

**Emissões de Gases de Efeito Estufa: uma análise do consumo de combustíveis  
fósseis e renováveis do setor de transportes no Brasil**

**Bloco II – Desenvolvimento: Energia e sustentabilidade**

**Autores:** Arney Rayol Moura de Araújo; Elane Conceição de Oliveira

**Filiação Institucional:** Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Ciências Sociais – ESO, Curso de Economia.

**E-mail:** [arneyrayol@gmail.com](mailto:arneyrayol@gmail.com); [ecoliveira\\_eco@hotmail.com](mailto:ecoliveira_eco@hotmail.com)

**Resumo**

A situação climática mundial continua se deteriorando, e em 2018, o IPCC lançou um novo relatório em que enfatiza que o impacto humano na natureza é inevitável, mas pode ser reduzido se os países adotarem metas mais ambiciosas de redução do efeito estufa. Diante disso, esse trabalho buscou estudar o consumo dos combustíveis ligados ao setor de transportes no Brasil, de 2005 a 2016, visto que este é o segundo setor que mais emite CO<sub>2</sub> no Brasil, observando sua relação com a economia, e acontecimentos que impactaram em seus mercados consumidores. Esta pesquisa identificou que as emissões de CO<sub>2</sub> de 2009 em diante cresce acima do nível de crescimento da economia, o que indica perda de eficiência no consumo destes combustíveis no Brasil.

**Palavras-chave:** automóveis, efeito-estufa, dióxido de carbono, eficiência energética.

***Abstract***

The global climate situation continues to deteriorate, and in 2018, the IPCC released a new report which emphasizes that the human impact on nature is inevitable, but can be reduced if countries adopt more ambitious targets for reducing greenhouse gases.

Therefore, this study aimed to study the consumption of fuels linked to the transport sector in Brazil, from 2005 to 2016, since this is the second sector that most emit CO<sub>2</sub> in Brazil, noting its relation to the economy, and events which impacted on their consumer markets. This research identified that CO<sub>2</sub> emissions from 2009 onwards grow above the level of economic growth, which indicates a loss of efficiency in the consumption of these fuels in Brazil.

**Key words:** automobiles, greenhouse effect, carbon dioxide, energy efficiency.

## 1. Introdução

Em 2018, o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) destacou a importância de limitar o aumento da temperatura terrestre em 1,5° em relação aos níveis pré-industriais até o ano de 2100, observando que se alcançada essa meta o mundo enfrentará menores desafios no futuro, reduzindo o tamanho destes problemas, visto que não podem ser evitados.

O relatório destaca os seguintes problemas: má temperatura na maior parte da terra e regiões oceânicas, temperaturas extremas na maioria das regiões habitadas, chuvas pesadas em várias regiões, probabilidade de seca e baixos níveis de chuvas em algumas regiões, aumento dos níveis dos mares, impactos nos ecossistemas e na biodiversidade, aumento na temperatura média nos oceanos e também em seu nível de acidez e queda no nível de oxigenação, riscos à saúde, segurança alimentícia, suprimento de água, crescimento econômico, e segurança à humanidade (IPCC, 2018).

Os Gases de Efeito Estufa (GEE) são constituintes gasosos da atmosfera, naturais e antropogênicos, os quais absorvem e emitem radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação terrestre emitida pela superfície da Terra, a

própria atmosfera e pelas nuvens (IPCC, 2014). Embora não possam absorver a radiação vinda do sol, podem reter a radiação de retorno (MENDONÇA, GUTIEREZ, 2000). Esta propriedade causa o efeito estufa.

O CO<sub>2</sub> é o principal GEE que afeta o balanço radioativo da terra, é um gás que existe naturalmente na natureza, mas também é um subproduto da queima de combustíveis fósseis, queima de biomassas, processos industriais, e mudanças no uso da terra (IPCC, 2014). Isso se deve ao fato de estar associado à produção e consumo de energia em termos globais, e a sua permanência na atmosfera ser bastante duradoura (MENDONÇA, GUTIEREZ, 2000).

Em termos mundiais, o setor industrial é o maior emissor de CO<sub>2</sub> (32%); Agricultura, Floresta e outros usos da terra (25%); Construção (18%); Transportes (14%); Outros (11%) (IPCC, 2014).

De acordo com o MCT (2010), no ano de 2005, o Brasil emitiu 1.637.905 Gg CO<sub>2</sub>, atribuídos 77% à Mudança do Uso da Terra e Florestas, 8% à Queima de Combustíveis – Transporte, 5% à Queima de Combustíveis – Indústria, 5% à Queima de Combustíveis - Outros Setores, 4% à Processos Industriais, 1% à Emissões Fugitivas, e 0% à Incineração de lixo.

O protagonismo da Mudança do Uso da Terra e Florestas como maior emissor de CO<sub>2</sub> se deve a elevada participação de energia renovável na matriz energética brasileira, e ao fato do consumo de combustíveis no Brasil ainda ser modesto em comparação com outras economias industrializadas. Mas Tolmasquim et. al (2007) alerta que isso não significa que o país possa minimizar a importância do crescimento das emissões

nacionais, devendo adotar medidas que garantam que o desenvolvimento não traga elevação considerável das emissões de GEE.

Nesse contexto, esta pesquisa ganha importância, pois ao fazer uma pesquisa sobre o consumo de combustíveis associados ao setor de transportes torna-se um importante instrumento para guiar a tomada de políticas públicas que incentivem o consumo de biocombustíveis ante os combustíveis fósseis, e investimentos no transporte coletivo.

O objetivo da pesquisa é calcular, em uma série temporal de 2005 a 2016, as emissões de CO<sub>2</sub> pelo consumo de gasolina e óleo diesel, fazendo uma análise sobre o consumo destes combustíveis e do etanol hidratado, bem como das emissões de CO<sub>2</sub>. Também irá calcular a intensidade energética do produto, fazendo uma análise desta ao longo do período analisado.

O CO<sub>2</sub> é responsável por mais de 97% das emissões totais de GEE de fontes móveis, com 5% de incerteza, por causa mais pela operação do que pela imprecisão dos fatores de emissão. O N<sub>2</sub>O e o CH<sub>4</sub> contribuem com até 3% e 1% das emissões, e as incertezas são de cerca de 50% e 40%, respectivamente, devidas principalmente pelos fatores de emissão (IPCC apud ÁLVARES JR, LINKE, 2001).

## **2. Revisão da Literatura**

A qualidade de vida e competitividade econômica dos países sofre forte influência da disponibilidade de energia desde a revolução industrial, e as economias que melhor se posicionam quanto ao acesso aos recursos energéticos de menor custo e impacto ambiental obtêm importante vantagem comparativa (TOLMASQUIM, GUERREIRO, e GORINI, 2007 p. 47).

Em um ambiente de maior crescimento econômico também é maior o crescimento da demanda de energia. Nesse contexto, é importante promover o consumo mais eficiente da energia (TOLMASQUIM, GUERREIRO, e GORINI, 2007 p. 48 e 52).

O Brasil possui emissões de GEE relativamente baixas, em razão da participação de fontes de energia renováveis na oferta interna de energia, isso não significa que o país possa minimizar a importância do crescimento das emissões nacionais, devendo adotar medidas que garantam que o desenvolvimento não traga elevação considerável das emissões de GEE (TOLMASQUIM, GUERREIRO, e GORINI, 2007 p. 53-54).

Segundo estudos do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) mais de 200 doenças estão associadas à poluição do ar, levando inclusive a morte de cerca de 3 mil pessoas por ano apenas na região metropolitana de São Paulo (SALDIVA *et al.*, 2007, apud CARVALHO, 2011 p. 20).

Segundo os dados sobre os fatores de emissão de carbono do IPCC (2006), o óleo diesel, dos combustíveis usados no setor de transporte, é o combustível que mais emite carbono, e conseqüentemente CO<sub>2</sub>, com fator de emissão de 20,2 tC/TJ, a gasolina possui o fator 18,9 tC/TJ. Para o MCT, o etanol hidratado possui fator 14,81 tC/TJ, apesar disso, é um biocombustível com impacto nulo ao meio ambiente. Para o IPCC (2006), o CO<sub>2</sub> emitido por fontes renováveis não deve ser contabilizado nos inventários de emissões.

A gasolina e o óleo diesel são subprodutos do petróleo, e, portanto, combustíveis fósseis. Para contornar a elevada emissão CO<sub>2</sub> por combustíveis fósseis existe no Brasil políticas que determinam a mistura de biocombustíveis a esses combustíveis, como forma

de mitigar as emissões de CO<sub>2</sub> não renovável. O etanol anidro é misturado à gasolina, e o biodiesel ao diesel.

Os veículos a diesel correspondem por pequena parcela dos deslocamentos diários urbanos, mas são responsáveis por grande parte das emissões de GEE (CARVALHO, 2011 p. 37).

A idade média da frota brasileira de caminhões em 2009 era de aproximadamente 19 anos, o que é bastante elevado, e quanto mais velho os veículos mais GEE emitem por não terem as tecnologias mais recentes que geram maior eficiência no consumo de combustíveis e lubrificantes, e ainda perdem eficiência no consumo de combustíveis com a idade, consumindo mais combustíveis e conseqüentemente emitindo mais GEE (CRUVINEL, PINTO, e GRANEMANN, 2012 p. 235-236, 244).

Nesse contexto DÖRNER e BRAUN, (2015, pag. 153 e 154) destacam que grande parte dos financiamentos feitos pelo BNDES destinados à modernização da indústria automobilística brasileira é, na verdade, aplicado do lado da demanda como estímulo a aquisição de novos veículos, especialmente caminhões. Segundo o relatório de gestão 2016 do BNDES, desde a criação do Fundo Garantidor de Investimentos (FGI), o qual é administrado pelo BNDES, em 2009 até 2016, foram financiados mais de R\$ 2,9 bilhões apenas para a aquisição de caminhões novos, ou 50,5% do total investido pelo fundo no período.

O etanol é um biocombustível que se destaca como importante instrumento para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>. O etanol pode ser produzido da cana-de-açúcar, da beterraba, ou do amido vindo de diversas fontes como o milho. O Brasil historicamente produz o etanol da cana-de-açúcar, por causa do programa Proálcool, criado com o

objetivo de garantir o fornecimento de energia no Brasil, que estava ameaçada devido aos choques do petróleo, e também para apoiar os produtores de cana que viam os preços deste em queda (KOHLHEPP, 2010 p. 226).

No final da década de 80 os aumentos nos preços do etanol, devido ao fim dos subsídios, em conjunto com a queda no preço do petróleo e aumento do preço do açúcar, trouxeram o fim ao programa, permanecendo apenas a obrigatoriedade da mistura de etanol à gasolina por questões ambientais. A partir de 2003 passou-se a produzir em massa carros equipados com motores flex-fuel, os quais permitem que os veículos trafeguem usando gasolina, etanol, ou qualquer mistura entre os dois, trazendo novo impulso a demanda por etanol (KOHLHEPP, 2010 p. 228).

Entretanto, a crise deflagrada na segunda metade de 2008 trouxe desconfiança aos investidores que financiavam o mercado sucroenergético. Devido ao aumento do endividamento do setor, o que já tornava mais difícil a aquisição de novos débitos, a crise trouxe ainda mais dificuldade de aquisição de novos débitos para gerar investimentos no setor, o endividamento do setor havia ocorrido pela expectativa de o Brasil se tornar um grande exportador de etanol, o que não se concretizou (Moraes, Bacchi, 2015 p.13).

Problemas de investimento, devido à falta de recursos financeiros no período, e produtividade, fatores climáticos negativos e desconhecimento de práticas adequadas de uso dos fatores de mecanização da colheita, impactaram na produção de etanol nas safras 2010-2011 e 2011-2012 (Moraes, Bacchi, 2015 p.14-15).

Desde 2006 era mais rentável produzir açúcar ao invés de etanol, o que fazia com que se priorizasse a produção do primeiro em relação ao segundo. A política de manutenção dos preços da gasolina tornava o etanol menos competitivo o que tornava os

lucros da venda de etanol menores, e levava a uma maior priorização da produção de açúcar (Moraes, Bacchi, 2015 p.15-16).

### 3. Metodologia

O IPCC fornece dois modelos para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>, os quais são especificados a seguir:

O primeiro modelo é a abordagem de referência ou *Top-Down*, onde se estima as emissões de CO<sub>2</sub> diretamente pelo consumo aparente dos combustíveis, sem se especificar de que forma esses combustíveis foram consumidos, a partir do uso dos fatores de emissão default disponibilizados pelo próprio IPCC (MATTOS, 2001).

O segundo modelo é a abordagem setorial ou *Bottom-Up*, onde se estima as emissões de CO<sub>2</sub> para cada subgrupo de veículos com características similares, desde que existam dados locais detalhados e confiáveis sobre a tecnologia de motorização utilizada, qualidade do combustível, consumo, quilometragem, fatores de emissão levantados em laboratórios locais, estado de manutenção da frota, etc (ÁLVARES JR, LINKE, 2001).

Os dados sobre o consumo de combustíveis no Brasil são fornecidos pela ANP, provenientes das vendas e do consumo próprio de combustíveis pelas distribuidoras de combustíveis. Este trabalho toma os dados do consumo de etanol hidratado, gasolina C e óleo diesel.

O presente trabalho adota o modelo *Top-Down*, já bastante utilizado em ampla literatura nacional. No modelo se multiplica o consumo aparente de combustíveis (CA), aqui dispostos como M<sup>3</sup>, pelo fator de conversão ( $F_{conv}$ ) para a unidade de referência, o tep, a partir do qual se pode transformar na unidade energética adotada pelo IPCC, o J,



considerando a quantidade de calorias contidas em um tep e sua equivalência em TJ, obtendo-se assim o consumo de energia (CC) (MATTOS, 2001).

Os dados sobre o fator de conversão em tep são definidos no Balanço Energético Nacional (BEN), o qual também define quantas calorias tem um tep, aqui vale ressaltar a partir de 2003 o BEN passou a adotar os critérios internacionais mais usuais para a conversão de unidades comerciais de energia em uma unidade comum de referência, então o petróleo de referência passou a ser o de 10000 kcal/kg, e todos os fatores de conversão passaram a ser determinados com base nos poderes caloríficos inferiores das fontes de energia, assim o tep brasileiro passou a ter 10000 Mcal, equivalente a  $41,868 \cdot 10^{-3}$  TJ.

O IPCC determina que se use o poder calorífico inferior para conversão em J, pois os fatores de emissão são baseados na energia efetivamente aproveitável do combustível, por isso trabalhos anteriores possuíam um fator de correção ( $F_{\text{corr}}$ ) nesse ponto para que o valor calculado estivesse de acordo com os métodos do IPCC. Portanto a primeira fórmula:

$$CC = CA * F_{\text{conv}} * 41,868 \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Com o consumo de energia (CC) se pode calcular a quantidade de carbono (QC) emitida na queima do combustível usando os fatores de emissão ( $F_{\text{emiss}}$ ) que o IPCC define para cada combustível, considerando a emissão de tC para o consumo de 1TJ, e depois multiplicando por  $10^{-3}$  para que o resultado seja disposto em GgC, como manda o IPCC. É importante destacar que o IPCC incentiva os pesquisadores a utilizarem dados de fatores de emissão que melhor definam a realidade de uma região, estado ou país, ao invés

dos valores default que podem não ser representativos para todas as regiões do mundo.

Assim a segunda formula:

$$QC = CC * F_{emiss} * 10^{-3} \quad (2)$$

Alguns combustíveis são empregados para fins não energéticos, como a produção de plásticos, asfalto, lubrificante entre outros. Assim parte do carbono fica estocada ou fixada (QCF). Para biomassas solidas e liquidas 100% do carbono é estocado, pois o carbono emitido na queima do combustível foi previamente sequestrado na produção da biomassa, ou o município que planta a cana-de-açúcar registra o sequestro de carbono e o município que a queima registra a emissão. Neste trabalho o etanol é o único combustível que tem seu carbono fixado, no caso 100%, por isso, e também para enfatizar que este biocombustível tem impacto nulo ao processo de superaquecimento do planeta, não se calculará as emissões dele.

A partir da quantidade de carbono emitida pode-se calcular as emissões de CO<sub>2</sub> (ECO<sub>2</sub>), usando para isso a relação entre os pesos moleculares do dióxido de carbono e do carbono, sendo que em 44 tCO<sub>2</sub> corresponde a 12 tC (ÁLVARES JR, LINKE, 2001), entretanto deve-se considerar que nem todo o carbono existente no combustível será oxidado, para os combustíveis analisados considera-se que 1% do carbono será incorporado as cinzas ou outros subprodutos (MATTOS, 2001). A terceira formula:

$$ECO_2 = QC * 44/12 * 0,99 \quad (3)$$

Quadro 1 - Fatores de conversão e fatores de emissão dos combustíveis.

| <b>Combustível</b> | <b>Fator de Conversão</b> | <b>Fator de Emissão</b> |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|
|--------------------|---------------------------|-------------------------|

|                  |       |       |
|------------------|-------|-------|
| Gasolina c       | 0,770 | 18,9  |
| Óleo Diesel      | 0,848 | 20,2  |
| Etanol Hidratado | 0,510 | 14,81 |

Fonte: IPCC, MCT.

Mendonça e Gutierrez (2000) conceituam que o grau de *intensidade energética do produto* (IEP) é medido pela razão entre o consumo total de energia e o produto da economia, é um indicador da tendência do crescimento ou não no padrão de emissão de CO<sub>2</sub>, e argumentam que o aumento da eficiência energética seria a manutenção do mesmo tipo e nível de renda a partir de uma quantidade menor de energia. Tem-se a formula indicada:

$$IEP = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{PIB} \quad (4)$$

Para os fins desse trabalho usou-se uma formula da *intensidade energética do produto* (IEP) adaptada, passando a indicar a relação entre as emissões de CO<sub>2</sub> e o Valor Adicionado Bruto da economia, esse indicador faz uma análise tão superficial da eficiência do consumo, e conseqüentemente emissões, quanto o anterior.

Esse indicador remove o peso dos impostos do cálculo, considerando que o tamanho dos impostos na economia influencia os níveis de produção, consumo, e renda, ou seja, se houvesse uma redução da carga tributária, e conseqüente queda no PIB, haveria um crescimento da produção, consumo, e renda, e conseqüente aumento no PIB, sendo difícil dizer quanto seria este aumento em relação à queda na participação dos impostos no PIB (DORNBUSCH, FISCHER, e STARTZ, 2013). E para os fins desta pesquisa busca-se saber apenas o valor dos bens e serviços efetivamente consumidos pela economia. Assim, tem-se a formula:

$$\text{IEP} = \frac{\text{Emissões de CO}_2}{\text{Valor Adicionado Bruto}} \quad (5)$$

O Valor Adicionado Bruto (VAB) para o período analisado foi fornecido pelo IBGE, tomando-se os valores referentes ao Brasil. Para evitar distorções no resultado provenientes da inflação, o VAB de 2005 foi tomado como ano base e os dos anos seguintes foram encontrados considerando apenas a variação no volume da economia. O VAB foi disposto em milhões de reais para fins de simplificação.

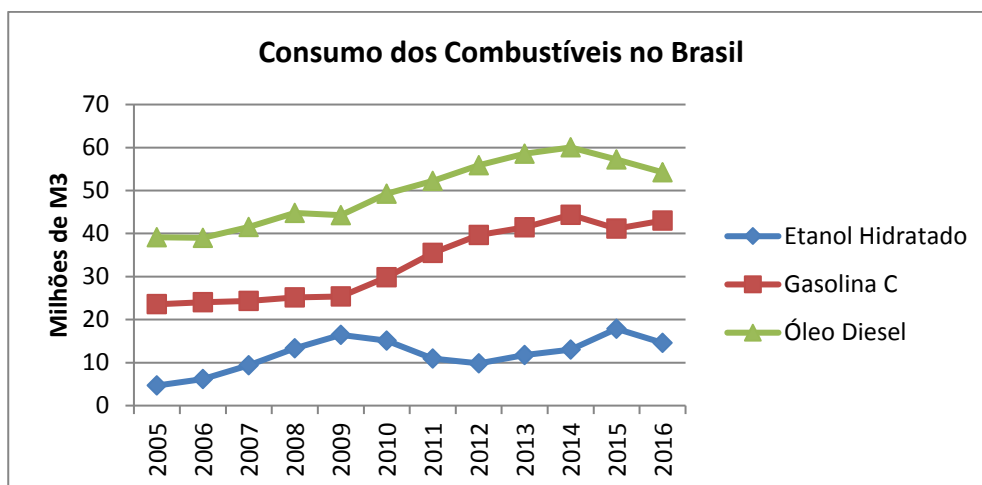
#### **4. Resultados e Discussões**

Os dados serão apresentados em 4 seções: a primeira discutirá o consumo dos combustíveis no Brasil, cujos dados foram retirados da ANP, a segunda será acerca das emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis analisados no Brasil, estimados a partir do abordagem de referência do IPCC, a terceira será sobre o VAB do Brasil, a quarta será sobre a intensidade energética do produto do Brasil.

##### ***Consumo de Combustíveis no Brasil***

O diesel é um combustível importante para os veículos pesados, rodoviários e urbanos, e sua análise ganha importância em tempos recentes devido a sua demonstrada capacidade que os caminhoneiros possuem de influenciar a economia.

Gráfico 1 - Consumo, em milhões M3, de gasolina c, etanol hidratado e óleo diesel no Brasil, de 2005 a 2016.



Fonte: ANP

De 2005 a 2008, o consumo de óleo diesel cresceu a uma taxa média de 4,55% ao ano, passando de 39167,1 mil M<sup>3</sup>, em 2005, para 44763,9 mil M<sup>3</sup>, em 2008, caindo aproximadamente 1% em 2009, e volta a crescer a uma taxa média de 6,27% de 2009 a 2014, e caem 5,3% e 4,9%, em 2015 e 2016, respectivamente, devido à crise econômica.

De 2005 a 2009, o consumo de gasolina c cresceu a uma taxa média de 1,91% ao ano, passando de 23553,5 mil M<sup>3</sup>, em 2005, para 25409,1 mil M<sup>3</sup>, em 2009, e passa a crescer a uma taxa média de 11,79% ao ano de 2009 a 2014, e cai a uma taxa média 1,53% ao ano de 2014 a 2016.

De 2005 a 2009, o consumo de etanol hidratado cresceu a uma taxa média de 37,06% ao ano, passando de 4667,2 mil M<sup>3</sup>, em 2005, para 16470,9 mil M<sup>3</sup>, em 2009, cai a uma taxa média de 15,75% ao ano de 2009 a 2012, e volta a crescer a uma taxa média de 10,31% ao ano de 2012 a 2016.

A crise no setor sucroenergético gerou uma grande queda na oferta de etanol após 2009, como demonstra o gráfico, os consumidores passaram então a consumir gasolina em maiores quantidades nos anos seguintes, como demonstra o gráfico.

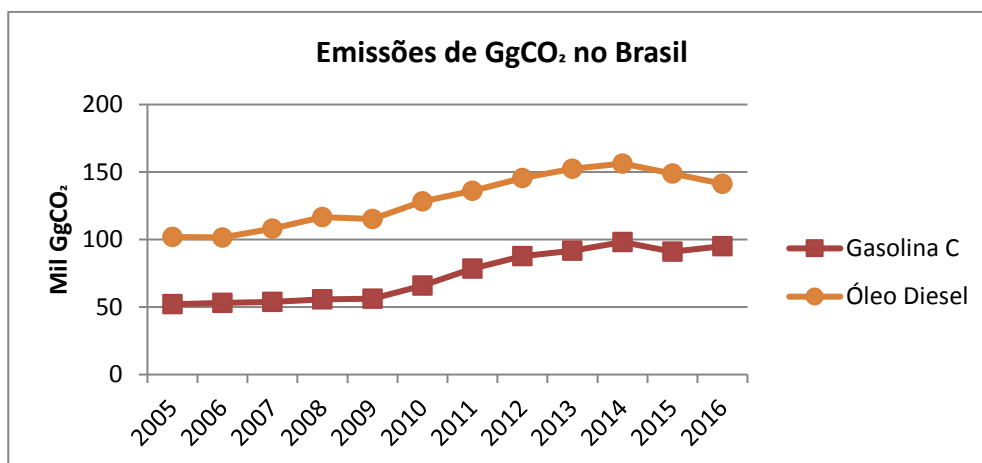
O ano de 2015 chama a atenção para o consumo de gasolina e etanol, os quais são combustíveis substitutos, a gasolina cai 3226,8 mil M<sup>3</sup> e o etanol cresce 4868,6 mil M<sup>3</sup>, sabendo-se que se X litros de gasolina andam 1 km, os mesmos X litros de etanol andam 0,7 km, ou seja, o etanol a mais consumido em 2015 equivale a 3408 M<sup>3</sup> de gasolina, o que indica que em 2015 muitos consumidores substituíram a gasolina pelo etanol mantendo a distância percorrida relativamente a mesma.

### ***Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil***

As emissões de CO<sub>2</sub> do óleo diesel passou de 102 mil GgCO<sub>2</sub> em 2005 para 116,5 mil GgCO<sub>2</sub> em 2008, e passa de 115,3 mil GgCO<sub>2</sub> em 2009 para 156,3 mil GgCO<sub>2</sub>, e caindo para 141,3 mil GgCO<sub>2</sub> em 2016, devido à crise econômica. Observa-se que este é o combustível mais poluidor aqui estudado, cada M<sup>3</sup> de diesel emite cerca de 2,6 tCO<sub>2</sub>.

As emissões de CO<sub>2</sub> da gasolina c passou de 52,1 mil GgCO<sub>2</sub> em 2005 para 56,2 mil GgCO<sub>2</sub> em 2009, e depois para 98,1 mil GgCO<sub>2</sub> em 2014, o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> pela gasolina está ligada a crise do setor sucroenergético. Cada M<sup>3</sup> de gasolina emite cerca de 2,2 tCO<sub>2</sub>.

Gráfico 2 - Emissões de GgCO<sub>2</sub>, pelos combustíveis gasolina c e óleo diesel no Brasil, de 2005 a 2016.



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da ANP.

### **Valor Adicionado Bruto do Brasil**

De 2005 a 2008, o VAB constante cresceu a uma taxa média de 4,72% ao ano, caindo aproximadamente 1% em 2009, e volta a crescer a uma taxa média 3,11% de 2009 a 2014, caindo 3,1% em 2015 e 2,9% em 2016, devido à crise econômica.

A partir desses dados é possível perceber que o consumo de óleo diesel cresceu acima do crescimento econômico de 2010 a 2014, e teve uma queda muito mais acentuada em 2015 e 2016, comparado a economia. Tal crescimento pode ser explicado pela disponibilização de linhas de crédito para a aquisição de caminhões novos pelo governo via BNDES.

Quadro 2 - Valor Adicionado Bruto, em milhões de reais, de 2005 a 2016, no Brasil, a preços constantes, ano base 2005.

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| <b>Brasil</b> | <b>R\$ 1.000.000,00</b> |
|---------------|-------------------------|

| <b>Ano</b> | <b>VAB Constante, ano base =</b> |
|------------|----------------------------------|
|            | <b>2005</b>                      |
| 2005       | R\$ 1.842.818,40                 |
| 2006       | R\$ 1.910.748,66                 |
| 2007       | R\$ 2.021.556,94                 |
| 2008       | R\$ 2.116.097,21                 |
| 2009       | R\$ 2.114.047,68                 |
| 2010       | R\$ 2.261.527,59                 |
| 2011       | R\$ 2.346.179,78                 |
| 2012       | R\$ 2.383.998,42                 |
| 2013       | R\$ 2.452.556,45                 |
| 2014       | R\$ 2.463.862,83                 |
| 2015       | R\$ 2.386.249,23                 |
| 2016       | R\$ 2.316.224,79                 |

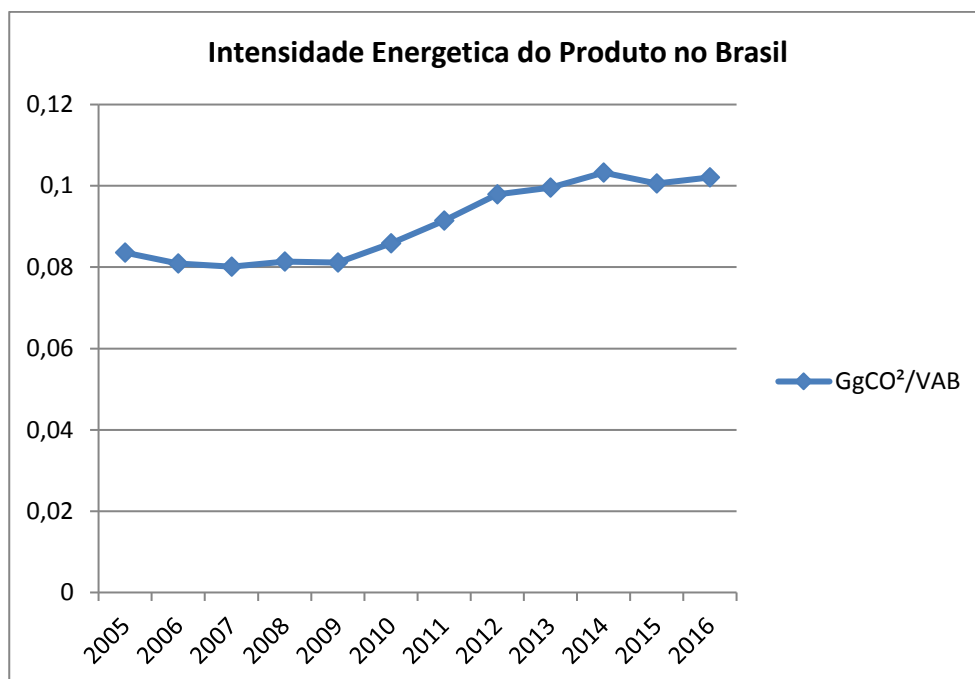
Fonte: IBGE, elaborado pelo autor.

### ***Intensidade Energética do Produto no Brasil***

A IEP era próxima de 0,08 até o ano de 2009, após isso passa a crescer a uma taxa média de 4,94% ao ano, alcançando 0,103 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB em 2014, ante 0,081 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB em 2009. Em 2015 e 2016 a crise economia reduz o consumo de combustíveis fósseis, em especial o diesel, e interrompe o crescimento desse valor.

Gráfico 3 - *Intensidade energética do produto* considerando as emissões de CO<sub>2</sub> da gasolina e óleo diesel, pelo VAB no Brasil, de 2005 a 2016.





Fonte: Elaboração própria.

Para fazer comparação, em 2008 a gasolina era responsável por 0,026 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB enquanto o diesel era de 0,055 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB, enquanto que em 2014 a gasolina era responsável por 0,04 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB e o diesel era de 0,063 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB, isso significa que houve perda de eficiência no consumo dos dois combustíveis, no sentido estrito desse indicador, causado pelo aumento do consumo da gasolina, devido à crise no setor sucroenergético, e pelo aumento do consumo do diesel, devido ao crescimento da frota de veículos pesados, principalmente caminhões, acima do crescimento econômico.

## 5. Considerações Finais

O desenvolvimento econômico traz consigo o aumento da demanda por combustíveis em geral, e o indicador da intensidade energética do produto do Brasil passou de 0,081 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB em 2009 para 0,103 GgCO<sub>2</sub>/1000000 VAB, o que demonstra que está havendo um crescimento muito maior do consumo de combustíveis

fosseis, especificamente a gasolina e o diesel, no setor de transportes com o passar do tempo, em relação ao crescimento da economia.

O aumento da demanda por gasolina ocorreu devido à crise do setor sucroenergético a partir de 2009, que reduziu a oferta de etanol e incentivou o consumo de gasolina fazendo o consumo deste crescer a uma taxa média de 11,79% ao ano de 2009 a 2014, ante uma taxa média anterior de 1,91% ao ano de 2005 a 2009.

Carvalho (2011) mostra que os ônibus são responsáveis por 60% das viagens urbanas motorizadas, mas são responsáveis por apenas 27,2% das emissões de CO<sub>2</sub>, revelando a importância desse modal para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, apesar de serem consumidores de óleo diesel.

Macêdo (2004) afirma que existem ônibus que utilizam gás natural como combustível reduzindo ainda mais as emissões de CO<sub>2</sub>. Segundo Carvalho (2011) veículos movidos a gás emitem 20% menos CO<sub>2</sub>, apesar disso, também destaca que tentativas de implantar estes ônibus fracassaram devido aos riscos da oferta incerta de GNV, mas o desenvolvimento de kits diesel/gás pode resolver este problema, com os ônibus passando a operar com diesel em períodos de insuficiência na oferta de GNV.

O motivo do aumento da demanda por diesel é foi causado, principalmente, pelo crescimento da frota de caminhões no Brasil via financiamento do BNDES, pois a demanda deste deveria crescer a taxas semelhantes ao crescimento da economia, porém enquanto o VAB do Brasil crescia a uma taxa de 3,11% ao ano de 2009 a 2014, a demanda por combustíveis, que representa o mercado de transporte de carga, cresceu a uma taxa média de 6,27% ao ano de 2009 a 2014. A queda da demanda por diesel do setor maior que a queda da produção econômica em 2015 e 2016, pode indicar a criação de fragilidade

para o setor por esta política. Mas o verdadeiro problema para esta pesquisa é que se emite mais GEE na atmosfera desnecessariamente.

Esta pesquisa, no entanto, não é conclusiva, e o assunto do setor de transportes pode ser aprofundado por pesquisas posteriores que agreguem mais dados de mais fontes, e novos métodos.

## 6. Referências

ÁLVARES JR, O. de M.; LINKE, Renato Ricardo Antonio. Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil. **São Paulo: CETESB**, v. 182, 2001.

BRASIL, M. C. T. Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-Quadro das nações unidas sobre Mudança do clima. **Mct, Brasília, dF, Brasil**, 2010.

**BNDES. RELATÓRIO DE GESTÃO DO EXERCÍCIO DE 2016**. 2017.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. Texto para Discussão, **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, 2011.

CRUVINEL, Rodrigo Rosa da Silva; PINTO, Paulo Victor Hermetério; GRANEMANN, Sérgio Ronaldo. Mensuração econômica da emissão de CO<sub>2</sub> da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 234-252, 2012.

DORNBUSCH, Rudiger; FISCHER, Stanley; STARTZ, Richard. **Macroeconomia**. 11ª edição. Tradução de João Gama. 2013.

DÖRNER, Stefan Hubertus; BRAUN, Mirian Beatriz Schneider. As políticas comerciais do Brasil entre 1994 e 2014 e seus efeitos sobre a produtividade da indústria automobilística. **Economia & Região**, v. 3, n. 1, p. 141-159, 2015.

GOMES, Vallência Maíra; DE MELO FARIA, Alexandre Magno; DALLEMOLE, Dilamar. Estimativa da Emissão de Gás Carbônico Derivado do Consumo de Combustíveis do Brasil e Mato Grosso entre 2000 e 2008: Identificando Contenção de Externalidades Negativas e Tendências de Ajustamento a uma Economia de Baixo Carbono. **Revista de Estudos Sociais**, v. 12, n. 24, p. 129-152, 2011.

IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change. **Cambridge University Press**, 2015.

\_\_\_\_\_. Global warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas

emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. **IPCC**, 2019.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

MACÊDO, Rafael Freire de. Inventário de Emissões de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) Geradas por Fontes Móveis no Estado do Rio Grande do Norte—Período de Janeiro de 2003 a Junho de 2004. **Holos**, v. 2, 2004.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de; GUTIEREZ, Maria Bernadete Sarmiento. Efeito estufa e o setor energético brasileiro. **Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, 2000.

MORAES, Marcelo Lopes de; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. Etanol: do início às fases atuais de produção. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 4, p. 5-22, 2015.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, n. 79, p. 47-69, 2007.