

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

1

CATEGORIA 2

TÍTULO: PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DAS EMISSÕES DE CO₂ NA OPERAÇÃO DE SISTEMAS METROVIÁRIOS E ÔNIBUS INTEGRADOS: APLICAÇÃO NO METRÔ DO RIO DE JANEIRO E NA SUA FROTA DE ÔNIBUS - METRÔ NA SUPERFÍCIE

RESUMO:

O setor de transportes é responsável por uma parcela significativa das emissões globais de dióxido de carbono - CO₂, em virtude da queima de combustíveis fósseis e da geração da energia elétrica necessárias à movimentação dos veículos. A medição dessas emissões, quando realizadas em gramas de CO₂ por passageiro-km, permite a obtenção de resultados mais significativos, que consideram a carga de passageiros. Este trabalho visa analisar as emissões, em gramas de CO₂ por passageiro-km, dos sistemas de transporte de passageiros por metrôs e ônibus, comparados aos automóveis particulares, além de estabelecer os procedimentos de cálculo da emissão na operação dos metrôs e da frota de ônibus integrada ao sistema metroviário. A aplicação da metodologia foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro e na sua frota de ônibus, denominada “Metrô Na Superfície”.

1. INTRODUÇÃO

Os GEE - Gases de Efeito Estufa lançados à atmosfera pela natureza e pela ação humana absorvem parte da radiação infravermelha refletida na Terra, dificultando seu escape para o espaço e potencializando um maior aquecimento do planeta. A quantidade desses gases, principalmente o CO₂ - dióxido de carbono, resultante da atividade humana, tem crescido dramaticamente, provocando um aumento anual na temperatura média do planeta de 0,85 graus Celsius, no período entre 1880 e 2012. Os 30 anos entre 1983 e 2012 foram mais quentes do que qualquer período anterior de 30 anos nos últimos 1.400 anos. No pior cenário, sem esforços de redução de emissão de GEE por parte das nações, é previsto que a temperatura média poderá subir até 4,8 graus Celsius no próximo século (IPCC, 2014a).

No período de 1984 a 2013, o maior acréscimo anual de GEE emitido ocorreu em 2013, atingindo 2,9 partes por milhão (WMO, 2014), o que mostra a gravidade do problema.

O aquecimento global modifica o clima em diversas regiões do planeta, gerando impactos como fortes chuvas, inundações e aumento do nível do mar, contribuindo também para a ocorrência de desastres naturais.

Os efeitos danosos dos GEE motivaram várias nações a assumirem compromissos e implantarem ações de mitigação, ou seja, de redução de emissões de GEE, em vários setores, incluindo o de transportes.

Dentre os gases de efeito estufa emitidos por veículos podem ser citados o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). O CO₂ é o principal gás em termos de quantidade emitida, sendo o responsável pela maior contribuição para o aquecimento global. Por isso é usado como referência em termos de poder de aquecimento. Em relação a

ele, considerado de valor unitário, o CH₄ tem valor 25 e o N₂O tem valor 298, considerando um tempo de 100 anos de permanência na atmosfera (IPCC, 2014b). Esses valores são uma medida do que se denomina “Potencial de Aquecimento Global” (em inglês GWP – *Global Warming Potential*) e são determinados para um horizonte de tempo, sendo utilizados 25, 100, ou 500 anos. A massa emitida pelos GEE é calculada em quantidade equivalente de CO₂, ou seja, a quantidade de CO₂ que tem o mesmo potencial de aquecimento, medida em CO₂e (CO₂ equivalente).

A queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), de um modo geral, provoca emissão de GEE, além da emissão de outros gases poluentes, nocivos diretamente à saúde humana, mas que não afetam diretamente o aquecimento global.

A emissão de CO₂ em sistemas de transportes responde por cerca de 23% do total de emissões globais oriundas do consumo de combustíveis fósseis, sendo o transporte rodoviário responsável pela maior parte dessas emissões (OECD, 2010). É estimado que até 2050 a energia fóssil utilizada nos sistemas de transporte dobre, tendo como base o ano de 2009, o que aumentaria ainda mais a emissão de GEE, caso ações de mitigação dessas emissões não sejam implantadas (IEA, 2009). No Brasil, a energia consumida pelo setor de transportes em 2013 representou 32% da energia total, tendo havido um acréscimo de 5,2% em relação a 2012 (EPE, 2014). A quantidade de GEE emitidos naquele ano pelo setor de transportes do Brasil chegou a 215 milhões de toneladas, medidas em CO₂e, correspondendo a 46,9% do total de emissões associadas à matriz energética brasileira (EPE, 2014).

A consciência ambiental vem crescendo em todo mundo, e os governos vêm implantando políticas de estímulo à redução da emissão de gases do efeito estufa. Algumas

idades definiram quantitativamente objetivos de redução, como, por exemplo, Londres, que estabeleceu programa de redução de emissões de carbono no setor de transportes, cortando 60% das emissões até 2025, tendo como base o ano de 1999 (LU, 2009). Em Portugal, a cidade do Porto estabeleceu uma meta de redução de 45% até 2020, em relação a 2004 (ADEPORTO, 2010), enquanto que a cidade de Lisboa estabeleceu meta de 20% de redução entre 2013 e 2020, tendo como base o ano de 2012 (LISBOA e-NOVA, 2014). No Brasil, o Estado do Rio de Janeiro fixou pelo decreto nº 43.216 de 30/09/2011, objetivos de redução de 30% das emissões em transportes entre 2010 e 2030, enquanto que o Estado de São Paulo aprovou o decreto nº 58.107 de 05/06/2012, que estabeleceu objetivos de redução de 20% das emissões até 2020, tendo por base o ano de 2005. Na cidade de Nova Iorque foi planejada uma redução de 30% das emissões até 2030, comparado a 2005 (PlaNYC, 2007).

A abordagem usualmente utilizada na medição das emissões de CO₂ em sistemas de transporte considera as emissões decorrentes da queima do combustível, como nos automóveis, ônibus, caminhões, aeronaves, navios etc. Para sistemas movidos a energia elétrica, como ferrovias e metrô, considera-se a emissão indireta produzida na geração da eletricidade e provocada pela queima de combustíveis nas fontes térmicas que compõe a matriz de geração de eletricidade na maior parte dos países desenvolvidos. A composição da matriz de energia elétrica é um fator determinante no resultado da emissão de CO₂ dos sistemas metroferroviários de passageiros.

Os metrô são associados a modos de transportes que possuem baixa emissão de CO₂, uma vez que não utilizam combustíveis fósseis na movimentação dos seus veículos, que são os trens.

Uma maneira de evitar o crescimento das emissões de CO₂ pelo setor de transportes consiste em incentivar a sociedade a utilizar o sistema de transporte público, de alta e média capacidade, como os metrô e os ônibus. As emissões totais de CO₂ dos meios de transportes ocorrem, em maior ou menor proporção, independentemente da taxa de ocupação dos mesmos. Porém, quanto maior for a taxa de ocupação dos meios de transportes, menor será a emissão de CO₂ por cada quilômetro percorrido pelos passageiros.

Para uma informação mais adequada é importante que as medições de emissões de CO₂ sejam realizadas de acordo com a quilometragem percorrida pelos passageiros, utilizando-se, para isso, a medida gramas de CO₂ por passageiro-km (gCO₂ por pass-km). Dessa forma, é possível estabelecer comparações de emissões envolvendo todos os meios de transportes de passageiros.

A ausência, ou ineficiência, de meios de transportes de alta ou média capacidade, faz com que o uso do automóvel seja cada vez mais intenso, aumentando os congestionamentos, e, conseqüentemente, as emissões do setor de transportes. A taxa de ocupação média dos automóveis é baixa, quando comparada a dos metrô e dos ônibus, fazendo com que as emissões em gCO₂ por pass-km dos automóveis sejam geralmente maiores que a dos metrô e ônibus. Segundo o IPEA (2011), a taxa de ocupação média dos automóveis, no Brasil, é de 1,5 passageiros por viagem, enquanto que a dos metrô é de 900 passageiros por viagem. Com isso, os sistemas de transportes compostos por metrô e ônibus integrados ocupam lugar de destaque como solução de menor impacto na emissão de CO₂ do setor de transportes.

O objetivo deste trabalho é apresentar procedimentos de cálculo da emissão, em gCO₂ por pass-km, na operação de sistemas metroviários e seus ônibus integrados, aplicando

a metodologia proposta no Metrô do Rio de Janeiro e na sua frota de ônibus, denominada “Metrô Na Superfície”. A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2 define, em linhas gerais, a emissão, em gCO₂ por pass-km, na operação dos sistemas de metrô e de ônibus, apresentando resultados comparativos de emissões nesses dois sistemas de transportes além de definir e apresentar os procedimentos de cálculos de emissões propostos. A seção 4 trata das aplicações dos procedimentos de cálculos de emissões propostos no Metrô do Rio de Janeiro e na sua frota de ônibus, relacionados ao ano de 2015. A seção 5 trata das conclusões do trabalho.

2. DIAGNÓSTICO

A medida pass-km é a mais apropriada na atividade do transporte de passageiros, sendo também usualmente utilizada para fins de comparação de resultados das emissões entre meios de transportes de passageiros. Ela é mais representativa do que os valores das emissões totais das viagens dos veículos, uma vez que considera as emissões de CO₂ relacionada diretamente à quantidade de passageiros transportados. A medida pass-km é obtida pela multiplicação dos totais correspondentes de passageiros transportados em um determinado período pré-estabelecido (diário, mensal ou anual) pela extensão média das viagens dos passageiros, baseada em pesquisas de origem-destino dessas viagens.

Na sequência serão detalhadas as emissões, em gCO₂ por pass-km, na operação dos sistemas de metrô e de ônibus, bem como resultados comparativos das emissões desses dois sistemas de transportes de passageiros.

2.1. EMISSÕES, EM gCO₂ POR PASS-KM, NA OPERAÇÃO DOS METRÔS

As emissões de CO₂ na operação de sistemas de metrô ocorrem principalmente na geração da energia elétrica necessária para prover a força de tração dos trens dos sistemas metroviários. Essas emissões, denominadas de emissões indiretas de CO₂, por eletricidade, constituem emissões produzidas por terceiros (WRI, 2014), já que, usualmente, essa energia elétrica não é gerada localmente pelo sistema metroviário e sim adquirida de terceiros, da empresa fornecedora de energia elétrica local.

Os sistemas metroferroviários são grandes consumidores de energia elétrica. O Metrô de Londres consome mais de 1 TWh por ano, valor responsável por 2,8% de todo o consumo da cidade, sendo o seu maior consumidor individual (LU, 2009). A tabela 1 apresenta os consumos anuais de energia elétrica de uma seleção de sistemas metroviários.

Tabela 1: Consumo anual de energia elétrica de sistemas metroviários

Metrô	Consumo de energia elétrica	Fontes:
Nova Iorque	3,4 TWh	MTA (2008)
Hong Kong	1,4 TWh	MTR (2013)
Londres	1,0 TWh	LU (2009)
São Paulo	0,6 TWh	METRÔ SÃO PAULO (2014)
Porto	0,5 TWh	METRÔ PORTO (2013)

A energia elétrica consumida na tração dos trens representa usualmente a maior parte da energia elétrica operacional total consumida, tipicamente em torno de 60% a 80%,

conforme mostrado na tabela 2. Tal abordagem é a mais apropriada para a comparação de resultados com outros meios de transporte quando se analisa a emissão provocada apenas pelo consumo de combustível necessário à movimentação do veículo.

Tabela 2: Percentual de energia elétrica consumida pela força de tração de sistemas metroviários.

Sistema	% da força de tração dos trens	Fonte:
Metrô de Nova Iorque	75%	MTA (2008)
Metrô do Porto	75%	METRÔ PORTO (2013)
Metrô do Rio de Janeiro	70%	METRÔ RIO (2014b)
Metrô de São Paulo	70%	METRÔ SÃO PAULO (2014)
Metrô de Londres	67%	LU (2009)
Metrô de Los Angeles	65%	METRÔ LOS ANGELES (2014)

Como a força de tração dos trens é responsável por grande parte da energia consumida nos metrô, conseqüentemente ela é a maior responsável pelas emissões de CO₂ na operação dos metrô. O restante da energia elétrica consumida pelos sistemas, denominada energia auxiliar, tem por objetivo suprir a iluminação e os equipamentos auxiliares das estações, como: escadas rolantes, bombeamento, salas técnicas, etc., e inclui também os demais consumos da energia elétrica da empresa metroviária, como a do setor administrativo e canteiro de obras.

A emissão de CO₂ da energia de tração nos sistemas metroferroviários é relacionada somente à emissão produzida na geração da energia utilizada pelos veículos que operam no

sistema metroferroviário, que é a eletricidade que realiza a movimentação dos trens. Ela está diretamente ligada ao consumo de energia de tração dos trens, desprezando outros tipos de consumo de energia elétrica do sistema, como a iluminação das estações, funcionamento das escadas rolantes etc.

No Brasil, o sistema de energia elétrica do país é interligado através do SIN - Sistema Interligado Nacional, não sendo possível identificar exatamente a origem da fonte energética utilizada na geração da energia fornecida para cada sistema metroviário brasileiro. Com isso, para realizar qualquer cálculo de emissões de CO₂ por eletricidade no Brasil, são utilizados os fatores médios nacionais de emissão do setor elétrico, divulgados pelo Governo Brasileiro de forma mensal e anual. Esses fatores médios de emissões divulgados pelo Governo Brasileiro devem ser utilizados quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento, servindo, portanto, para estabelecer cálculos de inventários em geral, de qualquer natureza (MCTI, 2016).

Os valores das emissões de CO₂ devidos à geração da energia elétrica utilizada nos metrô apresentam grande variação de resultados entre os sistemas metroviários de todo o mundo, em função das diferentes matrizes energéticas utilizadas em cada local. Na maioria dos países da Europa, Ásia e Oceania existe a predominância de fontes térmicas, com um mix de carvão, óleo e gás (CoMET, 2008), que são os tipos de fontes de maior emissão. O Brasil é favorecido por utilizar predominantemente fontes hidroelétricas, que é considerada uma fonte de energia “limpa”, com baixo impacto na emissão de CO₂. No Brasil há pouca utilização de fontes térmicas na geração de energia elétrica, com predominância de fontes renováveis, responsáveis por 79,30% do total da matriz energética (EPE, 2014).

A tabela 3 apresenta resultados das emissões de CO₂, totais e em pass-km, devidas à geração da energia elétrica em 3 metrô. É possível identificar grandes diferenças nos resultados, pois os mesmos dependem da quantidade de energia elétrica utilizada pelos sistemas e de fatores como: a matriz energética local, a eficiência energética, a tecnologia utilizada, a idade do sistema, o projeto do sistema, a carga de passageiros (taxa de ocupação), o tamanho do sistema, quantidade de trens, intervalos praticados e outros.

Tabela 3: Emissões de CO₂, totais e em gramas por pass-km, relacionadas à geração da energia elétrica nos Metrô de Lisboa, Bilbao e São Paulo

Metrô	Emissões totais em toneladas de CO ₂	Emissões em gCO ₂ por pass-km	Ano	Fontes
Lisboa	14.500	49	2012	Metro Lisboa (2013)
Bilbao	16.638	28	2011	Metro Bilbao (2012)
São Paulo	44.000	4	2012	Metrô São Paulo (2014)

As emissões totais de CO₂, por eletricidade, nos Metrô de Lisboa (14.500 tCO₂) e de Bilbao (16.638 tCO₂) são similares, enquanto que os valores das emissões em gCO₂ por pass-km são bem diferentes, com 49 para Lisboa e 28 para Bilbao. Esses dois metrô possuem a mesma extensão da rede, com 43 km, mas possuem diferentes demandas de passageiros anuais, com 52 milhões/ano no Metrô de Lisboa e 87 milhões/ano no Metrô de Bilbao (Metro Lisboa, 2013; Metro Bilbao, 2014), o que justifica o melhor desempenho do Metrô de Bilbao em relação a menor emissão de CO₂ por pass-km, quando comparado ao Metrô de Lisboa.

2.2. EMISSÕES, EM gCO₂ POR PASS-KM, NA OPERAÇÃO DOS ÔNIBUS

De acordo com IPEA (2011), a matriz modal de deslocamentos de passageiros nos grandes centros urbanos do Brasil apresenta 4% em sistemas sobre trilhos, envolvendo os metrô e as ferrovias, e 60% em ônibus. Essa grande utilização dos ônibus no Brasil também ocorre em diversos países do mundo, onde, usualmente, o transporte em ônibus se sobressai em relação aos outros sistemas, como nos países da América Latina, onde 43% do transporte de passageiros é realizado por ônibus (Gabriele *et al.*, 2013).

Os veículos automotores constituem, a nível mundial, a principal fonte de poluição do ar nas grandes cidades, sendo esse problema agravado nas últimas décadas em função do aumento da frota de veículos rodoviários movidos a combustíveis fósseis, principalmente a gasolina, utilizada nos automóveis, e o óleo diesel, utilizado nos ônibus, que são grandes emissores de CO₂. Segundo a ONU (2011), o transporte rodoviário é responsável pela maioria das emissões atuais e do seu crescimento estimado, já que a previsão é que a frota global de veículos será multiplicada em 3 ou 4 vezes até 2050, tendo como base o ano de 2010.

O cálculo das emissões de CO₂ nos ônibus é realizado de acordo com a quantidade da queima de litros do combustível, geralmente o óleo diesel, que é multiplicada por um fator de emissão médio. Os valores das emissões, em gCO₂ por pass-km, nos ônibus dependem muito da carga de passageiros. No Brasil, considerando a lotação máxima dos ônibus, com 80 passageiros, a média das emissões é de 16 gCO₂ por pass-km (IPEA, 2011), enquanto que os ônibus do município de São Paulo emitem 65 gCO₂ por pass-km, considerando a carga média nos ônibus (Metrô São Paulo, 2014). A tabela 4 apresenta resultados de emissões em ônibus de algumas cidades do mundo, considerando a lotação média dos mesmos.

Tabela 4: Emissões, em gCO₂ por pass-km, dos ônibus nas cidades de Chicago, Almada, Adelaide e Birmingham

Países	Cidades	Emissões em gCO ₂ por pass-km	Fontes
Estados Unidos	Chicago	171	FTA, 2010
Portugal	Almada	85	AGENEAL, 2005
Austrália	Adelaide	140	DEMOGRAPHIA, 2007
Inglaterra	Birmingham	186	IST, 2012

2.3. RESULTADOS GERAIS COMPARATIVOS DAS EMISSÕES, EM gCO₂ POR PASS-KM, DOS METRÔS E DOS ÔNIBUS

Diferentes pesquisas indicam que os sistemas metroviários que utilizam energia elétrica de fontes menos poluentes levam vantagem sobre outros meios de transporte, quando se faz uma comparação da emissão em gCO₂ por pass-km. Andrade *et al.* (2013) realizou um estudo sobre a contribuição para a redução das emissões de CO₂ dos sistemas sobre trilhos, concluindo que em todas as abordagens de emissões, esses sistemas demonstram que, em geral, em todo o mundo, são a melhor alternativa de transporte de passageiros de baixa emissão de CO₂. A autoridade de transporte da cidade de Londres realizou um estudo que mostra a emissão por pass-km de diversos sistemas de transporte. Essa comparação comprova o melhor desempenho dos metrô quanto à menor emissão de CO₂. Enquanto o Metrô de Londres emite 50 gCO₂ por pass-km, os ônibus em Londres emitem 80 gCO₂ por pass-km, e os automóveis emitem 110 gCO₂ por pass-km, considerando a lotação média de passageiros (TFL, 2006).

Em 2011, foi realizado um estudo na Europa para identificar os valores médios de emissões, em gCO₂ por pass-km, dos diferentes modos de transporte de passageiros de 27

países da Europa. Os resultados das emissões, em gCO₂ por pass-km, do modo rodoviário foi de 109, enquanto que nos metrô foi de 41 (EEA, 2011). Outro exemplo de resultado comparativo entre metrô e ônibus do continente europeu é o da cidade de Bilbao, na Espanha, onde os ônibus emitem quase 5 vezes mais (135 gCO₂ por pass-km) do que o sistema metroviário (28 gCO₂ por pass-km) (Metrô Bilbao, 2012).

Segundo FTA (2010), nos Estados Unidos, as médias de emissões, em gCO₂ por pass-km, dos metrô e ônibus são: 62 para os metrô e 180 para os ônibus, considerando a lotação média dos sistemas. Constata-se que as emissões dos ônibus são quase 3 vezes superiores as dos metrô. Esse levantamento revelou também as taxas de ocupação médias desses dois sistemas em todo o país, que apresenta 47% de ocupação nos metrô e 28% nos ônibus. Se fossem consideradas as cargas máximas de lotação, o metrô continuaria tendo os menores valores de emissões, em gCO₂ por pass-km, com 31 para os metrô e 51 para os ônibus (FTA, 2010). A figura 1 mostra exemplos de resultados de emissões de ônibus, metrô e automóveis em 3 cidades dos Estados Unidos.

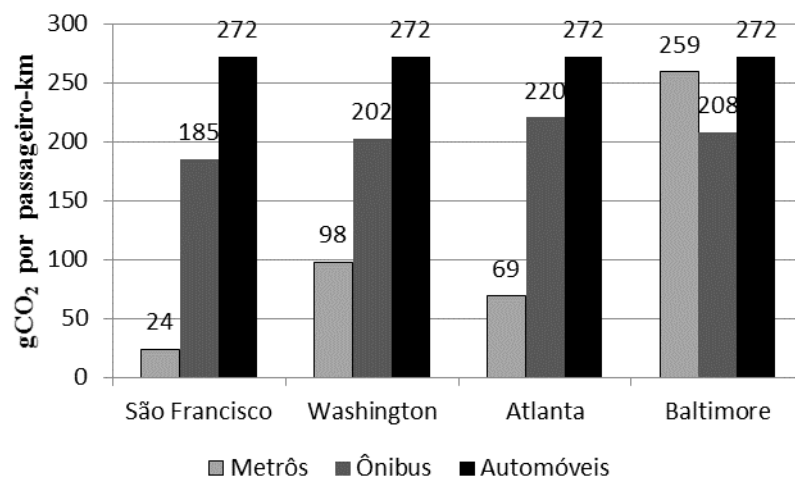


Figura 1: Média de emissões, em gCO₂ por pass-km, dos metrô, ônibus e automóveis dos Estados Unidos (FTA, 2010)

Constatou-se que dentre todas as cidades americanas, em apenas uma delas, Baltimore, o metrô apresentou valor de emissão superior à dos ônibus. Isso ocorre porque existe uma baixa taxa de utilização no Metrô de Baltimore, com apenas 17% de ocupação na média, justificando o resultado superior às emissões dos ônibus na cidade de Baltimore, que possuem 34% de média de taxa de ocupação (FTA, 2010).

Na Oceania, o Governo de Transporte Urbano da Austrália realizou um estudo sobre as emissões de CO₂ nos sistemas de transporte da cidade de Melbourne, conforme tabela 5.

Tabela 5: Emissão de CO₂ por pass-km na cidade de Melbourne (GAMUT, 2009)

Sistemas de transportes de passageiros da cidade de Melbourne	Gramas de CO ₂ por pass-km
Metrô	145
Ônibus	159

Constata-se um valor elevado, acima da média, na emissão do Metrô de Melbourne. Isso ocorre porque a Austrália possui uma matriz energética constituída basicamente por fontes térmicas, a base de carvão, que é a fonte térmica de maior emissão (Brasil Gov, 2013), fazendo da Austrália o 5º país do mundo na produção de carvão e o 2º país do mundo na exportação de carvão (IEA, 2013). A geração da energia elétrica na Austrália eleva o resultado da emissão de CO₂ em comparação a outros países que possuem matrizes energéticas com menos fontes térmicas. Em virtude disso, os valores das emissões de CO₂ do metrô e dos ônibus na cidade de Melbourne permanecem tão próximos.

2.4. PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DAS EMISSÕES, EM GRAMAS DE CO₂ POR PASS-KM, NA OPERAÇÃO DOS METRÔS E DA SUA FROTA DE ÔNIBUS

Alguns sistemas metroviários possuem e administram frota de ônibus, seja por frota própria ou alugada, para complementar parte dos itinerários, não supridos pela malha de trens. Muitas vezes a utilização desses ônibus é ofertada dentro da mesma tarifa do metrô. Como exemplos, podem-se citar os sistemas metroviários de 5 cidades: a) Delhi - possui diversas linhas de micro-ônibus próprias, com capacidade para até 30 pessoas por veículo. Assim como ocorre nos trens do Metrô de Delhi, o valor da tarifa do micro-ônibus varia de acordo com a quilometragem percorrida pelos usuários; b) Nova Iorque - possui linhas de ônibus gratuitas para seus usuários, utilizando o passe Metro Card, que oferece um preço por viagem menor que a tarifa unitária do Metrô de Nova Iorque; c) Paris - possui transferência gratuita para seus usuários entre as zonas I a V, durante um período de 2 horas, utilizando o passe Paris Visit Pass; d) Rio de Janeiro - possui 2 linhas de ônibus administradas pelo sistema metroviário, cuja tarifa é gratuita; e e) Santiago - onde é possível realizar integração gratuita em até 2 linhas de ônibus consecutivas, durante o período de 2 horas, utilizando o passe Targeta Bip (Metrô Delhi, 2014; New York pass, 2014; Paris Metro, 2014; MetrôRio, 2016; Targeta Bip, 2014).

2.4.1. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES, EM GRAMAS DE CO₂ POR PASS-KM, NA OPERAÇÃO DOS METRÔS

O procedimento proposto de cálculo das emissões, em gCO₂ por pass-km, na operação dos metrôS deverá ser aplicada pelo período mensal, para depois se chegar a um resultado anual, devendo seguir as seguintes etapas:

1 – Apurar a energia de tração mensal consumida pelo metrô, em MWh, adicionando no resultado da energia de tração mensal os percentuais relativos às perdas técnicas de transmissão e na distribuição da energia elétrica, divulgadas pela ANEEL (2015) e LIGHT (2015).

2 – Levantar o fator médio mensal da geração da energia elétrica, definido pelo Governo, em tCO₂/MWh. De acordo com MCTI (2016), esse fator médio divulgado pelo Governo deve ser usado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica gerada, servindo, portanto, para inventários em geral, corporativos ou de outra natureza.

3 – Multiplicar o total da energia de tração mensal consumida pelo sistema metroviário adicionado das perdas técnicas de transmissão e na distribuição da energia elétrica, pelo fator médio mensal da geração da energia elétrica definido pelo Governo, que resultará nas emissões totais, naquele mês, em tCO₂. Esse resultado de tCO₂ deve ser transformado para a medida kCO₂.

4 – Apurar a quantidade de pass-km mensal do sistema metroviário, utilizando os dados da demanda mensal do sistema multiplicado pela extensão média das viagens dos passageiros, baseada em pesquisas de origem-destino dessas viagens.

5 – Dividir o resultado das emissões totais, em kCO_2 , pelo resultado de pass-km para o mês analisado. Com isso, encontra-se o resultado mensal das emissões totais, em kCO_2 por pass-km, na operação de um sistema metroviário. Esse resultado de kCO_2 por pass-km deve ser transformado para a medida gCO_2 por pass-km, que é a medida mais usualmente utilizada para divulgar os resultados de emissões de CO_2 em diferentes sistemas de transportes.

6 – O resultado anual da emissão, em gCO_2 por pass-km, na operação do metrô, será obtido através da divisão da soma das emissões totais mensais, em gCO_2 , pela soma dos resultados mensais de pass-km.

2.4.2. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES, EM GRAMAS DE CO_2 POR PASS-KM, NA OPERAÇÃO DA FROTA DE ÔNIBUS DOS SISTEMAS METROVIÁRIOS

O procedimento proposto de cálculo das emissões, em gCO_2 por pass-km, na operação da frota de ônibus dos sistemas metroviários deverá ser aplicada pelo período mensal, para depois se chegar a um resultado anual, devendo seguir as seguintes etapas:

1 – Levantar o total do consumo de combustível mensal da frota de ônibus do sistema metroviário, retirando a parcela relativa do biodiesel, para poder realizar o cálculo das emissões de CO_2 .

2 – De posse da informação do total do consumo de combustível mensal da frota de ônibus do sistema metroviário, retirando a parcela relativa do biodiesel, deve-se multiplicar

esse resultado pelo fator médio de emissão, em kgCO_2 por litro, do combustível utilizado nos ônibus. Com isso, chega-se ao resultado das emissões totais, em kgCO_2 , da frota de ônibus do sistema metroviário.

3 – Apurar o resultado de pass-km mensal da frota de ônibus do sistema metroviário, utilizando os dados da demanda mensal da frota de ônibus multiplicado pela extensão média das viagens dos passageiros, baseada em pesquisas de origem-destino dessas viagens.

4 – Dividir o resultado mensal das emissões totais, em kCO_2 , pelo resultado do pass-km mensal da frota de ônibus. Com isso, encontra-se o resultado mensal das emissões, em kCO_2 por pass-km, na operação da frota de ônibus de um sistema metroviário. Esse resultado de kCO_2 por pass-km deve ser transformado para a medida gCO_2 por pass-km, que é a medida mais usualmente utilizada para divulgar os resultados de emissões de CO_2 em diferentes sistemas de transportes.

5 – O resultado anual da emissão, em gCO_2 por pass-km, na operação da frota de ônibus de um metrô será obtido através da divisão da soma das emissões totais mensais, em gCO_2 , pela soma dos resultados mensais do pass-km.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

A rede atual do Metrô do Rio de Janeiro - MetrôRio - tem 42 km de extensão, com 2 linhas e 36 estações, com a demanda anual de cerca de 186 milhões de usuários. A linha 1 liga a Estação Uruguai a General Osório e a linha 2 liga a Estação Pavuna a Botafogo. Além dessa rede, que é atendida pelos trens do metrô, existe uma extensão da malha feita por ônibus exclusivos do MetrôRio, denominados de “Metrô Na Superfície”, chegando a bairros importantes da Zona Sul do Rio de Janeiro, que não são atendidos pelos trens do sistema,

como Humaitá, Jardim Botânico, Ipanema e Leblon. Dessa forma, os usuários podem completar sua viagem sem pagar nada a mais por esse serviço, pois o mesmo é gratuito, já contemplado na tarifa padrão do sistema (MetrôRio, 2016).

A frota dos ônibus Metrô Na Superfície conta com 34 ônibus, distribuídos em 2 linhas. Uma linha de ônibus parte do terminal da linha 2, a Estação Botafogo, com destino à Gávea, e a outra linha parte do terminal da linha 1, a Estação General Osório, também com destino à Gávea. Trata-se de ônibus exclusivos do MetrôRio, que são alugados e administrados totalmente pelo sistema metroviário (MetrôRio, 2016).

3.1. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO NA OPERAÇÃO DOS TRENS DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2015

O MetrôRio (2016) disponibilizou os dados mensais de passageiro-km e dos consumos da energia de tração dos trens do ano de 2015. A tabela 6 apresenta os dados levantados, necessários à aplicação da metodologia proposta e os resultados das emissões. O cálculo das emissões dos metrôs foi realizado de forma conservadora. Foi considerado que há 4% de perdas técnicas de transmissão na rede do SIN – Sistema Interligado Nacional (ANEEL, 2015) e 8% na distribuição (LIGHT, 2015), totalizando perdas de transmissão e distribuição (T&D) de 12%. Foi utilizado o fator brasileiro mensal de emissão do SIN, divulgado pelo Governo do Brasil.

Tabela 6: Emissões de CO₂ na operação dos trens do MetrôRio no ano de 2015

(MetrôRio, 2016; MCTI, 2016)

TRENS DO METRÔRIO - 2015								
MÊS	CONSUMO TRACÇÃO SEM PERDAS (MWh)	Perdas na distribuição da energia da LIGHT (8%)	Perdas na transmissão da energia do SIN (4%)	Energia total (considerando todas as perdas)	Fator de emissão nacional (em tonelada de CO ₂)	Emissão total (Kilos de CO ₂)	Resultado do passageiro-km	Emissão Média por passageiro-km (gramas de CO ₂ por passageiro-km)
jan-15	13.593	1.087	544	15.224	0,1275	1.941.080,400	199.063.581	9,8
fev-15	13.345	1.068	534	14.946	0,1321	1.974.419,440	200.276.785	9,9
mar-15	13.940	1.115	558	15.613	0,1369	2.137.392,320	225.872.852	9,5
abr-15	12.835	1.027	513	14.375	0,1301	1.870.213,520	198.328.083	9,4
mai-15	13.477	1.078	539	15.094	0,1258	1.898.855,392	210.545.119	9,0
jun-15	13.350	1.068	534	14.952	0,1406	2.102.251,200	211.668.896	9,9
jul-15	14.497	1.160	580	16.237	0,1221	1.982.493,744	223.087.307	8,9
ago-15	13.623	1.090	545	15.258	0,1183	1.804.993,008	220.934.521	8,2
set-15	13.157	1.053	526	14.736	0,1217	1.793.351,728	217.156.785	8,3
out-15	13.141	1.051	526	14.718	0,1180	1.736.714,560	217.978.949	8,0
nov-15	12.258	981	490	13.729	0,1127	1.547.253,792	205.787.268	7,5
dez-15	13.070	1.046	523	14.638	0,1075	1.573.628,000	214.088.246	7,4
TOTAL 2015						22.362.647,104	2.544.788.390	8,8

Em 2015, a média das emissões na operação dos trens do MetrôRio foi de 8,8 gCO₂ por pass-km. Comparando com os resultados de emissões em outros sistemas metroviários já apresentados nesse trabalho, pode-se constatar que o MetrôRio é um dos sistemas de transportes que menos emitem no mundo. Isso ocorre devido principalmente a matriz energética brasileira, composta basicamente por hidroelétricas, além da adequada taxa de ocupação do sistema, que, de acordo com o MetrôRio (2016), foi de cerca de 50% ao longo de 2015, o que representa cerca de 865 passageiros dentro de um trem em cada viagem. Percebem-se diferenças nos resultados mensais, variando de 7,4 a 9,8 gCO₂ por pass-km. Conforme IPEA (2011) os automóveis no Brasil emitem 127 gCO₂ por pass-km, o que demonstra o bom desempenho quanto à emissão de CO₂ na operação do MetrôRio.

3.2. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO NA OPERAÇÃO DOS ÔNIBUS METRÔ NA SUPERFÍCIE DO METRÔ DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2015

A aplicação do procedimento proposto nesse trabalho é apresentada na tabela 5. A tabela 7 apresenta o resultado das emissões totais de CO₂, em toneladas e em gramas, além das emissões em gCO₂ por pass-km, da operação dos ônibus do MetrôRio nas Linhas General Osório – Gávea e Botafogo – Gávea. O cálculo das emissões dos ônibus integrados foi realizado de forma conservadora. O combustível diesel, no Brasil, tem uma parcela adicionada de biodiesel, que foi retirada do cálculo da emissão líquida de CO₂. Essa parcela foi retirada, mês a mês, conforme percentual de adição definido na legislação durante os meses de 2015, que foi de 7% (MA, 2015). Foi considerado que o biodiesel se trata de um combustível renovável, que têm suas emissões de CO₂ compensadas no plantio de suas matérias primas e, portanto, não foram consideradas.

A emissão de CO₂ dos ônibus foi calculada através da fórmula:

$$(ECO_2)_c = PCI_c \times EC_c \times FO_c \times (44/12)$$

onde, em relação ao combustível “c”, ECO₂ é a emissão de CO₂; PCI é o seu poder calorífico inferior; EC é o seu fator de emissão de carbono; FO é o seu fator de oxidação e 44/12 é o fator de conversão do carbono para o dióxido de carbono. O fator de emissão de carbono (diesel = 20,2 tC/TJ) e o fator de oxidação (0,99) utilizados são os do IPCC, que também foram utilizados na elaboração do Relatório de Referência “Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis Fósseis: Abordagem Top-down” do Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2010). Com isso, o fator de emissão para o diesel utilizado no procedimento proposto é:

$$(35,50 / 1000000) \text{ TJ/l} \times 20,2 \text{ tC/TJ} \times 0,99 \times (44/12) = 0,00260 \text{ tCO}_2/\text{l} = \mathbf{2,60 \text{ kg CO}_2/\text{l}}$$

Tabela 7: Emissões de CO₂ na operação dos ônibus do MetrôRio em 2015

(MetrôRio, 2016)

ÔNIBUS DO METRÔ NA SUPERFÍCIE DO DO METRÔRIO - 2015						
MÊS	CONSUMO DE LITROS DE COMBUSTÍVEL (ÓLEO DIESEL)	CONSUMO DE LITROS DE COMBUSTÍVEL (ÓLEO DIESEL) SEM O BIODIESEL	Fator de emissão do litro do óleo diesel (em kg de CO ₂)	Emissão total (Kilos de CO ₂)	Resultado do passageiro-km	Emissão Média por passageiro-km (gramas de CO ₂ por passageiro-km)
jan-15	64.922,0	60.377,5	2,60	156.981,490	2.532.607	62,0
fev-15	58.950,1	54.823,6	2,60	142.541,396	2.394.654	59,5
mar-15	64.692,3	60.163,8	2,60	156.425,981	3.026.977	51,7
abr-15	58.363,0	54.277,6	2,60	141.121,801	2.615.407	54,0
mai-15	60.175,5	55.963,2	2,60	145.504,399	2.779.618	52,3
jun-15	57.450,7	53.429,2	2,60	138.915,860	2.777.192	50,0
jul-15	62.235,0	57.878,5	2,60	150.484,176	2.828.384	53,2
ago-15	62.827,2	58.429,3	2,60	151.916,062	2.862.338	53,1
set-15	61.570,1	57.260,2	2,60	148.876,421	2.851.748	52,2
out-15	65.663,3	61.066,8	2,60	158.773,739	2.905.879	54,6
nov-15	65.390,0	60.812,7	2,60	158.112,966	2.681.659	59,0
dez-15	66.863,3	62.182,9	2,60	161.675,540	2.581.058	62,6
TOTAL 2015				1.811.329,832	32.837.522	55,2

Constata-se que, em 2015, a média da emissão na operação das linhas de ônibus do MetrôRio foi de 55,2 gCO₂ por pass-km. Segundo o MetrôRio (2016), as taxas de ocupação média dessas linhas de ônibus em 2015 foram de cerca de 45%. Esses resultados representam uma carga de passageiros adequada, tornando os resultados das emissões de CO₂ da frota de ônibus administradas pelo MetrôRio menores do que os resultados das emissões em ônibus em diversas cidades do mundo, como os exemplos já apresentados nesse trabalho.

4. CONCLUSÕES

O objetivo do estudo foi atingido por meio da análise comparativa de resultados gerais das emissões de CO₂ de metrô, ônibus e automóveis e da proposição e aplicação de uma metodologia de cálculo da emissão de um sistema metroviário e de sua frota de ônibus.

A análise comparativa mostrou que o modo metroviário, em geral, constitui uma solução de transporte de menor emissão de CO₂ por passageiro-km, do que outros meios de transportes, como ônibus e automóveis. Os ônibus geralmente emitem menos que os automóveis, porém, há a possibilidade de metrô emitirem valores de CO₂ próximos ou superiores aos dos ônibus, como no caso do Metrô de Baltimore.

Os ônibus ou metrô também podem ter uma emissão superior à emissão dos automóveis. Isso ocorre quando o sistema, por ônibus ou metrô, não apresentam uma taxa de lotação adequada, fazendo com que as emissões, em gCO₂ por pass-km, fiquem elevadas. Outro motivo é a utilização de uma matriz energética a base de fontes térmicas na geração da energia para o sistema metroviário, como ocorre na Austrália, onde os resultados de emissões de metrô, ônibus e automóveis são similares.

A aplicação da metodologia proposta no Metrô do Rio de Janeiro e na sua frota de ônibus ao longo do ano de 2015 revelou que dentro desse sistema metroviário, os trens dos metrô possuem uma emissão cerca de 6,3 vezes menor que a dos ônibus, que por sua vez emitem cerca de 2,3 vezes menos que os automóveis. A adequada taxa de ocupação do MetrôRio e da sua frota de ônibus, conjugada com o pouco uso de fontes térmicas na matriz energética brasileira, possibilitou esses bons resultados.

Um fator limitador ao estudo desenvolvido consiste na influência da carga de passageiros e do congestionamento do trânsito sobre o consumo de combustível dos ônibus. Como são utilizados valores médios de rendimentos, os valores reais das emissões nos horários de picos são na realidade maiores que os calculados. Contudo, dados sobre modos de operação do motor em situações de grande carga e congestionamento são escassos no Brasil e no mundo.

A proposta de novos estudos consiste em realizar um estudo para conhecer as diferenças de resultados nas emissões de CO₂ na operação de trens e ônibus, durante um período de 2 horas no horário de pico e de 2 horas no horário de vale, de forma a quantificar as diferenças nos resultados das emissões de acordo com a faixa horária do dia, investigando a influência da taxa de ocupação ao longo das faixas horárias da operação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEPORTO (2010) Plano de Acção para a energia sustentável da cidade do Porto. Agência de Energia do Porto. Disponível em <http://www.adeporto.eu/fotos/editor2/plano_acciao_alterado.pdf>. Acesso em 20/05/16.
- AGENEAL (2005) Estratégia local para as alterações climáticas. Agência municipal de energia de Almada. Disponível em <http://www.ageneal.pt/DirEscrita/upload/docs/ELAC_3.pdf> Acesso em 07/07/13.
- Andrade, C. E. S.; Bittencourt, I. A.; D'Agosto, M. A., Leal Júnior, I. C. (2013) O transporte de passageiros sobre trilhos e sua contribuição para a redução das emissões de gases do efeito estufa. 1º lugar do 9º Concurso de Monografias da CBTU de 2013.
- ANEEL (2015) Perdas de energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801&idPerfil=4>>. Acesso em 20/05/16.
- Brasil Gov (2013) Carvão mineral. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/carvao-mineral-e-derivados>> Acesso em 03/05/13.

CoMet (2008) Energy Costs, Renewables and CO₂ Emissions Nova Phase 10 Case Study. Community of Metros.

DEMOGRAPHIA (2007) Greenhouse gas emissions per passenger km: Australia. Disponível: <<http://www.demographia.com/db-australghg.pdf>> Acesso em: 28/05/14.

EEA (2011) Specific CO₂ emissions per passenger-km and per mode of transport in Europe, 1995-2011. European Environment Agency. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/specific-co2-emissions-per-passenger-3>> Acesso em 05/06/13.

EPE (2014) Balanço energético nacional de 2013. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em 20/05/16.

FTA (2010) Public Transportation's Role in Responding to Climate Change. Federal Transit Administration. Disponível em <http://www.fta.dot.gov/documents/PublicTransportationsRoleInRespondingToClimateChange2010.pdf>. Acesso em 05/06/13.

Gabriele, P. D.; Brandão, L. C.; Treinta, F. T., Mello, J. C. C. B. S.; Carvalhal, R. (2013) Comparação internacional da eficiência ambiental dos modos de transporte rodoviário e ferroviário. Journal of Transport Literature, vol. 7, nº 1, pp. 212-229, Jan. 2013. ISSN 2238-1031.

GAMUT (2009) Carbon Emissions Trading and Australia's Urban Transport. Australasian Centre for the Governance and Management of Urban Transport. Disponível: <<http://cw.routledge.com/textbooks/9780415529037/data/4-1-Paper.pdf>> Acesso em: 23/05/14.

IEA (2009) Transport, energy and CO₂. International Energy Agency. Disponível em:

<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>>

Acesso em 01/08/12.

IEA (2013) key world energy statistics. International Energy Agency. Disponível em:

<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>>

Acesso em: 01/06/14.

IPCC (2014a) IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014 – Synthesis Report.

Intergovernmental panel on climate change, 2014. Disponível em

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf

>. Acesso em 20/05/16.

IPCC (2014b) IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014. Changes in Atmospheric

Constituents and in Radiative Forcing. Intergovernmental panel on climate change,

2014. Disponível em <[https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-](https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter2.pdf)

chapter2.pdf>. Acesso em 20/05/16.

IPEA (2011) Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos

Grandes Centros Urbanos Brasileiros. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Disponível em <[http://desafios2.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/](http://desafios2.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf)

TDs/td_1606.pdf.> Acesso em: 21/05/13.

IST (2012) Future travel. Investigating Sustainable Transport. Disponível em:

<<http://futuretravel.org.uk/statistics/>> Acesso em: 23/05/14.

LIGHT (2015) Relatório de sustentabilidade 2014. Disponível em <http://www.light.com.br/Repositorio/Sustentabilidade/relatorio_sustentabilidade_2014.pdf>. Acesso em 20/05/16.

LISBOA e-NOVA (2014) Plano de Acção para a Sustentabilidade Energética de Lisboa. Agência Municipal de Energia-Ambiente de Lisboa. Disponível em <http://mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/300_1316002099.pdf>. Acesso em 20/05/16.

LU (2009) London underground carbon footprint. Disponível em <<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/london-underground-carbon-footprint-2008.pdf>> Acesso em: 21/05/13.

MA (2015) Mistura carburante automotiva (Etanol anidro/Gasolina) – Cronologia. Ministério da Agricultura. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/acompanhamento%20producao%20sucroalcooleira/CRONOLOGIA.pdf>. Acesso em 20/05/16.

MCTI (2010) Relatório de Referência “Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis Fósseis: Abordagem Top-down”. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0209/209644.pdf>. Acesso em 20/05/16.

MCTI (2016) Informações do site do Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>> Acesso em 08/04/16.

Metrô Bilbao (2012) Informe de Gases Efecto Invernadero 2011. Disponível em
<http://www.metrobilbao.net/assets/system/attachments/510698fafc7a7b6532000002/original/Informe%20GEIS%202011_verificado.pdf?2013-01-28T15:27:54+00:00>

Acesso em 08/06/14.

Metrô Bilbao (2014) Informações do site do Metrô de Bilbao. Disponível em:
<http://www.metrobilbao.net/conocenos/metro-en-cifras-viajeros-y-calidad/demanda>.

Acesso em: 28/04/14.

Metrô São Paulo (2014) Relatório de Sustentabilidade de 2013. Disponível em:
<<http://www.metro.sp.gov.br/relatoriodesustentabilidade-2013>> Acesso em:

19/06/14.

Metrô Delhi (2014) Informações do site oficial do Metrô de Delhi. Disponível em:
<<http://www.delhimetrorail.com/feederbus.aspx>> Acesso em: 08/07/14.

Metrô Lisboa (2013) Relatório de Sustentabilidade de 2012. Disponível em:
<<http://www.metrolisboa.pt/wp-content/uploads/Relat%C3%B3rio-de-sustentabilidade-2012.pdf>> Acesso em: 12/05/14.

METRÔ LOS ANGELES (2014) 2013 Metro Energy and Resource Report. Metro Los Angeles.
Disponível em: <http://media.metro.net/projects_studies/sustainability/images/Sustainability_Report_2013.pdf>. Acesso em 20/05/16.

Metrô Porto (2013) Relatório de Sustentabilidade de 2011-2012. Disponível em:
http://www.metroporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=17246. Acesso em:

12/05/14.

MetrôRio (2016) Informações disponibilizadas por Joubert Fortes Flores, Diretor de Engenharia do Metrô do Rio de Janeiro.

MTA (2008) Renewable energy task report. Metropolitan Transport Authority. Disponível em: <http://www.mta.info/sustainability/pdf/MTA%20Renewable%20Energy%20Report%2010%2029%2008.pdf>> Acesso em 18/08/13.

MTR (2013) Sustainability report 2012. Mass Transit Railway System – Hong Kong. Disponível em <http://www.mtr.com.hk/eng/sustainability/2012rpt/files/sustainabilityreport2012.pdf>>. Acesso em 20/05/16.

New York pass (2014) Informações do site oficial do New York pass. Disponível em: <http://www.newyorkpass.com/Pt/new-york-subway-transportation/>> Acesso em: 08/07/14.

OECD (2010) Reducing transport greenhouse gas emissions – Trends & Data. Organization for Economic Co-operation and Development. Disponível em <http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/10ghgtrends.pdf>>. Acesso em 20/05/16.

ONU (2011) Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Disponível em: http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/Green_Economy_Full_report_pt.pdf> Acesso em: 22/04/14.

Paris Metro (2014) Informações do site oficial do Paris Metro. Disponível em: <http://parismetro.tourpackagers.com/00019/Paris-Visite-Pass-Unlimited-use-of-Metro-Bus-network.aspx>> Acesso em: 08/07/14.

PlaNYC (2007) A greener, greater New York. New York City Plan Reducing Greenhouse Gas Emissions. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/planyc_2011_planyc_full_report.pdf>. Acesso em 20/05/16.

Targeta Bip (2014) Informações do site oficial do New York pass. Disponível em: <<http://www.tarjetabip.cl/tarifa-integrada.php>> Acesso em: 08/07/14.

TFL (2006) Surface Advisory Panel. Transport for London. Disponível em: <<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/Agenda-and-Papers-SAP-31-05-06.pdf>> Acesso em: 04/06/13.

WMO (2014) No. 1002 - Record Greenhouse Gas Levels Impact Atmosphere and Oceans. World Meteorological Organization. Disponível em <<http://public.wmo.int/en/media/press-release/no-1002-record-greenhouse-gas-levels-impact-atmosphere-and-oceans>>. Acesso em 20/05/16.

WRI (2014) GHG Protocol. World Resources Institute. Disponível em <<http://www.ghgprotocol.org/>>. Acesso em 20/05/16.