



**Universidade Federal do Pará**  
**Centro de Geociências**  
**Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DA CHUVA  
E DE THROUGHFALL E FLUXOS DE GASES TRAÇO EM FLORESTA DE  
TERRA FIRME NA FLONA TAPAJÓS, BELTERRA-PARÁ.**

TESE APRESENTADA POR

**RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JUNIOR**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em  
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **29 / 06 / 2006**

**Comitê de Tese**

JOSÉ FRANCISCO DA FONSECA RAMOS (Orientador)

MICHAEL KELLER

CLÁUDIO JOSÉ REIS DE CARVALHO

PLÍNIO BARBOSA DE CAMARGO

WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

Belém

**QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DA CHUVA E DE  
THROUGHFALL E FLUXOS DE GASES TRAÇO EM FLORESTA DE TERRA FIRME  
NA FLONA TAPAJÓS, BELTERRA-PARÁ**

FOLHA DE ROSTO

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Oliveira Junior, Raimundo Cosme

**Quantificação e caracterização química da água da chuva e throughfall e fluxos de gases traço em floresta de terra firme na FLONA Tapajós, Belterra - Pará / Raimundo Cosme Oliveira Junior; Orientador, José Francisco Fonseca Ramos. – 2006**

143f. : il

Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, CG. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2006.

1.Gases Traço 2.Ciclagem de Nutrientes 3.FLONA Tapajós 4.Gás Carbônico 5.Metano 6.Óxido Nitroso I.Borges, Maurício da Silva, Orient. II. Título.

**CDD 20. ed.: 551.5112098115**

---

## RESUMO

A Floresta Nacional do Tapajós, FLONA Tapajós, com 600.000 ha de floresta protegida, é situada a 50 quilômetros ao sul de Santarém, Pará, Brasil. Os solos são altamente intemperizados e profundos, bem drenados, caoliníticos, classificados como Latossolo Amarelo e, pela classificação americana, como Oxisol (Haplustox), com pH ácido (4,5) e livre de duripans e concreções lateríticas. Em um ecossistema como a floresta tropical úmida, nutrientes estão sendo ciclados. Esta ciclagem de nutrientes envolve entradas para o sistema vindo da atmosfera e do intemperismo das rochas e minerais presentes no solo, saído através da água de drenagem e a circulação interna dentro do sistema. Esta circulação interna envolve a transferência de nutrientes da vegetação para o solo através da lavagem (throughfall e escorrimento pelo tronco), onde não intervêm organismos decompositores. Concentrações dos íons  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Ca}^{+2}$  foram analisados através cromatografia líquida utilizando cromatógrafo Dionex DX-120. Para os gases, tubos de aço inoxidável foram instalados nas paredes laterais de três perfis escavados no campo, nas profundidades de 5, 15, 30, 50, 100 e 200 centímetros. As concentrações de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$  foram analisadas através de cromatografia gasosa usando o método de ECD (electron capture detector), enquanto as concentrações do  $\text{CH}_4$  foram medidas através de FID (flame injection detector). Os cromatógrafos foram calibrados com 3 níveis padrões de ar sintético. Como principais conclusões, apresentamos: a estação exerce forte influência na concentração dos cátions básicos; throughfall é um dos mais importantes caminhos para a entrada de nutrientes na Flona Tapajós; há um aporte significativo de macronutrientes mais cloro e sódio, principalmente, oriundos da agricultura intensiva de grãos; houve maior volume de precipitação do que a média dos últimos vinte anos; a deposição seca é o mais importante processo de enriquecimento da água que alcança o solo da floresta; a duração do período seco antecedente é fator dominante no fluxo de nutrientes na Flona Tapajós; dentro do período seco ocorrem as maiores variações entre os íons analisados; processos de convecção que acumulam os nutrientes sobre a Flona, em virtude da brisa do rio Tapajós, favorecem o aumento nos teores dos elementos estudados; a análise dos componentes principais facilita a interpretação da caracterização da água de precipitação, mostrando, neste estudo, a influência de fontes antropogênicas (agricultura, queima da biomassa e poeira); o processo de nitrificação exerce um papel fundamental na química da água da chuva, devendo ser mais bem estudada. Quanto aos gases estudados, verificaram-se fluxos, até a profundidade de 15cm, durante os períodos secos, menores do que os fluxos no período úmido, dentro dessas profundidades; nas outras profundidades os fluxos no período seco são sempre maiores do que no período úmido, demonstrando que a umidade, nas profundidades maiores do que 15cm é suficiente para promover a produção e emissão de gases, não restringindo a difusão interna do mesmo. Houve sensível variação sazonal entre os fluxos de óxido nítrico e gás carbônico, com mais baixos fluxos no período seco; Os fluxos, em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , apontaram 182,102, 22,97 e 14,08, respectivamente, para gás carbônico, óxido nítrico e metano; Há elevada variação sazonal na umidade do solo, entre o período seco e úmido; O solo apresenta déficit de água disponível durante o período seco, considerando-se a profundidade de 0-100cm. Na camada de 100-200cm, não foi observado déficit; Há significativa correlação entre a umidade do solo e o fluxo de óxido nítrico; Não evidente variação na temperatura do solo ao longo das

profundidades estudadas; Não há nítida variação sazonal na temperatura do solo, durante o período úmido e seco; Material orgânico degradável e nitrogênio são, juntamente com a umidade e a temperatura do solo, importantes fatores para a produção e emissão de óxido nitroso e gás carbônico.

Palavra-Chave: Gases Traço. Amazonia. Flona Tapajós. Ciclagem de Nutrientes. Gas Carbonico. Metano. Oxido nitroso.

## ABSTRACT

The Tapajós National Forest, FLONA Tapajós, with 600.000 ha of protected forest is located at the km 50 south of Santarém, Pará, Brazil. Soils are highly weathered and deep, well drained, kaolinitic, classified as Yellow Latosol and according to north American classification as Oxisol (Haplustox), with a acidic pH (4.5) and free of duripans and lateritic concretions. In a ecosystem like a humid tropical forest, nutrients are being cycled. This cycling involves inputs from atmosphere and from the weathering of rocks and minerals present in the soil, with output through drainage water and internal circulation of the system. This circulation involves the transfer of nutrients from vegetation to the soil through the washing (throughfall and runoff on the bole), where there is no intervention by decomposers. Concentrations of ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  and  $\text{Ca}^{+2}$  were analyzed by liquid chromatography using a Dionex DX - 120. For gas sampling, stainless steel tubings were installed on the lateral walls of three profiles dig on the ground at the following depths of 5, 15, 30, 50, 100 and 200 centimeters. The concentrations of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  were analyzed by gas chromatography using electron capture detector (ECD), whereas  $\text{CH}_4$  concentrations were measured using a flame ionization detector (FID). The chromatographs were calibrated using 3 different levels of synthetic air standards. As results, we observed: The station has strong influence on the basic cation concentration; throughfall is one of the most important ways for nutrient inputs at the FLONA Tapajós; there is a significant arrival of macronutrients together with Chlorine and sodium coming from the intensive grain agriculture. We observed the greatest volume of precipitation over the last 20 years. Dry deposition is the most important process of water enrichment that reaches the forest soil. The duration of the previous dry period is predominant to determine the input of nutrients into the Tapajós National forest. Within the dry period occur the greatest variations among the ions analyzed. Convection processes that accumulate the nutrients over the FLONA area, due to the breeze of the Tapajós river, favor the increase in the amount of the studied elements; the analyzes of the main components facilitate the interpretation of water characterization from precipitation, showing in this study, the influence of anthropogenic sources (agriculture, biomass burning) and dust; The process of nitrification plays a major role on chemistry of water from precipitation and should be more studied. About the studied gases, we verified fluxes at a 15 cm depth during the dry period lower than the fluxes observed during the wet period at the same depth. For the other depths, the fluxes during the dry period are always greater than the fluxes during wet period, showing that moisture at depths deeper than 15 cm is enough to promote the production and emission of those gases, not constraining the soil diffusion. We observed sensible seasonal variation among the fluxes of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$ , with the lowest rates taking place during the dry period. The fluxes, in  $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , showed 182.1, 22.97 and 14.08 for  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , and  $\text{CH}_4$ , respectively. Strong seasonal variation was observed for soil water content between dry and wet seasons. The soil shows a deficit for available water during dry period when we consider the depth down to 100 cm. At the 100 cm layer down to 200 cm, there was observed no deficit. There was significant correlation between soil water content and  $\text{N}_2\text{O}$  flux. No evident variation in soil temperature along the various depths studied. There was no clear seasonal variation in soil temperature between dry and wet periods. Degradable organic material

and nitrogen are, together with moisture and soil temperature major factors determining the production and emission of  $N_2O$  and  $CO_2$ .

Key word: Trace Gas. Amazonia. Nutrient Cycling. Flona Tapajós. Carbon Dioxide. Methane. Nitrous oxide.