação Nacional de Trânsito (CNT), o Brasil não possui uma rede de infraestrutura operando de forma eficiente entre os modais em todas as regiões, gerando um grave desequilíbrio na matriz de transporte (CNT, 2009). O sistema ferroviário brasileiro é bastante deficiente, antiquado e com pouca capilaridade, como já foi visto anteriormente. Também segundo a CNT (2009), há uma estagnação de investimentos do Governo Federal na ampliação da malha para localidades que apresentam grande oferta de cargas a granel, além do fato de que a concessão das ferrovias brasileiras está distribuída entre muitas empresas, o que dificulta o transporte que precisa usar trilhos de mais de uma concessionária. Essa logística não é simples e pode ser considerada uma barreira tecnológica aos projetos de mudança para transporte ferroviário.

3.2.5. VLT e Metrô

A metodologia em que esse projeto se baseia é a ACM0016, para “Projetos de transportes rápidos de passageiros”, ou MRTs, da sigla em inglês *Mass Rapid Transit*. Os MRTs podem ser sobre trilhos, como os metrô e Veículos Leves sobre Trilhos (VLT), ou também rodoviários, como os BRTs (da sigla em inglês *Bus Rapid Transit*). Contudo, os BRTs já possuem metodologia própria e serão abordados posteriormente, como um projeto separado. Com base nessa metodologia, serão considerados os projetos de metrô e VLTs.

O sistema de VLT se difere do sistema de bondes por não compartilhar espaço com o tráfego comum nem precisam esperar em cruzamentos, pois possuem “canaletas” exclusivas (NTU, 2009). Um exemplo de sistema de VLT já em atividade pode ser visto na Figura 6.



Figura 6 – Sistema de VLT em Dublin, Irlanda

Fonte: NTU, 2009

O projeto em questão consiste na substituição parcial ou total do transporte de passageiros dos sistemas convencionais de ônibus por sistemas de VLT ou de metrô. No caso do VLT, a redução de emissão pela implantação do projeto irá ocorrer através da melhoria da eficiência do combustível devido ao uso de um transporte de massa mais leve e flexível que as ferrovias comuns. Já no caso dos metrô, a redução de emissão se dá pela melhoria da eficiência do combustível, devido ao uso de um transporte de massa capaz de transportar uma quantidade maior de passageiros de uma só vez, quando seriam necessários diversos ônibus ou carros para esta mesma tarefa.

Apesar de já existirem em diversas cidades do mundo, ainda não existe nenhum projeto de MDL registrado que reduza emissões de GEE com a utilização de um sistema VLT ou de metrô. Na CQNUMC, existem apenas 4 projetos em validação para essa metodologia: 2 são de sistemas de BRTs no México (que já possui uma metodologia separada só para este sistema), e 2 de metrô na Índia. Não existe nenhum projeto em validação ou já aprovado com base nesta metodologia no Brasil.

Uma barreira que a implantação de um projeto desse tipo poderia enfrentar no Brasil é o alto investimento necessário. De acordo com dados da CNT, os custos associados à implantação de VLTs e de Metrôs podem chegar a 4 e 20 vezes, respectivamente, maiores que implementar um sistema rodoviário de BRT, além de levar muito mais tempo para ser construído. Como esses projetos provavelmente seriam construídos nas cidades com maior concentração de habitantes, com espaços urbanos bastante saturados, é necessário demolir e indenizar um grande número de proprietários localizados na faixa de domínio do projeto.

Por ser um projeto de transporte urbano, um grande desafio enfrentado no Brasil está na falta de financiamento e necessidade de maior coordenação institucional (Banco Mundial, 2010). Cada um dos mais de 5 mil municípios brasileiros tem autonomia para administrar independentemente o seu sistema de transporte urbano, o que dificulta a harmonização de planos e políticas públicas para todo o país (Banco Mundial, 2010). Além disso, os sistemas de transporte de massa em áreas urbanas exigem grande quantidade de capital, o que impede que muitos municípios tenham condições de implementá-los (Banco Mundial, 2010).

3.2.6. BRT

O BRT é um Sistema Rápido de Ônibus, capaz de transportar uma grande quantidade de passageiros com rotas definidas. É um sistema de transporte por ônibus que proporciona mobilidade urbana rápida, confortável e com custo eficiente por meio da provisão de estrutura segregada, com prioridade de passagem, operação rápida e freqüente excelência em marketing e serviço ao usuário (Manual de BRT, 2008). A redução de emissão do projeto de BRT se dá pela melhoria da eficiência do combustível devido ao uso de ônibus mais novos e maiores que os convencionais,

tornando o transporte público mais eficiente e atrativo, de acordo com a metodologia de MDL AM0031.

Em todo o mundo, existem mais de 80 cidades com sistemas de BRT implantados e outras centenas com projetos em fase de implantação (NTU, 2010). Contudo, nem todos esses projetos existentes ou em planejamento entraram no âmbito do MDL ou foram planejados para gerar créditos de carbono. Como foi visto na Tabela 4, apenas 9 projetos de BRT estavam em fase de aprovação na CQNUMC para tal objetivo até janeiro de 2011 e 1 projeto já foi aprovado na Colômbia. Ainda não existe nenhum projeto brasileiro de BRT no âmbito de MDL com registro na CQNUMC.

A idéia do BRT é reproduzir as principais características de sistemas de transporte sobre trilhos mais modernos, de modo a melhorar a mobilidade urbana nas grandes e médias cidades, mas a um custo de implantação muito menor: em torno de 4 vezes menos que um sistema de bondes ou de veículo leve sobre trilhos (VLT) e 20 vezes menor que um sistema de metrô, além de também possuírem um prazo de implantação bem menor (de 24 a 36 meses) (NTU, 2010).

A idéia de um sistema de transporte como o BRT surgiu no Brasil. Em 1970, foi implantada a inovadora Rede Integrada de Transportes (RIT) de Curitiba. Entretanto, apenas no final de década de 90 esta tecnologia, já com a denominação internacional de BRT, assumiu novamente seu papel de destaque e hoje as cidades de Goiânia, São Paulo e Porto Alegre já possuem sistemas de BRT implantados (Fetranspor, 2009), mas nenhum como projeto de MDL.

Uma das primeiras cidades a adotar o sistema foi Bogotá, capital colombiana, que criou em 2001 o BRT denominado TransMilenio, que foi o único projeto já aprovado de BRT até janeiro de 2011. O sistema retirou das ruas da cidade cerca de sete mil veículos coletivos particulares de pequeno porte e de má qualidade, o que reduziu o consumo de combustível e diminuiu em 59% as emissões de poluentes

(NTU, 2010). O TransMilenio transporta cerca de 1,6 milhão de passageiros diariamente, contando com 114 estações de ônibus e atendendo a 318 bairros da capital colombiana (NTU, 2010). A Figura 7 mostra esse sistema em operação.



Figura 7 – Projeto de BRT TransMilenio, em Bogotá, Colômbia

Fonte: CQNUMC, 2004

As barreiras enfrentadas para implantação do BRT no Brasil são as mesmas que outros projetos de transporte público também enfrentam, como a barreira de investimento, já que o poder público tem outras despesas além do transporte e às vezes esse setor não é uma prioridade. Outra barreira é a de prática comum, já que em muitos locais ainda não existem BRTs e o projeto sofreria a barreira de ser pioneiro.

Além disso, os atuais operadores do transporte formal e informal podem criar resistência à mudança para o novo sistema, já que em muitos países eles têm bastante força e temem a redução de seus lucros. Outra importante barreira, assim como em outros projetos de MDL, o investimento é bem alto, e caso não houvesse a

geração de receitas com o crédito de carbono gerado talvez não houvesse incentivo para o poder público desenvolver o projeto, pois haveria uma grande necessidade de subsídios de grande monta.

No Brasil, como já foi dito anteriormente, o planejamento de transportes urbanos é descentralizado, visto que cada cidade é responsável pelo seu próprio sistema de transporte urbano. Esta descentralização pode ser apontada como fator limitador à implementação desse tipo de projeto em diversas cidades brasileiras, já que inexistem qualquer regulamentação que obrigue a adoção desse tipo de sistema de transporte de passageiros, com menor emissão de GEE.

3.2.7. Bondes

O projeto de utilização de bondes no transporte urbano de passageiros tem como base a metodologia AMS.III.U. Nesse projeto, o sistema de bondes elétricos substituiria o sistema convencional rodoviário de passageiros. A redução de emissão de GEE é atingida pela melhoria da eficiência do transporte de passageiros em comparação ao sistema convencional de ônibus.

Já existe um projeto registrado com base nessa metodologia, na Colômbia, com uma redução de emissão de 17.290 toneladas de CO₂e por ano, com um período de crédito de 7 anos. O projeto consiste em um sistema de bondes aéreos (como um teleférico), como pode ser visto na Figura 8. Esse projeto é o único sistema desse tipo de transportes urbanos de passageiros na América Latina, o que levou à existência de barreiras por ser um projeto pioneiro. Porém, os créditos de carbono recebidos reduziram a exposição de riscos do projeto.



Figura 8 – Sistema de Bondes na Colômbia

Fonte: CQNUMC, 2006

Na França, Estados Unidos e Inglaterra, os sistemas de bonde foram retirados de circulação na década de 50, para dar mais “espaço” aos carros e ônibus, e agora esse conceito é visto como um erro estratégico, motivado por um ‘lobby’ poderoso (NTU, 2009). Uma década depois, o Brasil também eliminou quase todos os bondes (NTU, 2009). Hoje existe uma tentativa de reduzir a utilização dos sistemas rodoviários, como carros e ônibus, e os bondes surgem novamente, agora como uma opção de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, com menor emissão de GEE que o sistema de transporte vigente.

As barreiras enfrentadas por esse projeto no Brasil são as mesmas por outros projetos de transporte urbano. Outro fator que também pode ser considerado é que hoje em dia os sistemas de VLT são considerados em alguns casos como bondes mais modernos, e podem ser priorizados na escolha de um projeto desse tipo.

3.2.8. Outros projetos

Existem ainda outros tipos de projetos baseados em metodologias da CQNUMC, mas que ainda não possuem nenhum projeto em validação ou já validado. Em alguns casos, a metodologia foi recentemente aprovada.

Um desses projetos é o de tecnologia retrofit, que tem como base a metodologia AMS.III.AA. Ele se aplica à implantação de tecnologia retrofit em veículos já existentes de transporte comercial de passageiros (como ônibus e taxis), o que leva ao aumento da eficiência do combustível do veículo, e reduz as emissões de GEE comparados às emissões que ocorreriam na ausência do projeto. Um exemplo de tecnologia retrofit que pode ser utilizada é a injeção de combustível diretamente no cilindro para substituir a oferta de combustível do carburador.

Um outro projeto é o de introdução de veículos de baixa emissão de GEE em frotas comerciais de passageiros (incluindo transporte público) e de materiais no setor de transportes, baseado na metodologia AMS.III.S. Alguns tipos de veículos considerados como de baixa emissão de GEE pela metodologia são: os que utilizam gás natural comprimido, veículos elétricos, veículos que utilizam gás liquefeito de petróleo (GLP) e veículos híbridos com sistema de combustão interna e elétrica. Alguns dos veículos que podem fazer uso desse projeto são: ônibus e vans para transporte público e caminhões de transporte de mercadorias, de coleta de lixo ou de outros serviços com rotas regulares.

A substituição de veículos que utilizam combustível fóssil regularmente por veículos de baixa emissão de GEE tem um grande potencial de aplicabilidade no Brasil, já que grande parte da frota de ônibus e caminhões no país utiliza o diesel como combustível (agora misturado com 5% de biodiesel). O gás natural já é bastante utilizado em veículos de passeio no Brasil, mas ainda não é muito utilizado em ônibus

e caminhões no país. Outros veículos de baixa emissão, como os elétricos e híbridos, ainda possuem a barreira de serem muito caros.

Outras duas metodologias foram recentemente aprovadas e também ainda não possuem nenhum projeto registrado ou em validação no mundo, que baseiam os projetos de introdução do gás natural biogênico no setor de transportes e utilização de dispositivos de ajuste de marcha lenta em veículos.

O projeto de introdução do gás natural biogênico como combustível no setor de transportes se baseia na metodologia AMS.III.AQ. O projeto envolve a construção e operação de uma planta de gás natural biogênico (de biomassa), incluindo um digestor anaeróbio para produzir e recuperar o gás, um sistema de tratamento de biogás, para processar, purificar e comprimir esse gás, além de uma estação de abastecimento, armazenamento e transporte. O projeto pode ser aplicado em diversos tipos de veículos, como ônibus, caminhões e carros.

O teor de metano no gás deve ser de ausência em um mínimo de 96% do volume, devido ao seu alto poder de aquecimento global, pois se o teor fosse muito alto, poderia diminuir consideravelmente a redução de GEE do projeto. O plantio da biomassa deve ocorrer em áreas já degradadas. Assim como a metodologia de produção de biodiesel e óleo vegetal para utilização no transporte, apenas os produtores podem receber os créditos de carbono, apesar da redução de emissão ocorrer na etapa do consumo do biocombustível. As emissões de linha de base do projeto também estão relacionadas com a quantidade de combustível fóssil que seria utilizado na ausência do projeto, e as emissões do projeto englobam desde a emissão do plantio da biomassa, transporte da matéria prima à planta de produção de biogás, e as emissões do consumo energético na planta.

Já o projeto de dispositivos de ajuste de marcha lenta tem como base a metodologia AMS.III.AP, aplicada a veículos utilizados no transporte público de passageiros, como ônibus, e que utilizam gasolina ou diesel como combustível, com o

intuito de reduzir o consumo de combustíveis fósseis, e assim reduzir também a emissão de GEE.

A marcha lenta é considerada nas situações em que o motor do veículo continua funcionando enquanto o veículo está parado nos sinais, engarrafamentos ou paradas de passageiros. Nesse projeto, o dispositivo irá desligar o motor nesses momentos onde o motor operaria em marcha lenta, evitando a emissão de GEE que seria ocasionada caso o veículo continuasse ligado. Cada veículo terá um dispositivo que armazena e grava os dados, para o monitoramento do projeto.

Percebe-se que existem vários projetos com grande potencial de aplicabilidade no Brasil, principalmente os de produção de biocombustível, já que o país possui muitas áreas já degradadas que poderiam ser plantadas, além de ter uma diversidade climática muito grande, onde diversos tipos de cultivo podem se adaptar e pelo fato de já ser uma prática comum a produção e utilização de biocombustíveis no Brasil. O projeto de mudança modal do transporte de cargas também é altamente aplicável, já que mais da metade da grande quantidade de cargas que é transportada regionalmente no Brasil é feita em caminhões, que possuem baixa capacidade de carga por unidade quando comparado aos trens e barcaças, além de utilizarem o diesel como combustível.

Os projetos de transporte urbano também possuem alta aplicabilidade no Brasil, principalmente nas grandes cidades brasileiras, onde o sistema de transporte urbano de passageiros já está saturado, além de não possuir planejamento adequado ou melhorias. Melhorando o sistema de transporte público, menos carros e ônibus circulariam pela cidade, o que reduziria significativamente as emissões de GEE do setor.

Os outros projetos também poderiam ser aplicados, porém seria necessário desenvolver melhor a tecnologia no país (como o caso da produção de biogás para

utilização em veículos e o dispositivo de marcha lenta), ou ainda são uma opção bastante cara para implementar (como os veículos elétricos e híbridos).

Percebe-se pela análise das barreiras citadas em cada um que já possui algum projeto de MDL em validação ou já aprovado, que na maioria deles o projeto de redução de emissão de GEE realmente é mais cara que a prática comum, mas que a possibilidade de gerar renda com créditos de carbono tornou o projeto atrativo e viável economicamente. Isso mostra que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo está realmente possibilitando o desenvolvimento de projetos que visem à redução de emissão de GEE no mundo, que não seriam desenvolvidos se não houvesse um incentivo econômico.

Ainda não existem muitos projetos de MDL registrados no mundo no setor de transportes (considerando os projetos do banco de dados da CQNUMC até janeiro de 2011), como mostra a Tabela 4. Apesar de já existirem muitos projetos como metrô, VLTs e BRTs em diversas cidades, a grande maioria não se enquadra como um projeto de MDL e não recebe créditos de carbono. A Índia e a Colômbia são os países com mais projetos de MDL no setor de transportes. A Índia desenvolveu mais projetos de carros elétricos, e a Colômbia, de transporte urbano como BRTs e VLTs. No Brasil, ainda não existe nenhum projeto em fase de validação ou já registrado, apesar do potencial de redução desse setor ser muito grande no país. Ainda há muito a ser explorado no que se diz respeito a projetos de MDL em transportes no Brasil e no mundo.

Para exemplificar o potencial de redução de emissão de GEE que tem o setor de transportes no Brasil, será feito o estudo de caso da redução de emissão de um projeto de BRT a ser implantado no Rio de Janeiro, descrito no capítulo a seguir.

4. ESTUDO DE CASO: POTENCIAL DE REDUÇÃO DE GEE ATRAVÉS DO BRT NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro foi selecionada para um estudo de caso mais detalhado por sua importância no país, sendo a segunda cidade brasileira mais populosa, com 6.323.037 habitantes (IBGE, 2011) e uma das mais importantes para a economia e o desenvolvimento do país. Assim como toda grande cidade brasileira, enfrenta diversos tipos de problemas pelo crescimento sem planejamento de sua área urbana. Uma das principais consequências disso é um sistema urbano de transporte ineficiente, congestionado e saturado.

O transporte público na cidade é historicamente, caro, lento, desconfortável e inseguro (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009). Existe uma deficiência na integração física entre os diversos modais (ônibus, trens, barcas, metrô e vans legalizadas) e ausência de uma rede estrutural de transportes compatível com as demandas e dimensões da cidade, o que desestrutura o transporte de passageiros (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009) e o torna o sistema de transportes muito ineficiente. Isso é demonstrado quando se percebe a diferença de oferta de ônibus nas diferentes áreas da cidade, com excesso de linhas na Zona Sul e Centro, e falta na Zona Oeste, o que torna mais caro e mais difícil o deslocamento da população pela cidade. (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009). Outros trechos dos principais corredores metropolitanos, como a Avenida Brasil, também apresentam o mesmo problema e operam com mais de 120 linhas de ônibus, representando frequências da ordem de mais de 900 ônibus viagens por hora por sentido (PDTU, 2005). Muitas linhas possuem rotas sobrepostas, pois não há um planejamento efetivo nas rotas de ônibus da cidade.

Este modelo sobrecarrega demasiadamente o sistema viário e não gera benefícios significativos para o sistema nem para os usuários, já que os tempos gastos

nos deslocamentos são muito elevados pelos congestionamentos gerados. Outro elemento importante para a má qualidade do serviço operado por ônibus reside na inexistência de estratégias operacionais que priorizem o sistema de transporte público. Um exemplo é que na RMRJ não existem corredores exclusivos para o sistema de ônibus, e as faixas preferenciais existentes não conseguem cumprir o papel para o qual foram criadas, inclusive pela falta de fiscalização que faz com que as mesmas sejam constantemente invadidas pelo tráfego geral (PDTU, 2005).

A desestruturação do sistema público de transportes e a falta de investimentos na expansão viária pelo governo em muitos anos causaram a saturação das principais vias da cidade, que hoje operam no limite de suas capacidades (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009), principalmente nos horários de pico, onde diversas pessoas se deslocam para o início e final do expediente de seus trabalhos e estudos. De acordo com o PDTU (Plano Diretor do Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro), as viagens para o trabalho representam 45% das viagens na cidade, e em segundo lugar ficam as viagens relacionadas a estudos, representando 29%.

O sistema de ônibus é o transporte público mais utilizado na cidade, porém é evidente a grande quantidade de carros particulares nas ruas, como pode ser visto na Figura 9, que mostra a distribuição da frota e quantidade de veículos da cidade do Rio de Janeiro em 2010.

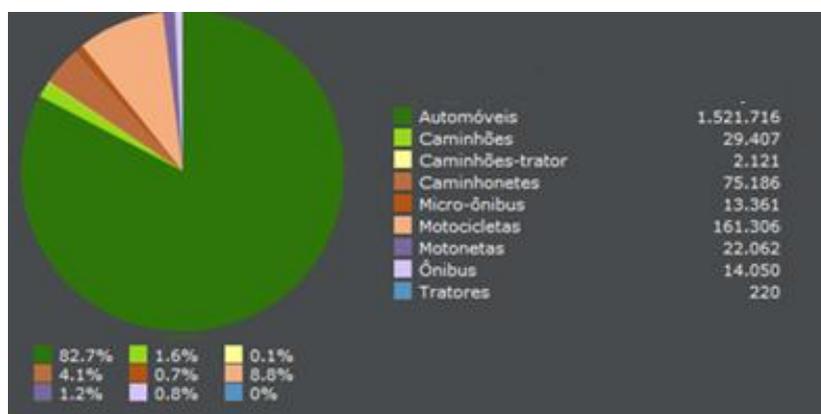


Figura 9 – Frota de veículos da cidade do Rio de Janeiro

Fonte: IBGE, 2011

Como pode-se perceber na Figura 9, os automóveis são o tipo de veículos em maior quantidade na cidade do Rio de Janeiro, responsáveis por 82,7% do total da frota, com 1.521.710 veículos. Essa porcentagem é bem mais alta que a média estadual de carros particulares no Rio de Janeiro, que é de 75,6% e que a média nacional, onde os automóveis correspondem a 61,6% da frota de veículos do país (IBGE, 2011).

Muitos dados apresentados nesse estudo não estavam disponíveis para a cidade do Rio de Janeiro, em algumas vezes eram disponíveis apenas dados da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) ou do Estado, mas pela ausência desses dados municipais, esses outros valores foram considerados, pois podem refletir um comportamento similar ao que seria encontrado no município.

A distribuição do consumo de energia do setor de transportes no Estado do Rio de Janeiro, de acordo com cada combustível consumido em 2009 pode ser visto na Figura 10.

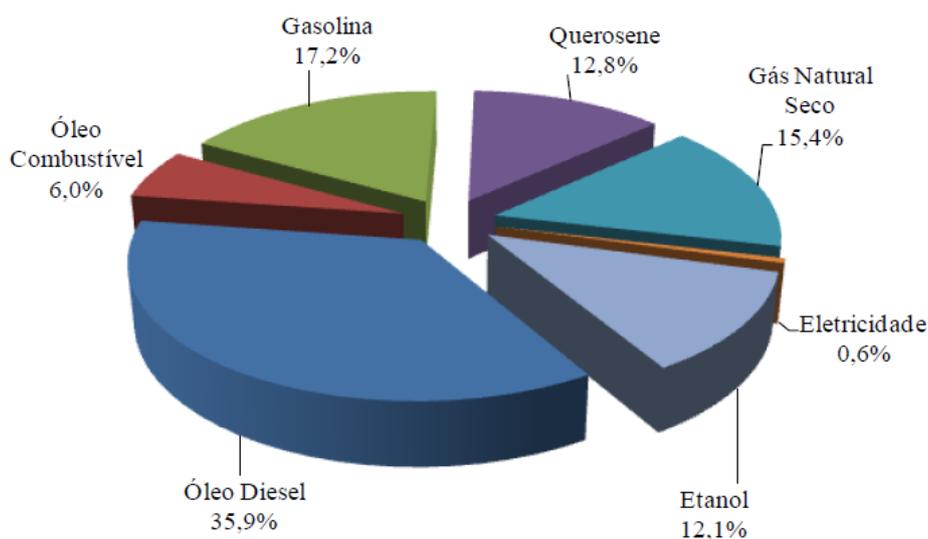


Figura 10 – Distribuição do consumo de energia no setor de transportes no Estado do Rio de Janeiro em 2009

Fonte: ADRio / IEPUC, 2010

Percebe-se pela Figura 10 que o padrão do setor de transporte no país também se reflete no Estado do Rio de Janeiro, onde o combustível mais consumido é o diesel, porém em menores proporções, já que é responsável por 35,9% da energia no setor de transporte no Estado. A gasolina aparece em segundo lugar, com 17,2% e o gás natural em terceiro, com 15,4% do consumo de energia. O querosene e o etanol também tiveram contribuições significativas no setor, com 12,8% e 12,1%, respectivamente. O óleo combustível teve uma participação bem menor, com 6% do consumo total e a eletricidade teve uma participação menor que 1%. É possível verificar a grande participação que o GNV possui no Estado, quando comparado ao que é consumido no Brasil. Apesar de ainda ter os combustíveis fósseis como a grande fonte de consumo do setor, os combustíveis considerados menos poluentes, como etanol e GNV aparecem com uma participação significativa no Estado.

Como os automóveis possuem uma baixa taxa de ocupação de passageiros por viagem, de cerca de 1,5 passageiro por automóvel (Ribeiro e Balassiano, 1997), é necessária uma grande quantidade de automóveis para conseguir transportar a mesma quantidade que um veículo de transporte de massa poderia levar em uma só viagem, como pode ser visto na Figura 11 a seguir.



Figura 11 – Quantidade de veículos necessária no transporte de passageiros

Fonte: NTU, 2009b

Na **Figura 11** é visto que para transportar a mesma quantidade de passageiros (190 passageiros), pode-se utilizar 127 veículos de passeios, 2 ônibus convencionais ou apenas 1 ônibus articulado de maior capacidade, como um ônibus muito utilizado em sistemas BRTs. A diminuição de veículos circulantes traz muitos benefícios ao tráfego urbano, como a diminuição do congestionamento e do tempo de viagem, além do fato de diminuir muito o consumo de combustível por passageiro transportado.

Uma pequena parcela do transporte urbano de passageiros na Região Metropolitana do Rio de Janeiro é feito por trens e metrô, como pode ser visto na **Figura 12**. Porém, de acordo com as condições operacionais atuais, os sistemas ferroviário e metroviário, mesmo apresentando uma oferta limitada são subutilizados e incompatíveis com a função estrutural que é uma característica destes modais devido à falta de um modelo de integração adequado (PDTU, 2005). O modal ferroviário era responsável por apenas 3,4% dos passageiros transportados na RMRJ em 2004, e o modal metroviário, por 4,0%. Grande parte da circulação de passageiros da RMRJ ocorre na cidade do Rio de Janeiro, e esses valores podem refletir uma similaridade ao comportamento dos modais na cidade.

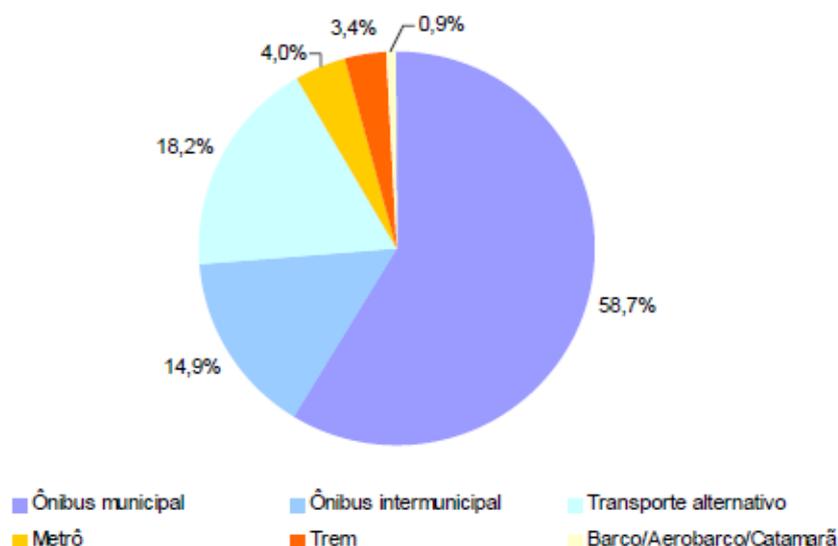


Figura 12 – Participação relativa dos diferentes modais no transporte de passageiros na RMRJ

Fonte: PDTU, 2005

O transporte por ônibus municipais na RMRJ é o principal meio de transporte público de passageiros, responsável por cerca de 58%, como pode ser visto na Figura 12. Vale destacar que o transporte por veículos de passeio não foi contemplado nesse gráfico, pois foi considerado apenas o transporte público. Os ônibus intermunicipais correspondem a 14,9% e o transporte hidroviário corresponde à pequena parcela de 0,9% do transporte público de passageiros na RMRJ.

Um componente da Figura 12 que tem destaque é o transporte alternativo, que aparece com uma participação de 18% no transporte de passageiros da RMRJ. No Rio de Janeiro, assim como em diversas cidades brasileiras, o transporte alternativo aumentou em participação no transporte urbano de passageiros nos últimos anos, com veículos de baixa capacidade (como vans e kombis) e sem regulamentação ou administração por um órgão gestor, na maioria das vezes. Por um lado, o usuário de transporte público possui maior alternativa de transporte, mas por outro, esse sistema contribui para o aumento a degradação das condições de tráfego, com as paradas desordenadas e rotas não-regulamentadas, o que contribui para aumentar o congestionamento urbano (Banco Mundial, 2010). Os horários mais críticos são os de pico, quando a rede viária não comporta o volume excessivo de veículos nos principais corredores (Banco Mundial, 2010).

A grande demanda por transporte alternativo que ocorre em diversas regiões metropolitanas do país, também demonstra a grande necessidade de melhoria no sistema convencional do transporte de passageiros. No Rio de Janeiro, existe uma hipertrofia do sistema de transporte de passageiros por ônibus e vans, que operam em linhas sobrepostas e concorrentes entre si e entre os outros modais ferroviários e metroviários (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2009). Isso mostra a grande falta de planejamento e de um sistema gestor de qualidade para melhorar o sistema de transportes na cidade.

Em suma, a grande número de veículos particulares e a demanda pelo transporte alternativo mostram a ineficiência e a falta de atrativo do transporte público na cidade. O serviço de transporte público no Rio de Janeiro não está adequado à demanda ou não apresentam uma boa qualidade de serviço, o que aumenta o número de passageiros que preferem se transportar por carros. De acordo com o PDTU, o tempo médio de viagem por modo coletivo é cerca de 61% maior que o tempo de viagem por modo individual.

Com um maior número de automóveis em circulação, aumenta também o congestionamento no trânsito, principalmente nos horários de pico. Além de aumentar o tempo gastos nas viagens, o consumo de combustível e as emissões de poluentes atmosféricos, os congestionamentos ainda causam um prejuízo econômico. De acordo com dados da Secretaria Estadual de Transportes do Rio de Janeiro (SETRANSRJ), os congestionamentos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro podem chegar a R\$ 12 bilhões ao ano de prejuízos ao erário estadual (ABVE, 2010).

Com o aumento de consumo de combustível, aumentam também a emissão de poluentes atmosféricos, não só os gases de efeito estufa, como os poluentes atmosféricos locais. De acordo com o relatório Anual de Qualidade do Ar do Rio de Janeiro, as fontes móveis foram responsáveis por 77% do total de todos poluentes atmosféricos emitidos em 2009 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, enquanto que a emissão por fontes fixas correspondeu a apenas 23% (INEA, 2010). Os principais poluentes associados a essas emissões podem ser vistos na Figura 13.

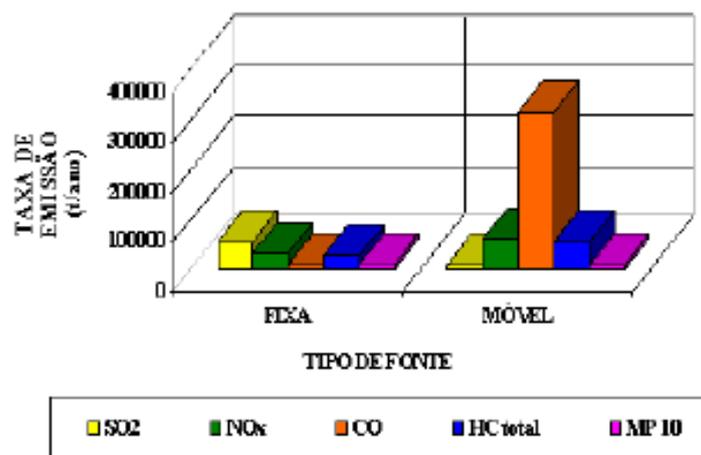


Figura 13 – Comparação entre a emissão de poluentes atmosféricos de fontes fixas e móveis na RMRJ em 2009

Fonte: INEA, 2010

Percebe-se pela figura anterior que a principal emissão de poluentes atmosféricos em fontes móveis é de CO, sendo essa fonte responsável por 98% das emissões desse poluente (INEA, 2010). Como as fontes móveis são as maiores emissoras da cidade, e o CO é o maior poluente emitidos por elas, pode-se dizer que a emissão de CO é a maior emissão de poluentes locais que ocorre na RMRJ. As fontes móveis também são responsáveis por 66% das emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), originados nessas fontes pela queima de combustível em altas temperaturas em veículos e aviões, e por 67% das emissões de hidrocarbonetos, gerados pela combustão incompleta de indústrias e por motores à combustão.

Ao longo dos anos, os esforços de controle da poluição do ar foram concentrados mais no setor industrial, postura que era condizente com a legislação ambiental, que era voltada, nos seus primórdios, apenas para o controle da poluição de origem industrial (FEEMA, 2004). No Brasil, somente no final da década de 80 surgiram as primeiras medidas legais visando o equacionamento da poluição provocada pelos veículos automotores, resultando no estabelecimento do PROCONVE, que teve como objetivos principais: mudanças tecnológicas nas

configurações dos motores novos, implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso e melhoria da qualidade dos combustíveis, implementado integralmente apenas no final da década de 90 e somente no Estado do Rio de Janeiro (FEEMA, 2004), que por muitos anos foi o único Estado brasileiro a realizar o controle de emissões veiculares, por meio da implantação do programa de inspeção e manutenção citado anteriormente.

No caso das emissões de GEE, o Inventário da cidade do Rio de Janeiro mostrou que o transporte foi responsável por 64% das emissões do setor de energia na cidade, de acordo com as emissões de 2005 (incluindo transporte rodoviário, aéreo, ferroviário e hidroviário). Dentre essas emissões ocasionadas pelo transporte na cidade, 80% ocorrem pelo transporte rodoviário, o que reflete a dependência do município em sistemas de transporte não-eficientes no consumo de energia e de emissões de GEE, sendo um ponto importante a ser trabalhado na cidade (Prefeitura do Rio de Janeiro / COPPE, 2010).

Utilizando também os valores de emissão de GEE de outros anos do inventário, percebe-se que as emissões ocasionadas pelo setor de transporte rodoviário são crescentes temporalmente, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Emissão de CO₂e pelo transporte rodoviário na cidade do Rio de Janeiro

Emissões de GEE por transporte Rodoviário no Rio de Janeiro		
tCO ₂ e		
1996	1998	2005
3.879.000	4.157.000	4.391.000

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro / COPPE, 2010.

Como os ônibus, quando comparados aos carros são mais eficientes no consumo de combustível por passageiro transportado, a emissão de CO₂ por passageiro é bem

maior quando o transporte é feito por carros que por ônibus. Um estudo desenvolvido por Ribeiro e Balassiano (1997) mostrou que o transporte diário de um passageiro por carro contribui quase 8 vezes mais em emissões de CO₂ do que emitiria caso utilizasse o transporte público de ônibus.

De acordo com o Plano Estratégico da cidade do Rio de Janeiro, uma das aspirações ambientais é que o Rio se torne nos próximos 10 anos uma referência nacional em sustentabilidade e preservação ambiental e que seja a capital com a menor taxa de emissão de CO₂ da Região Sudeste. Para isso, uma das diretrizes ambientais do plano é a redução de emissão de gases de efeito estufa através de maior uso das energias alternativas, eficiência energética e práticas de sustentabilidade na cidade, com meta de redução de 8% de das emissões de GEE até o final de 2012 (tendo como referência o inventário de emissões de GEE da cidade de 2005). Em abril de 2010 foi sancionada a lei Estadual 5.690, que instituiu a Política Estadual sobre Mudança no Clima no Rio de Janeiro, que será mais um instrumento a favor da redução de emissões de gases de efeito estufa no Estado e na cidade do Rio de Janeiro. Em janeiro de 2011 foi sancionada a lei municipal 5.248, que estabeleceu metas de redução de emissão para a cidade do Rio de Janeiro, de 8% até o ano de 2012, de 16% até 2016 e de 20% até 2020 em relação aos níveis de emissão do município em 2005. Um dos pontos destacados nessa lei é que o planejamento do setor de transportes e de mobilidade urbana do Município do Rio de Janeiro deverá incorporar medidas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, sendo uma delas a adequação da oferta de transporte coletivo no Município e desestímulo do uso do transporte individual motorizado.

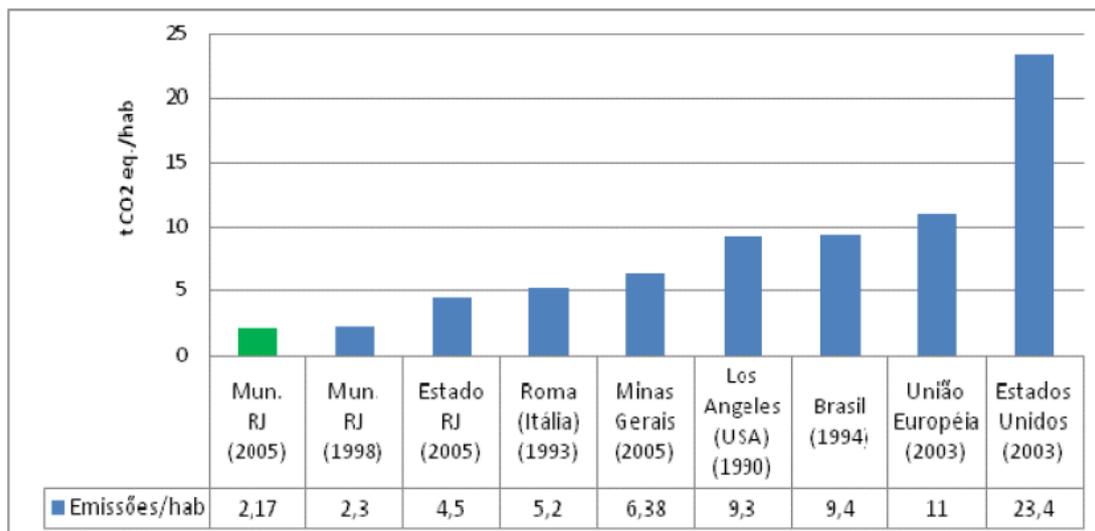


Figura 14 – Emissão per capita de diversas localidades, incluindo a cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro / COPPE, 2010

Como pode ser visto na Figura 14, a cidade do Rio de Janeiro já possui uma baixa emissão de GEE per capita, quando comparada a outras localidades e até mesmo à média do Brasil, que é cerca de 4 vezes maior.

Apesar de já possuir uma baixa emissão per capita, como uma das metas da cidade é reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, nada melhor do que investir em projetos de redução de emissão de GEE no setor de transporte rodoviário, que como foi visto anteriormente, é uma das maiores fontes de emissões de GEE da cidade. Como foi visto também na Tabela 2, os automóveis aumentaram muito a sua participação no total das emissões de GEE no Brasil, portanto investir em um transporte de massa que incentive a diminuição da circulação de carros é uma maneira muito eficiente de reduzir as emissões do setor e os veículos em circulação.

A seção a seguir irá apresentar um projeto que estava em fase de planejamento e construção na cidade em janeiro de 2011, que tem um grande potencial para reduzir as emissões de GEE proveniente do setor de transportes: os sistemas de *Bus Rapid Transit* (BRT).

4.1. O projeto

Para melhorar o quadro do transporte urbano de passageiros no Rio de Janeiro, descrito na seção anterior, duas diretrizes do Plano Estratégico da cidade do Rio de Janeiro no setor de transportes são: (i) racionalização do sistema de transportes públicos através da reorganização e (ii) integração físico-tarifária do sistema, para eliminar a sobreposição de linhas e integrar melhor os modais de transporte, para tornar o deslocamento da população mais rápido e barato. Além disso, também se planeja a expansão e modernização do sistema estrutural de transportes de alta capacidade (a partir da implantação de corredores expressos no modal rodoviário - BRTs).

Dez das doze capitais que sediarão os jogos da Copa de 2014 no Brasil possuem projetos para construção ou ampliação de sistemas de BRT (NTU, 2010). Os investimentos do poder público em BRTs e corredores exclusivos de ônibus, anunciados pelo Ministério das Cidades em janeiro de 2010, somam R\$ 6,19 bilhões (NTU, 2010). Os projetos se encontram em diferentes fases de elaboração/implantação e, em alguns casos, o valor investido será ainda maior do que o que foi informado pelo Ministério (NTU, 2010).

Além de ser umas das cidades que sediarão a Copa de 2014, a cidade do Rio de Janeiro irá sediar os Jogos Olímpicos de 2016, e esses eventos de importância mundial exigiram das autoridades a criação de projetos que facilitem os deslocamentos de turistas, além da população local, que vive submetida aos incômodos dos congestionamentos diários (Fetranspor, 2009). Esses projetos desenvolvidos foram uma oportunidade única para a melhoria do setor de transportes na cidade.

Existem 3 projetos de BRT em fase de planejamento/construção para a cidade do Rio de Janeiro: o Transoeste, o Transolímpica e o Transcarioca. Existe um quarto projeto de BRT em planejamento de construção, que será localizado na Avenida Brasil. Porém, não foi possível obter seus dados e ele não será abordado nesse estudo. A seguir, será feita uma pequena descrição de cada projeto de BRT, de acordo com os dados da SMTU, que serão construídos no Rio de Janeiro e considerados nesse estudo.

- **Transoeste**

- Trajeto: Barra da Tijuca – Campo Grande
- Extensão: 56 km
- Usuários: 135.000 passageiros/dia

- **Transolímpica**

- Trajeto: Barra da Tijuca – Deodoro
- Extensão: 28 km
- Usuários: 100.000 passageiros/dia

- **Transcarioca**

- Trajeto: Barra da Tijuca – Aeroporto Internacional (Galeão)
- Extensão: 39 km
- Usuários: 380.000 passageiros/dia

Esses projetos de BRT utilizarão ônibus articulados, com capacidade para 160 passageiros e sem catracas internas, pois o bilhete é comprado antes do embarque, para evitar atrasos na viagem. O modelo do ônibus que será utilizado no sistema de BRT pode ser visto na Figura 15.



Figura 15 – Ônibus do tipo BRT que serão utilizados no projeto Transoeste.

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2011

De acordo com a metodologia de BRT da CQNUMC, citada no capítulo anterior, a redução de emissão de GEE no transporte urbano de passageiros em sistemas utilizando BRT ocorre por:

- Aumentar a eficiência do consumo do combustível por utilizar ônibus mais novos e maiores;
- Mudança modal pela disponibilidade de um sistema de transporte público mais eficiente e atrativo;
- Aumento de carga transportada por ser um sistema mais centralizado; e
- Ter potencial para substituição de combustível para um menos intensivo em carbono.

4.2. Cálculo da Redução de Emissão de GEE do Projeto

O cálculo da redução de emissão de gases de efeito estufa do projeto é feito com base na metodologia da CQNUMC para projetos de MDL, AM0031 “*Baseline Methodology for Bus Rapid Transit Projects*” (Metodologia de linha de base projetos de ônibus rápido). Apesar do projeto ser baseado em um projeto que possui metodologia de MDL, ainda não se sabe se existe a pretensão de se adquirir créditos de carbono com a eventual redução de emissão de GEE gerada por ele.

O sistema de transporte por BRT pode substituir total ou parcialmente o sistema de transporte público. O novo sistema de ônibus irá transportar passageiros que, na ausência do projeto, utilizariam o sistema convencional de ônibus ou outros meios de transporte para se locomoverem, como os carros de passeio.

Para calcular a redução de emissão que ocorreu pelo projeto, é necessário calcular o quanto seria emitido caso os passageiros fossem transportados pelo sistema de transporte tradicional (linha de base) e calcular o quanto é emitido com o transporte por BRT (linha de projeto). A redução de emissão se dá pela diferença entre esses dois cenários.

O cálculo das emissões de linha de base é feito calculando-se as emissões associadas ao consumo de combustível fóssil que existiria na ausência do projeto, ou seja, o quanto de combustível seria consumido no transporte dos passageiros a serem transportados pelo BRT caso utilizassem outros veículos no deslocamento.

Vale ressaltar que a estimativa de um cálculo é no máximo, tão boa quanto os dados obtidos para seus parâmetros. Contudo, pelo fato de que projetos de construção de BRT no Rio de Janeiro ainda estar em fase de construção ou planejamento, muitos dados ainda não estão disponíveis. Sendo assim, para os parâmetros não disponíveis, atribuiu-se valores da literatura ou de outros projetos de BRT já existentes e em operação para calcular a estimativa de redução de emissão de

GEE pelo sistema BRT a ser construído no Rio de Janeiro. Todos os parâmetros utilizados e o cálculo podem ser visualizados no anexo desse estudo. A metodologia em questão inclui no cálculo de redução de emissão as emissões por fugas (*leakage*), mas por se tratar de uma estimativa, essas emissões não serão consideradas.

O resumo da estimativa do cálculo de redução de emissão de gases de efeito estufa pelo projeto de BRT no Rio de Janeiro pode ser visto a seguir:

- **Linha de Base:** Transporte urbano de passageiros por ônibus convencionais

Nessa etapa será feito o cálculo das emissões associadas ao combustível fóssil que seria consumido na ausência do projeto no transporte dos passageiros que utilizarão o sistema de BRT, que serão as emissões de linha de base. Muitos dados do projeto não estão disponíveis, por isso a estimativa será feita de uma maneira conservadora, para não superestimar a redução de emissão do projeto, priorizando assim que não ocorra um aumento das emissões de linha de base nos cálculos.

Para o cálculo da linha de base, assumiu-se que todos os passageiros que utilizarão o sistema de BRT anteriormente utilizavam os ônibus tradicionais nesse deslocamento. Como ainda não existem dados disponíveis sobre a proporção de passageiros que utilizavam carros e ônibus regulares no deslocamento antes do projeto no Rio de Janeiro, optou-se por considerar uma medida mais conservadora que o exemplo do TransMilenio, o BRT de Bogotá e único projeto de MDL já registrado com base nessa metodologia. No TransMilenio, 88% dos passageiros utilizavam como meio de locomoção os ônibus convencionais antes da construção do sistema BRT. Como o transporte por automóveis é mais intensivo em emissão de GEE por passageiro, por sua baixa taxa de ocupação⁴, optou-se por diminuir sua contribuição

⁴ A taxa de ocupação por carros é de 1,5 passageiros/viagem (Ribeiro e Balassiano, 1997), o que aumentaria muito o número de viagens necessárias para deslocar a mesma quantidade de um meio de transporte de maior capacidade, como os ônibus, gastando assim mais combustível fóssil por passageiro deslocado.

nesse cálculo. Isso não significa que o projeto não irá atrair os passageiros que utilizam carros atualmente nesse deslocamento, e dado o grande número de carros na cidade, a diminuição de automóveis seria até um dos objetivos do projeto. Essa premissa foi adotada apenas para que o cálculo fosse conservador.

Com isso, calculou-se o consumo do combustível que seria usado no deslocamento da linha de base, através de uma estimativa do número de viagens anuais que seriam necessárias para transportar os passageiros que irão utilizar os serviços de BRT no Rio de Janeiro caso eles utilizassem os ônibus convencionais nesse trajeto.

Existe uma estimativa da quantidade de passageiros que utilizarão cada rota de BRT no Rio de Janeiro por dia, informado pela Secretaria Municipal de Transporte Urbano da cidade (SMTU), e considerou-se esse valor como sendo a média diária de passageiros em cada sistema, extrapolando-a para uma quantidade anual de passageiros a serem transportados por cada sistema. Com esse valor anual de passageiros, dividiu-se pela taxa de ocupação dos ônibus utilizados na linha de base, achando-se assim o número de viagens que seriam necessárias para o deslocamento desses passageiros na ausência do projeto. A taxa de ocupação utilizada nos cálculos para os ônibus foi obtida por dados da frota de ônibus urbano do Rio de Janeiro de 2009, quando foram transportados 840.728.917 passageiros no ano, em 16.816.033 viagens (IPP, 2010), o que dá uma média de 49,9 passageiros por viagem.

O número de viagens foi multiplicado pela distância média que os ônibus da linha de base percorreriam para transportar os passageiros a serem deslocados anualmente, para assim obter a distância anual que seria necessária nesse deslocamento na ausência do projeto de BRT. A distância média considerada para os ônibus também foi obtida por dados da frota de ônibus de 2009 do Rio de Janeiro, quando foram percorridos 754.087.197 quilômetros em 16.816.033 viagens (IPP, 2010), o que leva a uma média de 44,8 km/viagem de ônibus convencionais.

Com a distância total calculada para a linha de base, calculou-se o consumo de combustível correspondente que seria gasto anualmente. Considerou-se que toda a frota de ônibus utilizaria diesel B5, que é a mistura de biodiesel no diesel em vigor no Brasil em 2010, e que cada ônibus possuía uma eficiência de 0,35 litros de diesel por quilômetro, que também foi calculado com base nos dados da frota de ônibus do Rio de Janeiro em 2009, dado o consumo de diesel nesse ano (261.998.762 litros) e a quilometragem rodada no ano (754.087.197 km) (IPP, 2010).

Em suma, o cálculo do consumo de combustível na linha de base foi feito utilizando as seguintes equações:

$$\text{Equação 1 } \text{Número viagens} = \frac{\text{Passageiros anuais do BRT}}{\text{Taxa de ocupação ônibus convencional}}$$

$$\text{Equação 2 } \text{Dist.total (km)} = \text{Dist.média (km)} \times \text{número viagens}$$

$$\text{Equação 3 } \text{Consumo Combustível (L)} = \text{Consumo específico } \left(\frac{\text{L}}{\text{km}}\right) \times \text{Dist.total (km)}$$

Dado o resultado da quantidade de combustível fóssil que seria consumido na ausência do projeto, é calculada a sua emissão de GEE correspondente. As emissões correspondentes à parcela de biodiesel misturada no diesel utilizado não são consideradas, pois trata-se de uma emissão de CO₂ que já fazia parte do ciclo de carbono natural, como já foi explicado anteriormente nesse estudo.

A emissão associada ao consumo calculado de diesel é feita multiplicando-se esse valor por seu poder calorífico inferior, ou PCI (dado obtido no Balanço Energético Nacional) pela fração de biocombustível misturado ao combustível fóssil comercializado no ano de 2010 no país e pelo fator de emissão de CO₂, baseado nos valores do relatório do IPCC de 2006. As emissões de metano (CH₄) e N₂O não foram consideradas, pois como foi visto na Figura 5, essas emissões não são significantes e

não irão alterar a estimativa. A não consideração da emissão torna a estimativa de cálculo mais conservadora, pois mesmo que baixas, essas emissões aumentariam as emissões de linha de base.

Sendo assim, o cálculo da emissão de linha de base do projeto pode ser feito através da equação:

$$\text{Equação 4 } ELB(tCO_2) = \text{Cons. comb (L)} \times \text{fração fóssil} \times \text{PCI comb.} \left(\frac{GJ}{L}\right) \times \text{Fator emissão} \left(\frac{tCO_2}{L}\right)$$

Esse cálculo foi feito para os três corredores de BRT a serem implantados no Rio de Janeiro, e todos os parâmetros utilizados podem ser vistos no anexo desse estudo.

- **Projeto:** Transporte urbano de passageiros por BRT

Nessa etapa será feito o cálculo das emissões associadas ao combustível fóssil consumido pelo transporte dos passageiros que utilizarão o sistema de BRT, em cada um dos três corredores a serem implantados no Rio de Janeiro. Muitos dados do projeto ainda não estão disponíveis, por isso a estimativa será feita de uma maneira conservadora, para não superestimar a redução de emissão do projeto.

O cálculo da emissão do projeto, por falta de dados oficiais, teve que considerar alguns parâmetros de outro projeto de BRT já em operação. A distância média considerada que cada BRT irá percorrer corresponde ao corredor a ser construído em cada projeto e a quantidade diária de passageiros que utilizarão o sistema são dados oficiais obtidos pela SMTU. Para estimar o número de viagens a serem feitas, utilizou-se o valor IPK (*Index Passenger Kilometre*) do TransMilenio, que é um valor que mostra a densidade de passageiros transportados por unidade de extensão, cujo valor é 5,4 passageiros/km. Dividindo a quantidade anual de passageiros a serem

transportados por cada corredor pelo IPK, obtém-se o valor da distância total a ser percorrida anualmente.

A eficiência de consumo de combustível considerada também foi baseada no projeto TransMilenio, cujos ônibus também possuem capacidade para 160 pessoas, como os que serão utilizados no projeto do Rio de Janeiro. Sendo assim, o valor considerado de consumo de combustível pelos BRTs é de 0,6 L/km (CQNUMC, 2004), que é a eficiência de consumo do TransMilenio. Sendo assim, com o valor do consumo específico dos ônibus e a distância percorrida anualmente, é possível obter o consumo de diesel pelo projeto, através das equações:

$$\text{Equação 5 } \text{Dist. total (km)} = \frac{\text{Passageiros anuais BRT}}{\text{IPK } \left(\frac{\text{passageiro}}{\text{km}}\right)}$$
$$\text{Equação 6 } \text{Cons. BRT (L)} = \text{Cons. Esp BRT } \left(\frac{\text{L}}{\text{km}}\right) \times \text{Dist. Total BRT (km)}$$

A metodologia contempla também como emissão de projeto a emissão que ocorre pelas linhas abastecedoras do sistema de BRT. Porém, não existem dados disponíveis sobre a logística das linhas que irão abastecer cada sistema, se as linhas que operam atualmente serão modificadas para esse abastecimento, quantos ônibus convencionais deixariam de circular nesse sistema ou a fração de passageiros que necessitariam de linhas abastecedoras até chegarem ao corredor principal do BRT. Porém, como essas emissões não são insignificantes, optou-se por atribuir alguns valores para que seu cálculo não fosse desprezado.

Como os sistemas de BRT terão diversas estações paradoras em toda sua extensão, imagina-se que grande parte dos passageiros terá fácil acesso aos corredores principais. Porém, para uma estimativa conservadora, foram considerados dois cenários: o primeiro é que 50% dos passageiros que utilizarão o sistema de BRT

precisarão utilizar linhas abastecedoras para chegar ao corredor principal, e o cenário 2 é que 100% dos passageiros precisarão das linhas alimentadoras. Dado a existência de diversas paradas em toda sua extensão, esse número é bastante conservador, mas pela ausência de dados disponíveis, optou-se pelo conservadorismo. Assumiu-se que em ambos cenários, que os passageiros percorreriam uma distância média de 10 km nessas linhas alimentadoras.

Os parâmetros de taxa de ocupação dos ônibus e de consumo específico de combustível utilizado para as linhas abastecedoras são os mesmo utilizados para os ônibus da linha de base. O cálculo do número de viagens a serem feitas pelas linhas abastecedoras, assim como a distância total percorrida anualmente por essas linhas e o consumo de diesel associado pode ser feito pelas Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

Calculando o diesel consumido no transporte dos passageiros que utilizarão o sistema de BRT na distância média de 10 km até chegarem aos corredores principais em cada cenário, soma-se ao consumo de diesel que ocorrerá nos corredores principais pelos BRTs, calculado anteriormente e tem-se o consumo total de diesel que ocorrerá no projeto. Com isso, pode-se calcular a emissão de CO₂ que ocorrerá no projeto em cada cenário de linha abastecedora, do mesmo modo que foram calculadas as emissões da linha de base (considerando o PCI, fração de biocombustível no diesel e fator de emissão de CO₂ para ônibus a diesel), de acordo com a equação a seguir. As emissões de metano (CH₄) e N₂O também não foram consideradas, como já foi explicado anteriormente.

$$\text{Equação 7 } EPR (tCO_2) = \text{Cons. Diesel (BRT + LA)} (L) \times \text{PCI Diesel} \left(\frac{GJ}{L} \right) \times \text{fração fóssil} \times \text{Fat. Emiss.} \left(\frac{tCO_2}{GJ} \right)$$

O cálculo da redução de emissão é feito pela diferença das emissões ocorridas na linha de base (ELB) com as emissões que ocorrem no projeto (EPR). Os resultados das estimativas de cálculo de redução de emissão de GEE aplicadas aos projetos de

BRT a serem implantados no Rio de Janeiro podem ser vistos nas Tabela 6, 7, 8 e 9 a seguir:

Tabela 6 – Resultados do cálculo de redução de emissão – Projeto Transcarioca

Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
E_{LB}	Emissão de Linha de Base	111.392	tCO ₂
E_{PR}	Emissão do Projeto	51.590	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	59.802	tCO ₂
Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
E_{LB}	Emissão de Linha de Base	111.392	tCO ₂
E_{PR}	Emissão do Projeto	63.967	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	47.425	tCO ₂

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 7 - Resultados do cálculo de redução de emissão – Projeto Transoeste

Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
E_{LB}	Emissão de Linha de Base	39.574	tCO ₂
E_{PR}	Emissão do Projeto	18.328	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	21.246	tCO ₂
Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
E_{LB}	Emissão de Linha de Base	39.574	tCO ₂
E_{PR}	Emissão do Projeto	22.725	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	16.848	tCO ₂

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 8 - Resultados do cálculo de redução de emissão – Projeto Transolímpica

Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	29.314	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	13.576	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	15.737	tCO ₂
Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	29.314	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	16.833	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	12.480	tCO ₂

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 9 - Resultados do cálculo de redução de emissão para todos os projetos

Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	180.280	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	83.495	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	96.785	tCO ₂
Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	180.280	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	103.526	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	76.754	tCO ₂

Fonte: Elaboração Própria

Percebe-se pelos resultados apresentados nas tabelas anteriores que a consideração da porcentagem de usuários que utilizam as linhas abastecedoras do projeto podem contribuir significativamente para a redução das emissões do projeto, verificado pela diferença dos resultados entre os dois cenários.

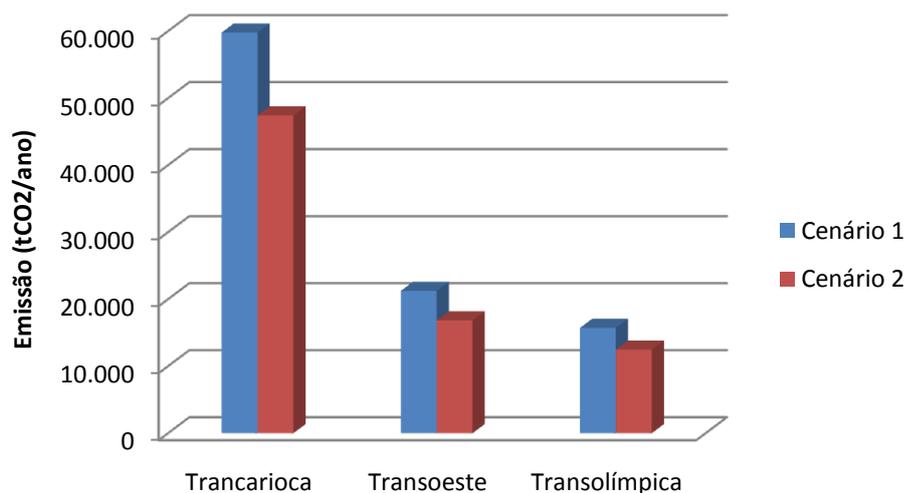


Figura 16 – Gráfico comparativo entre a redução de emissão dos 3 projetos de BRT da cidade do Rio de Janeiro, nos 2 cenários do estudo.

Fonte: Elaboração própria

Pela comparação entre os resultados apresentados na Figura 16, percebe-se que o projeto de BRT Trancarioca é o que apresenta maior estimativa de redução de emissão de GEE nos dois cenários, principalmente por ser o sistema com maior quantidade de usuários e maior extensão, com uma redução de emissão estimada em 59.802 toneladas de CO₂ por ano no cenário menos conservador e de 47.425 toneladas de CO₂ por ano no cenário mais conservador. Já o projeto Transoeste, o 2º maior em extensão e quantidade de passageiros transportados, possui a 2ª maior redução de emissão dos três projetos de BRT, com 21.246 toneladas de CO₂ reduzidas anualmente no cenário 1 e 16.848 toneladas de CO₂ no cenário 2. Já o projeto Transolímpica apresenta as menores reduções de emissão, correspondendo a 15.737 e 12.480 toneladas de CO₂ nos cenários 1 e 2, respectivamente.

A soma de redução de emissão dos 3 projetos, apresentada na Tabela 9, mostra que a estimativa de redução de emissão dos projetos de BRT do Rio de Janeiro após serem implantados é de 96.785 toneladas de CO₂ por ano se for considerado que 50% dos passageiros do projeto utilizarão as linhas abastecedoras por uma distância média de 10 km, e uma redução de 76.754 toneladas de CO₂ se for considerado que todos

os passageiros do projeto utilizarão linhas abastecedoras pela mesma distância do cenário anterior. A diferença de redução de emissão total entre os dois cenários é bastante significativa, representando cerca de 20%.

Outro fator que também influencia significativamente o valor da redução de emissão é considerar a participação de carros na linha de base, transportando parcialmente os passageiros antes do projeto. Por falta de dados, considerou-se para a linha de base o cenário mais conservador possível, onde todos os passageiros seriam transportados por ônibus convencionais na ausência do projeto. Porém, caso fosse considerada a proporção do BRT TransMilenio, onde 88% dos passageiros eram transportados por ônibus convencionais e o restante por veículos leves, a redução de emissão do projeto implantado no Rio de Janeiro seria muito maior. Isso ocorre pela baixa taxa de ocupação de carros, o que exige uma grande quantidade de veículos para transportar a mesma quantidade que poderia ser transportado por um veículo maior, consumindo mais combustível. Para exemplificar, os valores de redução de emissão dos projetos somados caso considerasse uma participação de 12% de carros representariam um aumento da redução de emissão do projeto da ordem de 50% no cenário 1 e de 55% no cenário 2. Isso exemplifica que o potencial de redução de emissão do projeto pode ser ainda maior do que a estimativa apresentada na Tabela 9, já que os cálculos foram feitos de maneira bem conservadora, não considerando a participação dos veículos leves na linha de base.

O total da redução de emissão dos 3 projetos somados mostrados na Tabela 9, quando comparado à quantidade de CO₂ emitida pelo setor de transportes na cidade do Rio de Janeiro em 2005 (mostrado na Tabela 5) mostram que a redução de emissão atingida pelos 3 projetos em conjunto equivalem a 2,2% das emissões de 2005 com o cenário menos conservador, e de 1,75% com o cenário mais conservador. Esse valor é bastante significativo, que pode contribuir para que as metas de redução voluntária desenvolvida pelo município sejam mais facilmente atingidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação em reduzir as emissões de gases de efeito estufa é global, e atinge até países que não possuem obrigatoriedade de redução de emissão, como o Brasil, que criou sua Política Nacional de Mudanças do Clima e possui metas voluntárias de redução de emissão de GEE. Um setor com grande potencial de reduzir as emissões brasileiras é o setor de transportes, por ser baseado no modal rodoviário, que é o maior consumidor de combustíveis fósseis no país.

O Brasil já possui algumas iniciativas de redução de emissão no setor de transportes, como a utilização difundida de etanol como combustível para veículos leves e uma mistura mandatória de 5% de biodiesel em todo diesel comercializado e de 25% de etanol na gasolina comercializada no país. Porém, o consumo de derivados de petróleo no setor ainda é muito alto.

O setor de transportes no Brasil possui muitas falhas, que contribuem para a ineficiência do sistema e no aumento de consumo de combustíveis fósseis. Os diferentes modais não possuem muitas interligações, a rede ferroviária possui baixa capilaridade e é operada por diferentes sistemas privados na sua grande maioria, o que dificulta o gerenciamento. Já o modal hidroviário precisa de muitas melhorias na infraestrutura, pois uma parte muito pequena da extensão hidroviária brasileira é economicamente navegável, além de ser necessário investimento em algumas obras para que a contribuição hidroviária no transporte de cargas aumente. O modal rodoviário de transportes de cargas, que possui a maior participação no Brasil, também opera com deficiências, por existirem muitas estradas sem pavimentação e com problemas de infraestrutura.

O setor de transportes urbanos no Brasil também é ineficiente, baseando-se em sistemas de ônibus com uma qualidade não atraente a todos os passageiros, que optam pelo transporte com automóveis particulares ou de transporte alternativo, que saturam as vias urbanas e causam congestionamentos nas grandes cidades brasileiras.

Existem diversas metodologias de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para o setor de transportes aprovadas pela CQNUMC, que podem ser aplicadas como projetos de redução de emissão. Porém, existem apenas 36 projetos de MDL em validação ou já aprovados pela CQNUMC no setor de transportes no mundo, e nenhum é brasileiro. Esse número de projetos é muito baixo quando comparado a outros setores. Existem diversos projetos no mundo que poderiam ser considerados como MDL, caso cumprissem as exigências definidas pelas metodologias da CQNUMC e tivesse seu pedido de validação aprovado pelo mesmo órgão, como é o caso dos metrô, VLTs, BRTs e misturas de biocombustíveis e combustíveis fósseis que existem em diversos países. Grande parte desses projetos existentes no mundo não recebe créditos pela redução de emissão de GEE ocasionada pelo projeto.

Porém, de acordo com a análise das barreiras dos projetos aprovados ou em validação das metodologias de MDL do setor, percebe-se que uma barreira muito importante é a de financiamento, e provavelmente se não fosse pelo incentivo financeiro dado pelo sistema de créditos de carbono e o MDL, muitos projetos não existiriam.

Um dos projetos de MDL que possui grande potencial de aplicabilidade no Brasil é o de mudança modal de cargas, cujo transporte regional é feito mais de 60% pelo modal rodoviário. Este também não possui boas condições de infraestrutura e é intensivo em combustíveis fósseis. Outros modais com maior capacidade de transporte por veículo e portanto, com menor intensidade de emissão de GEE por

carga transportada, como os modais hidroviário e ferroviário poderiam ser melhor utilizados nesse tipo de transporte.

Outros projetos com grande potencial de aplicação no Brasil são os relacionados com transportes urbanos (metrô, VLTs, BRTs e bondes). As grandes cidades brasileiras sofrem com a falta de ordenação em seus sistemas de transporte urbano e com os grandes congestionamentos gerados, e uma solução seria investir em transportes de massa de qualidade, o que reduziria o consumo de combustíveis fósseis no setor. Porém, uma grande barreira enfrentada na implantação de projetos de transporte urbano é que cada município brasileiro é responsável pelo transporte de sua cidade, o que torna o setor muito fragmentado no Brasil e dificulta a implantação de um plano de ação nacional em desenvolver projetos de transporte urbano. A maioria das cidades também não possui verba para implementar tais projetos, que são mais caros que os sistemas convencionais, e como foi visto, caso não exista o incentivo da receita dos créditos de carbono, muitos projetos não se tornam atrativos.

O Rio de Janeiro, por ser futura sede de jogos da Copa de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, dispõe de investimento para implementar um desses projetos de transporte urbano com metodologia de MDL, o BRT (*Bus Rapid Transit*), que por serem ônibus de grande capacidade de transporte de passageiros e possuírem corredores exclusivos para sua circulação, diminuem a quantidade de veículos em circulação, reduzindo assim o tempo de viagem, o congestionamento, o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de poluentes atmosféricos (tanto poluentes locais como os GEEs).

Três projetos de BRT em construção e planejamento na cidade do Rio de Janeiro (Transcarioca, Transoeste e Transolímpica) foram considerados nesse estudo, sendo a Transcarioca o projeto com maior capacidade de transporte de passageiros diários e maior extensão de corredores e que apresentou maior redução de emissão, quando comparado ao transporte da mesma quantidade de passageiros por ônibus

convencionais, chegando a 59.802 toneladas de CO₂ por ano no cenário 1 e de 47.425 toneladas de CO₂ por ano no cenário 2. A soma de redução de emissão dos 3 projetos representou uma estimativa de redução de emissão de 96.785 toneladas de CO₂ por ano no cenário menos conservador das linhas abastecedoras e de 76.754 toneladas de CO₂ por ano no cenário mais conservador.

O potencial de redução de emissão do projeto pode ser ainda maior, pois o cálculo foi muito conservador. Caso fosse considerada uma pequena parcela de veículos leves na linha de base, a redução somada dos 3 projetos aumentaria em uma ordem de 50%. Portanto, é importante que, caso haja interesse em fazer com que a redução de emissão desse projeto contribua para que as metas voluntárias estaduais e nacionais de redução de emissão de GEE sejam atingidas, é necessário que os parâmetros de cálculo dos passageiros do projeto utilizarão as linhas abastecedoras e da parcela desses passageiros que na ausência do projeto se transportavam por veículos leves estejam disponíveis, pois eles podem variar consideravelmente o cálculo de redução do projeto, como foi visto.

Porém, pela falta de dados dos projetos disponíveis, esses resultados apresentam algumas limitações, como os parâmetros das linhas de alimentação e parcela de carros utilizados na linha de base, que influenciam consideravelmente o resultado. Existe também uma limitação no cálculo das emissões do projeto, visto que pela falta de dados, utilizou-se um parâmetro de outro projeto, localizado em outro país, e esse índice pode não representar a realidade do projeto brasileiro, apesar de apresentarem algumas características comuns. O número de passageiros que utilizarão cada projeto também é uma estimativa, pois os projetos ainda estão sendo construídos ou planejados. Após entrarem em funcionamento, essas questões podem ser melhoradas com o monitoramento dos dados de cada projeto, o que é essencial caso haja o interesse de transformar esses projetos em MDL.

Sendo assim, além de poder contribuir para que as metas voluntárias sejam atingidas, o projeto ainda possui a possibilidade de gerar créditos de carbono, caso haja o interesse dos tomadores de decisão e caso o projeto se enquadre nas especificações da metodologia correspondente, já que existe metodologia de MDL aprovada para este projeto, e já existe um caso de BRT que gera créditos de carbono, que é o caso do TransMilenio em Bogotá.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABVE (2010) – Associação Brasileira de Veículos Elétricos. Disponível em: <http://www.abve.org.br/destaques/2009/destaque09010.asp>. Acesso em Novembro, 2010.
- ADRio - Agência de Desenvolvimento Econômico e Social do Estado do Rio de Janeiro / IEPUC - Instituto de Energia da PUC-Rio (2010). **Balço Energético do Estado do Rio de Janeiro 2009** – Sumário Executivo.
- ANP (2010) – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> – Acesso em Dezembro, 2010.
- ANP (2010b) – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Informações comercialização diesel com biodiesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> – Acesso em Dezembro, 2010.
- Banco Mundial (2010) – **Estudo de Baixo carbono para o Brasil**. Relatório de Síntese Técnica – Transportes.
- Brasil (2009) – **Lei nº 12.187**, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília.
- CDM Pipeline (2011) - **CDM Pipeline Overview**. Disponível em: <http://cdmpipeline.org/>. Acesso em Janeiro, 2011.
- CETESB (2010) – **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2009**.
- CQNUMC (2004) – Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima. **Documento de Concepção de Projeto “BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV”**.

- CQNUMC (2006)– Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima. **Documento de Concepção de Projeto “Cable Cars Metro Medellin, Colombia”.**
- CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (2011). **Metodologias de MDL do setor de transportes.** Disponível em: www.unfccc.int. Acesso em Janeiro, 2011.
- FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (2004) - **Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.**
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011). **Canal Cidades.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em janeiro, 2011.
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente (2010) – **Relatório Anual da Qualidade do Ar no Estado do Rio de Janeiro – 2009.**
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 2 - Energy.** IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program
- IPP – Instituto Pereira Passos (2011). **Armazém de dados da cidade do Rio de Janeiro – Estatística de Transportes.** Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>. Acesso em Novembro, 2010.
- Fetranpor (2009) – **Revista Ônibus**, número 56.
- MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia (2010). **Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Rodoviário.** Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência.

- NTU (2009) - Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano.

Avaliação Comparativa das Modalidades de Transporte Público Urbano.

- NTU (2009b)- Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano.

Perspectivas de alteração da matriz energética do transporte público por ônibus: questões técnicas, ambientais e mercadológicas.

- NTU (2010) – Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano.

Anuário NTU 2009-2010.

- PDTU – Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (2005)

- Prefeitura do Rio de Janeiro / COPPE (2010) - **Inventário de emissões de gases do efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro - resumo executivo.**

- Prefeitura do Rio de Janeiro (2009) - **Plano estratégico da prefeitura do rio de janeiro 2009 – 2012.**

- Prefeitura do Rio de Janeiro (2010). Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br>. Acesso em Janeiro, 2011.

- Ribeiro, S.K e Balassiano, R. (1997) “**CO₂ emissions from passenger transport in Rio de Janeiro**”. Transport Policy Volume 4, Issue 2, Pg 135-139.

- SMTU Secretaria Municipal de Transporte Urbano (2011) – Comunicação pessoal com Luís Gustavo Barreto.

7. ANEXO – MEMÓRIA DE CÁLCULO

Linha de Base	Projeto
Transporte Urbano de Passageiros por Ônibus Convencionais no Rio de Janeiro	Transporte Urbano de Passageiros por BRT no Rio de Janeiro

Cálculo de Emissões

Emissões da Linha de Base

$E_{LB} [t CO_2] = (\text{Cons. Diesel ônibus [L]} \times \text{PCI Diesel [GJ/L]} \times \text{Fat. Emissão Diesel [t CO}_2\text{/L]} \times \text{Fração D/B [adimensional]})$

$\text{Cons. Diesel ônibus [L]} = \text{Consumo Esp}_{\text{ônibus}} (\text{L/km}) \times \text{Dist. total}_{\text{ônibus LB}} (\text{km})$

Emissões do Projeto

$E_{PR} [tCO_2] = (\text{Cons. Diesel BRT [L]} + \text{Cons. Diesel LA [L]}) \times \text{PCI Diesel [GJ/L]} \times \text{Fat. Emissão Diesel [t CO}_2\text{/GJ]} \times \text{Fração D/B [adimensional]}$

$\text{Cons. Diesel BRT [L]} = \text{Cons. Esp}_{\text{BRT}} [\text{L/km}] \times \text{Dist. total}_{\text{BRT}} [\text{km}]$

$\text{Cons. Diesel LA [L]} = \text{Cons. Esp}_{\text{LA}} [\text{L/km}] \times \text{Dist. total}_{\text{LA}} [\text{km}]$

Redução de Emissão

$RE = ELB - EPR$

- Projeto Transcarioca

Projeto: Transcarioca

Parâmetros de Cálculo - Linha de Base				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
PCI Diesel	Poder Calorífico Inferior do Diesel	0,036	GJ / L	BEN 2010
Fat. Emissão Diesel	Fator de Emissão do Diesel	0,074	t CO ₂ / GJ	IPCC 2006
-	Quantidade de passageiros transportados por dia no projeto	380.000	passageiros	SMTU, 2011
Passag Transoeste	Quantidade de passageiros transportados pelo projeto por ano	138.700.000	passageiros	calculado
Fração DB	Fração de Mistura Diesel/Biodiesel comercializada em 2010	0,95	-	ANP, 2011
Cons. Esp ônibus	Consumo específico de diesel distância percorrida (média dos ônibus da cidade do Rio de Janeiro em 2009)	0,35	L/ Km	IPP, 2010
Taxa de ocupação ônibus	Média de passageiros transportados por ônibus no Rio de Janeiro em 2009 por viagem	49,9	passageiros/viagem	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
Dist. média ônibus LB	Distância média percorrida por viagem de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	45	km	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
-	Número de viagens anuais de ônibus feitas antes da implementação do projeto pelos usuários do BRT	2.779.559	viagens	calculado
Dist. total ônibus LB	Distância total anual percorrida de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	125.080.160	km	calculado
Cons. Diesel ônibus LB	Consumo de diesel antes do projeto pelo transporte dos passageiros do BRT que utilizavam o ônibus	43.778.056	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Corredores principais (BRT)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Dist média BRT	Distância da viagem do BRT	39	km	SMTU, 2011
IPK BRT	Índice de passageiros transportados / km de BRT, de acordo com os dados operacionais do BRT TransMilenio de Bogotá	5,4	passageiros/km	CQNUMC, 2004
Dist. total BRT	Distância total anual percorrida pelos ônibus de BRT no Projeto Transcarioca	25.685.185	km	calculado
Cons. Esp BRT	Consumo específico de diesel por ônibus do tipo BRT com capacidade de 160	0,6	L / Km	CQNUMC, 2004
Cons. Diesel BRT	Consumo anual de diesel pelos ônibus de BRT	15.411.111	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 1 (50%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	0,5	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	1.389.780	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	13.897.796	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	4.864.228	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 2 (100%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	1	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	2.779.559	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	27.795.591	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	9.728.457	L	calculado

Resultados - Transcarioca Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	111.392	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	51.590	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	59.802	tCO ₂

Resultados - Transcarioca Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	111.392	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	63.967	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	47.425	tCO ₂

- Projeto Transoeste

Projeto: Transoeste

Parâmetros de Cálculo				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
PCI Diesel	Poder Calorífico Inferior do Diesel	0,036	GJ / L	BEN 2010
Fat. Emissão Diesel	Fator de Emissão do Diesel	0,074	t CO ₂ / GJ	IPCC 2006
-	Quantidade de passageiros transportados por dia no projeto	135.000	passageiros	SMTU, 2011
Passag Transoeste	Quantidade de passageiros transportados pelo projeto por ano	49.275.000	passageiros	calculado
Fração DB	Fração de Mistura Diesel/Biodiesel comercializada em 2010	0,95	-	ANP, 2011
Cons. Esp ônibus	Consumo específico de diesel distância percorrida (média dos ônibus da cidade do Rio de Janeiro em 2009)	0,35	L / Km	IPP, 2010
Taxa de ocupação ônibus	Média de passageiros transportados por ônibus no Rio de Janeiro em 2009 por viagem	49,9	passageiros/viagem	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
Distância média ônibus LB	Distância média percorrida por viagem de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	45	km	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
-	Número de viagens anuais de ônibus feitas antes da implementação do projeto pelos usuários do BRT	987.475	viagens	calculado
Distância total ônibus LB	Distância total anual percorrida de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	44.436.373	km	calculado
Cons. Diesel ônibus LB	Consumo de diesel antes do projeto pelo transporte dos passageiros do BRT que utilizavam o ônibus	15.552.730	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Corredores principais (BRT)

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Dist média BRT	Distância da viagem do BRT	56	km	SMTU, 2011
IPK BRT	Índice de passageiros transportados / km de BRT, de acordo com os dados operacionais do BRT TransMilenio de Bogotá	5,4	passageiros/km	CQNUMC, 2004
Dist. total BRT	Distância total anual percorrida pelos ônibus de BRT no Projeto Transcarioca	9.125.000	km	calculado
Cons. Esp BRT	Consumo específico de diesel por ônibus do tipo BRT com capacidade de 160 passageiros	0,6	L / Km	CQNUMC, 2004
Cons. Diesel BRT	Consumo anual de diesel pelos ônibus de BRT	5.475.000	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 1 (50%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	0,5	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	493.737	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	4.937.375	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	1.728.081	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 2 (100%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	1	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	987.475	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	9.874.749	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	3.456.162	L	calculado

Resultados - Transoeste Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	39.574	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	18.328	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	21.246	tCO ₂

Resultados - Transoeste Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	39.574	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	22.725	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	16.848	tCO ₂

- Projeto Transolímpica

Projeto: Transolímpica

Parâmetros de Cálculo				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
PCI Diesel	Poder Calorífico Inferior do Diesel	0,036	GJ / L	BEN 2010
Fat. Emissão Diesel	Fator de Emissão do Diesel	0,074	t CO ₂ / GJ	IPCC 2006
-	Quantidade de passageiros transportados por dia no projeto	100.000	passageiros	SMTU, 2011
Passag Transoeste	Quantidade de passageiros transportados pelo projeto por ano	36.500.000	passageiros	calculado
Fração DB	Fração de Mistura Diesel/Biodiesel comercializada em 2010	0,95	-	ANP, 2011
Cons. Esp ônibus	Consumo específico de diesel distância percorrida (média dos ônibus da cidade do Rio de Janeiro em 2009)	0,35	L/ Km	IPP, 2010
Taxa de ocupação ônibus	Média de passageiros transportados por ônibus no Rio de Janeiro em 2009 por viagem	49,9	passageiros/viagem	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
Distância média ônibus LB	Distância média percorrida por viagem de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	45	km	Elaboração própria a partir de IPP, 2010
-	Número de viagens anuais de ônibus feitas antes da implementação do projeto pelos usuários do BRT	731.463	viagens	calculado
Distância total ônibus LB	Distância total anual percorrida de ônibus no Rio de Janeiro antes do projeto	32.915.832	km	calculado
Cons. Diesel ônibus LB	Consumo de diesel antes do projeto pelo transporte dos passageiros do BRT que utilizavam o ônibus	11.520.541	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Corredores principais (BRT)

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Dist média BRT	Distância da viagem do BRT	28	km	SMTU, 2011
IPK BRT	Índice de passageiros transportados / km de BRT, de acordo com os dados operacionais do BRT TransMilenio de Bogotá	5,4	passageiros/km	CQNUMC, 2004
Dist. total BRT	Distância total anual percorrida pelos ônibus de BRT no Projeto Transcarioca	6.759.259	km	calculado
Cons. Esp BRT	Consumo específico de diesel por ônibus do tipo BRT com capacidade de 160 passageiros	0,6	L / Km	CQNUMC, 2004
Cons. Diesel BRT	Consumo anual de diesel pelos ônibus de BRT	4.055.556	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 1 (50%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	0,5	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	365.731	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	3.657.315	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	1.280.060	L	calculado

Parâmetros de cálculo - Linhas Abastecedoras (LA) Cenário 2 (100%)				
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade	Fonte
fração passageiros LA	Fração de passageiros do BRT que utilizam linhas abastecedoras do projeto até chegar aos corredores principais	1	-	Valor assumido
Taxa de ocupação LA	Média de passageiros transportados pelas linhas abastecedoras do BRT, assumido como o mesmo valor da taxa de ocupação dos ônibus convencionais no Rio de Janeiro por viagem	49,9	passageiros/viagem	Valor assumido baseado em IPP, 2010
Dist. média ônibus LA	Distância média percorrida pelos passageiros nas linhas abastecedoras do BRT até chegarem nas rotas principais	10	km	Valor assumido
-	Número de viagens anuais das linhas abastecedoras do sistema BRT, assumindo que 60% dos usuários utilizam seus serviços	731.463	viagens	calculado
Dist. total LA	Distância total anual percorrida pelos ônibus abastecedores dos corredores principais dos BRTS	7.314.629	km	calculado
Cons. Diesel LA	Consumo anual de diesel pelas linhas abastecedoras dos corredores principais do BRT	2.560.120	L	calculado

Resultados - Transolímpica Cenário 1			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	29.314	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	13.576	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	15.737	tCO ₂

Resultados - Transolímpica Cenário 2			
Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base	29.314	tCO ₂
EPR	Emissão do Projeto	16.833	tCO ₂
RE	Redução de Emissão	12.480	tCO ₂

- **Soma dos Projetos**

Soma dos projetos

Resultados - Todos os Projetos Cenário 1

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base total	180.280	tCO ₂
EPR	Emissões dos Projetos	83.495	tCO ₂
RE	Redução de Emissão Total	96.785	tCO ₂

Resultados - Todos os Projetos Cenário 2

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
ELB	Emissão de Linha de Base total	180.280	tCO ₂
EPR	Emissões dos Projetos	103.526	tCO ₂
RE	Redução de Emissão Total	76.754	tCO ₂