

Estimação do fluxo do gás carbônico entre o solo e a atmosfera

Fabiana Ferreira Paes¹, Haroldo Fraga de Campos Velho², Fernando Manuel Ramos²

¹Programa de Mestrado ou Doutorado em Computação Aplicada – CAP
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

²Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada – LAC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

{fabiana.paes,haroldo,fernando}@lac.inpe.br

Abstract. Recently, the CO₂ concentration is increasing resulting from the use of fossil fuels (coal, oil, natural gas) for power plants, industries, automobiles, and also the fires on forests contributes to global warming. The goal of this study is to estimate the surface flux of CO₂ by artificial neural network (ANN) Multi-Layer Perceptron (MLP). The observational data are assumed to be from environmental satellite data, where an inversion process retrieves the gas concentration by measured radiance. Two inversions are needed: (a) profiles of CO₂ concentration from radiances, (b) compute the CO₂ surface flux from CO₂ concentration obtained. The results of the inversion processes were satisfactory in that the ANN-MLP robustness in estimating the flow surface between the soil and atmosphere with noisy data.

Resumo. Recentemente, há um aumento de CO₂ na atmosfera, decorrente do uso de combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural) em termelétricas, indústrias, automóveis e também da devastação e queima de florestas contribuindo para o aquecimento global. O objetivo do presente trabalho é estimar o fluxo de CO₂ entre a superfície e a atmosfera, empregando uma rede neural artificial (RNA) Perceptron de Múltiplas Camadas (PMC). Os dados observacionais são assumidos como dados de satélites ambientais. O processo de inversão ocorre em 2 etapas: (a) estimativa de perfis de concentração de CO₂ a partir de radiancias, (b) identificação de fluxo de CO₂ a partir da concentração obtida no item (a). Os resultados dos processos de inversão foram satisfatórios em que a RNA-PMC apresentou robustez ao estimar o fluxo de superfície entre o solo e a atmosfera com dados ruidosos.

Palavras-chave: Rede Neural Perceptron de Múltiplas Camadas, dióxido de carbono.

1. Introdução

O conhecimento das fontes e dos sumidouros dos gases do efeito estufa é necessário para entender as evoluções no sistema terra-atmosfera e assim contribuir para monitoramento do sistema, bem como melhorar o processo de previsão ambiental. Este tema é relevante para todos os países, em especial ao Brasil que possui um parque industrial razoável e tem notada ação na queima de florestas tropicais [IPCC 2001]. O aumento do desmatamento da floresta Amazônica e a ampla utilização para pastagens agrícolas também contribui para aumentar a emissão de dióxido de carbono e metano na

atmosfera [Nobre et al. 1991]. Deste modo, é fundamental para o Brasil a realização de estudos a respeito do ciclo biogeoquímico dos gases do efeito estufa sobre o seu território. O objetivo deste trabalho é estimar o fluxo de superfície do gás carbônico entre o solo e atmosfera usando redes neurais artificiais. A RNA utilizada foi a Perceptron de Múltiplas Camadas com o algoritmo de retropropagação do erro por ser essencialmente não-linear e eficaz em filtrar os ruídos, podendo ser utilizada como um operador de inversão. Os dados sintéticos das concentrações do gás carbônico são obtidos com o modelo de dispersão de poluentes (LAMBDA: Lagrangean Model for Buoyant Dispersion in Atmosphere) associados a condições meteorológicas da atmosfera do dia 19 de abril de 1999 e as radiâncias simuladas dos canais do sensor SCIAMACHY (SCanning Absorption spectroMeter for Atmospheric CHartographY) são obtidas com o código SCIATRAN que utiliza as concentrações obtidas pelo LAMBDA.

2. Modelo Direto

O modelo direto é dividido em duas etapas. A primeira etapa é calcular as concentrações do gás carbônico na região de Rondônia com o código LAMBDA e a segunda, é calcular as radiâncias com código SCIATRAN usando a saída do primeiro passo. Os dados meteorológicos são simulados com o modelo BRAMS [Brams 2011].

2.1. Código Lambda

O modelo LAMBDA (acrônimo para **L**agrangean **M**odel for **B**uoyant **D**ispersion in **A**tmosphere) foi empregado para estudar os processos de transporte e difusão de poluentes [Ferrero et al. 1995] e é baseado na forma tridimensional da equação de Langevin para a velocidade aleatória, seguindo a derivação de Thomson em 1987. O modelo de integração regressivo foi implementado na tese de Roberti (2005) [Roberti, 2005], com o intuito de torná-lo uma forte ferramenta apta a capacitar o estudo do modelo direto de maneira simples e ao mesmo tempo atender a várias características da realidade física que são necessárias para uma boa ferramenta científica.

2.2. Código SCIATRAN

O SCIATRAN é um software que incorpora um modelo de transferência radiativa que pode ser ajustado para resolver amplas tarefas científicas. O programa foi desenvolvido pelo Instituto de Sensoriamento e o Instituto de Física Ambiental (IUP/IFE) da Universidade de Bremen na Alemanha. O SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric CHartographY) é um espectrômetro de imagens, cujo principal objetivo é medir os gases traços globais na troposfera e na estratosfera. A radiação solar transmitida, retroespalhada e refletida pela atmosfera é gravada em resolução relativamente alta (0.2 nm a 1.5 nm) na faixa de 240 nm a 1700 nm e em regiões selecionadas entre 2.0µm e 2.4 µm. [Rozanov 2002]

3. Modelo Inverso

Neste trabalho o enfoque em problemas inversos está relacionado à física da atmosfera. O problema inverso objetiva estimar a taxa de emissão das fontes e sumidouros de gases do efeito estufa, em particular o dióxido de carbono (CO₂) a partir de dados sintéticos do campo de concentração obtidos com o código LAMBDA e SCIATRAN. Para tanto esta seção apresenta as inversões utilizando a RNA Perceptron de Múltiplas Camadas. Neste trabalho, a rede PMC foi implementada. Basicamente, ela é composta por uma camada de entrada, duas camadas ocultas e uma camada de saída e utiliza o algoritmo de retropropagação do erro na fase aprendizado. Os conjuntos de dados (padrões) são

formados por pares entrada/saída (fontes/concentrações), sendo a entrada gerada pela solução do problema direto e a saída desejada correspondente ao problema.

4. Resultados

Este trabalho utilizou o problema direto para dispersão de contaminantes e estimou o fluxo superficial dos gases minoritários do efeito estufa, como por exemplo, o gás carbônico descrito no trabalho de Marengo e Horta (2004) [Marengo 2004], cujo enfoque foi à floresta Jaru, área do IBAMA, e a fazenda Nossa Senhora, desmatada em 1977, ambos localizados em Rondônia – ver Figura 1. Estas áreas distintas têm diferentes taxas de fluxo de CO_2 e serão usadas para o experimento de inversão. Os resultados exatos da fonte e sumidouro do CO_2 são mostrados nas Figuras 2a e 2c e os resultados estão nos itens 2b, 2d em que os pixels seguem a resolução espacial do sensor SCIAMACHY. Os testes foram realizados com 2 níveis de ruídos brancos gaussianos: 5% e 10%, porém a Figura 2 apresenta os melhores resultados. As condições meteorológicas utilizadas foram simuladas pelo modelo BRAMS [Brams 2011]. Os erros percentuais associados às inversões destes processos estão na Tabela 1.

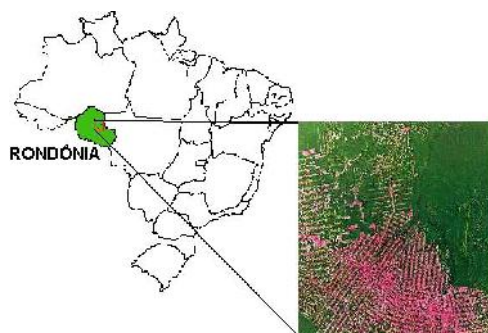
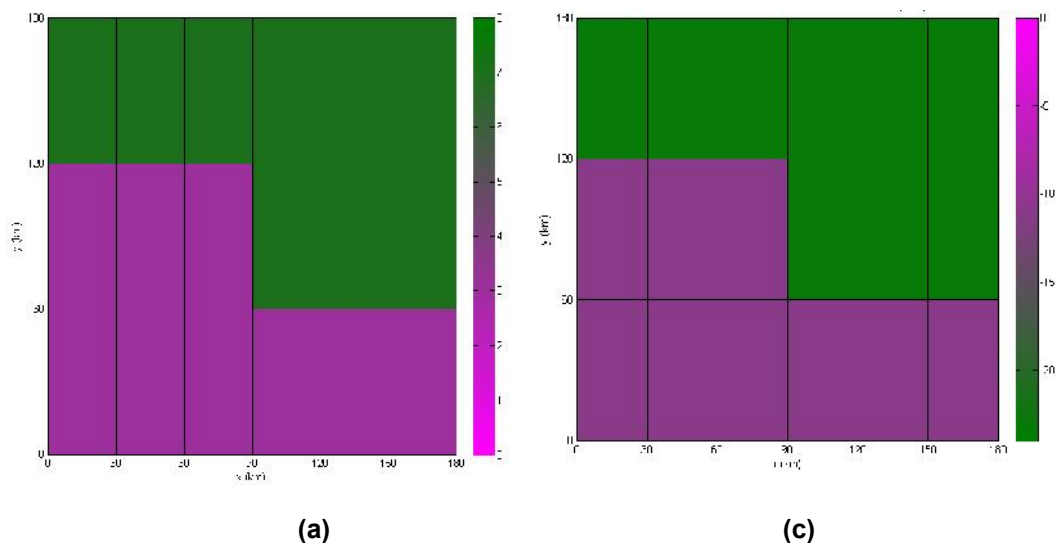


Figura 1. Localização dos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná-RO.

Tabela 1. Erro Percentual do fluxo do CO_2 com ruído gaussiano branco.

Fluxo	Fonte	Sumidouro
Ruído de 5%	1.39%	1.46%
Ruído de 10%	1.18%	0.84%



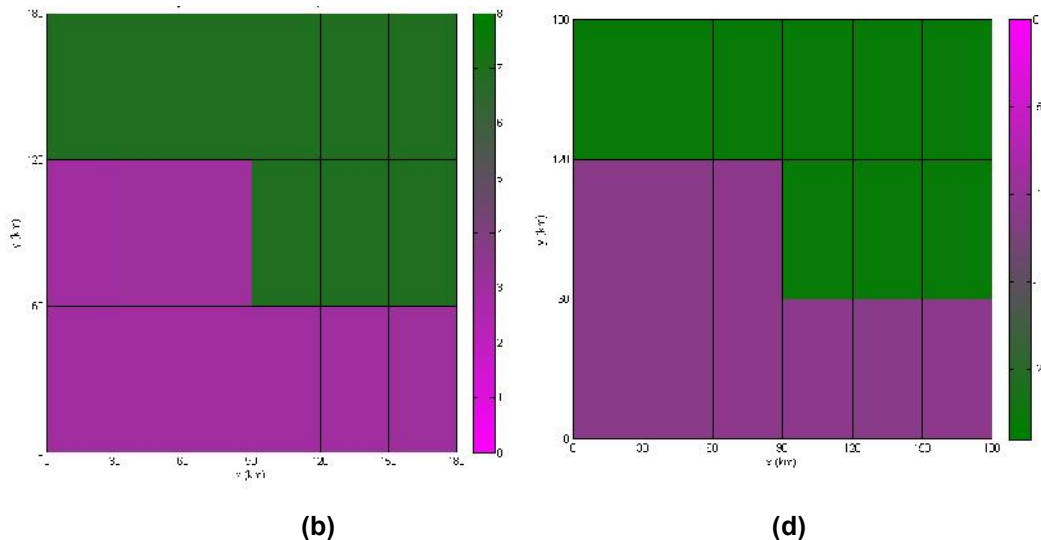


Figura 2. Dados exatos (a) Fonte de CO₂, (c) Sumidouro de CO₂. Resultados obtidos com a RNA-PMC com arquitetura: 6:10:10:18 e ruído gaussiano branco de 10%: (b) Fonte de CO₂ (d) Sumidouro de CO₂ em um domínio é 180Km x 180Km.

5. Conclusões

O acoplamento dos modelos diretos e inversos mostrou resultados satisfatórios para a Fazenda Nossa Senhora e a Floresta Jarú. O uso de redes neurais artificiais foi capaz de resolver o problema inverso com dados ruidosos da concentração do poluente e das radiancias sintéticas.

Referências

- BRAMS, Model Description. 2011. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/brams>>. Acesso em: 15 de junho de 2011
- Ferrero, E.; Anfossi, D.; Brusasca G., Lagrangian particle model LAMBDA: evaluation against tracer data. *International Journal of Environment and Pollution*, v. 5, p. 360-374. 1995.
- IPCC, *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution Of Working Group I To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change*, (2001). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom And New York, 881p.
- Marengo J. A. and Horta L. (2004), CEOP reference sites in the LBA Continental Scale Experiment, *CEOP Newsletter*, n. 4, p. 6. Disponível em < <http://www.ceop.net>>
- Nobre, C. A.; Sellers, P. J.; Shukla, J. (1991) Amazonian Deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, v.4, p.957-988.
- Roberti, D. R. (2005), Problemas inversos em física da atmosfera. Santa Maria: UFSM, 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Física) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria- RS.
- Rozanov, V. V.; Buchwitz, M.; Eichmann, K.-U.; de Beek, R.; Burrows J.P. (2002), Sciatran – a new radiative transfer model for geophysical applications in the 240- 2400 nm spectral region: The pseudo-spherical version. *Advances in Space Research*, 29, 11, 1831-1835.