

Universidade de São Paulo

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Departamento de Economia, Administração e Sociologia

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG

**Emissão de CO<sub>2</sub> na logística de exportação de soja do Mato Grosso**

Abner Matheus João

Ana Carolina Vettorazzi

Piracicaba, SP

Julho de 2016

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
3. MATERIAL E MÉTODO.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição da emissão de CO <sub>2</sub> , em Mt, do transporte de carga entre os modais rodoviário, ferroviário e aquaviário Fonte: Pesquisa CNT de navegação interior, 2013 .	9
Figura 2. Fatores de emissão para cada modal de transporte, em gCO <sub>2</sub> /tku Fonte: Pesquisa CNT de navegação interior, 2013.....	9
Figura 3. Emissões de CO <sub>2</sub> , em milhões de toneladas, do setor transporte ao todo e do transporte rodoviário, de 1990 a 2012.....	10
Figura 4. Emissões de CO <sub>2</sub> , em milhões de toneladas, do transporte aéreo, ferroviário e hidroviário, de 1990 a 2012.....	10
Figura 5. Emissões totais de CO <sub>2</sub> , em milhões de kg, dos cenários 1, rodoviário direto e 2, com multimodalidade. ....	14
Figura 6. Emissões de CO <sub>2</sub> , em milhões de kg, do corredor de exportação de soja para Santos, com 70% e 89% do volume movimentado pelo modal ferroviário e com 11% e 30% do volume movimentado pelo modal hidroviário, respectivamente. ....	15
Figura 7. Emissões de CO <sub>2</sub> , em milhões de kg, considerando diferentes parâmetros de utilização dos portos de Barcarena e São Luís. ....	16
Figura 8. Emissões de CO <sub>2</sub> , em milhões de kg, considerando os cenários 1 e 2 em azul, com os portos do Arco Norte e 3.1 e 3.2 em vermelho, sem os portos do Arco Norte. .	17
Figura 9. Proporção, dentre os municípios do Mato Grosso que exportaram soja em 2015, daqueles que emitiriam menos gás carbônico se enviassem a soja pelo Arco Norte (vermelho), daqueles que emitiriam menos gás carbônico se enviassem a soja pelo Sul/Sudeste (verde) e daqueles que só enviaram para o Sul/Sudeste (azul) nesse ano. .	19

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Eficiência energética entre as modalidades de transporte de carga.....	7
Tabela 2. Emissão brasileira de CO <sub>2</sub> , em milhões de toneladas, por setor.....	8
Tabela 3. Porcentagem de uso dos modais ferroviário e hidroviário nos cenários 2 e 3.2 .....	13
Tabela 4. Municípios que mais reduziram a emissão de CO <sub>2</sub> com a multimodalidade, em kg. ....	18

## **1. INTRODUÇÃO**

O estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do Brasil, com grande representatividade no cenário agrícola nacional. Entretanto, a maior parte do grão é escoado através de rodovias, o que aumenta os custos de transporte, consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>.

Nos últimos anos, através de investimentos na modernização e viabilização dos portos no Arco Norte, foram incorporadas novas alternativas para o escoamento da produção mato-grossense, uma vez que os destinos eram quase que exclusivamente para os portos de Santos e Paranaguá. Tais soluções logísticas tiveram como objetivo a redução dos custos logísticos para a exportação da produção agrícola, resultado da utilização de modais mais rentáveis do que o rodoviário na matriz de transportes e também da diminuição das distâncias entre origem e destino.

Ademais, atualmente, é essencial que a questão ambiental também seja considerada na análise através da emissão de CO<sub>2</sub> nas atividades logísticas, dado que ocorre maior aproveitamento energético com a utilização da multimodalidade, o que resulta, conseqüentemente, em menores impactos ambientais.

Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de comparar as soluções logísticas existentes para exportação de soja do Mato Grosso quanto às emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, considerando diferentes cenários de transporte, de modo a identificar os gargalos que impedem a sua máxima eficiência energética.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

No setor de transporte, o modal rodoviário é aquele com maior participação no Brasil, tanto no transporte de cargas, quanto no de passageiros. Ao considerar o transporte regional de cargas (em milhões de TKUs), tal modal representa aproximadamente 61,1% da matriz de transporte, seguida do ferroviário (20,7%), do aquaviário (13,6%), do dutoviário (4,2%) e, por fim, do aéreo (0,4%), segundo dados do Geipot (2001 *apud* CNT, 2014). Esta distribuição, no entanto, gera enormes problemas de produtividade devido às dimensões continentais do Brasil. Comparativamente, países de dimensões similares ou até maiores, como os EUA, a Austrália e a China, transportam, respectivamente, 26%, 24% e 8% de sua carga pelo modal rodoviário (FLEURY, 2003).

No Brasil, de acordo com o Anuário CNT do Transporte 2016, os 1,7 milhões de quilômetros de rodovias nacionais são dispostos da seguinte maneira: 12,24%

pavimentados, 78,6% não-pavimentados e 9,16% planejados (rodovias em projeto de construção). Dentre as rodovias pavimentadas, aquelas com pista dupla representam apenas 5,2% do total, enquanto as de pista simples representam 93,9%, e pistas em obras de duplicação, 0,8%. O anuário também classifica as rodovias quanto sua qualidade, isto é, dos 100.763 quilômetros de rodovias nacionais utilizados para tal pesquisa, 12,54% são ótimas, 30,23% boas, 34,84% regulares, 16,09% ruins e 6,29% péssimas.

A densidade da malha ferroviária brasileira é de 25 km de rodovias pavimentadas para cada 1000 km<sup>2</sup> de área. Em 10 anos (de 2005 a 2015), a malha rodoviária federal pavimentada brasileira expandiu apenas 14,7%, algo bastante distinto da expansão da frota de veículos rodoviário (aumento de 118,7%). Em comparação com outros países dos BRICS (grupo de países formado por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), tem-se que a China possui 359,9 km de rodovias pavimentadas para cada 1000 km<sup>2</sup> de área e a Rússia, 54,3 km de rodovias pavimentadas para cada 1000 km<sup>2</sup> de área, sendo que o território russo é duas vezes maior que o brasileiro.

Dados do Ministério dos Transportes mostram que as principais mercadorias transportadas (TU<sup>1</sup>) pelo modal ferroviário até setembro de 2014 foram: minério de ferro, soja, açúcar, carvão mineral, grãos, milho, farelo de soja, óleo diesel, celulose, produtos siderúrgicos e ferro gusa.

O modal hidroviário também apresenta muito potencial para o transporte, em função das condições geográficas e naturais do Brasil, porém ainda ele é pouco aproveitado. Os grandes rios presentes no território nacional (como o Amazonas, Paraná e São Francisco, por exemplo) comportam, naturalmente, o tráfego de embarcações com grandes cargas. Entretanto não há o investimento necessário para tornar este modal mais significativo para o transporte de grãos no país.

Fialho (1993 *apud* SANTANA e TASHIBANA, 2004, p. 82)

"apresenta um enfoque mais econômico à questão, se lamentando com o aparente não compromisso ou mesmo descaso com que o Brasil, que possui dimensões continentais e uma significativa hidrografia, não tem desenvolvido a navegação interior como seria desejável ou poderia."

---

<sup>1</sup> TU: Toneladas úteis

Nos termos de eficiência energética, conforme Correa e Ramos (2010), os modais hidroviário e ferroviário são mais adequados para o transporte de cargas de baixo valor agregado a longas distâncias (soja, milho, farelo de soja, etc), devido à capacidade de maximização da eficiência de consumo de combustível por tonelada transportada. De acordo com Coeli (2004) o modal rodoviário consome quatro vezes mais combustível que o modal ferroviário para o transporte de mesma carga, o que evidencia o ganho econômico do uso desse modal para transporte de cargas a longas distâncias. E segundo Caixeta *et al.* (1998) o modal ferroviário consome mais de duas vezes o que um conjunto de barcaças consome, considerando mesma distância e quantidade transportada.

De acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), a produtividade pode variar de acordo com as diferenças tecnológicas, a eficiência dos processos e o ambiente analisado. No Brasil, o setor de transportes – de carga, principalmente – sofre com diversos gargalos que afetam diretamente a produtividade. Um dos gargalos mais repercutidos é o fato do sistema de transporte brasileiro ser muito dependente do modal rodoviário. O transporte de *commodities* através da diversificação de modais (hidroviário, rodoviário, ferroviário) chega a ter custos 20% inferiores com relação ao uso do modal rodoviário, restritivamente (TORRES, 2006 *apud* CORREA e RAMOS, 2010).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2015), no ano de 2014 o setor de transporte consumiu 32,5% do total de energia demandada no Brasil. O modal rodoviário representou 92,6% do total, seguido pelos modais aéreo (4,3%), ferroviário (1,2%) e aquaviário (1,8%).

Em relação à oferta interna de energia, em 2014, 60,6% da energia foi originada de fontes não-renováveis, em comparação com 55,9% em 2005 (MME, 2015), ou seja, mesmo com o investimento em fontes renováveis ao longo dos anos, houve uma diminuição na participação dessas fontes na matriz energética nacional.

De acordo com a Tabela 1, o modal aéreo possui a menor eficiência energética em relação aos outros modais de transporte. Desta forma, normalmente ele não é utilizado no transporte de cargas de baixo valor agregado. O modal rodoviário, o de maior uso no Brasil, é o segundo menos eficiente, sendo gastos 3,53 megajoules para o transporte de uma tonelada em um quilômetro.

Tabela 1. Eficiência energética entre as modalidades de transporte de carga

<b>Modalidade</b>	<b>Ton-K m/1*</b>	<b>MJ/t.km</b>
Rodovia	25	3,53
Ferrovia	88	1,02
Hidrovia	98	0,93
Aerovia	2	40,70
Dutovia	120	0,74

\*Equivalência comparativa para quando as cargas têm a mesma densidade.

Fonte: Anciães *et al.* (1980 *apud* Correa e Ramos 2010 p. 451)

Tais relações evidenciam a importância da utilização do transporte multimodal para a movimentação de grãos, ou seja, cargas com baixo valor agregado. No entanto, os modais ferroviário e hidroviário do país possuem infraestrutura insuficiente para a realização do transporte de grãos, o que leva à necessidade da utilização quase que restrita do modal rodoviário, mesmo tratando-se de longas distâncias. Essa condição gera problemas quanto ao baixo aproveitamento do transporte, pois, ao utilizar apenas as estradas, há menos grãos transportados do que em uma composição ferroviária e/ou rodoviária. (ROESSING *et al.*, 2007). Para se obter uma maior eficiência energética e uma maior produtividade na movimentação é indicada a utilização do modal rodoviário somente para as conexões intermodais, ao enviar da origem à ferrovia ou à hidrovia e também do ponto de chegada ao destino final.

Como exposto por Correa e Ramos (2010), há dois tipos de custos logísticos presentes no modo rodoviário que inferem na competitividade internacional da soja brasileira. O primeiro seria relacionado à inadequação do modal às particularidades do produto e às grandes distâncias percorridas. Já o segundo diz respeito à condição precária da malha rodoviária brasileira, a qual desde os anos 1980 reflete a escassez de recursos que acompanha as políticas públicas de infraestrutura. Ao analisar essa matriz de transporte de cargas brasileira no contexto histórico-político, Correa e Ramos (2010, p. 453) ressalta que:

"a concentração logística no modal rodoviário tem sua raiz no período de desenvolvimento da indústria automobilística e dos baixos preços do petróleo, principalmente após a segunda metade da década de 50, quando, então, se observou a expansão dessa modalidade. "

O cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transportes tem como base o consumo de energia, ou seja, de combustíveis. O uso mais eficiente desses combustíveis ou até mesmo o uso de combustíveis alternativos são opções já adotadas por alguns países desenvolvidos para reduzir suas emissões totais de CO<sub>2</sub>.

O setor de transportes, no Brasil, é o que tem maior participação na emissão total de CO<sub>2</sub>, com 46%, conforme publicação da *International Energy Agency* (2015) sobre as emissões de CO<sub>2</sub> proveniente da queima de combustíveis (Tabela 2).

Tabela 2. Emissão brasileira de CO<sub>2</sub>, em milhões de toneladas, por setor

<b>Setor</b>	<b>Emissão de CO<sub>2</sub></b>	<b>Participação (%)</b>
Transporte	208,1	46%
- Rodoviário	188,0	42%
Indústrias de manufatura e construção	100,5	22%
Eletricidade e produção de calor	76,6	17%
Outros usos de energia na indústria	28,5	6%
Outros setores	38,7	9%
- Residencial	17,9	4%
<b>Total</b>	<b>452,4</b>	<b>100%</b>

Fonte: International Energy Agency, 2015

No transporte de cargas, segundo a pesquisa CNT de navegação interior (CNT, 2013), o modal rodoviário é o que registrou a maior emissão dentre aqueles mais utilizados no Brasil, com 62,5 Mt de CO<sub>2</sub>, ou seja, 92% quando comparado aos modais ferroviário e aquaviário (Figura 1 e Figura 2).

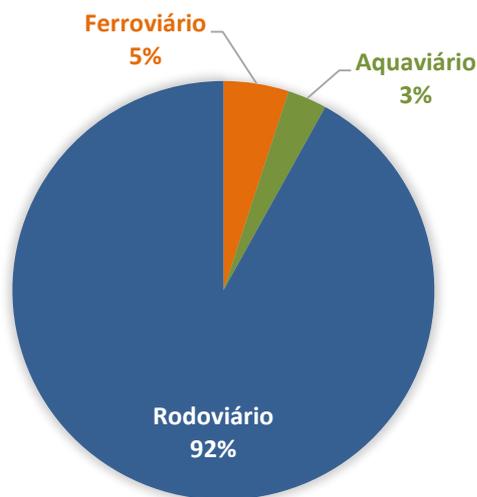


Figura 1. Distribuição da emissão de CO<sub>2</sub>, em Mt, do transporte de carga entre os modais rodoviário, ferroviário e aquaviário

Fonte: Pesquisa CNT de navegação interior, 2013

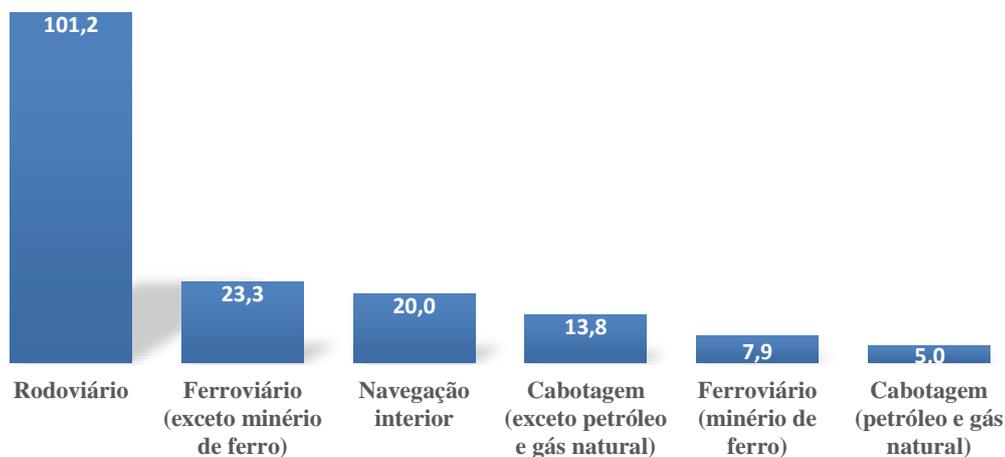


Figura 2. Fatores de emissão para cada modal de transporte, em gCO<sub>2</sub>/tku

Fonte: Pesquisa CNT de navegação interior, 2013

As estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, elaboradas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2014), demonstraram a existência de forte correlação entre as emissões totais de CO<sub>2</sub> do setor de transporte e as do modal rodoviário, ao longo dos anos (Figura 3), com uma maior velocidade de crescimento a partir de 2009. Os dados também indicaram uma quase equivalência de emissão dos modais aéreo e hidroviário no período até 1997, a partir de quando as do modal aéreo

apresentaram crescimentos maiores do que a do hidroviário. Além disso, em todo o período analisado, o transporte ferroviário foi o que apresentou as menores emissões de CO<sub>2</sub> (Figura 4).

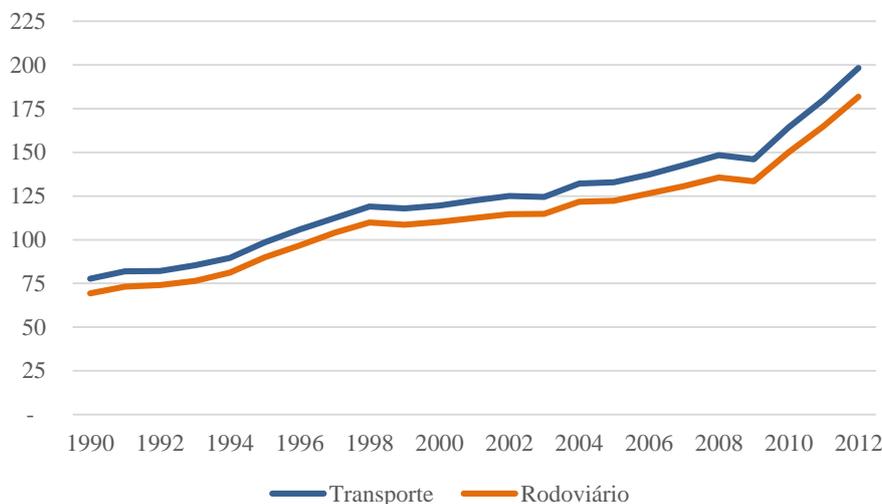


Figura 3. Emissões de CO<sub>2</sub>, em milhões de toneladas, do setor transporte ao todo e do transporte rodoviário, de 1990 a 2012.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do MCTI, 2014

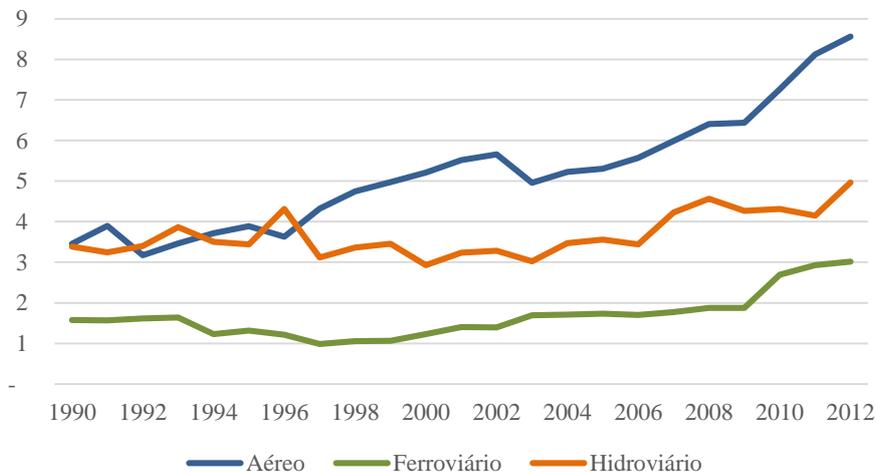


Figura 4. Emissões de CO<sub>2</sub>, em milhões de toneladas, do transporte aéreo, ferroviário e hidroviário, de 1990 a 2012.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do MCTI, 2014

Leal Júnior *et al.* (2015) estimaram o consumo de energia, em MJ/tkm, e a emissão de CO<sub>2</sub>, em kg/t.km, no setor de transporte, considerando alguns dos produtos mais representativos no Brasil. Para tanto, quatro cenários diferentes foram criados, desde uma mudança na proporção de utilização dos diversos modais de transporte, até a utilização

de fontes alternativas, como o biodiesel. Chegaram à conclusão que é necessário o aumento da eficiência do transporte para que o Brasil seja mais competitivo e também menos emissor de gases do efeito estufa.

Foi verificada a participação dos veículos automotores na emissão de gases poluentes na atmosfera, sendo que quase 50% das emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio eram provenientes da combustão de motores a diesel ou a gasolina e em áreas congestionadas, o tráfego de veículos era responsável por aproximadamente 90% das emissões de CO, o que se constitui uma ameaça à saúde humana (MONTEIRO, 1998).

Craig *et al.* (2013) analisaram o efeito ambiental da mudança do transporte norte-americano de cargas pelo modal rodoviário unicamente, para a intermodalidade, com o uso também de ferrovias. Deste modo, calcularam a intensidade de emissão de CO<sub>2</sub> para o transporte intermodal, obtendo-se valores desde 29 até 220 gramas por tonelada-milha, com a média de 67 gramas por tonelada-milha, o equivalente a 0,04163 kg CO<sub>2</sub>/t.km, 46% menor do que as emissões do transporte exclusivo pelo modal rodoviário. Chegaram à conclusão que a intermodalidade é uma ótima solução para a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> no transporte, porém apenas para as chamadas *carbon market areas*, ou seja, aquelas áreas específicas localizadas em torno de terminais de transbordo rodoferroviários.

### **3. MATERIAL E MÉTODO**

Dados de exportação de soja pelos municípios do Mato Grosso compõem a base das discussões deste trabalho. Através do sistema AliceWeb, da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), foram obtidos dados de exportação de soja referentes ao ano de 2015, em toneladas, do estado do Mato Grosso. A partir de tais dados foram identificados os fluxos (município de origem e porto de destino) das exportações do Estado.

Também foram obtidas as distâncias rodoviárias para cada um dos fluxos, com base em dados do Guia Quatro Rodas. No tocante às distâncias ferroviárias, as informações foram obtidas junto à Pesquisa CNT de Ferrovias 2015 e sites de notícias especializados. Por fim, para as distâncias hidroviárias, foram realizadas estimativas com o uso do programa Google Earth, as quais foram validadas com o auxílio de sites de notícias especializados.

Os fatores de emissão de CO<sub>2</sub> também são dados fundamentais para esta análise. Para a quantificação das emissões totais da cadeia logística da soja no Mato Grosso, foram utilizados, em kg/t.km, os seguintes fatores: 0,11917 para o modal rodoviário; 0,0346 para o ferroviário; e 0,018 para o hidroviário (PMBC, 2013 apud LEAL JUNIOR, I. C. et al, 2015).

Após a consolidação dos dados, foram realizados, conforme a equação (1), no *software* Excel, os cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> de cada município do Mato Grosso, baseado na distância, na quantidade de carga exportada por fluxo e nos fatores e emissão de CO<sub>2</sub> de cada modal de transporte.

$$E_{jk} = \sum (Fe_i * D * Q_{jk}) \quad (1)$$

Em que:

$E_{jk}$  = Emissão total de CO<sub>2</sub> por município de origem  $j$  e por município de destino  $k$  em kg;

$Fe_i$  = Fator de emissão de CO<sub>2</sub> do modal de transporte  $i$ , em kg/t.km;

$D$  = Distância percorrida, em km;

$Q_{jk}$  = Quantidade de soja exportada por município de origem  $j$  e por município de destino  $k$ , em t.

As soluções logísticas do transporte de soja do Mato Grosso consideradas para a realização dos cálculos, segundo o porto de destino, foram:

- **Porto de Santos, SP:** (i) transporte exclusivamente pelo modal rodoviário; (ii) utilização do modal ferroviário, através do terminal de transbordo rodoferroviário de Rondonópolis, MT; e (iii) utilização do modal hidroviário, pelo terminal de transbordo rodo-hidroviário de São Simão, GO.
- **Portos de Barcarena, PA e Santarém, PA:** (i) transporte exclusivamente rodoviário; (ii) transporte rodo-hidroviário, através do terminal de transbordo de Miritituba, PA.
- **Porto de Itacoatiara, AM:** (i) transporte exclusivamente rodoviário; e (ii) transporte rodo-hidroviário, através do terminal de transbordo de Porto Velho, RO.

- **Porto de Paranaguá, PR:** (i) transporte exclusivamente rodoviário; (ii) transporte rodoferroviário, através do terminal de transbordo de Londrina, PR.
- **Porto de Vitória, ES:** transporte exclusivamente rodoferroviário, através do terminal de transbordo de Araguari, MG.
- **Porto de São Luís, MA:** (i) transporte exclusivamente rodoviário; e (ii) transporte rodoferroviário, através do terminal de transbordo de Colinas do Tocantins, TO.
- **Portos de Imbituba, SC, Rio Grande, RS, Salvador, BA e São Francisco do Sul, SC:** transporte exclusivamente rodoviário.

A partir disso, foram criados quatro diferentes cenários (1, 2, 3.1 e 3.2) para a comparação das emissões de gás carbônico, sendo o cenário 1 o transporte única e exclusivamente pelo modal rodoviário, o 2 o transporte considerando a multimodalidade, o 3.1 o transporte única e exclusivamente pelo modal rodoviário, porém sem a utilização dos portos do Arco Norte (Barcarena, Itacoatiara, São Luís, Santarém, Itaituba e Salvador) e o 3.2 o transporte considerando a multimodalidade, também sem a utilização dos portos do Arco Norte.

Para os cenários 2 e 3.2, a porcentagem de uso de cada modal alternativo ao rodoviário (ferroviário e hidroviário) foi definida de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de uso dos modais ferroviário e hidroviário nos cenários 2 e 3.2

<b>Porto de destino</b>	<b>Ferroviário</b>	<b>Hidroviário</b>
Santos	70%	11%
Barcarena/Santarém	-	80%
Itacoatiara	-	100%
São Luís	80%	-
Paranaguá	35%	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Desta forma, com base nos cálculos de emissão de CO<sub>2</sub> e nos diferentes cenários considerados para as soluções logísticas, foram realizadas análises comparativas e também análises de sensibilidade, a fim de serem avaliados os resultados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo inicial, a análise comparativa entre os cenários 1, com o transporte unicamente realizado pelo modal rodoviário, e 2, com o uso da multimodalidade, indicou a redução de 33% das emissões de gás carbônico nas movimentações de soja de todo o estado do Mato Grosso. Como evidenciado pela Figura 5, a multimodalidade (apresentada a partir dos cálculos do cenário 2) tem um impacto bastante significativo na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, em comparação com o modal rodoviário.

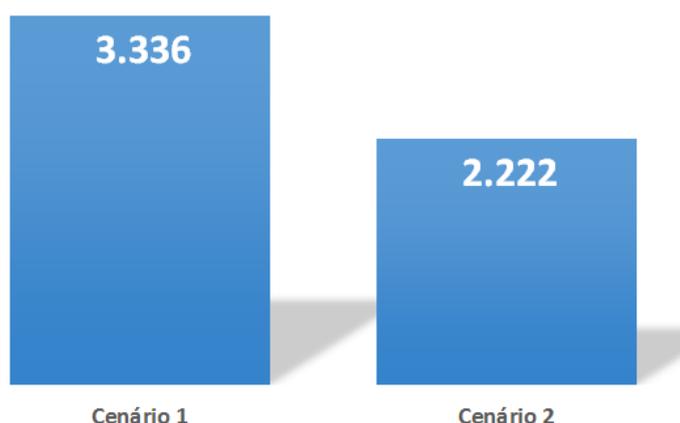


Figura 5. Emissões totais de CO<sub>2</sub>, em milhões de kg, dos cenários 1, rodoviário direto e 2, com multimodalidade.

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da análise de sensibilidade do cenário 2, tem-se que um aumento na capacidade do terminal de transbordo rodoferroviário de Rondonópolis (MT), ou seja, um consequente aumento da participação deste modal de 70% para 89% no transporte de soja ao porto de Santos ocasionaria uma diminuição de 18% das emissões totais de CO<sub>2</sub> desse corredor de exportação. Nessa situação, as emissões seriam reduzidas em 116,77 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>.

Por outro lado, um aumento de 11% para 30% de participação da hidrovia pelo terminal rodo-hidroviário de São Simão, neste mesmo corredor de escoamento da soja, seria responsável pela diminuição de 33% das emissões de CO<sub>2</sub> nesse corredor de transporte, o equivalente a 217,86 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub>.

A análise de sensibilidade é apresentada na Figura 6. A partir desta, fica evidenciado o ganho ambiental proveniente de uma maior priorização do modal

hidroviário em relação ao rodoviário e ferroviário nas exportações do Mato Grosso pelo porto de Santos.

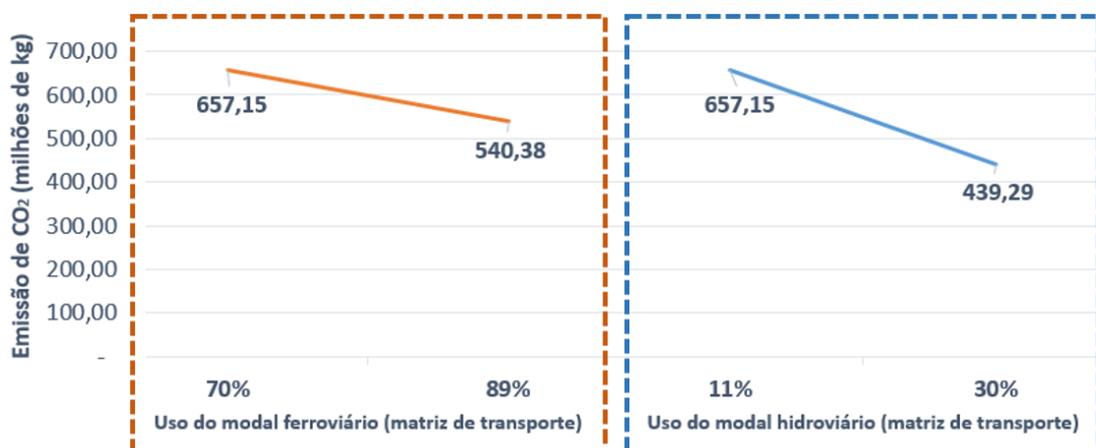


Figura 6. Emissões de CO<sub>2</sub>, em milhões de kg, do corredor de exportação de soja para Santos, com 70% e 89% do volume movimentado pelo modal ferroviário e com 11% e 30% do volume movimentado pelo modal hidroviário, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Fazendo a mesma análise de sensibilidade para o caso das exportações de soja pelos portos do Arco Norte, conforme apresentado na Figura 7, a utilização de 100% das movimentações ao porto de São Luís pelo modal ferroviário ocasionaria uma diminuição de 2% das emissões totais de CO<sub>2</sub> do corredor. De modo similar, o aumento do uso da hidrovia Tapajós de 80% para 100% no transporte de soja até os portos de Barcarena e Santarém seria responsável pela diminuição de 11% das emissões do corredor. Ambas as situações, portanto, determinariam uma economia de 13% de emissão de CO<sub>2</sub> no transporte pelo Arco Norte. Confirma-se, portanto, os benefícios da priorização da multimodalidade nas exportações pelos portos do Arco Norte, havendo ainda, para os municípios exportadores do Mato Grosso, potencial para reduzir em 108,37 milhões de quilogramas de CO<sub>2</sub> as emissões totais desse corredor.

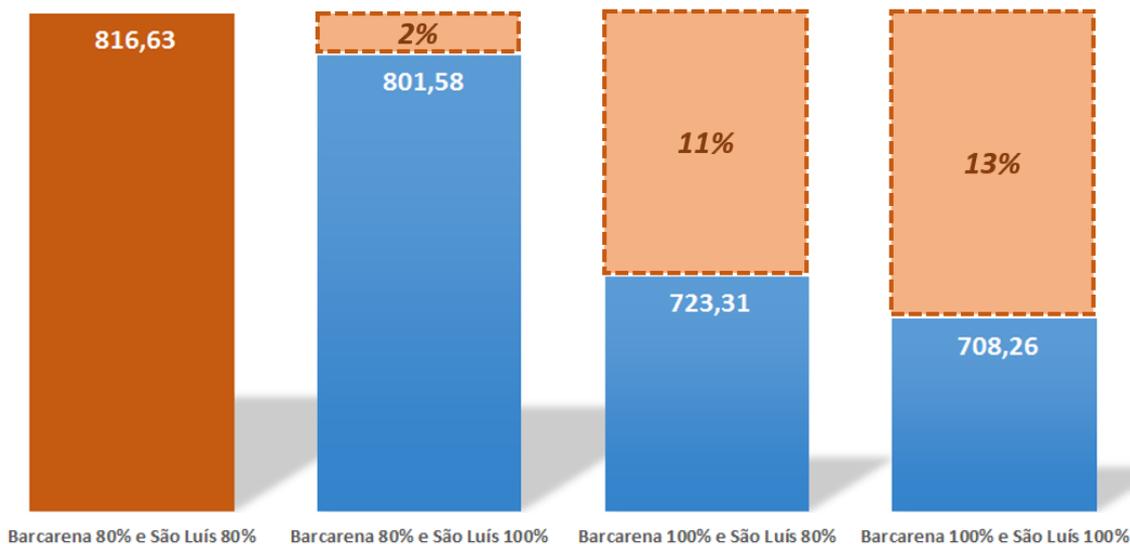


Figura 7. Emissões de CO<sub>2</sub>, em milhões de kg, considerando diferentes parâmetros de utilização dos portos de Barcarena e São Luís.

Fonte: elaborado pelos autores.

Conforme a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o modal hidroviário possui menores custos operacionais e de infraestrutura, e maior eficiência energética. Além disso, um comboio composto de várias barcaças equivale, em volume transportado, a 54 vagões ou 210 caminhões. Deste modo, maiores investimentos em hidrovias como a Tietê-Paraná e a Tapajós seriam mais efetivos tanto para questões ambientais, quanto econômicas.

Na situação atual, com o emprego da multimodalidade, porém em um cenário sem o uso do corredor do Arco Norte para a exportação de soja do Mato Grosso, as emissões totais de CO<sub>2</sub> do estado sofreriam um aumento de 6%. Por outro lado, se todo o transporte fosse realizado somente por rodovias, as emissões seriam reduzidas em 6% sem o uso dos portos do Arco Norte, havendo, portanto, maior eficiência ambiental nas exportações pelos portos do Sul e Sudeste (Figura 8). Tal consideração evidencia que a utilização dos portos do Arco Norte é ambientalmente vantajosa quando se utiliza da multimodalidade para o transporte de grãos.

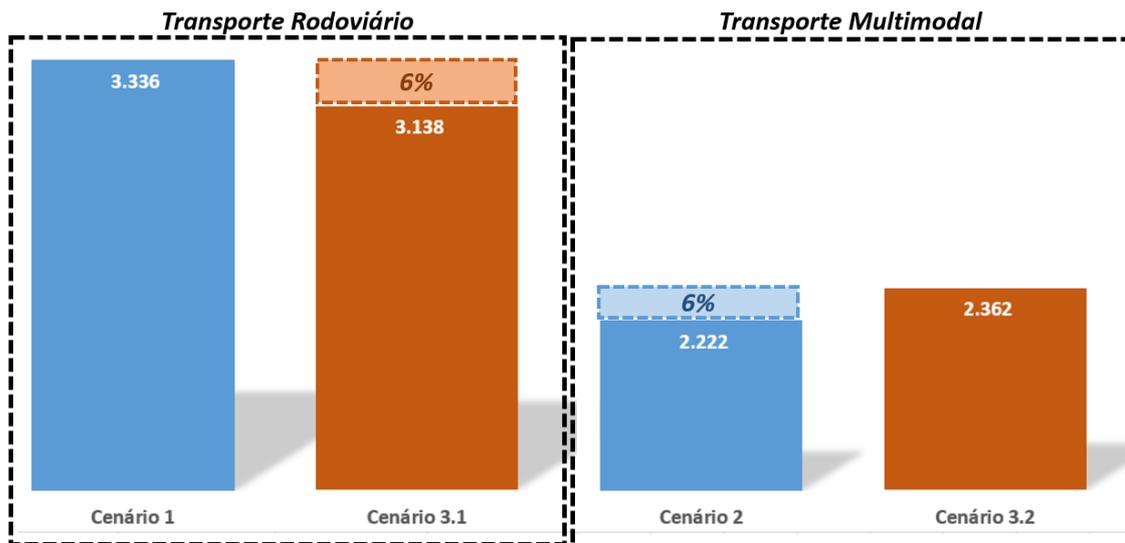


Figura 8. Emissões de CO<sub>2</sub>, em milhões de kg, considerando os cenários 1 e 2 em azul, com os portos do Arco Norte e 3.1 e 3.2 em vermelho, sem os portos do Arco Norte.

Fonte: elaborado pelos autores.

De modo a fundamentar esta análise, a Tabela 4 apresenta os dez municípios que mais reduziram a emissão de CO<sub>2</sub>, em números absolutos, com a introdução da multimodalidade (cenário 2) frente ao transporte exclusivamente rodoviário (cenário 1). Os três municípios que mais reduziram a emissão de CO<sub>2</sub> foram Sorriso (MT), Matupá (MT) e Sinop (MT). Esses três municípios apresentaram uma redução média de mais de 150 milhões de kg de CO<sub>2</sub>, sendo a grandeza dos respectivos ganhos ambientais proporcionais à utilização dos modais alternativos de transporte e da quantidade de carga exportada. É bastante evidente, portanto, o ganho ambiental que a multimodalidade proporciona ao município de Sorriso (MT), localizado na principal região produtora de soja do país.

Tabela 4. Municípios que mais reduziram a emissão de CO<sub>2</sub> com a multimodalidade, em kg.

<b>Ranking</b>	<b>Município</b>	<b>Quantidade reduzida (kg)</b>
1	Sorriso	203.503.031
2	Matupá	129.943.898
3	Sinop	128.588.057
4	Nova mutum	65.956.891
5	Diamantino	51.478.851
6	Primavera do Leste	51.096.409
7	Sapezal	48.346.434
8	Campo Novo do Parecis	45.377.621
9	Campos de Júlio	39.972.227
10	Lucas do Rio Verde	38.829.041

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados obtidos.

A partir da utilização da multimodalidade, o município de Sorriso obteve uma redução de 35% nas emissões de gás carbônico, em comparação às suas emissões no transporte rodoviário direto, enquanto Matupá obteve redução de 59% e Sinop, de 47%.

Com base nas emissões de CO<sub>2</sub> do transporte de soja até o porto de destino e nos parâmetros considerados para os cenários apresentados (cenário 2 e cenário 3.2), têm-se a Figura 9. Proporção, dentre os municípios do Mato Grosso que exportaram soja em 2015 Figura 9 que apresenta, dos 50 municípios exportadores de soja no ano de 2015, aqueles que seriam mais energeticamente eficientes se tivessem como destino o Arco Norte (em vermelho) e os portos do sul e sudeste, ou seja, Santos e Paranaguá (em verde). De todos os municípios exportadores, 18 deles não enviaram sua produção pelos portos do Arco Norte em 2015 (em azul).

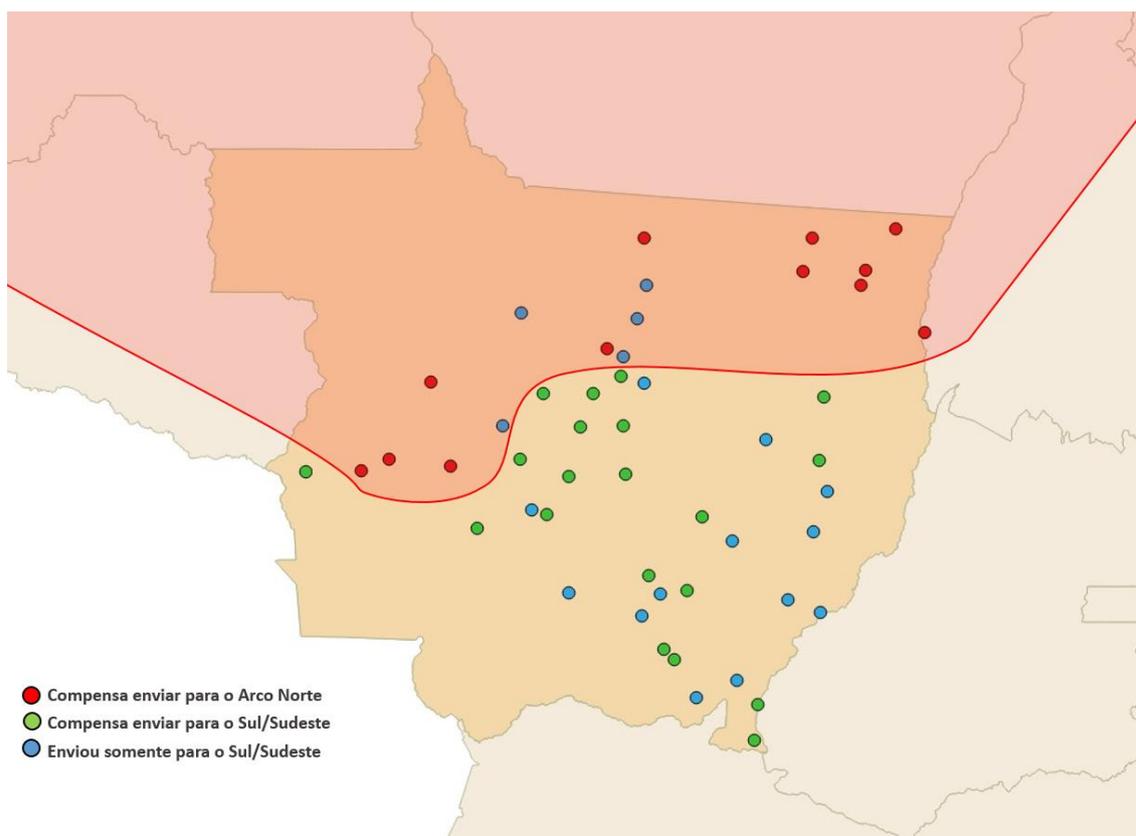


Figura 9. Proporção, dentre os municípios do Mato Grosso que exportaram soja em 2015, daqueles que emitiriam menos gás carbônico se enviassem a soja pelo Arco Norte (vermelho), daqueles que emitiriam menos gás carbônico se enviassem a soja pelo Sul/Sudeste (verde) e daqueles que só enviaram para o Sul/Sudeste (azul) nesse ano.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados obtidos

A utilização da infraestrutura logística multimodal com destino aos portos do Arco Norte resultou na redução nas emissões em doze municípios produtores, como em Vila Rica (MT) e Matupá (MT). Em vinte outros municípios, como Pedra Preta (MT), Rondonópolis (MT) e Alto Araguaia (MT), houve uma maior redução com o envio para os portos do Sul e Sudeste.

O município de Vila Rica (MT), no nordeste do estado, obteve uma redução de 62% nas emissões ao direcionar o transporte de sua produção exclusivamente para os portos do Arco Norte. Por outro lado, o município de Pedra Preta (MT), localizado no sudeste do estado, reduziu em 63% suas emissões com o transporte exclusivo para portos do sul e sudeste.

Dos municípios que não movimentaram sua produção através do Arco Norte em 2015, cinco deles se encontraram na área na qual haveria menor emissão de CO<sub>2</sub> pela

utilização desses portos, o que indica que a movimentação pelo corredor Sul/Sudeste ainda tem sido preferida, mesmo não sendo a mais vantajosa do ponto de vista energético. Tal fato evidencia a necessidade de maiores investimentos na estrutura logística desses portos para que haja uma maior capacidade de escoamento através deles e, com isso, maior rentabilidade e melhor distribuição da produção deste estado, o que geraria também uma menor sobrecarga dos portos do sul e sudeste.

## 5. CONCLUSÕES

Tendo em vista a análise dos resultados, conclui-se que ocorre uma redução significativa das emissões de gás carbônico do estado do Mato Grosso quando há a utilização das soluções logísticas multimodais, o que comprova a relevância do uso combinado entre diferentes modais para a composição da matriz brasileira de transportes.

Paralelamente a isso, o modal hidroviário apresenta-se como aquele que possui a maior eficiência energética nas movimentações de exportação de soja. Deste modo, maiores investimentos na infraestrutura das principais hidrovias de escoamento do Mato Grosso, isto é, a Tietê-Paraná e a Tapajós, tornam-se essenciais na estratégia ambiental da logística de comercialização de grãos do estado.

É possível também constatar que a utilização dos portos do Arco Norte para a exportação de soja só é ambiental e energeticamente benéfica no cenário multimodal de transporte. Além disso, somente os municípios localizados mais ao norte e a oeste do estado apresentam menores emissões de gás carbônico com o transporte pelo Arco Norte. Há a necessidade, entretanto, de se avaliar também outros aspectos, como o econômico e o social, para se atingir a sustentabilidade da cadeia.

Por fim, como limitações do trabalho são destacados:

- i. A utilização da base de dados do SECEX, para a identificação dos volumes de exportação municipais do Mato Grosso. Apesar de serem considerados os melhores dados disponíveis na literatura, atenta-se ao fato da possibilidade de ocorrências de vieses na análise a partir dos indicadores ali existentes.
- ii. Consideração do mesmo fator de emissão rodoviário para as movimentações pelos portos do Sul/Sudeste e para os portos do Arco

Norte. O fato de as rodovias de acesso aos portos do Norte e Nordeste do país são consideradas em piores condições em comparação com as rodovias dos eixos tradicionais de exportação. Nesse caso, potencialmente as emissões do Arco Norte são maiores do que os números considerados, o que faz com que essa análise evidencie o potencial total de redução de emissão de CO<sub>2</sub> (melhor cenário possível) em comparação com os portos tradicionais.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Pesquisa CNT de Navegação Interior 2013**. Brasília, 2013.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte. **Plano CNT de Transporte e Logística 2014**. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2ª edição, Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2015: Análise Energética e Dados Agregados**. Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Transporte ferroviário**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/transporte-ferroviario-relevancia.html>>. Acesso em: junho/2016

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte 2016**. Brasília, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Situação atual da hidrovía Tietê-Paraná**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/palestras/palestrajulho2012.pdf>>. Acesso em: julho/2016.

CAIXETA FILHO, J. V. (Org.) et al. **Competitividade no agribusiness: a questão do transporte em um contexto logístico**. Piracicaba, FEALQ, 1998. (Relatório técnico referente ao convênio FEALQ - Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz / FIA –

Fundação Instituto de Administração, apoiado pelo IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

COELI, C. C. de M. **Análise da demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte**. Tese de Mestrado (Administração) – Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2004. 136f.

CORREA, V. H. C.; RAMOS, P. A. Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas, **RESR**, Piracicaba, SP, vol. 48, nº 02, p. 447-472, abr/jun 2010.

CRAIG, A. J.; BLANCO, E. E.; SHEFFI, Y. Estimating the CO<sub>2</sub> intensity of intermodal freight transportation. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, Cambridge, v. 22, p. 49-53, julho 2013.

FLEURY, P. F. Gestão estratégica do transporte. In: FIGUEIREDO, K.F.; FLEURY, P.F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos. São Paulo: Editora Atlas, 2003a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion: highlights**. Paris, 2015

LEAL JUNIOR, I. C. et al. Análise da matriz de transporte brasileira: consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub>. **UNIABEU**, Belford Roxo, v. 8, n. 18, jan/abr 2015.

MONTEIRO, A. G. **Estratégia de redução de emissões de poluentes no setor de transportes por meio de substituição modal na região metropolitana de São Paulo**. 1998, 114 p. Tese para obtenção de grau de mestre em ciências em planejamento energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

ROESSING, A. C.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. de F. Perfil da infra-estrutura de transportes para o escoamento da soja no Brasil. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 45, Londrina, Paraná: Universidade Estadual de Londrina, 22 a 25 de jul. 2007.

SANTANA, W. A; TACHIBANA, T. Caracterização dos elementos de um projeto hidroviário, vantagens, aspectos e impactos ambientais para a proposição de metodologias técnico-ambientais para o desenvolvimento do transporte comercial de

cargas nas hidrovias brasileiras, **ENGEVISTA**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p. 75-85, dezembro 2004.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura de São Paulo**, Sao Paulo, v.45, n.2, p. 39-51, 1998.