

INVENTÁRIO DAS EMISSÕES ANTRÓPICAS DOS GASES DE EFEITO ESTUFA (GEEs) DO SISTEMA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGAS DO BRASIL (STFCB)

João Alencar Oliveira Júnior

Alexildo Veloza Vaz

Márcio Anderson Guedes Vasconcelos

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN

Departamento de Engenharia de Transportes – DET

Universidade Federal do Ceará – UFC

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estimar os impactos ambientais do consumo do *diesel* pela frota de locomotivas do Sistema de Transporte Ferroviário de Cargas do Brasil (STFCB) da malha federal concessionada a partir de 1996. Dada a entrada em vigência do Protocolo de Quioto no plano internacional foram feitas às estimativas do inventário das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs) de acordo com a metodologia recomendada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC 2006) e de acordo com o conceito do Potencial de Aquecimento Global (PAG) utilizado para o cálculo do CO₂ EQUIVALENTE usado no mercado internacional de carbono. Esta metodologia permite estimar a contribuição do transporte ferroviário de cargas na emissão de efeito estufa para a realidade brasileira.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to estimate the environmental impacts caused by diesel consumption of locomotive fleet of Brazilian Railroad Transportation System under concession after 1996. According to the Kyoto Protocol, the estimation of greenhouse gases – GHG is done using the Global Warming Potential (GWP) that is adopted worldwide to calculate the CO₂ equivalent. This parameter, recommended by The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, establishes a comparison between the potential effect of gases on the planet warming and the amount of CO₂, and is used as currency on the international carbon market. This methodology permits to estimate the contribution of Brazilian Railroad Transportation System on worldwide GHG emissions.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação ambiental ganhou força internacionalmente em 1972, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. Passados 20 anos, mais um importante passo se deu na busca do desenvolvimento ambientalmente sustentável, com a realização da Conferência do Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED). Nessa Conferência foi assinada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que trazia o embrião do Protocolo de Quioto, assinado em 11/12/1997, mas que entrou em vigência em 16/02/2005, com a adesão da Federação Russa, atendendo dessa forma ao seu Art. 25, § 1º, isto é, exige-se que as Partes (países membros) da Convenção-Quadro, listadas no Anexo B (países desenvolvidos ou em transição) devem responder por pelo menos 55% das emissões de CO₂ (ano-base de 1990) e tenham depositado os instrumentos de ratificação. Em razão da crescente preocupação com a contribuição dos transportes na poluição atmosférica e a implementação do Protocolo de Quioto, foram utilizados os índices de emissão dos poluentes de efeito estufa recomendados pelo IPCC (2006), enquanto metodologia recomendada para o levantamento dos inventários dos gases de efeito estufa (GEEs) conforme o Art. 4º, § 1º, alínea a, § 2º, alínea c, da Convenção-Quadro.

Em 1992, a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (Decreto Nº. 473/92), o que possibilitava a transferência da sua malha para concessionários privados. Todavia, somente em 1996 deram-se início ao processo licitatório e a operação privada nas malhas regionalizadas correspondentes aos lotes outorgados por 30 anos e prorrogáveis por igual período, sendo tal processo concluído em 1999 (*vide* Tabela 1). Em razão da data do leilão e da efetiva operação das concessionárias, optou-se pela análise do período entre 1997 a 2004. As informações dos anos de 1997 a 1999 foram obtidas do

Anuário do GEIPOT (2001) e dos anos de 2000 a 2004, do Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias - Ano Base 2004 e do Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT (ANTT, 2005 e 2006).

Tabela 1: Malha Ferroviária Federal da RFFSA Concessionada

Malha Regional	Leilão em:	Operação em:	Concessionárias	Opera nos Estados de:	Extensão (Km)
Oeste	05.03.96	01.07.96	Ferrovia Novoeste S.A. (NOVOESTE)	SP e MS	1.621
Centro-Leste	14.06.96	01.09.96	Ferrovia CentroAtlântica S.A. (FCA)	RJ, MG, GO, ES, BA e SE	7.080
Sudeste	20.09.96	01.12.96	MRS Logística S.A. (MRS)	SP, MG e RJ	1.674
Tereza Cristina	26.11.96	01.02.97	Ferrovia Tereza Cristina (FTC)	SC	169
Sul	13.12.96	01.03.97	ALL-América Latina Logística do Brasil S.A (ALL)	RS, PR e SC	6.586
Nordeste	18.07.97	01.01.98	Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN)	MA, PI, CE, RN, PB, PE e AL	4.238
Paulista	10.11.98	01.01.99	Ferrovias Bandeirantes S.A. (FERROBAN)	SP e MG	4.236
Total					25.604

Fonte: ANTT (2005)

Castro (2002) também afirma, que para o setor ferroviário pós-concessão, "*a base de dados efetivamente útil para estudo fica restrita aos anos mais recentes, de preferência após o período natural de ajuste à gestão privada nas novas concessões ferroviárias, ou seja, entre 1997 e 1999, dependendo da data de concessão*". Apenas a empresa Ferrovias Bandeirantes S.A. iniciou operação em 1999, mas se dispunha dos dados operacionais de 1998, o que possibilitou a estimativa dos poluentes. Na análise foram incluídas, ainda, as seguintes ferrovias: a) Estrada de Ferro Carajás (EFC); b) Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM); c) Ferrovia Paraná (FERROPAR); d) Ferrovias Norte do Brasil (FERRONORTE); e) Estrada de Ferro da Mineração Rio do Norte (EFMRN) e f) Estrada de Ferro do Jari (EFJ).

A partir de 2002 ocorreu à constituição da Brasil Ferrovias aglutinando a NOVOESTE, FERROBAN e FERRONORTE, com sua aquisição pela ALL em 2006, mudando a composição do mercado e, ao invés das sete concessionárias iniciais da malha da RFFSA (*vide* Tabela 1), restaram três grupos ferroviários: a América Latina Logística do Brasil S.A (ALL) controla 12.500 km (FSA, NOVOESTE, FERROBAN, FERRONORTE); a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) possui uma malha 9.200 km (FCA, EFC, EFVM); a MRS Logística S.A (que tem entre os acionistas dois dos seus maiores clientes, a CSN e a CVRD), com 1.700 km; e duas empresas ferroviárias: a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN), controlada pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) detém 4.500 km; e a FTC, com 169 quilômetros. Todavia, o poder público produz dados desatualizados quanto às mudanças no mercado. Portanto, a análise considerará o mercado em 2007, mesmo em se tratando dos dados de 2004, pois se adotou a lógica de que as aquisições não são apenas dos ativos, mas, também, dos passivos ambientais. A própria ANTT trata isoladamente as concessionárias, sem considerar a mudança do controle acionário, *vide* os Relatórios Anuais de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias da ANTT.

2. METODOLOGIA DA ESTIMATIVA DA EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA (GEES) DEVIDO AO CONSUMO DO DIESEL

O dióxido de carbono (CO_2) é o maior contribuinte antropogênico dos GEEs que causam mudanças no clima mundial e geram impactos ambientais, econômicos e sociais em escala planetária. Tanto as mudanças climáticas quanto o aquecimento global são preocupações mundiais que são abrangidos pela Convenção-Quadro (1992) e o Protocolo de Quioto (1997) que a operacionaliza (Elsom, 1992 e Squillace, 1992 *apud* Hunter *et al.*, 1998). O IPCC (1996) considera que quanto ao metano (CH_4) e ao óxido nitroso (N_2O), a contribuição destes é minoritária nas emissões. Portanto, para a metodologia, o cálculo desagregado destes gases seria suficiente para as estimativas dos mesmos (Oliveira Júnior, 2006). Em 1996, foi publicado pelo *The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (1996)*, o documento intitulado *The Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook* que tinha por função assistir aos países membros da Conferência das Partes (COP) do Protocolo de Quioto com uma metodologia uniforme usada para o cálculo das emissões oriundos da combustão dos combustíveis fósseis, que possibilitassem o inventário destas. Em 2006, o IPCC lançou uma nova versão para o cálculo das emissões intitulada *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* que apresenta pequenas modificações em relação ao IPCC (1996). A nova metodologia recomenda que se considere a combustão completa do combustível, o que, em tese, implicaria na não emissão dos gases de efeito local, o que de fato não se verifica. Foram, também, modificados os índices de emissões do metano (CH_4) e do óxido nitroso (N_2O) conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Índices de Emissão dos GEEs para o Modo Ferroviário a Diesel

Poluentes	Diesel (g/MJ)	Diesel (g/MJ)	Percentual (%)
	IPCC 1996	IPCC 2006	
CO_2	74,1	74,1	0,0%
CH_4	0,005	0,0042	- 20,5%
N_2O	0,0006	0,0286	97,9%

Fonte: Adaptado de IPCC (1996 e 2006)

Portanto, metodologia do IPCC (2006) está adequada para realizar as estimativas aproximadas dos GEEs (CO_2 , CH_4 e N_2O) das fontes móveis. Esta relaciona a quantidade de carbono existente no combustível, pela energia produzida quando o combustível é queimado, sendo expressa em termos de unidades de energia, tais como: terajoule (TJ) ou megajoule (MJ). Na Tabela 2 se observam os índices de emissão dos poluentes para o diesel utilizado no transporte ferroviário, expressos em g/MJ, que serão usados na estimativa dos GEEs do Sistema de Transportes Ferroviário de Cargas (STFCB). Tal estimativa se deu pela adoção do Nível 1 (*Tier 1*) da referida metodologia devido à indisponibilidade de informações mais detalhadas nos Anuários da ANTT, que são requeridas caso se queiram utilizar os demais níveis 2 e 3, por exemplo, a composição da frota de locomotivas por tipo e potência, o fator de emissão específico por tipo de locomotiva.

De acordo com Oliveira Júnior (2006), os GEEs são capazes de absorver a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, pela própria atmosfera e pelas nuvens que contém estes gases, podendo ser de origem natural e antropogênica. O IPCC (2001) define o índice denominado Potencial de Aquecimento Global – PAG que expressa o potencial de um quilograma (kg) de gás estufa possui para reter a radiação infravermelha (direta ou indiretamente) quando se compara com um quilograma do dióxido de carbono (CO_2). O PAG é calculado em diferentes períodos de tempo, que demonstra o efeito temporal dos GEEs na

atmosfera e, para fins de análise se adota o valor de 100 anos (IPCC, 2001). Ao multiplicar o índice PAG pelas quantidades em toneladas (t) dos gases CO₂ (dióxido de carbono) de peso igual a 1, o CH₄ (metano) com peso igual a 23 e o N₂O (óxido nitroso) com peso igual a 296, determina-se o valor do CO_{2EQ} (CO₂ equivalente).

3. ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DOS GEEs DO STFCB

Na estimativa dos GEEs de cada empresa ferroviária que constituem o STFCB, foram consideradas as seguintes etapas: a) Adotou-se o consumo de *diesel* em toneladas pela frota de locomotivas fornecido pelos anuários do GEIPOT (2001) e da ANTT (2005 e 2006), supracitados; b) Calculou-se a energia liberada em MJ pela queima do *diesel* considerando uma densidade de 0,852 t/m³ e o poder calorífero inferior do *diesel* igual a 38.376,21 MJ/m³ e o carbono 100% oxidado; c) Estimou-se a emissão dos GEEs provenientes da queima do *diesel* pela frota de locomotivas, utilizando-se os índices de emissões expressos em g/MJ da Tabela 2 para o IPCC (2006); e d) Calculou-se os indicadores de emissão de CO_{2EQ} do *diesel* expressos em tonelada de CO_{2EQ} por tonelada-quilômetro útil – TKU (tCO_{2EQ}/TKU) dos GEES, devido a impossibilidade de utilizar-se do parâmetro tonelada-quilômetro bruto – TKB (carga somada ao peso do trem), uma vez que a ANTT não a disponibiliza no AETT, a exemplo da prática do GEIPOT, nem mediante solicitação escrita. Quantificaram-se os poluentes para os anos e o acumulado de 1997 a 2004, considerando-se que não ocorreram mudanças significativas na tecnologia ferroviária dos motores diesel-elétrico, que inviabilizasse a análise temporal das emissões.

A energia produzida é dada pelo consumo do *diesel* em tonelada da frota de locomotivas por concessionária, que por sua vez guarda relação com a produção de cada uma das empresas ferroviárias (*vide* Tabelas 3 a 5).

Tabela 3: Produção Anual por Concessionária (MTKU)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	6.191	8.345	9.605	10.780	11.998	12.830	13.850	14.175	87.774
CFN	n.i.	640	919	710	700	757	790	848	5.364
EFC	41.777	42.123	40.023	44.090	48.023	49.075	52.411	63.622	381.144
EFVM	56.599	55.442	52.669	56.670	54.413	56.990	60.487	64.773	458.043
FCA	5.340	7.019	7.429	7.570	8.143	8.608	7.477	9.523	61.109
NOVOESTE	1.487	1.579	1.626	1.670	1.465	1.708	1.232	1.191	11.958
FERROPAR	75	525	704	890	381	374	406	323	3.678
FTC	148	166	166	190	214	191	152	169	1.396
FERROBAN	5.032	4.993	5.014	5.980	8.277	8.308	9.221	9.473	56.298
FERRONORTE	n.i.	n.i.	140	540	1.251	1.906	2.103	2.259	8.199
MRS	20.323	21.220	22.212	26.600	27.370	29.431	34.515	39.355	221.026
EFMRN	288	294	340	340	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	1.262
EFJ	32	39	50	40	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	161
TOTAL	137.292	142.385	140.897	156.070	162.235	170.178	182.644	205.711	1.297.412

Fonte: GEIPOT (1992, 1996 e 2001) e ANTT (2005), (n.i.: não informado)

Considerando todo o período observa-se que o mercado ferroviário de cargas se concentra nas empresas EFVM (35,3%), EFC (29,4%) e MRS (17%) que juntas detém 81,7% da produção nacional expressa em tonelada por quilômetro útil (TKU). No segundo grupo estão a ALL (6,8%), FCA (4,7%) e a FERROBAN (4,3%), o que perfaz 15,8% da TKU produzida. As demais empresas ferroviárias atendem os 2,5% restantes do mercado. Ao analisar a

concentração do mercado em razão do controle acionário, verifica-se que a ALL possui efetivamente 12,6% da TKU quando acrescida da NOVOESTE (0,9%), FERROBAN (4,3%) e FERRONORTE (0,6%). A CVRD concentra sozinha 69,4% da TKU – FCA (4,7%), EFC (29,4%) e a EFVM (35,3%) – e a MRS responde com 17% da TKU. Estas três empresas concentram 99,1% da produção em TKU do transporte de carga ferroviária do país.

Tabela 4: Consumo de *Diesel* por Concessionária (em Toneladas – t)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	61.992	104.076	99.082	102.527	114.892	113.908	118.689	106.647	821.813
CFN	n.i.	8.657	11.804	9.493	9.235	9.537	10.002	10.826	69.554
EFC	99.344	104.357	80.024	84.919	99.096	93.625	96.922	108.199	766.486
EFVM	177.264	202.307	158.983	172.203	168.620	167.609	177.479	187.018	1.411.483
FCA	73.883	89.458	90.269	96.356	97.847	115.468	109.891	119.273	792.445
NOVOESTE	11.926	17.538	16.171	15.034	13.214	15.594	14.137	20.535	124.149
FERROPAR	n.i.	n.i.	n.i.	206.	1.242	4.073	4.971	3.040	13.532
FTC	1.185	1.393	1.133	1.933	1.565	1.314	1.034	1.223	10.780
FERROBAN	41.690	48.525	54.186	51.291	53.428	28.364	13.114	14.873	305.471
FERRONORTE	n.i.	n.i.	2.835	11.984	25.982	11.246	1.079	2.827	55.953
MRS	122.357	153.361	124.962	141.607	146.447	155.722	174.269	202.782	1.221.507
EFMRN	1.385	1.413	1.415	1.552	1.565	1.455	1.839	1.853	12.477
EFJ	646	934	887	696	778	952	857	919	6.669
TOTAL	591.672	732.019	641.751	689.801	733.911	718.867	724.283	780.015	5.612.319

Fonte: GEIPOT (1992, 1996 e 2001) e ANTT (2005), (n.i.: não informado)

Tabela 5: Energia Produzida por Concessionária (TJ)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	2.792	4.688	4.463	4.618	5.175	5.131	5.346	4.804	37.017
CFN	#	390	532	428	416	430	451	488	3.133
EFC	4.475	4.701	3.604	3.825	4.464	4.217	4.366	4.874	34.524
EFVM	7.984	9.112	7.161	7.756	7.595	7.550	7.994	8.424	63.577
FCA	3.328	4.029	4.066	4.340	4.407	5.201	4.950	5.372	35.694
NOVOESTE	537	790	728	677	595	702	637	925	5.592
FERROPAR	#	#	#	9	56	183	224	137	609
FTC	53	63	51	87	70	59	47	55	486
FERROBAN	1.878	2.186	2.441	2.310	2.407	1.278	591	670	13.759
FERRONORTE	#	#	128	540	1.170	507	49	127	2.520
MRS	5.511	6.908	5.629	6.378	6.596	7.014	7.850	9.134	55.020
EFMRN	62	64	64	70	70	66	83	83	562
EFJ	29	42	40	31	35	43	39	41	300
TOTAL	26.650	32.972	28.906	31.070	33.057	32.380	32.624	35.134	252.793

Na Tabela 4 se observa o consumo anual de *diesel* em toneladas e, na Tabela 5, a energia produzida pela combustão desse combustível por concessionária. Embora o consumo de *diesel* guarde relação com a produção de transporte de carga, a distribuição percentual dos maiores consumidores é diferente daquela encontrada para a produção. A eficiência na produção dos serviços pode ser uma das razões que explique tal dessemelhança. Mesmo não se dispondo das informações da TKB para todo o período, apenas de 1997 a 2000 (GEIPOT, 2001 e ANTT, 2005), a média de tais anos da razão da TKU (carga) dividida pela TKB (carga + peso da composição) das empresas ferroviárias aponta evidências que esclarecem tal comportamento, por exemplo: a concessionária menos eficiente apresentou índice da

TKU/TKB de 0,49 (CFN) e a mais eficiente o valor de 0,9 (FERROBAN), seguida pela EFC (0,67) e EFVM (0,70), estes foram os valores encontrados, o que ajuda no entendimento da diferença dos valores das emissões, uma vez que, quanto mais próxima de 01 (um) tal relação, mais eficiente é a operação ferroviária, pois mesmo utilizando-se da TKU, esta traz embutida esta ineficiência para ser produzida.

No período de 1997 a 2004 identificou-se que o consumo de *diesel* é maior nas empresas EFVM (25,2%), MRS (21,8%) ALL (14,6%), FCA (14,1%) e EFC (13,7%) totalizando 89,4% do consumo nacional do *diesel* nas ferrovias de cargas. Considerando-se, também, o controle acionário, observa-se que a ALL responde por 23,3% do consumo de diesel, o que contrasta com os 12,6% da TKU produzida. A CVRD consome isoladamente 52,9% de combustível, enquanto que concentra 69,4% da TKU do país. A MRS queima 21,8% de combustível para atender 17% da TKU produzida. Estas três empresas consomem 98% do consumo de *diesel* do transporte de carga ferroviária do país. Colocados lado a lado – consumo *versus* produção – mesmo expressa em TKU, demonstra que apenas a CVRD consegue produzir mais com menos. A energia produzida pela queima do combustível possuirá o mesmo comportamento deste, o que dispensa maiores considerações.

3.1 Estimativa das Emissões de Poluentes da Frota de Locomotiva a Diesel do STFCB

A partir dos índices de emissão dos gases poluentes da Tabela 2 e da energia produzida (*vide* Tabela 5) foram então calculadas as emissões, que multiplicadas pelo respectivo PAG permitiram o cálculo do CO_{2EQ}, sendo apresentado os totais em ktCO₂, tCH₄, tN₂O e ktCO_{2EQ} emitidos pela queima do *diesel* na frota de locomotivas do STFCB, referente ao período de 1997 a 2004. Nas Tabelas 6 a 9 foram dispostas às emissões anuais do dióxido de carbono, do metano, do óxido nitroso e do dióxido de carbono equivalente de cada concessionária.

Tabela 6: Emissão de Dióxido de Carbono da Frota de Locomotiva a Diesel (ktCO₂)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	207	347	331	342	383	380	396	356	2.743
CFN	#	29	39	32	31	32	33	36	232
EFC	332	348	267	283	331	312	323	361	2.558
EFVM	592	675	531	575	563	559	592	624	4.711
FCA	247	299	301	322	327	385	367	398	2.645
NOVOESTE	40	59	54	50	44	52	47	69	414
FERROPAR	#	#	#	1	4	14	17	10	45
FTC	4	5	4	6	5	4	3	4	36
FERROBAN	139	162	181	171	178	95	44	50	1.020
FERRONORTE	#	#	9	40	87	38	4	9	187
MRS	408	512	417	473	489	520	582	677	4.077
EFMRN	5	5	5	5	5	5	6	6	42
EFJ	2	3	3	2	3	3	3	3	22
TOTAL	1.975	2.443	2.142	2.302	2.450	2.399	2.417	2.603	18.732

A seguir apresenta-se a emissão do metano (CH₄) e do óxido nitroso (N₂O) que associado ao dióxido de carbono (CO₂), que uma vez ponderados pelos respectivos índices do potencial de aquecimento global permite calcular o CO_{2EQ}. A análise das taxas de crescimento dos GEEs e da contribuição individual da concessionária somente será realizada em se tratado do CO_{2EQ}, considerando-se a produção em TKU.

Tabela 7: Emissão de Metano da Frota de Locomotiva a *Diesel* (tCH₄)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	11,6	19,5	18,5	19,2	21,5	21,3	22,2	19,9	154
CFN	#	1,6	2,2	1,8	1,7	1,8	1,9	2,0	13
EFC	18,6	19,5	15,0	15,9	18,5	17,5	18,1	20,2	143
EFVM	33,1	37,8	29,7	32,2	31,5	31,3	33,2	35,0	264
FCA	13,8	16,7	16,9	18,0	18,3	21,6	20,5	22,3	148
NOVOESTE	2,2	3,3	3,0	2,8	2,5	2,9	2,6	3,8	23
FERROPAR	#	#	#	0,0	0,2	0,8	0,9	0,6	3
FTC	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	2
FERROBAN	7,8	9,1	10,1	9,6	10,0	5,3	2,5	2,8	57
FERRONORTE	#	#	0,5	2,2	4,9	2,1	0,2	0,5	10
MRS	22,9	28,7	23,4	26,5	27,4	29,1	32,6	37,9	228
EFMRN	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	2
EFJ	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	1
TOTAL	111	137	120	129	137	134	135	146	1.049

Tabela 8: Emissão de Óxido Nitroso da Frota de Locomotiva a *Diesel* (tN₂O)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	79,9	134,1	127,6	132,1	148,0	146,7	152,9	137,4	1.059
CFN	#	11,2	15,2	12,2	11,9	12,3	12,9	13,9	90
EFC	128,0	134,4	103,1	109,4	127,7	120,6	124,9	139,4	987
EFVM	228,4	260,6	204,8	221,8	217,2	215,9	228,6	240,9	1.818
FCA	95,2	115,2	116,3	124,1	126,0	148,7	141,6	153,6	1.021
NOVOESTE	15,4	22,6	20,8	19,4	17,0	20,1	18,2	26,5	160
FERROPAR	#	#	#	0,3	1,6	5,2	6,4	3,9	17
FTC	1,5	1,8	1,5	2,5	2,0	1,7	1,3	1,6	14
FERROBAN	53,7	62,5	69,8	66,1	68,8	36,5	16,9	19,2	394
FERRONORTE	#	#	3,7	15,4	33,5	14,5	1,4	3,6	72
MRS	157,6	197,6	161,0	182,4	188,7	200,6	224,5	261,2	1.574
EFMRN	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	1,9	2,4	2,4	16
EFJ	0,8	1,2	1,1	0,9	1,0	1,2	1,1	1,2	9
TOTAL	762	943	827	889	945	926	933	1.005	7.230

Tabela 9: Emissão de Dióxido de Carbono Equivalente da Frota de Locomotiva a *Diesel* (ktCO₂EQ)

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	231	388	369	382	428	424	442	397	3.060
CFN	#	32	44	35	34	36	37	40	259
EFC	370	389	298	316	369	349	361	403	2.854
EFVM	660	753	592	641	628	624	661	696	5.255
FCA	275	333	336	359	364	430	409	444	2.950
NOVOESTE	44	65	60	56	49	58	53	76	462
FERROPAR	#	#	#	1	5	15	19	11	50
FTC	4	5	4	7	6	5	4	5	40
FERROBAN	155	181	202	191	199	106	49	55	1.137
FERRONORTE	#	#	11	45	97	42	4	11	208
MRS	456	571	465	527	545	580	649	755	4.548
EFMRN	5	5	5	6	6	5	7	7	46
EFJ	2	3	3	3	3	4	3	3	25
TOTAL	2.203	2.725	2.389	2.568	2.733	2.677	2.697	2.904	20.896

3.2 Cálculo do Indicador Ambiental – Tonelada de CO_{2EQ}/MTKU

Para facilitar a compreensão do fenômeno da emissão dos GEEs e da contribuição do STFCB foi calculado o indicador que relaciona a emissão do CO_{2EQ} com a TKU produzida, o que permite correlacionar uma medida de produção da malha ferroviária com a emissão de poluentes, conforme se verifica na Tabela 10.

Tabela 10: Emissão de tCO_{2EQ}/MTKU

Empresas Ferroviárias	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOTAL
ALL	37,3	46,4	38,4	35,4	35,7	33,1	31,9	28,0	34,9
CFN	#	50,4	47,8	49,8	49,1	46,9	47,1	47,5	48,3
EFC	8,9	9,2	7,4	7,2	7,7	7,1	6,9	6,3	7,5
EFVM	11,7	13,6	11,2	11,3	11,5	11,0	10,9	10,8	11,5
FCA	51,5	47,5	45,2	47,4	44,7	49,9	54,7	46,6	48,3
NOVOESTE	29,9	41,4	37,0	33,5	33,6	34,0	42,7	64,2	38,7
FERROPAR	#	#	#	0,9	12,1	40,5	45,6	35,0	13,70
FTC	29,8	31,2	25,4	37,9	27,2	25,6	25,3	26,9	28,8
FERROBAN	30,8	36,2	40,2	31,9	24,0	12,7	5,3	5,8	20,2
FERRONORTE	#	#	75,4	82,6	77,3	22,0	1,9	4,7	25,4
MRS	22,4	26,9	20,9	19,8	19,9	19,7	18,8	19,2	20,6
EFMRN	17,9	17,9	15,5	17,0	#	#	#	#	#
EFJ	75,2	89,2	66,0	64,8	#	#	#	#	#
TOTAL	16,0	19,1	17,0	16,46	16,8	15,7	14,8	14,12	16,1

A Tabela 10 demonstra que, embora a EFVM e a EFC sejam as duas maiores ferrovias do país em termos de TKU, quando se considera tal produção e a sua contribuição na emissão dos GEEs medidos em CO_{2EQ}, estas apresentam o melhor desempenho dentre as empresas analisadas, pois emitiram as menores taxas, respectivamente, 11,5 tCO_{2EQ}/MTKU e 7,5 tCO_{2EQ}/MTKU em termos totais no período de 1997 a 2004. Na terceira posição de menor taxa está a FERROPAR com 13,7 tCO_{2EQ}/MTKU. As empresas FERROBAN (20,2 tCO_{2EQ}/MTKU) e MRS (20,6 tCO_{2EQ}/MTKU) lideram as empresas situadas entre 20 a 30 tCO_{2EQ}/MTKU. No pior intervalo, acima de 30 tCO_{2EQ}/MTKU estão às empresas ALL (34,9 tCO_{2EQ}/MTKU) e as empresas FCA e CFN ambas com 48,3 tCO_{2EQ}/MTKU, ou seja, no limite superior como as maiores poluidoras dentre as concessionárias do STFCB.

Na Tabela 11, observa-se que quando se calculam as taxas geométricas para as variáveis TKU, consumo de *diesel* e a tCO_{2EQ}/MTKU torna-se mais evidente a tendência de aumento ou diminuição das emissões de poluentes em razão do comportamento da produção e do consumo de combustível, conforme a série histórica de cada uma delas e das respectivas tabelas de cada variável. Excetuando-se as empresas que apresentam períodos diferenciados para a TKU e o consumo de *diesel*, verifica-se que a quase totalidade das empresas apresentaram taxas de crescimento positivas para a TKU e consumo de combustível. Todavia, cumpre destacar que a TKU cresceu em taxas superiores ao crescimento do consumo, o que implicou numa redução das taxas de emissão, demonstrando que as empresas e o próprio STFCB têm aumentado a produção com a redução de consumo de combustível, o que não deixa de representar uma melhoria na eficiência energética individual das concessionárias e, também, do STFCB.

Na Tabela 12, identifica-se o papel que as empresas ferroviárias controladoras das concessionárias do transporte de cargas desempenham no país. Entendendo o mercado de transporte ferroviário de cargas enquanto o controle acionário exercido pela CVRD, ALL e

MRS, destaca-se a importância da CVRD, que controla 69,4% da TKU produzida no país, e que graças as suas empresas EFVM e a EFC – as mais produtivas e menos poluentes – fazem com que a CVRD seja o grupo ferroviário que provoca, proporcionalmente, o menor impacto ambiental, contribuindo assim, para que a média total do período em termos globais apresente um valor de 12,3 tCO_{2EQ}/MTKU. Os grupos ALL e MRS, respectivamente com 29,6 tCO_{2EQ}/MTKU e 20,6 tCO_{2EQ}/MTKU, apresentam taxas superiores em 141,3% e 67,5% acima do valor-padrão da CVRD, enquanto que as demais empresas isoladas possuem uma taxa de 188,8% acima dos valores do grupo CVRD. A média nacional ainda é 31,1% superior ao padrão CVRD, que pode, ainda, ser melhorada quando se comparado ao desempenhado pela EFVM e a EFC, embora se reconheça que se trata de ferrovias especializadas no transporte de minério de ferro, tida por *heavy haul* e, não no de carga geral.

Tabela 11: Crescimento Anual da TKU, Consumo de *Diesel* e tCO_{2EQ}/MTKU (Período de 1997 a 2004)

Empresas Ferroviárias	TKU (% a.a.)	Consumo (% a.a.)	tCO _{2eq} /MTKU (% a.a.)
ALL	12,56	8,06	-4,00
CFN ¹	4,80	3,80	-0,96
EFC	6,19	1,23	-4,68
EFVM	1,95	0,77	-1,16
FCA	8,62	7,08	-1,41
NOVOESTE	-3,12	8,07	11,55
FERROPAR ²	23,19	34,77	152,66
FTC	1,91	0,45	-1,43
FERROBAN	9,46	-13,69	-21,15
FERRONORTE ³	74,40	-0,06	-42,69
MRS	9,90	7,48	-2,20
EFMRN ⁴	5,69	4,25	-1,72
EFJ ⁴	7,72	5,16	-4,83
TOTAL	5,95	4,03	-1,81

Obs: ¹1998 a 2004, ²2000 a 2004 – Consumo, ³1999 a 2004 – Consumo e TKU, ⁴ 1997 a 2000 – TKU.

Tabela 12: Percentuais Agregados da TKU, Consumo de *Diesel* e tCO_{2EQ}/MTKU

Grupos Ferroviários	% do <i>Diesel</i>	% de TKU	% de CO _{2EQ}	tCO _{2EQ} /MTKU
ALL	23,3	12,7	23,3	29,6
CVRD	52,9	69,4	52,9	12,3
MRS	21,8	17,0	21,8	20,6
Outras	2,0	0,9	2,0	35,5
STFCB	100	100	100	16,1

As possíveis discrepâncias entre os valores da FERROPAR, FERRONORTE e da FERROBAN podem resultar de possíveis inconsistências nas séries históricas dos dados da STFCB, anteriormente concentrado no Ministério dos Transportes – MT/GEIPOT, que após a criação das Agências Reguladoras (ANTT) passaram a responder pelos Anuários Estatísticos do setor. Todavia, os dados são brutos e, algumas vezes, incompletos como se pôde constatar. O que reforça a necessidade de maior transparência e detalhamento das informações publicadas pelos órgãos públicos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A ratificação do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e ao Protocolo de Quioto o obrigou a realizar inventários das emissões antropogênicas dos

GEEs. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), “o Brasil, país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção do Clima), tem como uma de suas obrigações à elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controladas pelo Protocolo de Montreal” (Brasil, 2004). Em 2004, em atendimento a tal obrigação, o MCT elaborou a Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, abrangendo o período de análise entre os anos de 1990 a 1994. Este informa que o setor de transportes foi responsável por 40% das emissões de CO₂ do setor de energia e 9% do total de emissões de CO₂ do país em 1994. As estimativas das emissões do consumo agregado do *diesel* em termos de energia para o setor de transportes, assim como, o desagregado por modo de transportes (aéreo, rodoviário, ferroviário e marítimo) foram feitas a partir do Balanço Energético Nacional (BEN). Todavia, apresenta apenas o resultado das emissões por modo e gás de efeito estufa, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13: Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor de Transportes do Brasil

	CO ₂ (Gg)		CH ₄ (Gg)		N ₂ O (Gg)	
	1990	1994	1990	1994	1990	1994
Setor de Transportes	82.020	94.324	10,00	9,86	1,40	1,92
Aéreo	5.818	6.204	0,04	0,04	0,16	0,18
%	7,1	6,6	0,4	0,4	11,4	9,4
Rodoviário	71.150	83.302	10,00	9,50	1,20	1,70
%	86,7	88,3	100,0	96,3	85,7	88,5
Ferrovário	1.614	1.260	0,11	0,09	0,01	0,01
%	2,0	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5
Marítimo	3.437	3.558	0,23	0,23	0,03	0,03
%	4,2	3,8	2,3	2,3	2,1	1,6

Fonte: Brasil (2004)

Considerando-se o CO₂ como principal gás de efeito estufa, a Tabela 13 demonstra que o setor de transportes cresceu suas emissões em 15% nesse período, sendo predominantes as emissões do modo rodoviário, enquanto que o setor ferroviário experimentou uma involução de - 21,9%, passando o setor de 2% (1990) para 1,3% (1994) de contribuição para a emissão do CO₂. Tão pouca representatividade do setor na matriz energética nacional talvez tenha feito com que o mesmo sequer fosse considerado no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético, elaborado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em 2006 (Brasil, 2006). Entretanto, o mercado de transporte ferroviário que era predominantemente estatal, foi concessionado a partir de 1996, ou seja, há mais de uma década e que vem crescendo de forma robusta, o que justificaria sua consideração no primeiro inventário realizado pelo MCT, até porque tal setor é contemplado nas metodologias do IPCC (1996 e 2006). Dados do BEN 2006 (Brasil 2006a) permitem concluir pela retomada do setor ferroviário, que também é confirmada pela evolução da TKU e do consumo de *diesel*, conforme visto. A análise do consumo de *diesel* expresso em tonelada equivalente de petróleo (tep) do setor ferroviário apresenta as seguintes taxas anuais de crescimento: 1970-1980 (5,3%); 1980-1990 (-1,1%) e 1990-2000 (-2,6%). Considerando, apenas, o período de 1997-2004 a taxa foi de 7,8% a.a. Embora, o consumo de *diesel* também se dê no transporte ferroviário de passageiros este representa apenas 0,73% (1997) a 0,32% (2004) do consumo desse combustível no setor ferroviário, o que não afeta a análise. O modo ferroviário representava 4,0% (1970), 2,7% (1980), 1,9% (1990), 1,1% (2000) e 1,3% (2004) do

consumo de energia do setor de transportes do país, mas em se tratando do consumo do *diesel*, também expresso em tep estes percentuais reduzem-se para 2,6% (1970), 2,3% (1980), 1,6% (1990), 0,9% (2000) e 1,1% (2004), o que dá a dimensão do desafio do setor ferroviário de carga para voltar a ter importância na matriz energética, a exemplo dos anos 70.

Em 2006, completou-se a primeira década do contrato de concessão de 30 anos celebrado entre a União e as empresas privadas outorgadas na condição de concessionárias do transporte ferroviário de cargas. De acordo com o contrato assinado entre a União e a Empresa MRS Logística S.A., usado como exemplo, as únicas cláusulas relacionadas à qualidade da prestação do serviço se dão na exigência de metas mínimas de produção em termos de TKU, com revisões quinquenais de metas (Cláusula 5º, Item 5.1, Parágrafo Único) e, na redução de acidentes, também, com revisões a cada cinco anos (Cláusula 5º, Item 5.2, § 2º, § 3º), (MT, 1996). No que tange a questão ambiental é obrigação da Concessionária "adotar medidas necessárias e ações adequadas para evitar ou corrigir danos ao meio ambiente causados pelo empreendimento, observada a legislação aplicável e as recomendações da Concedente específicas para o setor de transporte ferroviário" (Cláusula 9º, Item 9.1, Alínea V), (MT, 1996). Quanto à obediência à legislação ambiental alguns aspectos devem ser citados. Primeiro, inexistente no ordenamento jurídico norma aplicável de limites e/ou índices de emissões de fontes móveis dos GEEs para os modos rodoviários (Oliveira Júnior, 2006) ou ferroviários (Brasil, 1993 e CONAMA, 1986 e 1990). Segundo, com a entrada em vigência do Protocolo de Quioto, o Brasil enquanto signatário do protocolo, mas, ainda, não obrigado a reduzir suas emissões, comprometeu-se a assumir uma postura pró-ativa no esforço das reduções mundiais dos GEEs, seja pela adoção de tecnologias amigas do clima ou mesmo adotar inovações tecnológicas que tornem mais eficiente seus modos de produção, por exemplo, locomotivas mais econômicas e vagões mais leves que transportem mais TKU com um menor consumo de *diesel*, assim como, outros combustíveis como o gás natural veicular – GNV (usado na Europa Oriental) e os biocombustíveis, exemplo esse adotado pela CVRD que adotara a biodiesel (B20) na sua frota de locomotivas a partir de 2008.

A Convenção-Quadro e o Protocolo de Quioto ratificados pelo Senado Federal adquiriram, no âmbito interno, força de leis ordinárias federais (*vide* Rezek, J.F, 2002), o que obriga a todos os entes federados a adotarem seus princípios e diretrizes nos planejamentos governamentais, principalmente, naqueles setoriais, como o do setor ferroviário, intensivo no uso de combustíveis fósseis a base de carbono. Portanto, cabe à ANTT na próxima rodada quinquenal de metas de desempenho dos contratos de concessão, introduzir metas de produção de TKU balizadas em objetivos de redução de consumo, buscando assim, diminuir, também, os indicadores de emissões de tCO_{2EQ}/MTKU. Desta maneira, conjugando as cláusulas que estabelecem metas de desempenho quinquenais com "as medidas necessárias e ações adequadas para evitar ou corrigir danos ao meio ambiente" já devidamente contratualizadas conforme supracitado. O estabelecimento de tais metas evitaria que tivéssemos as discrepâncias verificadas no STPCB em termos de tCO_{2EQ}/MTKU, permitindo transformar cada concessionária numa empresa amiga do clima, podendo para tanto ser criado um selo verde certificado pela ANTT ou entidade conveniada, como as Universidades, considerando, ainda, o atendimento a este critério como um elemento norteador da decisão de renovar as concessões nas próximas décadas. Recomenda-se que a ANTT passe a incluir nas metas de desempenho do setor, aquelas voltadas à adoção de tecnologias que proporcionem a redução dos GEEs, mesmo sem o país estar obrigado a reduzir emissões dos GEEs, sob pena de omissão de dever pela desobediência aos princípios ambientais norteados pela Constituição

Federal (CF/88, art. 225). Para tanto, sugere-se que sejam realizadas pesquisas para definir quais seriam os índices de consumo por concessionária e os limites de emissão de tCO₂EQ por TKU e TKB, buscando estudar o mercado interno e a experiência internacional, assim como, as características específicas de cada uma das malhas operadas para que se tenham indicadores apropriados por empresa e contrato, permitindo a comparação entre as mesmas e facilitando a definição das vantagens e/ou desvantagens de se prorrogar contratos ao invés de licitá-los. Tendo-se o cuidado de não contrariar o Protocolo de Quioto quanto ao uso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2005, *Relatório Anual de Acompanhamento das Concessões Ferroviárias - Ano Base 2004*, Brasília.
- ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2006, *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT*, Brasília.
- BRASIL, 1988, Constituição República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988: atualizada até a Emenda Constitucional Nº. 52, Brasília, DF.
- BRASIL, 1993, *Lei Nº. 8.723, de 28 de outubro de 1993, dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências*, **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 29 out.1993, Republicado em 01 nov. 1993.
- BRASIL, 2004, *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*, Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, Brasília, DF.
- BRASIL, 2006, *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético*, Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, Brasília, DF.
- BRASIL, 2006a, *Balanço Energético Nacional – BEN 2006*, Ministério de Minas e Energia – MME, Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432, Brasília, DF.
- Castro, N. de, 2002, *Estrutura, Desempenho e Perspectivas do Transporte Ferroviário de Carga*, Disponível em: www.nemesis.org.br.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986, *Resolução CONAMA Nº. 18, de 06 de maio de 1986, institui o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE*, **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 17 jun. 1986.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1990, *Resolução CONAMA Nº. 8, de 06 de dezembro de 1990, atualiza o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE com relação a veículos pesados e dá outras providências*, **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 28 dez. 1990.
- GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, 2001, *Anuário Estatístico dos Transportes*, Ministério dos Transportes – MT, Brasília.
- Hunter, D., Salzman, J. e Zaelke, D., 1998, *International Environmental Law and Policy*, 1ª ed., University Casebook Series, New York, Foundation Press.
- IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996, *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: workbook*, IPCC Unit for GHG Inventories, IPCC/OECD/IEA, Vol.3, France.
- IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, *Climate Change 2001: Sythesis Reporty. A Contribution of Working Groups I,II and III to the Third Assessment Report of the Integovernmental Panel on Climate Change*. [Watson, R.T. and Core Writing Team (eds.)], 1ª ed., New York, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY.
- IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol.2 - Energy, Chapter 3 - Mobile Combustion, [Eggleston, Simon *et al.* (eds.)], Hayama, Japan.
- MT, Ministério dos Transportes, 1996, Contrato de Concessão que entre si celebram a União, por intermédio do Ministério dos Transportes e a Empresa MRS Logística S.A., para a Exploração e Desenvolvimento do Serviço Público de Transporte Ferroviário de Carga na Malha Sudeste, Ministério dos Transportes – MT, Brasília.
- NU (1997) *Protocolo de Kyoto para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*, Nações Unidas, New York.
- Oliveira Júnior, J. A (2006) *O Uso do Gás Natural no Transporte Público*, Edições Livro Técnico, Fortaleza.
- Rezek, J.F. (2002) *Direito Internacional Público: curso elementar*, 9ª ed., São Paulo, Editora Saraiva.

João Alencar Oliveira Júnior, D.Sc., Professor do Departamento de Engenharia de Transportes (DET) e do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes (PETRAN) da Universidade Federal do Ceará (UFC) e bacharelado em direito pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) # Celular: (+55) (85) 9991.0262 # Fone: (+55) (85) 3366.94.88 Ramal 219 # Fax: (+55) (85) 3366.94.88 Ramal 201, E-mail: alencar@det.ufc.br ou jalencarjr@yahoo.com # Homepages: www.det.ufc.br ou www.geocities.com/jalencarjr. **Alexildo Vellozo Vaz, B.Sc.**, Economista, Mestrando em Engenharia de Transportes, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes – PETRAN/UFC, Analista de Projetos da CVRD, Belo Horizonte – MG, (031) 3279-4780, e-mail: alexildo@det.ufc.br e alexildo@gmail.com. **Márcio Anderson Guedes Vasconcelos**, aluno bolsista do Programa de Iniciação Científica (Programa PIBIC/CNPq/UFC), do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (UFC) # E-mail: maguevas@yahoo.com.br