

arbúsculos foram maiores nos sistemas ASP1, AS1 e AS2 (ANOVA: $F=4$; $p=0,036$). Os períodos de maiores colonizações por arbúsculos foram na transição chuvosa-seca, na estação seca e na transição seca-chuvosa (ANOVA: $F=12$; $p<0,001$). As maiores taxas de colonização por hifas no ASP1 e AS2 podem estar relacionadas a baixa fertilidade do solo desses ambientes. Siqueira & Moreira (2002), postulam que em condições de deficiência de P, as plantas aumentam o grau de colonização, principalmente através de hifas, estrutura principal na absorção de nutrientes do solo. As maiores taxas de hifas e arbúsculos durante a transição chuvosa-seca pode estar relacionada às condições de umidade e calor que favorecem a expansão dos fungos micorrízicos, o que está de acordo com Siqueira *et al.* (1988), que cita que a alternância entre ciclos de umedecimento e secagem parece favorecer a esporulação dos FMAs e provavelmente o aumento da colonização nesse período. Em geral, as taxas de colonização micorrízica apresentaram flutuações similares com tendência para aumento nas taxas ao longo das quatro coletas, que não parecem relacionadas a sazonalidade. Os resultados encontrados neste estudo podem indicar com outros fatores, provavelmente as condições do solo durante o período de transição (combinação de abundância de liteira e umidade), induziram maior colonização das plantas pelas micorrizas. Em ecossistemas antrópicos seria esperado detectar flutuações sazonais significativas nos níveis de colonização micorrízica em função do rápido crescimento das plantas durante o período de umidade favorável. Entretanto, em todos os tratamentos, a taxa de colonização das raízes das plantas dos SAFs não refletiu isso; quando o solo apresentou os maiores teores de água foram registrados os extremos de baixa e alta taxa de colonização das raízes. Resultados similares foram obtidos em outros estudos realizados por Scheltema *et al.* (1987) e Brundrett & Abbott (1994), sugerindo que outros fatores estão influenciando as flutuações sazonais em determinar a colonização micorrízica. Neste estudo nem a umidade, nem o pH e nem a massa de liteira acumulada sobre o solo explicaram a variação sazonal da colonização micorrízica. Alguns autores sugerem que a intensidade luminosa (Tester *et al.*, 1986) e a viabilidade dos propágulos ao longo de todas as estações (Brundrett & Abbott, 1994), podem explicar tais resultados, fatores que não foram testados nesse estudo.

4. Conclusão

Até o momento, pode-se concluir que a variação temporal da colonização micorrízica apresentou um mesmo padrão para todos os tratamentos, cuja flutuação não parece estar ligada a sazonalidade; as maiores taxas de colonização micorrízica, em todos os sistemas, ocorreu no período de transição chuvosa-seca.

5. Agradecimentos

Ao Programa RHAEL/LBA pela bolsa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI).

6. Referências bibliográficas

- Bever, J.D., Morton, J.B., Antonovics, J., Schultz, P.A. 1996 Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal in a mown grassland. *Journal of ecology* 84: 71-82.
- Brundrett, M. C. & Abbott, L.K. 1994 Mycorrhizal fungus propagules in the jarrah forest: seasonal study of inoculum levels. *New Phytologist* 127: 539-546.
- Duponnois, R., Plenchette, C., Thioulouse, J., Cadet, P. 2001 The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soil of different aged fallows in Senegal. *Applied Soil Ecology* 17: 239-251.
- Mcgonigle, T.P., Miller, M. H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. e Swan, J.A. 1990 A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- Moreira, F.M.de S., Siqueira, J.O. 2002 Microbiologia e Bioquímica do Solo. Lavras. Ed.UFLA. p. 473-539.
- Phillips, J.M. & Hayman, D. S. 1970 Improved procedures for clearing roots and staining and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for assesment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55(1): 158-160.
- Scheltema, M.A. *et al.* 1987 Seasonal variation in the infectivity of VA mycorrhizal fungi in annual pastures in a mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 707-715.
- Siqueira, J.O., Franco, A.A. 1988 Biotecnologia do Solo: Fundamentos e Perspectivas. Brasília: MEC, Ministerio da Educação, ABEAS; Lavras:ESAL, FAEPE. p. 125-177.
- Siqueira, J.O. & Moreira, F.M.S. 1996 Microbiologia do Solo e a sustentabilidade Agrícola: Enfoque em Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal. In: XXII Reunião Brasileira de fertilidade do Solo e Nutrição de plantas. Manaus, Am, p.26.
- Tester, M. *et al.* 1986 Effects of photon irradiance on the growth of shoots and roots on the rate of initiation of mycorrhizal infection and on the growth of infection units in *Trifolium subterraneum* L.. *New Phytologist* 103: 375-390.
- Thompson, J.P. 1994 Inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from cropped soil overcomes long-fallow disorder of linseed (*Linum usitatissimum* L.) by improving P and Zn uptake. *Soil Bio. Biochem* 26: 1133-1143.

Alterações nas concentrações de ortofosfato em amostras de chuva, throughfall e litter leachate armazenadas em coletores instalados em área experimental na Floresta Nacional do Tapajós.

Ricardo de O. Figueiredo, *Embrapa Amazônia Oriental*
(ricardo@cpatu.embrapa.br)

Karielk de A. Sousa, bolsista LBA-ITI-CNPq; *Faculdades Integradas do Tapajós*

Daniel Markewitz, *University of Georgia*

Eric A. Davidson, *The Woods Hole Research Center*

1. Introdução:

Grande parte do que se sabe sobre a biogeoquímica do fósforo (P) em solos de florestas tropicais úmidas é derivado de medidas de suas concentrações em solos e tecidos vegetais (Vitousek e Stanford, 1986; Jordan, 1985). Entretanto, existem poucas informações sobre as concentrações de P nas soluções que ciclam nestas florestas, principalmente devido a estas concentrações serem baixas. A pequena entrada de P através das chuvas é bem conhecida (Lesack, 1995), mas a quantificação dos seus fluxos internos e de saída têm sido mais difíceis de determinar. Este fato é mais relevante em florestas primárias onde não ocorrem deposições atmosféricas de cinzas oriundas de queimadas ou de restos de fertilizantes utilizados na agricultura.

Outra importante limitação na quantificação das concentrações de P relaciona-se à instabilidade do P em solução (Haygarth *et al.*, 1995). A maioria das formas disponíveis de P na solução do solo, por exemplo, o ortofosfato ou o P reativo ao molibdato, são pouco estáveis, e freqüentemente recomenda-se que as análises químicas sejam realizadas no prazo de 48 horas após a coleta das amostras.

As concentrações de ortofosfato são geralmente determinadas pelo método de Murphy e Riley (1962). Embora este método determine a fração de ortofosfato (PO_4^{3-}), outras formas de fosfato podem também ser concomitantemente determinadas devido a hidrólise de compostos orgânicos de P durante a formação da cor azul do molibdênio (Murphy e Riley, 1962). Além disso, outras interferências, como a da sílica solúvel já foram relatadas (Ciavatta *et al.*, 1990 *apud* Haygarth, *et al.*, 1995). Devido a estas incertezas alguns autores preferem a definição operacional MRP (*Molybdate Reactive Phosphorus* – Fósforo Reativo ao Molibdato), em lugar de ortofosfato (Haygarth, *et al.*, 1995).

O objetivo geral do presente estudo foi quantificar as alterações nas concentrações de PO_4^{3-} , durante o período que amostras permanecem armazenadas em coletores dispostos numa área experimental em floresta tropical úmida. Especificamente avaliou-se: i) as concentrações de ortofosfato em chuva, *throughfall* (chuva não-interceptada) e de *litter leachate* (solução do solo que percola através da camada de liteira); ii) a estabilidade de PO_4^{3-} presente nas amostras durante a permanência destas no campo.

2. Métodos:

A área de estudo localiza-se na Floresta Nacional do Tapajós, cerca de 60 km da cidade de Santarém, Estado do Pará, na Amazônia brasileira. A precipitação anual nesta floresta varia grandemente (600 a 3000 mm) com média de 2000 mm. Trata-se de uma floresta de Terra Firme situada sobre platô a 90 metros do nível do Rio Tapajós, com latossolos muito argilosos (60% de argila) e ácidos (pH = 4,2), e mineralogia dominada pela caolinita. O dossel florestal nesta área atinge a altura de 30 m. O período amostral de 6 meses (16 de janeiro a 17 de julho de 2002) ocorreu durante a estação chuvosa.

Para a amostragem da chuva interna (*throughfall*) e da água que percola a camada da liteira (*litter leachate*) foram instalados quatro pares de coletores próximos às parcelas do experimento "Seca-Floresta" (Nepstad *et al.*, 2002), onde, sobre uma torre de 30 m, foi instalado um coletor para amostras de chuva.

No dia seguinte aos eventos de chuva contemplados realizaram-se as coletas das amostras retidas nos coletores para estabelecer-se a "verdadeira" concentração de ortofosfato (PO_4^{3-}) nos compartimentos ambientais avaliados. Foram coletadas novas alíquotas das amostras que permaneceram no campo por diferentes períodos de tempo, a saber: 3, 7, e 14 dias após o evento de chuva.

As amostras foram transferidas, dos respectivos coletores, para garrafinhas de polipropileno (60 mL), previamente lavadas com HCl 1,0M e água deionizada, sendo cheias até a boca para minimizar o espaço para o ar, sendo em seguida levadas para um laboratório em Santarém, colocadas sob refrigeração, para serem filtradas através de membranas de policarbonato (poro = 0,4µm), utilizando-se bomba a vácuo, e por fim estocadas em frascos de polipropileno a 4 °C até a realização das análises de PO_4^{3-} por colorimetria (Murphy & Riley, 1962), utilizando-se um espectrofotômetro com passo ótico de 5 cm. O controle de qualidade das análises foi feito através do padrão de referência *SDWA Nutrients* da *Environmental Resource Associates*.

3. Resultados:

Foram nove os eventos de chuvas amostrados (dias 16/01; 19/02; 05/03; 02/04; 19/04; 07/05; 23/05; 17/06 e 03/07), quando realizaram-se as atividades de monitoramento das alterações das concentrações de ortofosfato (PO_4^{3-}) nas amostras coletadas com 3, 7, e 14 dias após o evento de chuva. Para uma melhor apreciação consideremos separadamente cada um dos compartimentos hidrológicos avaliados.

Chuva – Nas amostras de água de chuva, coletadas imediatamente após o evento, a média das concentrações de PO_4^{3-} foi de 0,09mM, com valores variando entre 0,02 e 0,27mM, fato que confirma a baixa entrada de P pelas chuvas no ecossistema estudado.

Os valores de PO_4^{3-} para os dias 1, 3, 7, e 14 após o primeiro evento de chuva foram respectivamente 0,12; 0,05; 0,03; 0,23. No segundo evento estes valores foram 0,27; 0,04; 0,09; 0,07. No terceiro evento os valores foram 0,03; 0,02; 0,02; 0,03. No quarto evento os valores foram 0,07; 0,00; 0,03; 0,02. No quinto evento os valores foram 0,03; 0,04; (sem dado); 0,02. No sexto evento os valores foram 0,04; 0,01; 0,08; 0,04. No sétimo evento os valores foram 0,10; 0,02; 0,02; 0,07. No oitavo evento os valores foram (sem dado); 0,00; 0,01; 0,04. No nono evento os valores foram 0,02; 0,04; 0,03; 0,05.

Estes valores demonstram que as maiores entradas de P ocorreram nos primeiros eventos indicando a limpeza da atmosfera realizada pelas chuvas.

Não observou-se um padrão de variação temporal para as alterações de PO_4^{3-} durante o armazenamento das amostras nos coletores de campo. Verificaram-se 14 dias após os eventos de chuva aumentos na ordem de 90 a 150%, quedas na ordem de 30 a 75%, e nenhuma alteração em duas campanhas de amostragem. Aplicando-se a análise de variância (ANOVA; n=34; p<0,05), observou-se diferença não significativa entre os dias de armazenamento.

Throughfall – Nas amostras da água da chuva interna, coletadas imediatamente após o evento, a média das concentrações de PO_4^{3-} foi de 0,12mM, com valores variando entre 0,03 e 0,23mM. Comparando-se estes valores com os apresentados para a chuva, observa-se uma pequena contribuição do dossel florestal para o enriquecimento em P das águas de chuva.

Os valores de PO_4^{3-} para os dias 1, 3, 7, e 14 após o primeiro evento de chuva foram respectivamente 0,23; 0,17; 0,26; 0,27. No segundo evento estes valores foram 0,08; 0,04; 0,13; (sem dado). No terceiro evento os valores foram 0,03; 0,05; 0,05; 0,56. No quarto evento os valores foram 0,19; 0,12; 0,11; 0,21. No quinto evento os valores foram 0,15; 0,16; (sem dado); (sem dado). No sexto evento os valores foram 0,09; 0,08; 0,05; 0,07. No sétimo evento os valores foram 0,14; 0,32; 0,22; 0,42. No oitavo evento os valores foram (sem dado); 0,16; 0,35; 0,33. No nono evento os valores foram 0,05; 0,16; 0,29; 0,36.

Verificaram-se 14 dias após os eventos de chuva aumentos que variaram na ordem de 7 a 1800%, e apenas uma queda (22% do valor da concentração inicialmente determinada). O aumento das concentrações de PO_4^{3-} durante o armazenamento das amostras de *throughfall* nos coletores de campo foi estatisticamente significativo (ANOVA; n=32; p<0,05).

Litter leachate – Nas amostras da água de percola a camada da liteira sob a superfície do solo, coletadas imediatamente após o evento, a média das concentrações de PO_4^{3-} foi de 0,34mM, com valores variando entre 0,20 e 0,54mM. Comparando-se estes valores com os dos demais compartimentos hidrológicos avaliados, observa-se uma grande contribuição da liteira depositada sob o solo florestal enriquecendo com P as soluções que ciclam neste ecossistema.

Os valores de PO_4^{3-} para os dias 1, 3, 7, e 14 após o primeiro evento de chuva foram respectivamente 0,54; 0,42; 0,45; 0,84. No segundo evento estes valores foram 0,23; 0,20; 0,30; 0,74. No terceiro evento os valores foram 0,20; 0,16; 0,80; 1,22. No quarto evento os valores foram 0,50; 0,39; 0,36; 0,13. No quinto evento os valores foram 0,25; 0,18; (sem dado); 0,65. No sexto evento os valores foram 0,28; 0,19; 0,28; 1,08. No sétimo evento os valores foram 0,52; 1,07; 1,64; 3,18. No oitavo evento os valores foram (sem dado); 0,20; 0,13; 0,54. No nono evento os valores foram 0,22; 0,16; 0,13; 2,52.

Verificaram-se 14 dias após os eventos de chuva aumentos que variaram na ordem de 55 a 1050%, e apenas uma queda (74% do valor da concentração inicialmente determinada). O aumento das concentrações de PO_4^{3-} durante o armazenamento das amostras de *litter leachate* nos coletores de campo foi estatisticamente significativo (ANOVA; n=34; p<0,05).

Por meio da utilização do padrão de referência *SDWA* pode-se constatar a precisão das análises realizadas (CV = 5%). As concentrações do padrão referência variaram entre valores 18% menores e 9% maiores em relação a concentração real do padrão referência. Diante disso, descarta-se a hipótese de que as alterações das concentrações de PO_4^{3-} ao longo do período de estocagem das amostras nos coletores possam ter sido ocasionadas por erros decorrentes de procedimentos analíticos no laboratório.

4. Conclusão:

Atribuiu-se à atividade microbiana como um dos fatores responsáveis pelas alterações observadas nas concentrações de PO_4^{3-} ao longo do período de estocagem das amostras nos coletores, determinando diferentes intensidades nas transformações biogeoquímicas. Estes processos biogeoquímicos foram parcial-

mente regulados pelo tamanho das populações de microrganismos, assim como também pelas características das espécies dos microrganismos presentes nas soluções coletadas.

Outros fatores reguladores destas alterações observadas para PO_4^{3-} podem ter sido as condições de armazenagem das amostras no campo, tanto em termos microclimáticos como devido a diferentes condições de pH e conteúdo de oxigênio nas amostras. Além disso, podem ter ocorrido graus diferenciados de adsorção dos íons de PO_4^{3-} nas paredes dos coletores, decorrentes de diferentes graus na eficiência da lavagem destes.

Fator primordial, no entanto, relaciona-se com a instabilidade do P em solução, a qual varia inclusive com as características das amostras de água, conforme demonstrado em literatura (Haygarth *et al.*, 1995). Da mesma forma, os íons interferentes no processo analítico colorimétrico devem ser considerados.

Todos estes fatores somados determinaram uma variação temporal com aumentos significativos das concentrações de PO_4^{3-} nas amostras da chuva interna (*throughfall*) e da água que percola a camada da liteira (*litter leachate*), ao longo do seu período de estocagem em coletores de campo. Tal aumento, entretanto, não foi observado em amostras de menor conteúdo iônico – as águas de chuva.

5. Bibliografia:

- Jordan, C.F. 1985. Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems: Principles and their Application in Management and Conservation. John Wiley & Sons, New York. pp 181.
- Haygarth, P.M., Ashby, C.D.; Jarvis, S.C. 1995. Short-Term Changes in the Molybdate Reactive Phosphorus of Stored Soil Waters. *J. Environ. Qual.*, 24:1133-1140.
- Lesack, LFW 1995. Export of nutrients and major ionic solutes from a rain forest catchment in the central Amazon. *Wat. Res. Res.* 29:743-758.
- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-36.
- Nepstad D. C.; Moutinho, P.R.; Dias-Filho, M.B.; Davidson, E.A.; Cardinot, G.K.; Markewitz, D.; Figueiredo, R.O.; Viana, N.; Chambers, J.; Ray, D.; Guerrero, J.B.; Lefebvre, P.; Sternberg, L.; Moreira, M.; Barros, L.; Ishida, F.Y.; Tohler, I.; Belk, E.; Kalif, K.; Schwalbe, K. 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production and biogeochemistry of an Amazon Forest. *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2001JD000360, v. 107, n. D20 - 8085,
- Vitousek, P.M. & Stanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forests. *Am. Rev. of Ecology and Systematics* 17:137-167.
- (Agradecimentos: Esta pesquisa foi apoiada pelo *Grant No. NCC5-332 - NASA's Terrestrial Ecology Program - Large-scale Biosphere-Atmosphere (LBA) Project; US National Science grants DEB 9707556 e DEB 0075602*; e pelo CNPq através de bolsa ITI-RHAE para o Programa LBA. Agradecemos ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais pelo apoio em infraestrutura na Floresta Nacional do Tapajós, e ao Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Gilvane A. Portela e Luciana P. da Silva pelo apoio nas atividades de campo e laboratório.)

Monitoramento do fluxo de Radônio-222 do solo em áreas de corte seletivo de madeira e floresta primária dentro da Floresta Nacional do Tapajós e de uma área com constantes modificações no uso do solo no km77 da Rodovia Santarém-Cuiabá.

Risonaldo L. Lima¹, Christopher S. Martens², Oivaldo L. L. Moraes³, Howard Mendlovitz², José Mauro. S. Moura⁴,

Irrene Cibelle G. Sampaio⁵
risonaldo@lbaeco.com.br

Faculdades Integradas do Tapajós¹, Universidade da Carolina do Norte (U.S.A)², Universidade Federal de Santa Maria (RS)³, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz⁴ (SP), Universidade Federal do Pará⁵.

1. Introdução

Os gases como vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxido nitroso (NO₂), ozônio (O₃) e clorofluorcarbonos (CFC's) são gases que causam o efeito estufa, por serem capazes de reter o calor do sol na atmosfera. A produção e destruição desses gases dentro da floresta são mediadas por processos biológicos, reações químicas e por meio de padrões de mudanças entre a camada coberta atmosfera acima desta (TRUMBORE, 1990).

Devido muitos gases traço (CO₂, CO, CH₄, NO₂, N₂O, SO₂, etc.) emitidos pela biosfera serem também bioquimicamente e fotoquimicamente reativos, eles não são traçadores confiáveis dos processos de transporte de gases traço entre a atmosfera e a superfície vegetada (USSLER, 1994).

Desta maneira é imprescindível que as taxas de trocas de gases sejam quantificadas e o mecanismo dos processos de trocas sejam identificados por um método independente. O Radônio-222 tem grande potencial para fornecer uma medida confiável das trocas de gases entre solos e dosséis. Por ser um gás natural radioativo e quimicamente inerte, isso o torna um rastreador de fenômenos físicos que influenciam as trocas de gases entre o solo e atmosfera. A taxa de fluxo de Rn-222 do solo é usada para fazer um balanço do inventário de Rn-222 do dossel, e assim encontrar um coeficiente de difusão de ar para uma determinada área, que posteriormente será utilizada por grupos que trabalham com taxas locais de trocas líquidas do ecossistema (NEE).

Neste trabalho analisamos o fluxo de Rn-222 do solo em três diferentes áreas (Floresta primária, Floresta submetida a corte seletivo e área de cultivo de arroz), comparando as médias dos fluxos entre os meses de julho de 2002 e julho de 2003.

2. Material e Métodos

A pesquisa está sendo realizada na Floresta Nacional do Tapajós, que possui uma área de aproximadamente 600.000 hectares. É limitada ao Oeste pelo Rio Tapajós, ao Leste pela estrada Santarém-Cuiabá (BR-163) e ao Sul pelo Rio Cupari. A unidade é administrada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. A floresta predominante é a floresta tropical densa, ocorrendo algumas áreas de campos naturais em área de vegetação ripária. O clima é quente e úmido, com temperatura média anual de 25°C e umidade do ar de 88%. Na região chove anualmente em média 1.900mm, sobre tudo no período de dezembro a maio (IBAMA, 1999). O solo arenoso (argiloso amarelo distrófico com textura arenosa) representa 30% da área e o solo argiloso (latossolos amarelo distrófico com textura argilosa) representa o restante da área. Os dois solos são bem ácidos (ph de 3.5) e deficientes em nutrientes como fósforo (P), magnésio (Mg) e cálcio (Ca) (SILVER *et al.*, 2000).

As pesquisas incluem estudos de emissão de Radônio-222 em floresta primária (km67), floresta de extração seletiva (km83), e em uma área com constante uso do solo (km77).