

## EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> DERIVADO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NO BRASIL E MATO GROSSO ENTRE 2000 E 2008: biocombustíveis como estratégia de ajustamento a uma economia de baixo carbono

Vallência Máira Gomes<sup>50</sup>  
Alexandre Magno de Melo Faria<sup>51</sup>  
Dilamar Dallemole<sup>52</sup>

### RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi estimar o nível da emissão de gases de efeito estufa (GEE) per capita a partir do consumo de combustíveis fósseis e renováveis no Brasil e no estado de Mato Grosso entre os anos de 2000 e 2008, buscando perceber uma possível redução de externalidades negativas e uma tendência de ajustamento a uma economia de baixo carbono. Uma vez reconhecido o nível da emissão de GEE, a emissão per capita foi estimada com base na população total e a população economicamente ativa (PEA) efetiva ocupada brasileira e matogrossense estimada pelo IBGE. Utilizando a base de dados de consumo de combustíveis da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foi empregado o Método "Top-Down" para estimar a emissão de CO<sub>2</sub> dos combustíveis. A emissão de GEE foi contrastada com a população total e PEA efetiva ocupada, criando assim o indicador de emissão de CO<sub>2</sub> per capita. Os resultados mostram, a partir das políticas de incentivo a combustíveis que permitem mitigar GEE, que a matriz energética matogrossense e brasileira estão tomando-se mais limpas durante o período analisado, principalmente após o incentivo em adaptar os motores veiculares a biocombustíveis e da mistura percentual dos combustíveis exauríveis com renováveis, tanto etanol na gasolina quanto biodiesel no óleo diesel.

**Palavras-chave:** gases do efeito estufa (GEE), biocombustíveis, Brasil, Mato Grosso.

### ABSTRACT

The main objective of this study was to estimate the level of emission of greenhouse gases (GHG) per capita, from the consumption of fossil fuels and renewable energy in Brazil and the state of Mato Grosso between the years 2000 and 2008, seeking to realize a possible reduction of negative externalities and starts a tendency of adjusting to a low carbon economy. Once recognized the level of GHG emissions, the emission per capita was estimated based on population and economically active population (EAP) effective occupied in Brazil and Mato Grosso. Using the database of fuel consumption of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), was used Method Top-Down "to estimate the CO<sub>2</sub> emission fuels. The GHG emission was contrasted with the total population and labor force employed effectively, thus creating the indicator of CO<sub>2</sub> emissions per capita. The results show, from policies to encourage fuel thus mitigating GHG, the Brazilian and Mato Grosso energy matrix are becoming cleaner over the analysis period, especially after the incentive to adapt to vehicle engines and biofuels blending percentage exhaustible to renewable fuels, both ethanol and biodiesel in gasoline in diesel fuel.

**Keywords:** greenhouse gases (GHG), biofuels, Brazil, Mato Grosso.

<sup>50</sup> Bacharel em Ciências Econômicas (UFMT). Mestranda do Programa em Agronegócios e Desenvolvimento Regional (UFMT). E-mail: vall\_maira@hotmail.com.

<sup>51</sup> Bacharel em Ciências Econômicas (UFMT). Doutor em Desenvolvimento Socioambiental (NAEA/UFPA). Professor Adjunto I (UFMT). E-mail: dr.melofaria@gmail.com.

<sup>52</sup> Bacharel em Ciências Econômicas (UNIJUI). Doutor em Ciências Agrárias (UFRA). Professor Adjunto I (UFMT). E-mail: ddilamar@hotmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os diversos problemas ambientais como a perda de biodiversidade, o desmatamento de florestas primárias, o uso intensivo do solo e a poluição da água, o efeito estufa é o mais alarmante pelas proporções globais (PINTO, MOUTINHO e RODRIGUES, 2008, p.18).

O efeito estufa é o fenômeno natural que mantém a temperatura constante na Terra em torno de 14°C, caso contrário, a atmosfera seria demasiado fria para a vida, aproximadamente -33°C. As condições seriam bastante hostis à vida, o que permite afirmar que o efeito estufa natural é um importante fenômeno para a evolução da vida no globo terrestre. O efeito estufa consiste, basicamente, na ação do dióxido de carbono e outros gases sobre os raios infravermelhos refletidos pela superfície da Terra. Ao irradiarem sobre a superfície terrestre, parcela dos raios luminosos oriundos do sol é absorvida e transformada em calor, outros são refletidos para o espaço, mas só parte destes chega a deixar a Terra; em consequência da ação refletora que os chamados Gases de Efeito Estufa<sup>53</sup> (GEE) têm sobre tal radiação reenviando-os para a superfície terrestre na forma de raios infravermelhos. Os principais GEE são dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de azoto (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>) presentes na atmosfera (totalizando menos de 1% desta), que vão reter esta radiação na Terra (LEGGETT, 1992, p.12).

Um dos problemas mais complicados de se resolver na questão da emissão de GEE é que tanto a sua emissão quanto os seus efeitos são difusos. Praticamente todos os agentes econômicos emitem GEE e todos sofrem as externalidades negativas derivadas deste processo. Por óbvio, não há simetria tanto na emissão quanto nos efeitos dos GEE, o que confere maior dificuldade no seu tratamento, pois as responsabilidades na emissão e os custos de tratamento dos efeitos externos são individualizados e difusos a tal ponto que os custos de transação para se identificar os poluidores e os prejudicados seriam proibitivos.

A resolução de questões ambientais pela teoria econômica se baseia em duas vertentes. A primeira pela negociação coasena (COASE, 1960), que tipifica um evento em que os envolvidos na poluição ou externalidade negativa sejam reconhecidos e que o direito de propriedade esteja claramente estabelecido. Nesta situação, pode-se estimar o custo externo e internalizá-lo pelo pagamento de compensação direta ao prejudicado ou a implantação de um sistema de controle pelo poluidor (ROMEIRO, 1999, p.80).

O segundo tratamento econômico ocorre quando os agentes são difusos, seja na emissão das externalidades ou no conjunto de prejudicados. Em não se

---

<sup>53</sup> Green House Gases (GHG), na sigla em inglês.

conhecendo todos os envolvidos ou se os custos de transação para reconhecê-los por elevado recorre-se à taxação pigouviana (ROMEIRO, 1999, p.80). Neste caso, na incapacidade de se taxar o agente econômico individual pela geração da externalidade negativa e muito menos identificar os agentes prejudicados, a solução passa por estimar taxas ou impostos por unidade de poluição emitida, ação conhecida como princípio do poluidor pagador (PPP).

A emissão de GEE possui justamente a característica peculiar de ser difícil e de levado custo a identificação de todos os agentes poluidores e todos os indivíduos prejudicados. Além disso, a emissão de GEE não respeita fronteiras políticas. A emissão de efluentes nos EUA interfere nas mudanças climáticas globais, com impactos em todos os continentes. Desta forma, a negociação coasena fica impraticável e uma solução de taxação por emissão de GEE passou a ser a alternativa menos dispendiosa. Surge, assim, o Tratado de Quioto em 1997 para balizar as ações dos diversos países com base em instrumentos econômicos de mitigação da emissão dos GEE.

Segundo o Protocolo de Quioto, os países desenvolvidos deverão reduzir suas emissões de CO<sub>2</sub> em pelo menos 5% até 2012, com base nas emissões de 1990. Por outro lado, os países em desenvolvimento, como o Brasil, estão desobrigados a assumir o custo e os possíveis passivos ambiental de suas emissões, pelo menos até o fim de sua vigência em 2012. Porém, necessariamente, precisam apresentar um inventário das emissões (ONU/ PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997, p.6).

O Brasil realizou o Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa em 2004, elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com dados de emissões de 1990 até 1994. Estimou que no Brasil emitiu-se aproximadamente 280 milhões de toneladas de carbono, sendo que 75% foram resultantes da mudança no uso do solo e queima de florestas, equivalente a 210 milhões de toneladas e 70 milhões de toneladas ou 25% pela queima de combustível. Tais estimativas colocam o Brasil entre os cinco países mais poluidores do mundo, apesar de ser a décima maior economia mundial. Conforme o cálculo feito a partir dos dados de emissões de GEE reportados oficialmente por cada país à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, atualmente as emissões brasileiras representam cerca de 5% das emissões globais (PINTO, MOUTINHO, RODRIGUES, 2008, p.17).

A emissão mundial total de dióxido de carbono a partir do consumo e queima de combustíveis fósseis foi de 29 bilhões de toneladas em 2006, sendo a China o maior poluidor, emitindo 6,1 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (21% do total), que inclusive ultrapassou os Estados Unidos, o qual ficou em segundo lugar, com emissão de 5,9 bilhões de toneladas (20% do total). Na sequência está a União Européia, Rússia, Índia e Japão. O Brasil é o décimo oitavo poluidor global, emitindo

377 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, caso se exclua as emissões de desmatamento e queimadas. As emissões brasileiras derivadas da queima de combustível representam 1,3% da emissão global, significativamente inferior à sua participação nas emissões totais de 5% quando se consideram os desmatamentos e queimadas (EIA, 2008).

Segundo os dados de 2005 da Agência Federal Norte-Americana (EIA) e do Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia (BEN/MME), as estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> por habitante no Brasil foram de 1,9 toneladas de CO<sub>2</sub> no ano, uma média de emissão relativamente inferior ao comparar com a média de emissões da América Latina de 3,1 toneladas por habitante (tCO<sub>2</sub>/hab.), com destaque para Venezuela (6,0 t), Chile (4,4 t), México (3,8 t) e Argentina (3,7 t). Os Estados Unidos, nesse mesmo ano de 2005, também foi líder das emissões por habitante/ano, com mais de 20 toneladas por pessoa, perdendo para alguns países produtores de petróleo, como Catar (62,0 tCO<sub>2</sub>/ hab.) ou Emirados Árabes (33,0 tCO<sub>2</sub>/ hab.). A Austrália com 20 toneladas, quase se iguala aos norte-americanos, seguida pelo Canadá (19,0 t), Rússia (12,0 t), Alemanha (10,0 t). A média da Europa é de 8,0 tCO<sub>2</sub>/ hab. (MIRANDA, 2008, p.18).

As emissões de CO<sub>2</sub> reportadas acima são provenientes do consumo de combustíveis fósseis ou não renováveis<sup>54</sup>. Neste estudo foram trabalhados alguns desses combustíveis, como álcool hidratado, gasolina C, gasolina de aviação, GLP, óleo combustível, óleo diesel, querosene de aviação e querosene iluminante, e a partir de então estimada emissão de CO<sub>2</sub> proveniente desses combustíveis.

Os combustíveis são importantes impulsionadores da economia brasileira, representando um dos insumos essenciais para a produção em alguns setores e essencial para o funcionamento dos canais de distribuição de bens e serviços<sup>55</sup>. Contudo, como corolário, as emissões de GEE tendem a crescer juntamente a expansão da economia e a demanda por combustíveis. No Brasil existe um esforço

---

<sup>54</sup> No Balanço Energético Nacional, do MME, lista como fontes não renováveis o petróleo e derivados (óleo diesel, óleo combustível, gasolina, GLP, nafta, querosene, gás canalizado), o gás natural, o carvão mineral e derivados (carvão vapor, carvão metalúrgico, coque de carvão mineral, gás de coqueria) e o urânio (U308) (BRASIL/ MME, 2008).

<sup>55</sup> O Demonstrativo do Resultado do Exercício das maiores empresas brasileiras em relação à receita líquida no ano de 2007 deixa claro que a produção e consumo de combustíveis é um ramo produtivo dinâmico e de forte participação no Produto Interno Bruto brasileiro. A maior empresa nacional é a Petrobrás S/A, seguida pela Petrobrás Distribuidora, que juntas faturaram quase R\$170 bilhões. A terceira maior empresa em receita líquida em 2007 foi a Ipiranga, empresa do ramo de combustíveis que faturou R\$22,4 bilhões. A sétima maior empresa foi a Shell S/A, com faturamento de R\$18,2 bilhões. Em suma, das dez maiores empresas que operaram no Brasil em 2007, quatro estão relacionadas à produção e distribuição de combustíveis, com receita líquida aproximada de R\$210 bilhões. Outras três estão fortemente relacionadas com o consumo de combustíveis: Volkswagen (5ª maior), General Motors (6ª maior) e Fiat Automóveis (8ª maior), pois seus produtos finais dependem diretamente deste insumo para serem consumidos. Estes dados indicam a importância da extração, produção, distribuição e consumo de combustíveis na economia brasileira (REVISTA EXAME, 2008).

em criar alternativas de fontes energéticas mais limpas e que contribuam para compensar as emissões pelo consumo de combustíveis fósseis de elevada concentração de GEE, notadamente pelo incentivo ao uso de biocombustíveis.

Dessa maneira, o estudo identifica os principais combustíveis utilizados em motores de combustão interna que vem provocando poluição atmosférica pela emissão dos GEE no estado de Mato Grosso e no Brasil, constituindo-se exatamente no seu processo evolutivo entre os anos de 2000 a 2008. A concentração do estudo está voltada, efetivamente, em determinar os patamares da emissão dos GEE em relação ao consumo de combustíveis atrelando a análise à emissão per capita, considerando a população total e a população economicamente ativa (PEA) efetiva ocupada do Brasil e de Mato Grosso.

Tendo como base os dados de consumo de combustíveis disponíveis pela ANP, tornou-se favorável a análise da emissão de GEE por meio desse consumo, já que os dados de emissão de GEE pelas queimadas e desmatamento são menos confiáveis.

Dessa maneira, o objetivo geral deste trabalho é estimar o nível da emissão de gases de efeito estufa (GEE) per capita a partir do consumo de combustíveis fósseis e renováveis no Brasil e no estado de Mato Grosso entre os anos de 2000 e 2008, buscando perceber uma possível redução de externalidades negativas e uma tendência de ajustamento a uma economia de baixo carbono. Na seção 2 discutem-se as questões conceituais e teóricas de fundo desta questão. O capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos, seguidos pelos resultados e discussões no capítulo 4. Ao final têm-se breves conclusões e as referências bibliográficas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

Um passo importante da humanidade se deu com a invenção da agricultura, o que foi decisivo para diferenciar o homem das demais espécies devido ao modo de inserção na natureza, evento considerado por Douglass North (1981) como a primeira revolução econômica. No entanto, a agricultura provocou uma modificação radical nos ecossistemas, pois o ecossistema florestal passou a ser substituído pelo cultivo e criação de poucas espécies, das quais seriam consideradas importantes pelo homem, em função de seu valor (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2003; VEIGA, 2005, p.77).

Apesar de modificar radicalmente o ecossistema original, é possível construir um ecossistema agrícola que preserve certos mecanismos básicos de regulação ecológica. Exemplo seria a rotatividade no cultivo de culturas para reduzir pragas e garantir a biodiversidade; áreas agrícolas entremeadas de bosques, matas, de áreas de aguadas, etc. Quanto à manutenção da fertilidade do solo, é preciso

fazê-lo de modo equilibrado, de acordo com os processos naturais de reciclagem de nutrientes, pois caso contrário terá impactos negativos no próprio solo e nos recursos hídricos do ecossistema. Lembrando que neste caso, conta com a participação ativa do homem para manutenção do equilíbrio. Essa capacidade de a humanidade intervir na natureza apresentou maior relevância com a Revolução Industrial e essa intervenção continua a aumentar sem cessar (ROMEIRO, 2003, p.5).

Além dos progressos na agricultura, a Revolução Industrial também foi caracterizada pelo uso intensivo de grandes reservas de combustíveis fósseis, que não só abriu espaço para inéditas escalas de atividades humanas, como também pressionou fortemente a base de recursos naturais do planeta (ROMEIRO, 2003, p.5). Posteriormente, passou a utilizar derivados do petróleo como fonte de energia para iluminação por meio da combustão em lâmpadas. Assim, houve uma acentuada ampliação do uso de derivados de petróleo e também do gás natural em motores de combustão. A intensificação do consumo de combustíveis fósseis, desencadeado pela Revolução Industrial, foi se diversificando conforme se seguia o processo de industrialização, que tornou o mundo cada vez mais veloz e integrado (PEREIRA, 2002).

A forte expansão do modelo urbano-industrial se intensificou no século XX e, principalmente, após a Segunda Guerra Mundial. Progresso, crescimento, desenvolvimento, evolução social são todas expressões de uma forma objetiva e característica de produzir e consumir, onde a tecnologia movida a combustíveis fósseis torna-se central nos processos de reprodução social e do capital. Grandes projetos de geração de energia derivados de gás natural, carvão e óleo diesel, sistemas de transporte coletivo ou individual e aquecimento passam a consumir grandes estoques de energia inanimada acumulada, vistas como quase infinitas, dados as dimensões dos estoques destes materiais. Contudo, ao final da década de 1960 surgem estimativas e estudos mais detalhados sobre os efeitos deletérios deste consumo exacerbado, bem como da finitude dos estoques de hidrocarbonetos.

A obra precursora do debate sobre economia ambiental, mostrando que a economia não funciona sem os recursos naturais e que o consumo destes materiais poderia gerar efeitos negativos e adversos à sociedade foi "The Entropy Law and the Economic Process" de Nicholas Georgescu-Roegen, em 1971. Ele introduz a ideia de irreversibilidade e de limites na teoria econômica decorrente da segunda lei da termodinâmica em contraposição à primeira lei, especificamente lei da entropia versus transformações da matéria. Georgescu estava preocupado com o desenvolvimento de uma teoria econômica que introduzisse e traduzisse a inter-relação entre economia e natureza (ROMEIRO, 2003, p.9) de forma mais complexa

e holística. E a abordagem do consumo de combustíveis fósseis se encaixava perfeitamente na análise de Georgescu.

Conforme uma das leis da entropia, que no universo ela tende ao máximo, ou num sistema fechado nunca diminui, significa que se o sistema está inicialmente num estado de baixa entropia (organizado), tenderá espontaneamente a um estado de entropia máxima (desordem). A situação de máxima entropia corresponde à chamada morte térmica do universo – toda a matéria estaria distribuída na vastidão espacial, ocupando uniformemente os estados possíveis da energia. A temperatura seria constante em toda parte e nenhuma forma de organização, das mais elementares as superiores, seria possível (ALTVATER, 1996).

A princípio é necessário distinguir energia aproveitável de não aproveitável, para compreender a entropia. O aproveitamento dos recursos renováveis não leva necessariamente a um aumento da entropia na Terra, devido à capacidade da natureza viva em reduzir a entropia. Quanto aos recursos não renováveis, a entropia baixa significa a concentração alta de um determinado recurso na superfície da Terra, logo entropia alta significaria concentração baixa. E somente recursos com um baixo nível de entropia (organizado) é economicamente interessante para o homem (FILHO, 1997).

No caso específico do uso de energia inanimada de hidrocarbonetos, o uso acelerado destes materiais iria comprometer não somente o estoque destes recursos, mas principalmente, a formação de entropia na biosfera, dada a enorme emissão de gases e poluentes nocivos. Por óbvio, todos os sistemas geram entropia, porém alguns são mais agressivos e intensivos e este seria o caso dos hidrocarbonetos, posto que seu consumo estaria ocorrendo em uma taxa superior à capacidade dos sistemas vivos de sequestro deste carbono na forma de energia química nos autótrofos. A externalidade do uso seria exatamente a formação da entropia neste processo, indicando uma tendência de desajustamento no sistema biótico e abiótico pela atividade antrópica.

No início da década de 1970, surge, então, o termo ecodesenvolvimento que, posteriormente, deu origem ao conceito de desenvolvimento sustentável. O ecodesenvolvimento vem num contexto de controvérsia sobre as relações entre crescimento econômico e meio ambiente, exacerbada principalmente pela publicação do relatório do Clube de Roma que, radicalmente, pregava o crescimento zero como forma de evitar a catástrofe ambiental (ROMEIRO, 2003, p.6). Após duas conferências da ONU, em 1972 em Estocolmo e 1982 em Nairóbi, foi publicado o Relatório Nosso Futuro Comum em 1987, buscando balizar o entendimento do que seria o “desenvolvimento sustentável”. Herman Daly (1991) define desenvolvimento sustentável como “uma melhoria qualitativa que não implique um aumento quantitativo maior do que o aceitável pela capacidade de suporte, ou seja, a

capacidade do ambiente de regenerar os inputs de matéria-prima e absorver os outputs residuais”.

Mencionar desenvolvimento sustentável significa explicar quando a atividade humana, impulsionada pela economia, de explorar e utilizar os recursos naturais (*inputs*) para satisfazer suas necessidades materiais gera, logicamente, externalidades (*outputs*) ao ambiente, e este, por sua vez, tenha capacidade de absorver e transformar as externalidades geradas em energia, à qual retornará ao ambiente. Simplificando, os recursos naturais são transformados em matéria-prima que atenderá a economia e seus resíduos retornam ao meio ambiente. Alguns resíduos não são recicláveis e se acumulam no ambiente, outros podem ser reciclados e novamente ser utilizados para atender a economia em si (DALY, 1991, p.4).

Uma vasta discussão é levantada pelos economistas ecológicos sobre a complementaridade dos recursos naturais e do capital, pois “a falta de um (recurso natural) limita drasticamente a produtividade do outro”. Discussão que contrapõe aos economistas neoclássicos, que acreditam na substitubilidade entre capital e recursos naturais. Ora, se os fatores são substituíveis mutuamente sem problemas, logo a ausência de um não diminui a produtividade do outro, sendo assim não há fatores limitantes. No caso dos fatores complementares, o fator em menor suprimento torna-se limitante (DALY, 1991, p.17). O estoque que permite o fluxo de recursos naturais, como florestas e depósitos de petróleo são considerados capital natural, e é evidente que são exemplos de fatores limitantes do crescimento. Sendo assim, a exploração intensificada dos recursos naturais provoca sua escassez e o capital monetário ou produzido não é suficiente para repor, levando a própria economia a um colapso (DALY, 1991, p.18).

Diversos encontros e discussões foram decisivos na percepção das sensibilidades do meio ambiente decorrentes do uso ineficiente dos recursos naturais pelo homem e a consequência de debates sobre o risco de degradação do meio ambiente iniciou-se nos anos 1960 e no final dessa década e início dos anos 1970 ganharam certa densidade. Penas citando os mais importantes têm-se o Relatório do Clube de Roma (1969), o Encontro de Founex (1971), a Conferência de Estocolmo (1972), a Declaração de Cocoyoc (1974), o Encontro de Nairóbi (1982), a institucionalização do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) com sede em Nairóbi, que realizou seminários que culminaram no Relatório Brundtland (1987) e a UNCED 92 (United Nations Conference on Environment and Development) ou Rio 92 (1992), onde os chefes de Estado signatários da ONU se comprometeram a repensar o modelo de desenvolvimento global e assinaram a Convenção do Clima e a Convenção da Biodiversidade (BRUSEKE, 1994).

Essas discussões levantadas a cerca da relação meio ambiente e crescimento econômico, exigiu o comprometimento dos países inclusive através de legislação específica para controlar as agressões ao ambiente, principalmente relacionado a emissões de gases na atmosfera. A partir de 1995 os países integrantes da Convenção do Clima passaram a se reunir anualmente na chamada Convenção das Partes (COP). Nas COP's 1 e 2 em 1995 e 1996 não foram alcançados resultados mais concretos. Somente na COP-3 em Quioto é que realmente um tratado foi assinado<sup>56</sup>.

Em 1995, ocorreu em Berlim a primeira sessão da Convenção do Clima (COP-1), aprovada na UNCED 92 no Rio de Janeiro, formada por 175 países que já haviam se comprometido com os termos da Convenção. No entanto, foi na terceira sessão realizada em Quioto (COP-3), em dezembro de 1997, onde os países desenvolvidos assinaram realmente um compromisso, o chamado Protocolo de Quioto. Assim, 37 países industrializados e a Comunidade Européia (“as Partes do Anexo I”) comprometeram-se em adotar políticas e medidas de mitigação capazes de fazer com que os níveis de emissão antrópica de GEE retornassem aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012, ou seja, reduzir as emissões coletivas de GEE em 5,2%, em média. Diferentemente da Convenção, que incentivou os países industrializados estabilizar as emissões de GEE, o Protocolo obriga-os a reduzir as emissões (ROVÈRE e COSTA, 2004, p.154).

Os países em desenvolvimento, como Brasil, México, Argentina, Índia e China, não foram obrigados, momentaneamente, a reduzir suas emissões de GEE, mas têm o compromisso de apresentar um inventário de emissões de gases, chamado “Comunicação nacional para o inventário de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal” (ROVÈRE e COSTA, 2004, p.154).

O primeiro inventário brasileiro, elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, foi publicado em 2004, porém utilizou dados de emissões até o ano de 1994. No Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa de 2004 estimou que 75% da emissão de CO<sub>2</sub> foram provenientes da mudança no uso do solo e queimas florestais, e 25% da queima de combustível, estimando uma

---

<sup>56</sup> Quioto não foi o primeiro acordo internacional sobre o clima. O Protocolo dos signatários do Tratado da Antártica ou Protocolo de Madri, em 1959, proibiu por cinquenta anos quaisquer explorações minerais e petrolíferas na área, como também foi proibido fazer testes nucleares ou depositar resíduos radioativos. O tratado determina o uso do continente para fins pacíficos, estabelece o intercâmbio de informações científicas e proíbe novas reivindicações territoriais. A Antártida não pertenceria a nenhum país em especial, mas todos teriam o direito de instalar bases de estudos científicos. Em 1991, os países signatários do tratado resolveram prorrogá-lo por mais 50 anos, ficando até 2041, a Antártica, como patrimônio da humanidade e até 2048 está proibida a exploração mineral (XAVIER, 2009).

emissão total de aproximadamente 280 milhões de toneladas de carbono equivalente a 1,03 bilhões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (BRASIL/MCT, 2006).

### 3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Para estimar a emissão de CO<sub>2</sub> pela queima dos combustíveis, utilizou-se o método de referência do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change<sup>57</sup>) ou Método “Top-Down”, no qual se utiliza o consumo aparente dos combustíveis para estimar as emissões de gases de efeito estufa, ou seja, considera as emissões de dióxido de carbono a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem detalhamento de como essa energia é consumida (ROVÈRE e COSTA, 2004, p.155 e 160; MATTOS, 2001, p.88).

Os dados de consumo de combustível no Brasil e Mato Grosso são fornecidos pela ANP entre 2000 e 2008, provenientes das vendas pelas distribuidoras de combustíveis autorizados por esta instituição, conforme portaria ANP 202/99. É apresentado o consumo dos seguintes combustíveis: *álcool hidratado, gasolina C, gasolina de aviação, gás liquefeito de petróleo (GLP), óleo combustível, óleo diesel, querosene de aviação e querosene iluminante*, porém o maior enfoque será o consumo da gasolina, álcool e diesel.

Este método prevê a conversão de todas as medidas de consumo de combustível para uma unidade comum. Primeiramente, as respectivas quantidades do consumo de combustível (consumo aparente - CA) estão em unidades de medidas metros cúbicos (m<sup>3</sup>) para o período abordado e foram transformados para consumo de energia (CC) em terajoule (TJ), posteriormente convertidos em toneladas de gás carbônico. Para encontrar a unidade de energia, faz-se necessário a utilização do fator de conversão (F<sub>conv</sub>) e do fator de correção (F<sub>corr</sub>) (adaptado de ALVARES JR. e LINKE, 2001).

O fator de conversão refere-se à unidade física de medida da quantidade de combustível para tonelada equivalente de petróleo (tep), com base no poder calorífico superior (PCS) do combustível, valores estes que podem variar anualmente, conforme a publicação do BEN pelo MME. No BEN, o conteúdo energético tem como base o PCS, no entanto para o IPCC, a conversão do CA para unidade de energia deve-se utilizar o potencial calorífico inferior (PCI). Sendo assim, o fator de correção é a transformação do PCS para PCI<sup>58</sup>, para seguir a exigência do

<sup>57</sup> Grupo Intergovernamental de Especialistas em Mudanças Climáticas, em português.

<sup>58</sup> “A grande maioria dos combustíveis contém hidrogênio e umidade em sua composição química. Sabe-se que o hidrogênio dos combustíveis pode reagir com oxigênio do ar, durante a combustão, produzindo água, que acrescida da umidade do combustível, passa a fazer parte dos produtos de combustão. Se a água total resultante da combustão estiver na fase líquida, o poder calorífico é dito superior (PCS). Caso contrário, se estiver vaporizada, diz-se que o poder calorífico é inferior (PCI)” (OLIVEIRA e LOBO, 2001, p.4).

IPCC. Esse fator é dado pelo estado físico da matéria, para combustíveis sólidos e líquidos,  $F_{corr}$  é 0,95, e para combustíveis gasosos,  $F_{corr}$  é 0,90, conforme MCT (Tabela 2). A tonelada equivalente de petróleo (tep) representa a energia contida em uma tonelada do petróleo médio que equivale em média 10.000 megacalorias (Mcal). No Brasil, o conteúdo energético de 1 tep é equivalente a 10.800 megacalorias (Mcal), em função do tipo de petróleo adotado como padrão, aproximadamente  $45,2 \times 10^{-3}$  terajoule (TJ) (adaptado MATTOS, 2001, p.90). Portanto, tem-se a primeira fórmula:

$$CC = CA \cdot F_{conv} \cdot 45,2 \cdot 10^{-3} \cdot F_{corr} \quad TJ \quad (1)$$

Com o consumo de energia (CC) em terajoule, é possível obter a quantidade de carbono (QC) emitida na queima do combustível em toneladas (tC). Para essa transformação, é preciso do fator de emissão ( $F_{emis}$ ) de cada combustível, significa dizer que para cada TJ de energia (tC/TJ) consumido provoca a emissão de uma respectiva quantidade de toneladas de carbono. Cada combustível tem seu fator de emissão (Tabela 1), valor fornecido pelo IPCC (internacional) e pelo MCT (nacional). Dada a fórmula:

$$QC = CC \cdot F_{emiss} \quad tC \quad (2)$$

Tendo a quantidade de carbono emitida, finalmente, encontra as emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), como já dito, um dos gases de maior causa do efeito estufa. Essa transformação está em função dos pesos moleculares<sup>59</sup>, sendo que 12 tC correspondem a 44 t $CO_2$ , logo 1 t $CO_2$  é igual a 0,2727 tC. Tem-se a fórmula:

$$ECO_2 = QC \cdot 44/12 \quad tCO_2 \quad (3)$$

<sup>59</sup> Peso molecular do Carbono é 12 e do Oxigênio é 16, portanto o peso molecular do gás carbônico ( $CO_2$ ) é 44.

Tabela 1. Fatores de conversão, correção e emissão por combustíveis utilizados no Método “Top-Down”.

Combustível	Fator de Conversão (tep)	Fator de Correção (PCS / PCI)	Fator de Emissão (tC / TJ)
Álcool Hidratado	0,510	0,95	14,8
Gasolina	0,770	0,95	18,9
Gasolina de aviação	0,763	0,95	18,9
GLP	0,611	0,90	17,2
Óleo Combustível	0,959	0,95	21,1
Óleo Diesel	0,848	0,95	20,2
Querosene de Aviação	0,822	0,95	19,5
Querosene Iluminante	0,822	0,95	19,6

Fonte: IPCC e MCT.

A partir do método apresentado, pode-se, portanto, estimar as equações ajustadas por tipo de combustível, resultando que para cada m<sup>3</sup> de consumo aparente, emitem-se as respectivas quantidades em toneladas CO<sub>2</sub> (Tabela 2).

Tabela 2. Equações Ajustadas da ECO<sub>2</sub> dos Combustíveis pelo Método “Top-Down”.

Combustível	Equação Ajustada	Unid.
Álcool Hidratado	$ECO_2 = CA \times 1,18840744$	tCO <sub>2</sub>
Gasolina C	$ECO_2 = CA \times 2,29132134$	tCO <sub>2</sub>
Gasolina de Aviação	$ECO_2 = CA \times 2,270491146$	tCO <sub>2</sub>
Óleo Diesel	$ECO_2 = CA \times 2,6969984213$	tCO <sub>2</sub>
Óleo Combustível	$ECO_2 = CA \times 3,1859175553$	tCO <sub>2</sub>
GLP	$ECO_2 = CA \times 1,567552272$	tCO <sub>2</sub>
Querosene de Aviação	$ECO_2 = CA \times 2,52371262$	tCO <sub>2</sub>
Querosene Iluminante	$ECO_2 = CA \times 2,536654736$	tCO <sub>2</sub>

Fonte: Elaborado pelo autor com base no método “Top-Down”.

Uma vez agregado os valores de GEE a partir do consumo de combustíveis, poder-se-á estimar a emissão de GEE per capita, tendo como base a população total e a PEA efetiva ocupada<sup>60</sup> brasileira e matogrossense estimadas

<sup>60</sup> Esta classificação de PEA efetiva ocupada foi obtida no livro do IPEA, “Brasil: o estado de uma nação”. Foram classificados como ocupados na semana de referência os indivíduos que exerceram trabalho remunerado naquela semana, assim como os que exerceram trabalho não remunerado durante pelo menos 15 horas naquele período, e ainda os que tinham trabalho remunerado, mas do qual estavam temporariamente afastados. Não foram considerados ocupados os indivíduos que exerceram trabalho para o próprio consumo ou construção própria na

pelo IBGE. A população total foi retirada de duas bases distintas do próprio IBGE. Entre os anos 2000 e 2006 e no ano de 2008 foi obtido na base Estimativa da População para 1º de julho de cada ano específico publicada no Diário Oficial da União (DOU). E somente o ano de 2007 foi obtido da base Contagem da População. A PEA efetiva ocupada foi obtida na base do Censo Demográfico para o ano de 2000 e na base da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) entre os anos 2001 e 2008. A fórmula de cálculo empregada para encontrar o indicador de emissão de GEE per capita é a seguinte, para cada ano:

$$\text{Emissão de GEE per capita} = \frac{\text{emissão de CO}_2}{\text{PEA}_{\text{ef. ocup.}} \text{ ou População Total}} \quad (4)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados serão apresentados em três seções: uma discutirá o consumo de combustíveis, cujos dados foram retirados da ANP, outra seção englobará a emissão de CO<sub>2</sub> proveniente dos combustíveis, na qual foi utilizado o Método “Top-Down” para encontrar tais estimativas, e por fim os resultados da emissão per capita em função da população total e da PEA efetiva ocupada, para o Brasil e Mato Grosso.

##### 4.1. Consumo de Combustíveis

No intervalo de 2000 a 2004, o consumo de combustíveis em Mato Grosso foi crescente, mesmo com algumas oscilações, passando de 2,2 milhões de m<sup>3</sup> para 2,6 milhões m<sup>3</sup> consumidos. No entanto, a redução mais brusca foi de 2004 para 2006, neste último registrou-se a maior queda no consumo, reflexo da crise no agronegócio e da economia regional, que refletiu nos demais setores da economia. Este movimento no consumo de combustíveis sugere que a dinâmica do setor está fortemente atrelada às variações do PIB regional (FARIA e outros, 2009). Como representado na Figura 1, pode-se visualizar o consumo anual de combustível registrado pelas distribuidoras autorizadas pela ANP do estado de Mato Grosso.

---

semana de referência. Foram considerados como desocupados os indivíduos que não exerceram trabalho na semana de referência, mas que os indivíduos que exerceram trabalho não remunerado na semana de referência e trabalharam menos de 15 horas, mas procuraram trabalho na mesma semana; e exerceram trabalho para o próprio consumo ou construção própria na semana de referência, mas procuraram trabalho na mesma semana. Dessa forma, a PEA efetiva é dada pela soma de ocupados e desocupados, sendo que as pessoas envolvidas com as atividades marginais supracitadas e que não procuraram trabalho na semana de referência foram rotuladas como pertencentes à PEA marginal (TAFNER, 2006, p.313).

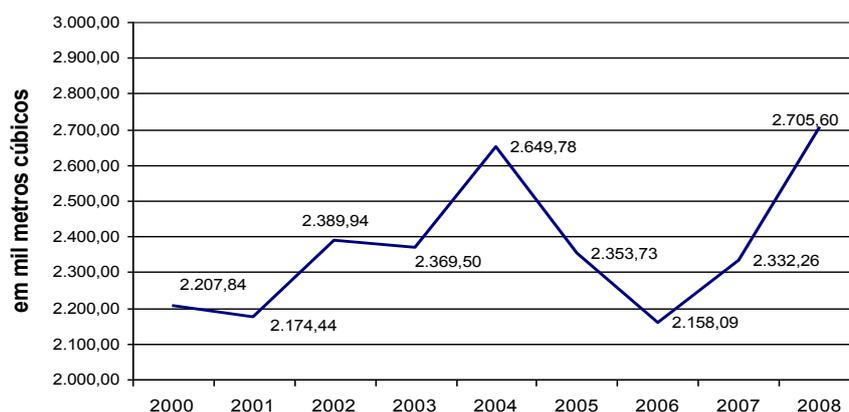


Figura 1. Consumo de Combustíveis de Mato Grosso – 2000 a 2008.

Fonte: Distribuidoras de combustíveis autorizadas pela ANP, conforme Portaria ANP 202/99.

No período compreendido de 2000 a 2008, apesar da descontinuidade na demanda de combustíveis, Mato Grosso apresentou taxa geométrica de crescimento de 1,4% ao ano nesse intervalo. O consumo matogrossense por combustíveis ficou pouco abaixo do crescimento do país, taxa de 1,7% ao ano.

O combustível mais representativo na matriz energética de Mato Grosso é o óleo diesel (conforme ilustra a figura 2), que representou 68,1% do total consumido no ano de 2008, quantidade equivalente a 1,8 milhões de metros cúbicos. Em segundo e terceiro estão, respectivamente, a gasolina C com 13,2% do consumo, um volume 355 mil m<sup>3</sup>, e o álcool hidratado com 10,2%, equivalendo a 276 mil m<sup>3</sup>. Os demais 8,5% representam o consumo de GLP, óleo combustível, querosene de aviação e iluminante.

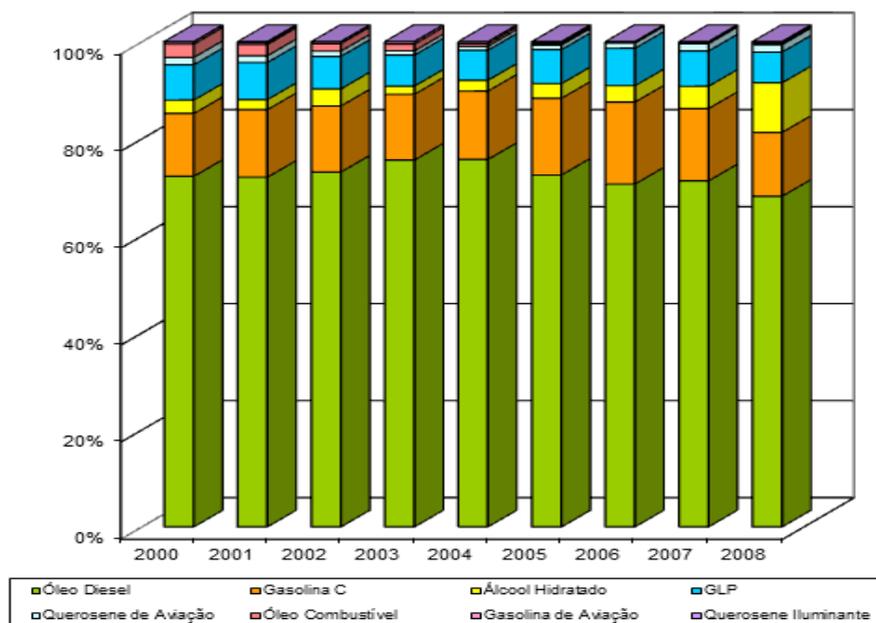


Figura 2. Consumo de Combustíveis em Mato Grosso, por tipo e em percentual, 2000-2008. Fonte: Distribuidoras de combustíveis autorizadas pela ANP, conforme Portaria ANP 202/99.

Na figura 2 fica evidente o peso exercido pelo óleo diesel na matriz regional, e ao mesmo tempo, pode-se observar que, em especial no último ano de estudo, o consumo de óleo diesel e gasolina apresentaram tênue redução enquanto o álcool hidratado apresentou considerável aumento. Isso mostra a existência de um reajustamento com a inserção dos combustíveis de biomassa na matriz energética nacional e regional.

#### 4.2. Emissão de CO<sub>2</sub>

Ao considerar a emissão para cada m<sup>3</sup>, o óleo combustível possui maior fator de emissão, com aproximadamente 3,18 toneladas de CO<sub>2</sub> por metro cúbico consumido, em seguida está o óleo diesel, com emissão de 2,70 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Em Mato Grosso, o maior impacto da emissão de CO<sub>2</sub> é dado pelo óleo diesel, principal combustível consumido e que apresenta grandes quantidades de carbono em suas

moléculas. O óleo combustível<sup>61</sup>, por sua vez, apesar de grande poder de emissão de CO<sub>2</sub>, tem baixa relevância na matriz energética regional.

A emissão de GEE pelo óleo diesel é 11,2 vezes maior que a emissão do biodiesel, cuja emissão é de 0,0002445 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. A mistura do B2 e B3 no óleo diesel, em 2008 regulamentado pela ANP, teve como política justamente a redução da emissão de poluentes dos GEE, significando a adição de 2% e 3% de biodiesel no óleo diesel, respectivamente. Em nível de Brasil, as emissões de CO<sub>2</sub> por óleo diesel foram de 120 mil toneladas, em 2008, significando 49,6% da emissão total. A emissão de Mato Grosso foi de 76,1%, neste mesmo ano, somente pelo consumo deste combustível, de um total de 6,5 mil toneladas de CO<sub>2</sub>, consideravelmente maior que a emissão do país por essa mesma fonte. Ou seja, Mato Grosso depende mais do óleo diesel do que a média do país. Desta forma, a política de mistura de biodiesel no óleo diesel tende a gerar maior impacto no espaço matogrossense do que no brasileiro como um todo.

O impacto da entrada do carro *flex* no mercado automobilístico de veículos leves, em 2003, pressionou a demanda pelo álcool hidratado (com teor de água), que apresentou crescimento desde então. O álcool hidratado, sendo proveniente da biomassa, assim como o biodiesel, apresenta também menor emissão de CO<sub>2</sub>, sendo que para cada m<sup>3</sup> a emissão é de 1,19 tCO<sub>2</sub>, sendo menor 1,9 vezes que a gasolina C, aproximadamente. As emissões pela queima do álcool hidratado no estado de Mato Grosso responderam somente por 5% do total emitido, e a nível brasileiro foi de 6,5% emitidos, em 2008. A figura 3 apresenta a evolução da emissão de CO<sub>2</sub> para os combustíveis analisados.

---

<sup>61</sup> O óleo combustível, também tratado como óleo combustível residual, é classificado por sua viscosidade, basicamente em: óleos combustíveis leves e pesados. Os leves, com menor viscosidade, consideram o óleo diesel não volátil, cuja principal característica é não inflamar em contato com chama, quando se encontra a pressão e temperatura ambiente. Os pesados são divididos em óleos APF (de alto ponto de fluidez) e BPF (baixo ponto de fluidez) e são utilizados em motores de grande porte e de baixa rotação como os motores de grandes navios, e também como combustível para queima em indústrias (RITTER, 2008, p. 28).

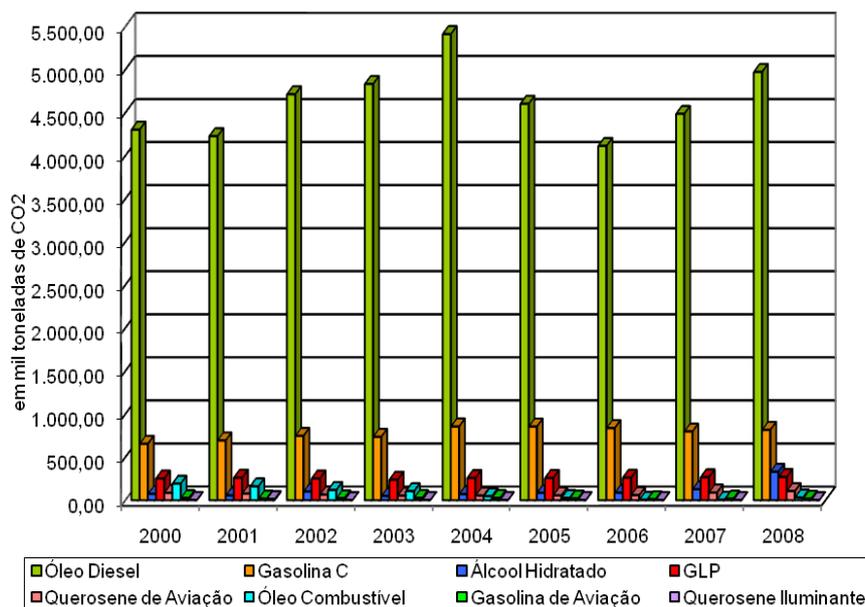


Figura 3. Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub>, em toneladas, pelo consumo de combustíveis em Mato Grosso, 2000-2008.

Fonte: Distribuidoras de combustíveis autorizadas pela ANP, conforme Portaria ANP 202/99.

O consumo de óleo diesel, em comparações aos demais, apresenta-se como principal combustível da matriz matogrossense, devido a sua necessidade nos motores de veículos pesados, rodoviários e urbanos. Na década de 1980, o álcool auxiliou no problema energético brasileiro, agora se espera que o biodiesel seja parte da solução para reduzir proporcionalmente as emissões pelo consumo do diesel de petróleo, através do aumento dos percentuais da mistura de biodiesel.

#### 4.3. Emissão per capita

No Brasil, a emissão per capita da população total derivada do consumo de combustíveis passou de 1,30 tCO<sub>2</sub> em 2000 para 1,28 tCO<sub>2</sub> em 2008, uma redução de 0,37% ao ano, demonstrando um lento ajustamento, contudo essa leve redução na emissão per capita nacional é significativa quando se considera o aumento de 14,1% da população entre 2000 (166 milhões de habitantes) e 2008 (189 milhões de habitantes). A emissão da PEA ocupada nacional reduziu-se de 3,5 tCO<sub>2</sub> por trabalhador em 2000 para 2,9 tCO<sub>2</sub> em 2008, uma queda de 2,47% ao ano. No caso

de Mato Grosso, mesmo com as emissões acima da média nacional, os incentivos de mitigação apresentaram uma redução mais célere, pois a emissão por habitante matogrossense reduziu-se de 2,31 tCO<sub>2</sub> em 2000 para 2,21 tCO<sub>2</sub> em 2008, a uma taxa de -1,39% ao ano, consideravelmente superior à mesma tendência na escala nacional (-0,37%), conforme tabelas 3 e 4.

Tabela 3. População Total Estimada e Emissão per capita do Brasil e de Mato Grosso, 2000-2008.

Ano	Brasil (em habitantes)	Emissão GEE / Pop total BR	Mato Grosso (em habitantes)	Emissão GEE / Pop total MT
2000	166.112.518	1,30	2.419.591	2,31
2001	172.385.826	1,26	2.560.584	2,15
2002	174.632.960	1,22	2.604.742	2,31
2003	176.871.437	1,14	2.651.335	2,28
2004	181.581.024	1,16	2.749.145	2,44
2005	184.184.264	1,15	2.803.274	2,10
2006	186.770.562	1,15	2.856.999	1,88
2007	183.987.291	1,24	2.854.642	2,03
2008	189.612.814	1,28	2.957.732	2,21

Fonte: IBGE e Elaborado pelo autor.

Considerando somente a população total de Mato Grosso, cerca de 2,4 milhões de pessoas em 2000, a emissão por pessoa foi de 2,31 tCO<sub>2</sub> (1,7 vezes maior que a relação emissão e população do Brasil). Em 2008, houve redução para 2,21 tCO<sub>2</sub> por habitante matogrossense, de um total de 2,9 milhões de habitantes. As emissões por habitante matogrossense caíram em 1,39% enquanto a população aumentou em 2,31% ao ano. Observam-se algumas oscilações entre os anos, porém com quantidade emitida normalmente acima de 2 tCO<sub>2</sub>/ pessoa, exceto em 2006 que foi de 1,88 tCO<sub>2</sub>/ pessoa, a menor registrada no período analisado.

Porém, ao observar a relação de emissão pela PEA efetiva ocupada no Brasil, ou seja, as 61 milhões de pessoas ocupadas que exerceram trabalho remunerado e que estão diretamente ligadas ao processo produtivo, as emissões alcançaram 3,5 toneladas de CO<sub>2</sub> por trabalhador em 2000. Em 2008, a emissão por trabalhador brasileiro médio diminuiu para 2,9 tCO<sub>2</sub>, uma redução total de 17% comparado ao ano 2000, equivalente a uma importante queda de 2,47% ao ano.

Tabela 4. População Economicamente Ativa Efetiva Ocupada e Emissão per capita do Brasil e de Mato Grosso, 2000-2008.

Ano	PEA efetiva ocupada Brasil	Emissão GEE / PEA efetiva ocupada BR	PEA efetiva ocupada Mato Grosso	Emissão GEE / PEA efetiva ocupada MT
2000	60,988,218	3,5	963.163	5,8
2001	67,407,993	3,2	1.078.920	5,1
2002	69,871,476	3,0	1.105.037	5,4
2003	71,025,504	2,8	1.109.049	5,4
2004	75,224,332	2,8	1.225.139	5,5
2005	77,248,426	2,7	1.213.811	4,9
2006	79,736,810	2,7	1.204.394	4,5
2007	81,439,305	2,8	1.271.091	4,6
2008	83,645,832	2,9	1.391.051	4,7

Fonte: IBGE e Elaborado pelos autores.

Quanto a PEA efetiva ocupada de Mato Grosso em 2000 (aproximadamente 963 mil pessoas), cada trabalhador emitiu em média 5,8 tCO<sub>2</sub> no ano 2000, um montante 66% superior à média nacional, indicando uma matriz produtiva mais pesada em emissão de carbono. Houve um importante ajustamento no período analisado e em 2008 a emissão havia alcançado 4,7 tCO<sub>2</sub> por trabalhador (PEA de 1,3 milhões de pessoas), um montante 62% superior à média nacional, demonstrando ainda uma matriz mais suja que a brasileira. Percebe-se um ajustamento mais célere em Mato Grosso em direção a uma matriz mais limpa, pois a emissão de gás carbônico em 2000 foi de 5,8 tCO<sub>2</sub> e em 2008 registrou-se 4,7 tCO<sub>2</sub> por trabalhador, com tendência de redução de 2,78% ao ano, contra queda de 2,47% ao ano no nível nacional. Estes indicadores revelam que a emissão per capita de gás carbônico pelo uso de combustíveis no Brasil está reduzindo entre 2000 e 2008 e que em Mato Grosso esta queda tem sido mais forte, apesar de sua emissão por unidade de força de trabalho estar 62% acima da média brasileira.

A Figura 4 mostra a evolução da emissão per capita da população total e da PEA nacional e regional para o período estudado, deixando evidente que o nível de Mato Grosso ainda está bastante superior ao nível de emissão média por trabalhador brasileiro.

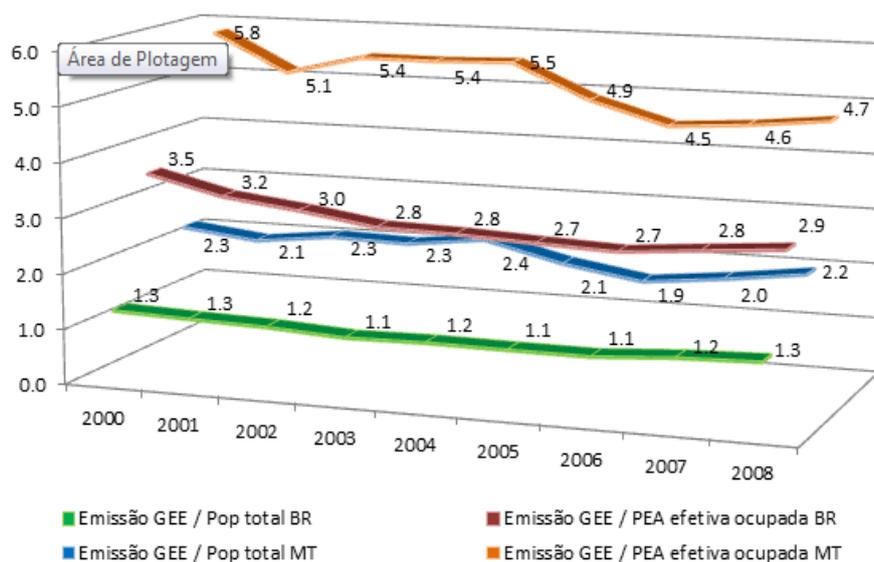


Figura 4 – Emissão per capita em toneladas de  $\text{CO}_2$  pela população total e PEA efetiva ocupada do Brasil e Mato Grosso.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O registro das emissões por habitantes permite observar que a utilização de combustíveis para fornecer os bens e serviços necessários à população está tendendo a uma matriz energética mais limpa, como é possível observar pelas consideráveis reduções entre 2000 e 2008 tanto para o Brasil como para Mato Grosso. No entanto, constata-se que a emissão por habitante matogrossense está acima da média nacional, como também para a PEA efetiva ocupada, que é a representação populacional responsável pela geração de renda.

Numa perspectiva em que a população tivesse que assumir sua própria emissão, seria consideravelmente a PEA efetiva ocupada que arcaria com os custos da emissão, que por sua vez estão ligados diretamente com a produção e consumo de bens e serviços. Afinal, o consumo de combustíveis está inteiramente ligado ao sistema econômico, sendo fonte de energia para os diversos setores da economia. Os sistemas mais sujos seriam aqueles onde os custos de emissão seriam mais fortemente sentidos. E, a partir da inferência deste trabalho, o setor produtivo e a sociedade de Mato Grosso arcariam com maiores custos de emissão do que a média nacional.

Os dados estimados de emissão por habitante e por trabalhador formal são importantes para se identificar o processo de consumo e de produção e a tendência destes indicadores, demonstrando se a elevação do bem-estar está diretamente atrelada às emissões de CO<sub>2</sub> e estão convergindo a um modelo ocidental que já se conhece como insustentável ou se o modelo de desenvolvimento brasileiro e matogrossense estão seguindo outra tendência. Ademais, dados de emissão de outras referências espaciais são necessária para se complementar a análise.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados mostram que o registro das emissões de CO<sub>2</sub> per capita no Brasil vem reduzindo a uma taxa de -0,37% ao ano entre 2000 e 2008 e a -1,39% em Mato Grosso no mesmo período. Quanto à emissão por trabalhador ocupado, a taxa de redução no Brasil alcançou -2,47% ao ano entre 2000 e 2008 e -2,78% ao ano em Mato Grosso no mesmo período. Este quadro revela uma interessante capacidade de reajustamento na redução de gases do efeito estufa no Brasil e em Mato Grosso, a partir da substituição de gasolina por etanol hidratado e da mistura de biodiesel no óleo diesel. Esta política tem demonstrado uma tendência de redução de possíveis pagamentos de externalidades negativas derivadas da emissão de gases do efeito estufa em acordos pós-Quito e de uma estrutura econômica com tendência de baixa emissão de carbono.

Os resultados mostram, a partir das políticas de incentivo a substituição dos combustíveis que permite mitigar GEE, que a matriz energética matogrossense e brasileira estão tornando-se mais limpas durante o período analisado, principalmente após o incentivo em adaptar os motores veiculares a biocombustíveis e da mistura percentual dos combustíveis exauríveis com renováveis, tanto etanol na gasolina quanto biodiesel no óleo diesel. E isso pode ser visualizado pelo lado da emissão per capita que apresentou queda da emissão tanto em relação à população total como a PEA efetiva ocupada.

Ademais, a intensidade per capita da emissão pode revelar a capacidade de reajustamento no consumo de mercadorias poluentes na sociedade, indicando uma tendência de substituição ou mesmo elevação da eficiência dos sistemas de consumo, uma das proposições da economia ecológica de reduzir a formação de entropia nos diversos sistemas de consumo. Quanto à intensidade da emissão por trabalhador ocupado, a queda do indicador pode revelar uma mudança na matriz produtiva do espaço analisado, demonstrando a capacidade de reajustamento nas diversas escalas de análise e uma tendência de substituição de uma matriz produtiva mais suja por unidade de trabalho a uma com menor intensidade de emissão.

Ademais, tanto na escala nacional quanto na escala regional matogrossense, a tendência de redução de emissão de CO<sub>2</sub> per capita e por trabalhador da PEA entre os anos de 2000 e 2008 indica uma capacidade crescente de conter a formação de entropia e uma possível contenção de pagamento de externalidades negativas em uma provável inclusão dos países em desenvolvimento em acordos pós-Quito de aquisição de créditos de carbono. Os programas de incentivo ao uso de etanol hidratado e de biodiesel têm sido fundamentais neste reajustamento, com contenção do uso de gasolina e de diesel mineral, demonstrando uma tendência de ajustamento a uma economia de baixo carbono.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTVATER, E. O Preço da Riqueza. São Paulo, UNESP, 1996. 333 p.

ALVARES JR., O. M.; LINKE, R. R. A. Metodologia Simplificada de Cálculo das Emissões de Gases do Efeito Estufa de Frotas de Veículos no Brasil. 2001 Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, vol.11, n.2, ISSN1413-4152. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT: Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0008/8812.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8812.pdf)>

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Balanço Energético Nacional (BEN) de 2008 - Ano base 2007. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)>

BRÜSEKE, F.J. O problema do Desenvolvimento Sustentável. In: CAVALCANTI, C. (org). Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma sociedade sustentável. INPSO/FUNDAJ, Recife: Cap. 2. 1994

DALY, H. E. A Economia Ecológica e o Desenvolvimento Sustentável. Texto para debate 34. John Cunha Comerford (trad.) Rio de Janeiro, 1991.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). International Energy Annual 2006. World Carbon Dioxide Emissions from the Consumption and Flaring of Fossil Fuels, 1980-2006. 2008. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html>>

FILHO, E. T. Estratégias de Desenvolvimento Concernentes com a Relação Sociedade e Natureza: Um Estudo de Caso. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

LEGGETT, J. Aquecimento Global. O Relatório do Greenpeace. Editora FGV. Rio de Janeiro, 1992.

MATTOS, L. B. R. A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases de Efeito Estufa – O Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. p. 88. 2001.

MIRANDA, E. E. Associação de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Ribeirão Preto (AEAARP). Nós como falsos vilões: Os países europeus têm aumentado suas emissões de CO<sub>2</sub>. E o Brasil, injustamente, vem sendo cobrado como grande poluidor. p. 18. Ano XI, nº 165. São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, J. M. C.; LOBO, P. C. Avaliação do Potencial Energético de Resíduos de Biomassa Amazônica. Universidade Federal de Itajubá. 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. p.1. Estocolmo, 1972.

\_\_\_\_\_. Protocolo de Quioto à Convenção sobre Mudança do Clima. p. 6. 1997.

PEREIRA, A.S. Mudança Climática e Energias Renováveis. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico - SBPC/Labjor. 10 de agosto de 2002. [citado em 28 de agosto de 2009]. Disponível em:  
< <http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima12.htm>>.

PINTO, E. P. P.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L. Perguntas e Respostas sobre o Aquecimento Global. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Belém-PA, 2008.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. Fundamentos ecológicos para o manejo efetivo do ambiente rural nos trópicos: Educação ambiental e produtividade com qualidade ambiental. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). São Paulo, 2003.

REVISTA EXAME. Muito perto de fazer o primeiro trilhão - Melhores e Maiores Empresas do País. Ed. 35. 10 de julho de 2008.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. Texto para Discussão, n. 28. IE/ UNICAMP. 1999.

ROMEIRO, A.R. *Introdução*. MAY, P. H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. (org.) *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Editora Campus, 2003.

ROVÈRE, E. L.; COSTA, R. C. *Contabilização do balanço de carbono: indicadores de emissões de gases de efeito estufa*. In: ROMEIRO, A. R. (Org.). *Avaliação e Contabilização de Impactos Ambientais*. Campinas: Editora da Unicamp, 2004.

SACHS, I. *Estratégias de Transição para o século XXI: Desenvolvimento e Meio Ambiente*. LOPES, M. (trad.) *Studio Nobel: Fundação do desenvolvimento administrativo*. São Paulo, 1993.

TAFNER, P. *O Desempenho Recente do Mercado de Trabalho Brasileiro*. INSTITUTO DE PESQUISA DE ECONOMIA APLICADA (IPEA). *Brasil: o estado de uma nação*. Capítulo 5. 2006.

VEIGA, J. E. *Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI*. p.77. Ed. Garamond. Rio de Janeiro, 2005.

XAVIER, R. *Congresso comemora os 50 anos do Tratado da Antártica*. AGÊNCIA CÂMARA. 06 de maio de 2009. [citado em 07 de setembro de 2009]. Disponível em: <http://www.direito2.com.br/acam/2009/mai/6/congresso-comemora-os-50-anos-do-tratado-da-antartica>.