

Variação dos Gases de Efeito Estufa na Região Amazônica

Luciana V. Gatti¹, Monica T. S. D'Amelio¹, Lilian Polakiewicz¹, Elaine A. J. Martins¹, John Miller², Andrew Crotwell², Pieter Tans², Peter Bakwin²

¹Laboratório de Química Atmosférica – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares -Av. Prof. Lineu Prestes, 2242- USP- São Paulo – SP, lvgatti@ipen.br

²NOAA Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, Boulder Colorado USA

Na atmosfera terrestre existem alguns gases que têm a propriedade de absorver a energia emitida pela Terra na forma de calor refletindo-a de volta para a atmosfera mantendo assim a Terra aquecida. Este fenômeno é o que mantém a temperatura média terrestre em 15°C, ao invés de -18°C caso não existissem os gases de efeito estufa em nossa troposfera. A partir do momento em que as concentrações destes gases começaram a ser aumentadas pela atividade do homem, este efeito estufa vem aumentando sua contribuição na temperatura da atmosfera. Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), clorofluorcarbono (CFC) e ozônio (O₃). Existem muitas incógnitas no papel exato destes gases nas mudanças observadas no clima da Terra e temperaturas globais, bem como as consequências para a fauna e flora. É neste contexto que este projeto está inserido ao realizar amostragem em perfil vertical dos gases CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, além do CO e H₂ que não são propriamente gases de efeito estufa, mas são precursores dos mesmos. O principal objetivo dessas amostragens é fornecer dados para modelos computacionais de previsão do clima e dos efeitos desses gases de escala regional. Este projeto está inserido no “*Vertical profiles of carbon dioxide and other trace gas species over the Amazon basin using small aircraft*”, que faz parte do LBA (Experimento de Grande Escala entre a Biosfera-Atmosfera da Amazônia), cujo objetivo é gerar novos conhecimentos, necessários à compreensão do funcionamento climatológico, ecológico, biogeoquímico e hidrológico da Amazônia, do impacto das mudanças dos usos do solo, e das interações entre a Amazônia e o sistema biogeofísico global do planeta (Fung et al., 1987; Keeling et al., 1989; Tans et al., 1990; Conway et al., 1994; Denning, 1994; Denning et al., 1995; Enting et al., 1995; Fan et al., 1998; Bousquet et al., 2000). As amostras foram coletadas em perfil vertical com alturas compreendidas entre 300 a 4000 m em vôos realizados em dois locais da região amazônica: Floresta Nacional do Tapajós, sobre a Torre de medida de Fluxo de CO₂, na altura do Km 67 da Rodovia BR-163 (02°03'S, 54°58'W) no estado do Pará, e na Reserva Biológica de Cuieiras, do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA) sobre a Torre K34 (2°35'S, 60°06'W) no estado do Amazonas. Para a coleta foi utilizado um conjunto de duas malas, sendo uma de amostragem que contém 17 frascos de vidro de 850mL de volume, válvulas de amostragem automática e um microprocessador que controla e grava informações sobre a amostragem. A outra mala que contém uma unidade compressora e baterias recarregáveis. O avião utilizado na amostragem é de pequeno porte, no qual foi instalado um tubo de aço inox denominado *inlet* para a coleta do ar externo do avião. Os perfis são realizados com vôo em espiral. Ao término da coleta, a mala era enviada ao Laboratório de Química Atmosférica (LQA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) para análise dos gases utilizando o equipamento MAGICC (Multiple Analysis of Gases Influence Climate Change). As medidas de CO₂ são realizadas utilizando-se um monitor de CO₂ da marca LI-COR, que é baseado na absorção em infravermelho. O CH₄ é quantificado utilizando-se um cromatógrafo gasoso da marca HP (Hewlett Packard) com detector de ionização de chama. A determinação de N₂O e SF₆, utiliza o mesmo cromatógrafo com detector de captura eletrônica. As quantificações do CO e H₂ são realizadas utilizando-se um cromatógrafo gasoso fabricado pela Peak Laboratories com detector baseado na reação do CO e do H₂ com o mercúrio e leitura de absorção específica. A precisão analítica para este sistema no Brasil é: CO₂, 0.025 ppm; CH₄, 3.4 ppb; CO, 1.3ppb; H₂, 3.4 ppb; N₂O, 0.22 ppb; SF₆, 0.04 ppt. Talvez, mais importante que a alta precisão analítica é o fato de o sistema estar projetado para calibrações rigorosas de todas as medidas. Os perfis amostrados do gás CO₂, nos dois locais amostrados, apresentaram a concentração abaixo da camada limite planetária (CLP – 1000 m acima da superfície) muito variada, devido principalmente ao ciclo sazonal anual deste gás, além das variações meteorológicas de um período para outro. Neste ciclo sua concentração é influenciada de acordo principalmente pelo período da estação e por variações sazonais nos processos de respiração, fotossíntese, entre outros fatores como radiação, velocidade de vento, umidade do solo, etc. Acima da CLP os valores das concentrações foram bastante constantes e em torno de 376 ppm em 2004 e 380 ppm em 2005. Este comportamento de estabilidade nos valores das concentrações é devido à homogeneidade da massa de ar atmosférica. Por este motivo, para fornecer dados para modelos computacionais de escala regional, a amostragem deve ser realizada acima da CLP. Um aumento significativo na concentração do CO₂ pôde ser percebido, confirmando a tendência global do mesmo. Em relação ao gás metano, as concentrações encontradas foram maiores a baixas altitudes, devido às

duas fontes principais deste gás serem a formação de superfícies alagadas na estação chuvosa e a queima de biomassa na estação seca. Essa concentração diminuiu gradativamente com o aumento da altitude. Ao se comparar as estações seca e chuvosa na Floresta Nacional do Tapajos, não foram encontradas diferenças significativas entre as duas estações. No entanto, no estado do Amazonas, na Reserva Biológica de Cuieiras, houve um aumento significativo da concentração deste gás no perfil coletado na estação seca, o que caracteriza a queimada como fonte principal de emissão de CH₄ para esta região. O aumento da concentração de CO durante a estação seca, nos dois locais amostrados é devido principalmente à queima de biomassa que ocorre nesta estação. O hidrogênio molecular é formado pelos mesmos processos que produzem o CO (NOAA), portanto, como esperado, o perfil do gás H₂ apresentou comportamento semelhante ao do monóxido de carbono, porem proporcionalmente menos intenso. Com relação ao gás N₂O, houve um aumento da sua concentração na estação chuvosa devido à liberação deste gás pelo solo como resultado do processo de adubação das plantações de arroz, existentes na região de Santarém, com produtos nitrogenados. Durante a estação seca, a concentração do gás N₂O foi menor do que no período de chuva nos dois locais amostrados. Acima da CLP, a concentração de óxido nitroso apresenta-se mais uniforme, isto ocorre devido a reações químicas envolvendo a luz solar, além de que em altas altitudes, a velocidade do vento é suficiente para homogeneizar os gases atmosféricos. Os perfis do gás SF₆ não variam com a altitude nos dois locais amostrados. Este comportamento era esperado pois este é um gás de origem exclusivamente antropogênica. Além disso, este gás é exclusivamente emitido por atividade antrópica, não sendo emitido pela floresta. Os resultados do estudo deste gás apontam um pequeno aumento de cerca de 0.1 ppt por ano, sendo sua concentração igual a 5,4 ppt em 2004 e 5,5 ppt em 2005. Comparando-se os dados, desde as primeiras coletas, em dezembro de 2000 até junho de 2005, na camada limite planetária (~1200 m) percebe-se aumento relativo nas concentrações de CO₂ de 11 ppm, N₂O de 2.8 ppb, CH₄ de 31 ppb para todas as alturas observadas.

BOUSQUET, P., P. PEYLIN, P. CIAIS, P. RAYNER, P. FRIEDLINGSTEIN, C. LEQUERE, P. TANS, Interannual CO₂ sources and sinks as deduced by inversion of atmospheric CO₂ data. *Science*, 290, 1342-1346, 2000.

CONWAY, T.J., TANS, P.P., WATERMAN, L.S., THONING, K.W., KITZIS, D.R., MASARIE, K.A., ZHANG, N., Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory global air sampling network, *J. Geophys. Res.*, 99, 22831-22856, 1994.

DENNING, A.S., Investigations of the transport, sources, and sinks of atmospheric CO₂ using a general circulation model, 336 pp., doctoral thesis, Atmospheric Science Paper No. 564, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colo., 1994.

DENNING, A.S., FUNG, I.Y., RANDALL, D., Latitudinal gradient of atmospheric CO₂ due to seasonal exchange with land biota, *Nature*, 376, 240-243, 1995.

ENTING, I.G., TRUDINGER, C.M., FRANCEY, R.J. A synthesis inversion of the concentration and d13C of atmospheric CO₂, *Tellus*, 47B, 35-52, 1995.

FAN, S., M. GLOOR, MAHLMAN, J., PACALA, S., SARMIENTO, J., TAKAHASHI, T., TANS, P., A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models, *Science*, 282, 442-446, 1998.

FUNG, I.Y., TUCKER, C.J., PRENTICE, K.C., Application of advanced very high resolution radiometer vegetation index to study atmosphere-biosphere exchange of CO₂, *J. Geophys. Res.*, 92, 2999-3015, 1987.

KEELING, C.D., BACASTOW, R.B., CARTER, A.F., PIPER, S.C., WHORF, T.P., HEIMANN, M. , MOOK, W.G., ROELOFFZEN, H., A three-dimensional model of atmospheric CO₂ transport based on observed winds, 1, analysis of observational data, in *Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas*, *Geophys. Monogr.*, 55, edited by D.H. Peterson, 363 pp, AGU, Washington, DC, 1989.