

# ESTUDO DA MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE *CORDIA* E *ERYTHRINA* EM TURRIALBA, COSTA RICA

Osmar VILAS BOAS<sup>1</sup>  
Alejandro C. IMBACH<sup>2</sup>  
Maria Julia MAZZARINO<sup>3</sup>  
Arnim BONNEMANN<sup>4</sup>  
John BEER<sup>5</sup>

## RESUMO

Estudou-se, durante o período de novembro/89 a junho/90, a mineralização do nitrogênio da matéria orgânica do solo. O estudo abrangeu as parcelas agroflorestais com cultivos perenes: café (*Coffea arabica*) com árvore leguminosa de sombra, poró (*Erythrina poeppigiana*); café com árvore madeirável de sombra, laurel (*Cordia alliodora*); cacau (*Theobroma cacao*) com poró e cacau com laurel, num desenho de blocos completos ao acaso, com parcelas divididas ("split plot", café ou cacau). Observou-se que ao término de 30 dias todo o amônio inicial existente nos sistemas é transformado em nitratos. Foi observada uma relação inversa entre a umidade do solo e a mineralização. No entanto o efeito da umidade foi menos marcado que o do tipo de vegetação, uma vez que os sistemas com poró apresentaram a maior taxa de mineralização, apesar de que a umidade no solo foi também maior que nos sistemas com laurel. A quantidade de nitrogênio disponível para as plantas, remanescente no solo, também foi maior nos sistemas com poró.

**Palavras-chave:** Agro-silvicultura, sistemas, liberação de nutrientes, mineralização da matéria orgânica, *Coffea arabica*, *Theobroma cacao*, *Erythrina poeppigiana*, *Cordia alliodora*.

## ABSTRACT

The mineralization of N in soil organic material was studied from November 1989 to June 1990. The following systems were involved: coffee (*Coffea arabica*) with poró, (*Erythrina poeppigiana*) coffee with laurel, cacao with poró, cacao with laurel (*Cordia alliodora*). The experiment has split-plots (coffee or cacao) within random complete blocks (two repetitions) of the shade tree species. After 30 days all of the ammonium found in soil samples had been transformed into nitrate. There was a negative correlation between soil moisture and mineralization rates, but the effect of vegetation (i.e. system) was much stronger. Soil samples from poró systems had the greatest mineralization rates even though their soil moisture was greater than in the soil under laurel systems. Available N for plants (remaining in the soil) was also greater under poró systems.

**Key words:** Agroforestry, systems, nutrient liberation, mineralization of organic material, *Coffea arabica*, *Theobroma cacao*, *Erythrina poeppigiana*, *Cordia alliodora*.

## 1 INTRODUÇÃO

A literatura reporta estudos em sistemas agroflorestais onde se tem avaliado para o componente arbóreo aspectos relacionados com produção de biomassa sob diferentes sistemas de manejo de podas, densidades de plantio e arranjos espaciais e cronológicos, assim como também a produção do cultivo associado. No entanto, sabe-se muito pouco sobre a taxa de

decomposição e liberação de nutrientes, aspectos de fundamental importância que permitiriam ajustar as podas do componente arbóreo aos ciclos dos cultivos e/ou o manejo do cultivo associado às curvas de liberação de nutrientes do folheto em decomposição dependendo do material disponível (ARGÜELLO, 1988).

O presente trabalho pretende avaliar o aporte de nutrientes através da mineralização do nitrogênio da

(1) Instituto Florestal, Caixa Postal 104, 19.800, Assis, S.P., Eng. Agr., M. Sc. Agroflorestaria.

(2) IUCN, Avenue du Mont-Blanc, CH-1196, Gland, Suíça, M. Sc. Agroflorestaria.

(3) Tiscornia, 429, 8400, Bariloche, Argentina, Dr. Sc. Agricultura.

(4) GTZ/CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica, Dr. Silvicultura.

(5) GTZ/CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica, M. Sc. Agroflorestaria.



matéria orgânica do solo, mediante incubação "in situ", em quatro sistemas agroflorestais com cultivos perenes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho realizou-se no Experimento Central "La Montana", do Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, cujas coordenadas geográficas são: 09°52' latitude Norte e 83°38' longitude Oeste, no Vale de Turrialba, a uma altitude de 590 metros acima do nível do mar. A temperatura média anual é de 21,5°C. A precipitação média anual é de 2.642 mm e a umidade relativa média é de 87,5% (JIMENEZ OTAROLA, 1986). Os solos são jovens, formados por materiais depositados sobre sedimentos arenosos.

O Experimento Central "La Montaña" foi estabelecido em 1977, e nele se pretendia, originalmente, comparar diferentes sistemas de produção com cultivos anuais, perenes e florestais, em monocultivos e combinados entre si (ENRIQUEZ, 1979). Por razões de índole financeira, o objetivo original foi substancialmente modificado, e só continuaram os estudos nas parcelas com componentes permanentes, utilizando neste estudo as seguintes:

a) café (*Coffea arabica*), híbrido timor, com laurel (*Cordia alliodora*);

b) café com poró (*Erythrina poeppigiana*);

c) cacau (*Theobroma cacao*) com laurel;

d) cacau com poró.

O delineamento estatístico é de blocos ao acaso com parcelas divididas ("split plot") (IMBACH, 1987). Estabeleceram-se dois blocos e se adotou como parcela grande a implantada com o componente arboreo (laurel ou poró), que se subdividiu em duas para receber os cultivos perenes associados, café ou cacau. Cada uma das parcelas pequenas mede 18 x 36 m. Na FIGURA 1 pode-se observar o plano de distribuição das parcelas no campo onde se realizou o trabalho. As distâncias entre as plantações e as correspondentes densidades por

hectare nas distintas combinações podem ser visualizadas na TABELA 1.

Para a determinação da mineralização do nitrogênio se utilizou o método de incubação "in situ", seguindo a técnica descrita por TROPICAL SOIL BIOLOGY AND FERTILITY PROGRAMME (1987; 1989). As amostras se tomaram em pares: uma delas se extraiu imediatamente para determinar as concentrações iniciais de amônio e nitrato ( $t_0$ ). A outra se extraiu com um tubo de PVC de 75 mm de diâmetro (3") e 25 cm de comprimento. Efetuou-se um buraco ao redor do tubo e se retirou o mesmo com cuidado para evitar que a amostra fosse prejudicada. Cada tubo foi colocado em um saco plástico e se fechou com fita adesiva e se enterrou novamente dentro do buraco na mesma posição que estava ao ser retirado. Ao final de 30 dias se retirou para efetuar as análises de amônio e nitrato ( $t_{30}$ ).

A amostragem se realizou com seis repetições por parcela do sistema agroflorestal nos meses de novembro-dezembro/89, janeiro-fevereiro, março-abril e maio-junho/90. Desta maneira se obteve uma estimativa da mineralização na época úmida (novembro a janeiro) e seca (março a maio). A distribuição dos tubos nas parcelas agroflorestais foi ao acaso mediante coordenadas dentro da parcela útil, considerando como parcela útil a de 14 x 32 m, onde se deixou uma bordadura de 2 m. A mineralização mensal do nitrogênio inorgânico foi calculada da seguinte maneira:  $(NH_4 + NO_3) T_{30} - (NH_4 + NO_3) T_0$ .

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises estatísticas não foram consideradas as variáveis de amônio inicial ( $t_0$ ) nitrato inicial ( $t_0$ ), amônio mineralizado ( $t_{30}-t_0$ ) e nitrato mineralizado ( $t_{30}-t_0$ ). Considerou-se somente o nitrogênio inorgânico inicial total e o nitrogênio mineralizado total. No entanto, como se observa nas FIGURAS 2, 3, 4 e 5, existe uma tendência a uma maior concentração de nitrato em todo o período e praticamente todo o nitrogênio mineralizado se encontra em forma de nitrato.

TABELA 1- Distâncias de plantação e a correspondente densidade de árvores por hectare nas distintas combinações agroflorestais

| SISTEMA      | ESPÉCIE | ESPAÇAMENTO | DENSIDADE        |
|--------------|---------|-------------|------------------|
| Café/laurel  | café    | 2 m x 1 m   | 5.000 plantas/ha |
|              | laurel  | 6 m x 6 m   | 278 árvores/ha   |
| Café/poró    | café    | 2 m x 1 m   | 5.000 plantas/ha |
|              | poró    | 6 m x 3 m   | 555 árvores/ha   |
| Cacau/laurel | cacau   | 3 m x 3 m   | 1.111 plantas/ha |
|              | laurel  | 6 m x 6 m   | 278 árvores/ha   |
| Cacau/poró   | cacau   | 3 m x 3 m   | 1.111 plantas/ha |
|              | poró    | 6 m x 6 m   | 278 árvores/ha   |





FIGURA 1 - Localização das parcelas de estudo no Experimento Central

Observa-se na primeira época uma mineralização baixa de N (menor de  $10 \mu\text{g/g}$  de  $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ ), seguido de um período de imobilização líquida, um aumento marcado na terceira época e uma nova diminuição na quarta época. Na época de maior mineralização, os valores foram significativamente mais altos sob poró que sob laurel (TABELA 2). Isto coincide com a literatura, onde se observa que os solos sob árvores leguminosas apresentam maior mineralização de nitrogênio (BERNHARD-

REVERSAT, 1982; SANTANA & CABALA-ROSAND, 1982; PALM, 1988; OGLESBY, 1990; MAZZARINO et alii, em publicação).

Observa-se nas TABELAS 2 e 3 uma relação inversa entre a umidade e a mineralização, no entanto, o efeito da umidade foi menos marcado que o do tipo de vegetação. Os sistemas com poró apresentaram a maior taxa de mineralização, apesar de que a umidade no solo foi também maior que nos sistemas com laurel. É possí-

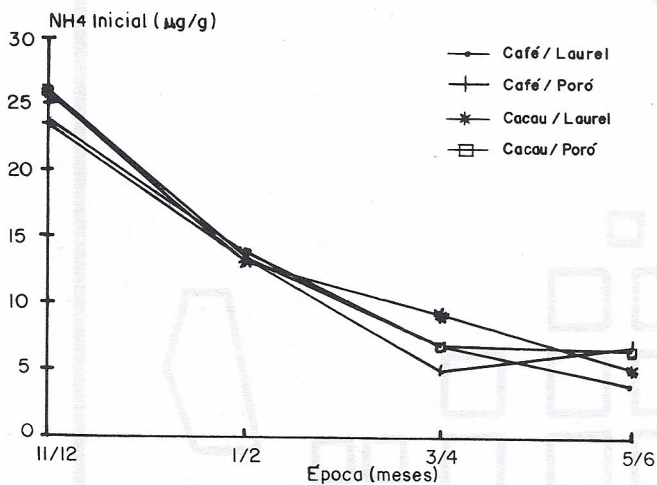


FIGURA 2 - Concentração de  $\text{NH}_4$  inicial por sistema ( $t_0$ )

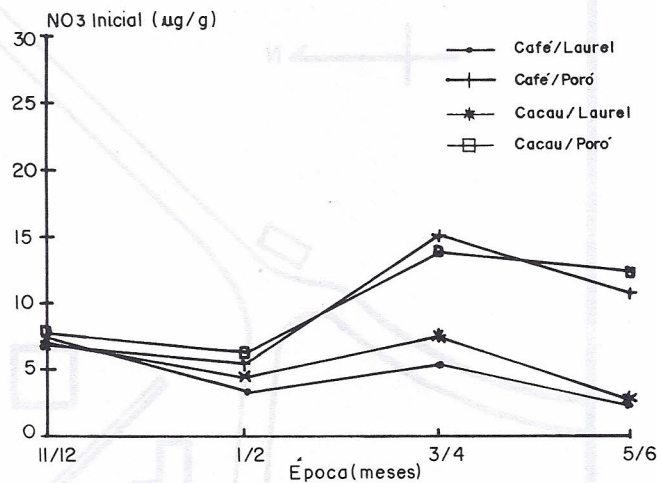


FIGURA 3 - Concentração de  $\text{NO}_3$  inicial por sistema ( $t_0$ )

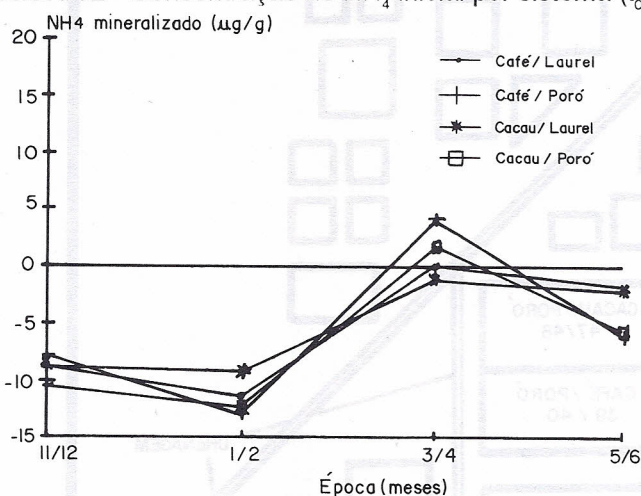


FIGURA 4 - Concentração de  $\text{NH}_4$  mineralizado por sistema ( $t_{30}-t_0$ )

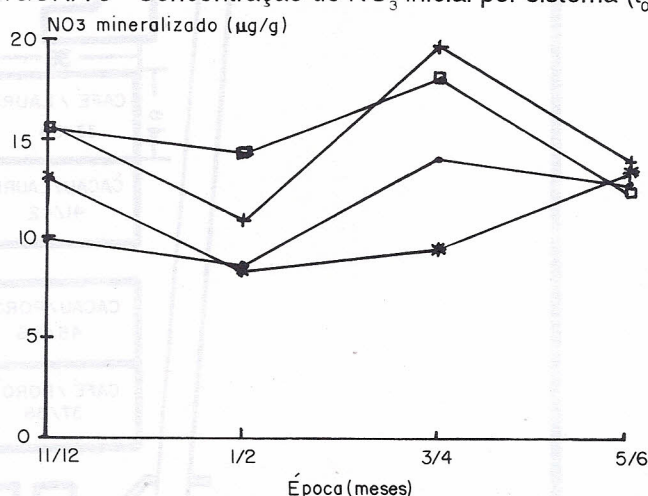


FIGURA 5 - Concentração de  $\text{NO}_3$  mineralizado por sistema ( $t_{30}-t_0$ )

TABELA 2 - Médias de N inorgânico mineralizado ( $\mu\text{g/g}$ ) por sistema e média geral por época

| ÉPOCA<br>(mês) | SISTEMA        |              |                  |                | Média<br>Geral |
|----------------|----------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
|                | Café<br>Laurel | Café<br>Poró | Cacau/<br>Laurel | Cacau/<br>Poró |                |
| Nov-Dez/89     | 0,80           | 7,78         | 4,34             | 5,03           | 4,49 b         |
| Jan-Fev/90     | -2,70          | -2,08        | -0,83            | 2,34           | -0,82 c        |
| Mar-Abr/90     | 14,28          | 23,64        | 8,41             | 19,86          | 16,55 a        |
| Mai-Jun/90     | 10,96          | 7,68         | 11,23            | 6,82           | 9,17 b         |

Obs.: Valores com a mesma letra indicam diferenças não significativas para  $P=0.05$ , Prova de Duncan.

vel que a valores de umidade muito altos a mineralização se veja afetada pela falta de  $\text{O}_2$  (RUNGE, 1983). Por outro lado, os períodos secos, ainda de curta duração, estimulam a mineralização por morte de microorganismos (BERNHARD-REVERSAT, 1982) ou mudanças físicas dos agregados (BIRCH, 1958; 1959; 1960; BOTNER, 1985), o que determinaria uma maior acessibilidade do húmus aos microorganismos pela contração e inchamento dos minerais de argila ou dos delgados revestimentos de

óxidos de ferro e alumínio (SANCHEZ, 1981). DEL VALLE (1976), analisando a mineralização do nitrogênio em solos incubados em laboratório, encontrou um aumento em média cinco vezes maior da mineralização em solos secos e re-umedecidos, que em solos conservados à sua umidade natural.

A quantidade de N que fica no solo (valores iniciais de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) foi alta na primeira época, diminuiu a seguir e se manteve relativamente estável nas três datas



TABELA 3 - Médias de umidade do solo (%) por sistema e média geral por época

| ÉPOCA<br>(mês) | SISTEMA         |               |                  |                | Média<br>Geral |
|----------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
|                | Café/<br>Laurel | Café/<br>Poró | Cacau/<br>Laurel | Cacau/<br>Poró |                |
| Nov-Dez/89     | 38,98           | 42,99         | 41,77            | 44,83          | 42,14 b        |
| Jan-Fev/90     | 42,17           | 44,36         | 43,55            | 47,90          | 44,49 a        |
| Mar-Abr/90     | 32,81           | 37,17         | 35,80            | 40,30          | 36,52 c        |
| Mai-Jun/90     | 33,65           | 35,86         | 37,44            | 40,64          | 36,90 c        |

Valores com a mesma letra indicam diferenças não significativas para P=0.05, Prova de Duncan.

TABELA 4 - Médias de N inorgânico inicial ( $\mu\text{g/g}$ ) por sistema e média geral por época

| ÉPOCA<br>(mês) | SISTEMA         |               |                  |                | Média<br>Geral |
|----------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|
|                | Café/<br>Laurel | Café/<br>Poró | Cacau/<br>Laurel | Cacau/<br>Poró |                |
| Nov-Dez/S9     | 31,14           | 30,38         | 32,57            | 33,62          | 31,93 a        |
| Jan-Fev/90     | 17,19           | 18,89         | 17,46            | 19,88          | 18,36 b        |
| Mar-Abr/90     | 12,32           | 20,13         | 16,58            | 20,56          | 17,40 b        |
| Mai-Jun/90     | 6,19            | 17,46         | 7,86             | 18,67          | 12,54 c        |

Valores com a mesma letra indicam diferenças não significativas para P=0.05, Prova de Duncan.

posteriores (TABELA 4). Vários autores estudando o conteúdo de nitratos em solos de áreas tropicais tem descoberto que existem grandes flutuações estacionais em diferentes condições climáticas. Estas flutuações vão depender da taxa de mineralização, absorção pelas plantas, imobilização, lixiviação, desnitrificação e a possibilidade de ascensão capilar de  $\text{NO}_3$  em períodos muito secos (WETSELAAR, 1961a; 1961b; 1962; SANCHEZ, 1981). No presente estudo os valores foram em geral mais altos nos sistemas com poró, o que indica que a quantidade de N disponível para os cultivos será também maior.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Todo o amônio inicial existente nos sistemas é transformado, ao final de 30 dias, em nitratos.

A maior taxa de mineralização de nitrogênio observou-se à menor umidade no solo e foi maior nos sistemas com poró que nos sistemas com laurel.

A quantidade de nitrogênio disponível para as plantas, remanescente no solo, foi também maior nos sistemas com poró.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGUELLO ARIAS, H., 1988. *Tasa de descomposición y liberación de nutrimentos en el follaje de ocho especies de interés agroforestal en la franja*

*premontano de Colombia*. Costa Rica, Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 132 p. (Tese de Mestrado).

BERNHARD-REVERSAT, F., 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos*, Copenhagen, 38(3): 321-332.

BIRCH, H. F., 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*, Amsterdam, 10: 9-19.

\_\_\_\_\_, 1959. Further observations on humus decomposition and nitrification. *Plant and Soil*, Amsterdam, 11: 262-286.

\_\_\_\_\_, 1960. Nitrification in soils after different periods of dryness. *Plant and Soil*, Amsterdam, 12: 81-96.

BOTTNER, P., 1985. Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with  $^{14}\text{C}$  - and  $^{15}\text{N}$ - labelled plant material. *Soil Biology and Biochemistry*, Nova York, 17: 329-337

DEL VALLE, J. L., 1976. La mineralización del nitrógeno en suelos de cenizas volcánicas de Colombia y su relación con el crecimiento de *Cupressus lusitanica*. *Turrialba*, Turrialba, 26(1): 18-23.

ENRIQUEZ, G., 1979. Ensayo central de cultivos perennes en comparación con algunos anuales. In: TALLER DE SISTEMAS AGROFORESTALES EM AMERICA LATINA, Turrialba, Costa Rica, março 26.30, 1979. Actas... p. 199-202.

IMBACH, A. C., 1987. *Lixiviación de nutrimentos principales en cuatro sistemas agroforestales con cultivos perennes de Turrialba, Costa Rica*. Costa Rica, Turrialba, Centro Agronómico Tropical de



- Investigación y Enseñanza. 167 p. (Tese de Mestrado).
- JIMENEZ OTAROLA, F., 1986. *Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: café-poró y cafélaurel, en Turrialba, Costa Rica*. Costa Rica, Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 104 p. (Tese de Mestrado).
- MAZZARINO, M. J.; OLIVA, L.; NUÑEZ, A.; NUÑEZ, G.; BUFFA, E. s.d. Nitrogen mineralization and soil fertility in the Dry Chaco ecosystem (Argentina). *Soil Science Society of America Journal*, Madison. (Em publicação).
- OGLESBY, K. A., 1990. *Nitrogen mineralization of seven multipurpose tree green manures: rates, patterns and residual effects on soil N mineralization*. Hawaii, University of Hawaii. 71 p. (Tese de Mestrado).
- PALM, C., 1988. *Mulch quality and nitrogen dynamics in an alley cropping system in the Peruvian Amazon*. North Carolina, Raleigh, North Carolina State University. 84 p. (Tese de Doutorado).
- RUNGE, M., 1983. *Physiology and ecology of nitrogen nutrition. In Physiological plant ecology. 3. Responses to the chemical and biological environment*. Ed. by O. L. Lange; N. S. Nobel; C. B. Osmond; H. Ziegler. Berlin, Springer-Verlag. p. 163-200. (Encyclopaedia of Plant Physiology; v. 12C).
- SANCHEZ, P. A., 1981. *Suelos del trópico; características y manejo*. Serie de Libros y Materiales Educativos nº. 48, San Jose, IICA, 660 p.
- SANTANA, M. B. M. & CABALA-ROSAND, P., 1982. Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant and Soil*, Amsterdam, 67: 271-281.
- TROPICAL SOIL BIOLOGY AND FERTILITY PROGRAMME, 1987. *TSBF methods handbook*. Ed. by J. M. Anderson; J. S. I. Ingram. s. l., IUBS, UNESCO-MAB. 77 p.
- TROPICAL SOIL BIOLOGY AND FERTILITY PROGRAMME, 1989. *TSBF: Handbook of methods*. Ed. by J. M. Anderson; J.S.I. Ingram. s.l., IUBS, UNESCO-MAB. 171 p.
- WETSELAAR, R., 1961a. Nitrate distribution in tropical soils. 1. Possible causes of nitrate accumulation near the surface after a long dry period. *Plant and Soil*, Amsterdam, 15(2): 110-120.
- \_\_\_\_\_, 1961b. Nitrate distribution in tropical soils. 2. Extent of apillary accumulation of nitrate during a long dry period. *Plant and Soil*, Amsterdam, 15(2): 121-133.
- \_\_\_\_\_, 1962. Nitrate distribution in tropical soils. 3. Downward movement and accumulation of nitrate in the subsoil. *Plant and Soil*, Amsterdam, 16 (1): 19-31.