

# **OS IMPACTOS DO CRESCIMENTO ECONÔMICO SOBRE O AQUECIMENTO TERRESTRE: A CONTRIBUIÇÃO DOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO**

**Maria Fernanda Cavalieri de Lima Santin**

Economista. Mestranda em Desenvolvimento Econômico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul / PUCRS. Endereço: Rua Pedro C. Barcelos, 427/501. Porto Alegre – RS. Brasil. E.mail: fernanda.santin@terra.com.br.

**Augusto Mussi Alvim**

Doutor em Economia pela UFRGS e Pós-Doutorado pela Universidade de Massey, NZ. Professor do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Economia na PUCRS. Endereço: Av. Ipiranga, 6681, Prédio 50, sala 1001. Partenon, Porto Alegre – RS. Brasil. E-mail: augusto.alvim@puers.br.

## **1- INTRODUÇÃO**

Com a ratificação do Protocolo de Quioto, os países do Anexo I<sup>1</sup> daquele tratado comprometeram-se em reduzir as emissões dos gases que potencializam o efeito estufa e o aquecimento global. A partir deste acordo, este grupo de países assumiu a responsabilidade de diminuir as emissões em, pelo menos, 5,2% até 2012, tomando como base o nível de emissões de 1990. Com o objetivo de viabilizar o cumprimento desta meta, foram criados mecanismos de flexibilização que possibilitam aos países do Anexo I adquirirem certificados de reduções de emissões de países que desenvolvam projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Os projetos de MDL são aqueles que permitem a redução das emissões dos gases através da inserção de países em desenvolvimento nas atividades estipuladas pelo Protocolo de Quioto. A contribuição de um MDL na redução das emissões é reconhecida através dos certificados de redução de emissões (CRE), ou simplesmente, Créditos de Carbono. Os CRE são negociados em bolsas de mercadorias e futuros, onde cada crédito equivale a uma tonelada métrica de dióxido de carbono sequestrado ou mitigado.

Contudo, dois dos principais emissores de gases, EUA e Austrália, não ratificaram o acordo e questionam a não-participação dos países em desenvolvimento. Em função disto, nas novas negociações para a continuidade do Protocolo a partir de 2012, já na Conferência das Partes das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (2006), foi proposto que a meta de redução também seja estendida aos países em desenvolvimento, haja vista seus volumes de emissões de gases intensificadores do efeito estufa.

Com base nesta problemática, o presente artigo tem por objetivo estimar as emissões de dióxido de carbono para o ano de 2012, provenientes da queima de combustíveis fósseis nos principais países emissores em desenvolvimento, a saber: África do Sul, Argentina,

---

<sup>1</sup> Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Estônia, Rússia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Suécia e Suíça.

Brasil, China, Índia e México. A escolha destes justifica-se por serem países em desenvolvimento que não possuem metas de redução das emissões de CO<sub>2</sub> no âmbito do Protocolo de Quioto. A motivação para o estudo está relacionada à discussão sobre a responsabilidade dos países em desenvolvimento quanto às suas emissões.

Além desta introdução, na segunda seção são discutidos os principais aspectos sobre aquecimento global e crescimento econômico, destacando aspectos como perfil dos países analisados em termos de emissão, tipos de energia utilizada e efeitos destas variáveis sobre o aquecimento global. A seguir é apresentada a metodologia, com destaques a caracterização das regiões analisadas, a identidade de Kaya e os cenários propostos. Por fim, são apresentados os resultados e as principais conclusões sobre o estudo.

## 2- CRESCIMENTO ECONÔMICO E AQUECIMENTO GLOBAL

O efeito estufa é um fenômeno natural pelo qual a atmosfera se mantém em temperatura constante, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta. Para alcançar o equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço a mesma proporção de energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas, que são absorvidas pelo dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>.

Os gases que mais contribuem para o efeito estufa, quando se trata das emissões antropogênicas são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), os halo carbonos, constituídos por carbono e halogênios – bromo, cloro, flúor e iodo, o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e o ozônio (O<sub>3</sub>) (ver tabela 1). Cada um destes gases possui seu próprio potencial de aquecimento global, em função da intensidade em que absorvem energia solar, bem como do tempo de permanência na atmosfera (PINHEIRO, 2005). O dióxido de carbono é considerado o gás de efeito estufa padrão, de forma que todos os outros gases têm seus potenciais de aquecimento global expressos em equivalência.

As emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera decorrem, em grande parte, do crescimento econômico. Pode-se citar a queima de combustíveis fósseis, entre os quais se incluem o petróleo, carvão e o gás natural, como a maior fonte emissora. Já a produção de cimento foi responsável pela emissão de 5 bilhões de toneladas de dióxido de carbono entre os anos de 1928 e 1998 (OAKRIDGER, 2002 apud ROSA et al, 2002). Estima-se que para cada tonelada de cimento produzida, 0,6 tonelada de CO<sub>2</sub> seja gerada.

As emissões dos gases do efeito estufa decorrentes da queima de combustíveis fósseis, transportes, construções e indústrias alcançam 57% do total. O desflorestamento e a destruição de outros sumidouros e reservatórios naturais, que absorvem o dióxido de carbono, bem como as atividades agrícolas são fontes emissoras de 41% dos gases do efeito estufa (STERN, 2006). Desta forma, as atividades econômicas podem ser apontadas como a principal causa do aquecimento terrestre, por liberarem grande quantidade de gases seus processos de transformação do meio-ambiente.

Quando se objetiva estimar as emissões de CO<sub>2</sub> futuras, uma consideração relevante é a utilização do coeficiente de intensidade de dióxido de carbono (*ICO*<sub>2</sub>) que abrange as liberações derivadas de energias fósseis, bem como a do coeficiente de intensidade energética (*IE*). A intensidade energética das atividades econômicas é uma medida do consumo de energia fóssil por unidade efetiva produzida economicamente e indica o grau de eficiência

energética presente no país. Por sua vez, a intensidade de dióxido de carbono refere-se a quantidade de carbono associada a cada unidade de energia consumida no processo produtivo. Em certa medida, esta variável capta o potencial poluidor da matriz energética.

Tanto o  $ICO_2$  quanto o  $IE$ , estão associados à tecnologia utilizada no processo produtivo. Técnicas mais modernas geralmente otimizam a quantidade de energia gasta, de forma que as emissões resultantes são inferiores às provenientes de técnicas menos sofisticadas. Sendo assim, pode-se afirmar que, considerando que os crescimentos populacional e econômico ocorram, a única maneira de manter o nível de emissão de  $CO_2$  dentro de limites apropriados é através da incorporação de tecnologias que permitam a substituição da matriz energética e ampliem a eficiência do processo.

### 3- METODOLOGIA

A metodologia proposta tem por objetivo avaliar a quantidade de dióxido de carbono proveniente da combustão fóssil<sup>2</sup>, que será emitida pelos países em desenvolvimento selecionados, no ano de 2012, considerando três cenários alternativos. A escolha do ano de 2012 deve-se ao fato deste ser o término da vigência do Protocolo de Quioto<sup>3</sup> e o provável início de um novo tratado. Este novo tratado deverá propor novos parâmetros, dentre os quais a redução das emissões por parte dos países em desenvolvimento (CNUMA, 2006).

#### 3.1 A IDENTIDADE DE KAYA

Uma forma de tentar quantificar as emissões de dióxido de carbono futuras é através da Identidade de Kaya (KAYA et al., 1989). De acordo com a Identidade de Kaya, a variação na emissão de dióxido de carbono é resultado da variação populacional, do produto interno *per capita*, da intensidade energética de atividades econômicas e da intensidade de dióxido de carbono proveniente da fonte de energia.

Formalmente, a Identidade Kaya é estruturada da seguinte maneira:

$$Emiss\tilde{a}oCO_2 = \Delta Popula\tilde{c}\tilde{a}o * \Delta Pr\tilde{o}duto_{percapita} * IE * ICO_2 \quad (3.1)$$

Em que,

---

<sup>2</sup> É válido esclarecer que nos países em desenvolvimento, em que a produção agrícola e a modificação da cobertura vegetal nativa são intensas, uma parte relativamente elevada das emissões é resultante destas atividades. Contudo, o aumento das emissões de  $CO_2$  proveniente da queima de combustíveis fósseis vem apresentado aumento persistente nestes países, sem perspectivas de se estabilizarem.

<sup>3</sup> Para o período pós-2012, a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (2006) negocia a inclusão dos países em desenvolvimento que emitem quantidades significativas de dióxido de carbono. Entretanto, muitos destes países, inclusive o Brasil, ainda não aceitam o estabelecimento de compromissos adicionais além de medidas voluntárias.

$Emiss\tilde{a}o\ CO_2$  = Emissões de dióxido de carbono no período  $i$ ;  
 $\Delta Popula\tilde{c}\tilde{a}o$  = crescimento populacional no período  $i$ ;  
 $\Delta Pr\tilde{o}duto_{per\,capita}$  = crescimento do produto interno *per capita* no período  $i$ ;  
 $IE$  = Intensidade energética;  
 $I\ CO_2$  = Intensidade de dióxido de carbono

É oportuno reafirmar que tanto a intensidade energética quanto a de dióxido de carbono relacionam-se com a tecnologia associada ao processo produtivo. Técnicas mais modernas geralmente otimizam a quantidade de energia utilizada, de forma que as emissões resultantes são inferiores às provenientes de técnicas menos sofisticadas. Sendo assim, pode-se afirmar que, considerando que os crescimentos populacional e econômico mantenham a mesma taxa anual de crescimento, a única maneira de manter o nível de emissão de  $CO_2$  é através da incorporação de tecnologias que permitam a substituição da matriz energética e amplie a eficiência do processo.

### 3.2 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Três cenários foram propostos a fim de simular as variações das emissões de dióxido de carbono provenientes dos países selecionados.

- a) **Primeiro cenário:** supõe-se que a economia e a população dos países selecionados crescerão, na próxima década, a mesma taxa média do período 2000-2005.

Nesse primeiro cenário considera-se que a demanda energética crescerá a taxas de 2,26% ao ano e que a matriz energética e as tecnologias utilizadas permanecerão constantes, de forma que não haverá nenhuma ação ou implementação de novas técnicas produtivas capazes de mitigar os gases do efeito estufa. Desta forma, em razão do aumento da demanda energética frente à constância tecnológica, tanto a intensidade de dióxido de carbono quanto a energética crescerão a taxa de 1%.

- b) **Segundo cenário:** são consideradas as mesmas taxas de crescimento econômico e populacional do primeiro cenário, porém a intensidade energética apresentará declínio, supondo alterações nos padrões tecnológicos e mudanças estruturais.

A intensidade energética mundial, medida por unidade do valor adicionado, vem registrando queda de aproximadamente 0,92% ao ano, entre 1970 e 2000 (PATUSCO, 2002). Este será o coeficiente considerado para a projeção do segundo cenário. Quanto à intensidade de dióxido de carbono, esta será constante, pois se supôs a introdução de novas tecnologias, e também a substituição de combustíveis de maior potencial poluente por outros de potencial inferior, de forma a compensar o crescimento econômico e populacional.

- c) **Terceiro cenário:** as taxas de expansão populacional e do produto serão mantidas constantes, a intensidade energética sofrerá declínio de 4,10% e a de dióxido de carbono, 2,5%. Observa-se que estas reduções são bem superiores às que vêm ocorrendo nas últimas décadas, porém são as necessárias para manter o nível de emissões mundiais constante, sem considerar a redução do crescimento econômico.

#### 4- ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da aplicação dos dados apresentados na tabela 3 na fórmula 3.1 pôde-se projetar a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> proveniente da utilização de combustíveis fósseis que cada país selecionado estará emitindo em 2012, em cada cenário proposto, caso mantenham-se constantes as atuais taxas de expansão econômica e populacional. Os resultados são demonstrados na tabela 5.

**Tabela 5.** Nível de emissão de dióxido de carbono emitido pelos países selecionados para o ano de 2012, nos cenários propostos.

Países	Emissão de CO <sub>2</sub> em 2003. 1.000 ton.	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
		Emissão de CO <sub>2</sub> 1.000 ton.	Δ %	Emissão de CO <sub>2</sub> 1.000 ton.	Δ %	Emissão de CO <sub>2</sub> 1.000 ton.	Δ %
África do Sul	411.251	830.536	101,95	587.925	42,96	379.300	-7,77
Argentina	129.515	195.455	50,91	138.360	6,83	89.263	-31,08
Brasil	351.464	609.305	73,36	431.318	22,72	278.265	-20,83
China	3.540.973	12.293.721	247,18	8.702.551	145,77	5.614.455	58,56
Índia	1.024.828	2.729.103	166,30	1.931.893	88,51	1.246.362	21,62
México	404.717	684.323	69,09	484.423	19,69	312.525	-22,78
Mundo	25.143.277	55.112.642	119,19	39.013.460	55,16	25.169.553	0,10

Fonte dados brutos: Banco Mundial, 2007, Euromonitor International 2007 e CGSDI, 2007.

#### 5- CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho procurou-se estimar as emissões de CO<sub>2</sub> para países em desenvolvimento selecionados para o ano de 2012, com o objetivo de discutir a participação destes países nos esforços de redução das emissões de gases que intensificam o aquecimento terrestre. Nas negociações para a continuidade do Protocolo de Quioto, a partir de 2012, é proposto que a meta de redução imposta aos países desenvolvidos também seja estendida aos países em desenvolvimento.

Os resultados obtidos, a partir da simulação de cenários aplicados à metodologia proposta, indicam que mantida as condições atuais de crescimento econômico e populacional bem como a matriz energética e a tecnologia utilizadas nos países selecionados, o aumento das emissões de CO<sub>2</sub>, projetado para 2012, tenderá a aumentar a taxas crescentes.

Segundo Gutierrez e Mendonça (2000), somente será possível manter as taxas de crescimento populacional e de PIB associadas a uma diminuição das emissões dos gases se houver uma redução na intensidade energética e na intensidade de dióxido de carbono nas atividades econômicas. Quanto maior for o crescimento do produto, da renda *per capita* e da população, maiores deverão ser os esforços para a redução das emissões.

Contudo, os países que apresentam taxas de crescimento econômico elevadas, como é o caso da China e da Índia, terão dificuldades em reduzir suas emissões mesmo no cenário que considera a adoção de tecnologias e energias de baixo potencial poluente. Caso aceitem participar da nova etapa do Protocolo de Quioto, pós-2012, provavelmente, estes terão que adquirir créditos de carbono dos países ofertantes.

No terceiro cenário, que considera as emissões globais constantes, países de menores expansões econômicas, Argentina, Brasil e México, conseguirão alcançar reduções significativas. Os créditos obtidos pela redução poderão ser destinados a compensar o aumento dos países que não conseguirem cumprir a meta, o que impulsionará o mercado de créditos de carbono.

No entanto, é oportuno salientar que o terceiro cenário só se confirmará com a intensiva substituição de combustíveis fósseis por outros renováveis ou de menor intensidade de CO<sub>2</sub>, como é o caso do gás natural, paralelamente a implantação de técnicas produtivas de elevado conteúdo tecnológico, que garantam a redução da intensidade energética. Este cenário só é passível de concretização através da efetividade de políticas públicas de incentivo às pesquisas e aos investimentos em áreas prioritárias, conjugada com a disposição da iniciativa privada em realizar investimentos em tecnologias de menor potencial poluidor. É necessária a substituição de fontes energéticas de maior conteúdo poluente por outras de menor e também a intensificação da eficiência energética.

A estabilização da concentração dos gases do efeito estufa requer que as emissões mundiais sejam reduzidas em 20% até 2050, chegando a menos de 1/5 dos níveis atuais. O custo para se alcançar esta meta é estimado em 1% Produto Interno Bruto mundial até o ano de 2050 e depende da implantação de políticas de mudanças climáticas efetivas (STERN, 2006).

Os custos não serão igualmente distribuídos por todos os setores e países. Aqueles que possuem atividades intensivas em emissão de gases do efeito estufa irão ser mais afetados, como é o caso dos países em desenvolvimento. Enquanto que para os países desenvolvidos a política de mudança climática poderá resultar em ganhos econômicos oriundos do processo de criação de mecanismos capazes de conter as emissões.

Neste sentido, para que os países em desenvolvimento consigam obter resultados efetivos na redução das emissões de CO<sub>2</sub>, e aceitem participar da nova rodada de esforços para a diminuição do efeito estufa, haverá a necessidade de serem criados mecanismos de transferência de tecnologias e de incentivos financeiros significativos por parte dos países desenvolvidos.

Por fim, é oportuno ressaltar que o crescimento econômico sustentável requer medidas em prol da conservação ambiental. Os países em desenvolvimento, ao renegar esforços para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> poderão estar prejudicando seu próprio desenvolvimento futuro. O aquecimento terrestre, em última instância, imporá a administração de catástrofes ambientais de elevadas proporções, que poderá por em risco todo o crescimento econômico obtido até então.