

DINÂMICA DE AMÔNIO E NITRATO NO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SOB CULTIVO DE DENDEZEIRO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Izabela Penha de Oliveira Santos¹, Steel Silva Vasconcelos², Osvaldo Ryohei Kato², Carlos José Capela Bispo³, Andresa Cristina da Silva³

RESUMO: A agricultura das últimas décadas tem causando grandes alterações no solo, resultando na perda de produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção. Na Amazônia vem crescendo a procura pela matéria-prima do dendê (*Elaeis guineenses*) para a produção de biodiesel. O presente estudo objetivou analisar a dinâmica de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) em diferentes manejos do solo a fim de melhor compreender a ciclagem de nitrogênio em sistemas agroflorestais sob cultivo de dendê. Foi desenvolvido no município de Tomé-Açu, Pará, onde foram coletadas amostras de solo de 0-10 cm, no tratamento Aduadeiras (T1) e Biodiverso Mecanizado (T2), e, na área de referência. Em todos os tratamentos, o amônio foi mais abundante que o nitrato, podendo estar relacionado com a baixa disponibilidade de N, a uma preferência e captura dos microrganismos e vegetais por nitrato ou lixiviação desse. A taxa de mineralização tendeu a ser mais elevada quando comparada com a de nitrificação, em ambos os períodos de coleta, porém, sua maior atividade se deu na seca. Pode-se considerar que durante o período chuvoso, o excesso de água no solo pode inibir a ação dos microrganismos, diminuindo a mineralização do N. A aeração do solo durante o período seco e a acidez do solo podem ter retardado o processo de nitrificação. Conclui-se que a sazonalidade e o manejo do solo são potenciais fatores determinantes quanto à disponibilização de nutrientes aos sistemas, e, os sistemas aparentam deficiência no processo de nitrificação.

Palavras-chave: Amazônia Oriental, amônio, nitrato, mineralização, nitrificação, *Elaeis guineenses*.

ABSTRACT: The agriculture of the last decades has altered soil properties, resulting on lower productivity and sustainability. In Amazonia the search for palm oil (from *Elaeis guineensis*) to biodiesel production has increased. The objective of the present study was to analyze the ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) dynamics on different soil managements to better understand the nitrogen cycle on agroforestry systems (AFS) with oil palm cultivation, being developed in Tomé-Açu, Pará state. Soil samples were collected from 0-10 cm, on Aduadeiras (T1) and Biodiverso Mecanizado (T2) treatments and in the reference area. In all treatments, ammonium was more abundant than nitrate, what can be related with low N availability, microorganisms and plants' preference to capture nitrate, or nitrate lixiviation. The net mineralization had a tendency to be higher when compared with net nitrification, in both periods, although its activity was higher on dry season. It can be inferred that the oxygen presence on soil particles during the dry season and the soil acidity could have delayed the nitrification process. It can be concluded that seasonality and soil management were potential factors determining system's nutrients availability, and that the system showed net nitrification deficiency.

Keywords: Eastern Amazonia, ammonium, nitrate, N mineralization, N nitrification, *Elaeis guineenses*.

Introdução

A agricultura das últimas décadas foi marcada pela utilização excessiva de insumos, como mecanização, irrigação, fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005), contribuindo para erosão, degradação do solo, emissão de gases do efeito estufa, e,

¹ Estudante de graduação; Universidade do Estado do Pará; E-mail: izabela.santos04@gmail.com;

² Embrapa Amazônia Oriental

³ Natura Inovação e Tecnologias de Produtos Ltda.

consequentemente, perda de produtividade e terras abandonadas. O manejo inadequado do solo resulta em perda de matéria orgânica, afetando a microbiota do solo e, consequentemente, reduzindo a produtividade e a sustentabilidade do sistema de produção (MATSUMOTO; DEMÉTRIO; PERTINHEZ, 2009).

Segundo Santos (2008), na Amazônia vem crescendo a procura pela matéria-prima do dendê (*Elaeis guineenses*) para a produção de biodiesel. Dessa forma, necessita-se encontrar alternativas sustentáveis para o cultivo de dendezeiro na agricultura familiar.

Pesquisas científicas têm buscado o desenvolvimento de sistemas capazes de obter alta produtividade das culturas promovendo uma maior sustentabilidade ao agroecossistema por meio de práticas alternativas de manejo do solo (ARAÚJO; MELO, 2010; FERREIRA *et al.*, 2010). Nesse contexto, sistemas agroflorestais têm sido indicados como uma prática sustentável de produção agropecuária (COSTA; GOEDERT; SOUSA, 2006; GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2006), pois são capazes de manter uma produção que considere aspectos de produtividade biológica e de qualidade ambiental.

Em estudos na Amazônia Oriental, Kato *et al.* (2004) sugeriram que a associação de SAFs com técnicas conservacionistas de preparo de área pode representar uma combinação promissora de manejo sustentável de pequenas propriedades agrícolas. Entre as técnicas conservacionistas recomendadas para a agricultura familiar, destaca-se a trituração manual ou mecanizada, que consiste no preparo de área sem uso do fogo, onde a biomassa aérea da vegetação secundária é cortada e deixada sobre o solo na forma de cobertura morta (mulch).

A degradação dos restos vegetais e animais no solo é um processo biológico fundamental para o ecossistema, em que o carbono é reciclado para a atmosfera, o nitrogênio se torna disponível como amônio e nitrato, e outros elementos associados assumem formas inorgânicas e podem ser assimilados pelas plantas (STEVENSON; COLE, 1999). Neste aspecto, a inclusão de leguminosas fixadoras de nitrogênio é uma estratégia que também deve ser aliada ao manejo dos sistemas de produção em relação ao seu efeito nos estoques de matéria orgânica no solo (ALFAIA, 1997; AMADO *et al.*, 2001) e, consequentemente, sobre a mineralização de N no solo.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) do solo em SAFs sob cultivo de dendê.

Materiais e Métodos

O experimento foi desenvolvido no município de Tomé-Açu, no estado do Pará. A área escolhida para o estudo, denominada Unidade Demonstrativa II (UD2), faz parte do Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar, desenvolvido pela Natura Inovação em parceria com a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açu (CAMTA), EMBRAPA Amazônia Oriental (CPATU) e EMBRAPA Amazônia Ocidental (CPAA), com recursos da Financiadora de Estudo e Projetos

(FINEP). A UD2 está localizada entre as coordenadas geográficas de 02° 20' 59,68037" de latitude sul e 48° 15' 36,06262" de longitude a oeste de Greenwich. Na região predomina Latossolo amarelo argilo-arenoso, com níveis baixos de macro e micronutrientes, pH = 5,1 e matéria orgânica = 2,7% (BAENA; FALESI, 1999). O clima é do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 27,9° C, precipitação de 2.000 a 2.500 mm anuais, com distribuição mensal irregular, tendo um período (final de novembro a final de junho) com maior intensidade de chuvas (BAENA; FALESI, 1999).

Em 2007, foram instalados três sistemas de cultivo de dendezeiro em área de floresta secundária com aproximadamente 10 anos de idade (Figura 1A), sendo estes denominados de Biodiverso sob preparo manual, Biodiverso sob preparo mecanizado, e, Adubadeiras sob preparo mecanizado. Neste estudo foram avaliados os sistemas Biodiverso Mecanizado (T2) e Adubadeiras (T1) conforme Figura 1B. A área de cada sistema é 20.000 m².

A coleta de solo foi realizada em novembro de 2010 (período seco) e em junho de 2011 (período chuvoso). Nos sistemas T1 e T2 foram coletadas com trado quatro amostras simples, na profundidade 0-10 cm. Foram coletadas também amostras na capoeira, área de referência adjacente ao experimento em quatro parcelas de 25 m x 25 m.

As amostras foram armazenadas sob refrigeração até o processamento no laboratório, onde foram peneiradas a 2 mm e mantidas a 4 °C até o momento da análise. Corrigiu-se a umidade das amostras coletadas a cerca de 60% de sua capacidade de retenção de água do solo.

A determinação da concentração de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ em extratos do solo foi realizada pelos métodos colorimétricos adaptados de Keeney (1982) e Yang *et al.* (1998), respectivamente.

As amostras foram extraídas com KCl 1 M após três dias da coleta em campo e no final do período de sete dias de incubação. Foram efetuados os cálculos para obtenção das respectivas taxas líquidas de mineralização e nitrificação, conforme Dias (2008).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Realizou-se a análise descritiva dos dados com o programa Microsoft Excel 2007. O efeito dos tratamentos sobre a dinâmica de nitrogênio foi testado com ANOVA de dois fatores (tratamento e período de coleta). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

As concentrações de amônio diferiram significativamente entre períodos de coleta ($p < 0,05$). Houve efeito marginalmente significativo ($p = 0,056$), para a interação entre época de chuva e seca na capoeira e, no período chuvoso, entre a área de referência com os demais tratamentos (T1 e T2). Não houve diferença entre os sistemas estudados, conforme Figura 2. Para as concentrações de nitrato não se encontrou diferença estatística significativa entre tratamentos e períodos de coleta e, nem entre período chuvoso e seco, mas T1 foi significativamente diferente de T2 (Figura 2).

As concentrações de amônio e nitrato apresentaram comportamento elevado no período chuvoso, sendo o maior valor de amônio encontrado na capoeira ($16,82 \mu\text{g N g}^{-1} \pm 0,08$) e, para nitrato, em T2 ($6,81 \mu\text{g N g}^{-1} \pm 0,13$). Em todos os tratamentos, o amônio foi mais abundante que o nitrato. Na estação seca, os valores de amônio variaram entre 1,60 e $11,30 \mu\text{g N g}^{-1}$, e, os de nitrato entre 1,37 e $6,09 \mu\text{g N g}^{-1}$.

Estes resultados coincidem com valores encontrados para a Amazônia Oriental quanto a maior presença de nitrogênio mineralizado na forma amoniacal nas camadas mais superficiais do solo, de acordo com Alfaia (1997) e Dias (2008). Os valores podem estar relacionados com a baixa disponibilidade de N nesses tratamentos, assim como, a uma preferência e captura dos microrganismos e vegetais pelo nitrogênio mineralizado em forma de nitrato (MARTINELLI, 2003; VERCHOT *et al.*, 1999), como, por exemplo, as leguminosas que, em geral, requerem maior quantidade de N do que outras plantas (McKEY, 1994). As concentrações obtidas também podem estar relacionadas a lixiviação do íon nitrato que é favorecido por sua carga negativa.

A taxa líquida de mineralização foi afetada significativamente pelos tratamentos T1 e T2 no período seco ($p < 0,05$). No período chuvoso, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 3). Para a taxa líquida de nitrificação não houve diferença significativa entre os tratamentos nos períodos seco e chuvoso. Entretanto, a nitrificação foi significativamente maior no período seco do que no chuvoso em T2 (Figura 3).

A taxa líquida de mineralização variou entre 0,60 a $2,42 \mu\text{g N g}^{-1}\text{d}^{-1}$, no período chuvoso, e, no período seco, de 1,81 a $11,25 \mu\text{g N g}^{-1}\text{d}^{-1}$, com maior valor no tratamento T1 ($11,25 \pm 0,96 \mu\text{g N g}^{-1}\text{d}^{-1}$), provavelmente, devido à diversidade de espécies leguminosas desse tratamento. A taxa líquida de nitrificação variou entre -0,031 e $0,70 \mu\text{g N g}^{-1}\text{d}^{-1}$, no período chuvoso, e, na estação seca, -0,12 a $2,14 \mu\text{g N g}^{-1}\text{d}^{-1}$, conforme Figura 3.

A taxa de mineralização foi potencialmente mais elevada quando comparada com a de nitrificação, em ambos os períodos de coleta. Sua maior atividade foi no período seco, o que pode estar relacionado com a possível ocorrência de chuva antes da coleta que pode ter ativado o processo de mineralização. Durante o período chuvoso, o excesso de água no solo pode ter inibido a ação dos microrganismos.

Segundo Neill *et al.* (1997) uma grande quantidade de oxigênio presente entre as partículas de solo influencia nos processos de oxidação do amônio a nitrato, e isto pode explicar os valores das taxas líquidas de nitrificação durante o período seco. Segundo Jordan, Tood e Escalante (1979) a acidez dos solos da Amazônia seria um fator limitante para o desenvolvimento de bactérias nitrificadoras.

Conclusões

A sazonalidade e o manejo do solo (sistemas agroflorestais e uso de leguminosas) são potenciais fatores determinantes quanto à disponibilização de nutrientes aos sistemas.

A ciclagem de nitrogênio aparenta deficiência no processo de nitrificação.



Figura 1. (A) Área sob pousio durante 10 anos; (B) Aspecto do cultivo de dendezeiro em sistema agroflorestal com 21 meses de idade em Tomé-Açu, Pará.

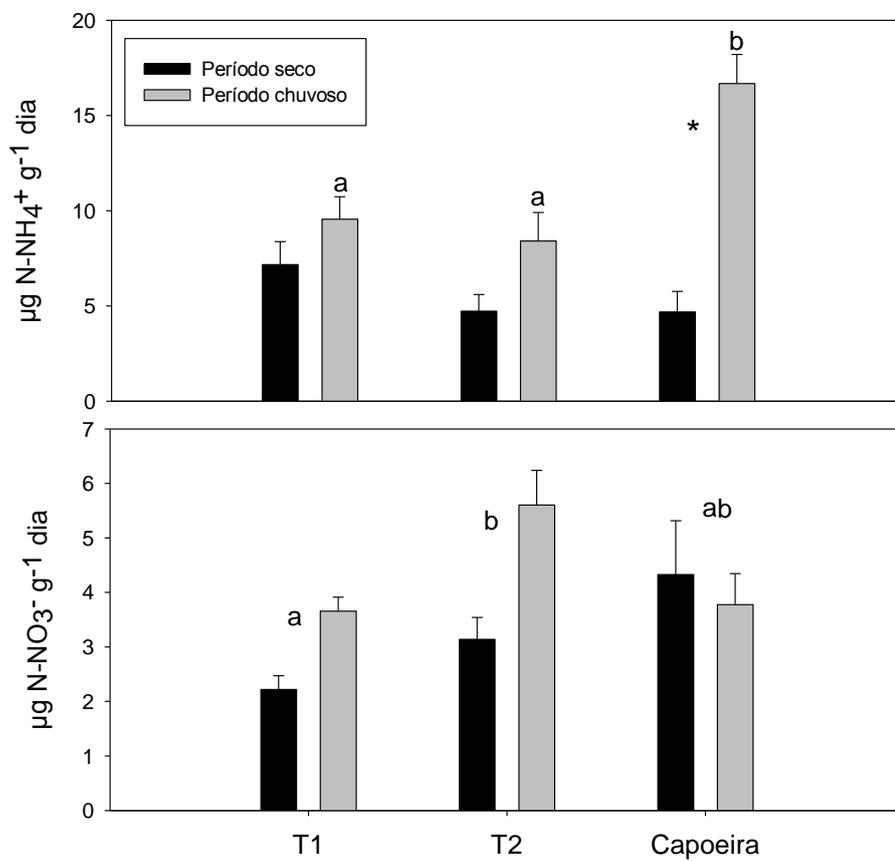


Figura 2. Concentrações de amônio (em cima) e nitrato (em baixo) do solo nos diferentes tratamentos (T1-Adubadeiras; T2- Biodiverso Mecanizado; Capoeira – área de referência) nas diferentes estações (Período seco, n= 18; Período chuvoso, n=20). * significa diferença estatística entre períodos de coleta no tratamento. Letras significam diferença estatística entre tratamentos (em cima) e entre períodos de coleta (em baixo).

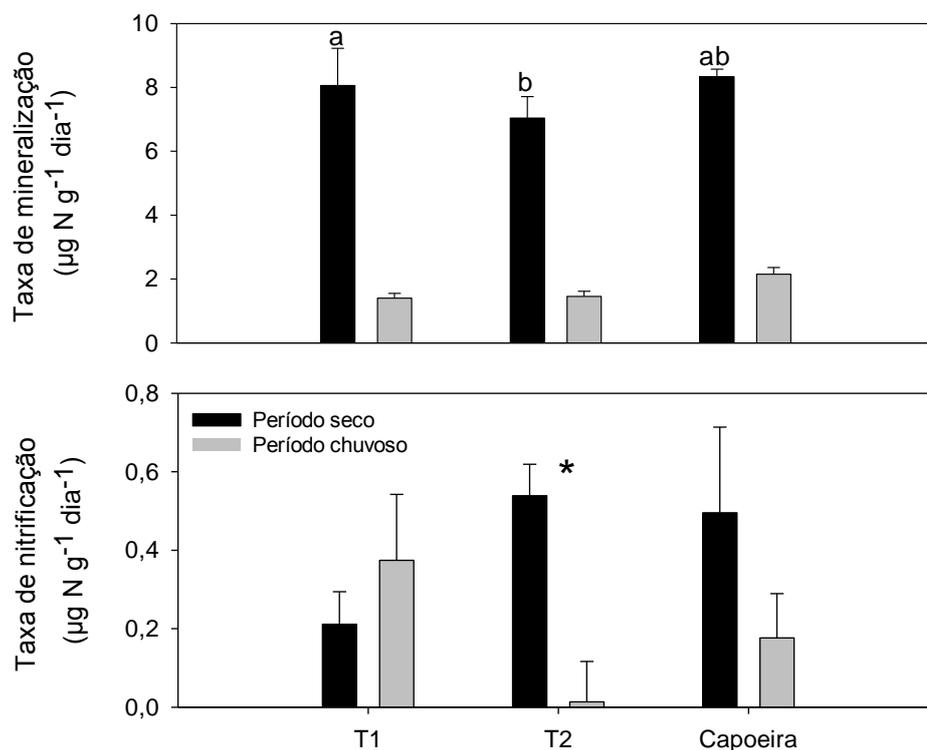


Figura 3. Valores obtidos para taxa líquida de mineralização (em cima) e de nitrificação (em baixo) para todos os tratamentos (T1- Adufadeiras; T2- Biomecanizado e Capoeira – área de referência) nas diferentes estações (Período seco, n= 18; Período chuvoso, n=20). * significa diferença estatística entre períodos de coleta no tratamento. Letras significam diferença estatística entre tratamentos.

Referências Bibliográficas

- ALFAIA, S. S. Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 387-392, 1997.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.
- ARAÚJO, A. S. F. D.; MELO, W. J. D. Soil microbial biomass in organic farming system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2419-2426, 2010.
- BAENA, A. R. C.; FALESI, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na colônia agrícola de Tomé-Açu, estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 23p.
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1185-1191, 2006.
- DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A. M. D.; ASSIS, R. L. D. **Processos biológicos no sistema solo-planta**. 3ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 1, p. 368.

DIAS, J. D. **Dinâmica do amônio e nitrato em solos consorciados com plantios de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) em Aurora do Pará, Pará.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2008.

FERREIRA, E. P. D. B.; SANTOS, H. P. DOS; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 177-183, abril-junho 2010.

GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; BARROS, N. F. DE; GAMA-RODRIGUES, E. F. DA; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. DE A. (Eds.). **Sistemas Agroflorestais: Bases científicas para o desenvolvimento sustentável.** 1a Edição. Ed. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006.

JORDAN, C. F.; TODD, R. L.; ESCALANTE, G. Nitrogen conservation in a tropical rain forest. **Oecologia**, Berlin, v. 39, p. 123-128, 1979.

KATO, O. R.; KATO, M. DO S.; SÁ, T. D. DE A.; FIGUEIREDO, R. DE O. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**, v. 29, p. 99-111, 2004.

KEENEY, D. R. Nitrogen: availability indices. In: PAGE, A. L. **Methods of soil analysis.** Madison: Journal American Society of Agronomy, p. 711-733, 1982.

MARTINELLI, L. A. Element interactions in Brazilian landscapes as influenced by human interventions. In: MELILLO, J.; FIELD, C. B.; MOLDAN, B. **Scope 60: Interactions of the major biogeochemical cycles: Global change and human impacts.** [S.l.]: Islands Press, p. 193-210, 2003.

MATSUMOTO, L. S.; DEMÉTRIO, G. B.; PERTINHEZ, G. N. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob cultivo de olerícolas em diferentes sistemas de uso.** Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel, 2009. 5p.

MCKEY, D. Legumes and nitrogen: the evolutionary ecology of a nitrogen-demanding lifestyle. In: SPRENT, J. L.; MCKEY, D. **Advances in Legume Systematics: Part 5 - The nitrogen factor.** England: [s.n.], p. 211-228, 1994.

NEILL, C. et al. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian amazon. **Ecological Applications**, v. 7, p. 1216-1225, 1997.

SANTOS, A. M. Palma - Riqueza de cachos. **Scientific American Brasil: Amazônia**, v. 2, p. 52-57, 2008.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2a ed. New York: J. Willey, 1999.

VERCHOT, L. V. et al. Land-use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 13, p. 31-46, 1999.

YANG, J. E.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. Simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, v. 62, p. 1108-1115, 1998.