

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**POTENCIAL DE MINERALIZAÇÃO DE CARBONO E
NITROGÊNIO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO PARAÍBANO**

MARIA APARECIDA DA SILVA BARBOSA

**Areia-PB
Agosto de 2016**

MARIA APARECIDA DA SILVA BARBOSA

**POTENCIAL DE MINERALIZAÇÃO DE CARBONO E
NITROGÊNIO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO PARAÍBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas Familiares.

Orientador: Aldrin Martin Pérez Marin

Areia-PB
Agosto de 2016

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

B238p Barbosa, Maria Aparecida da Silva.
Potencial de mineralização de carbono e nitrogênio em solos do semiárido
paraibano. / Maria Aparecida da Silva Barbosa. - Areia: UFPB/CCA, 2016.
xi, 44 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Manejo de Solos e Água) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.
Bibliografia.
Orientador: Aldrin Martin Pérez Marin.

1. Solos – Semiárido paraibano 2. Solos – Mineralização 3. Potencial de
mineralização – Emissão de gases I. Marin, Aldrin Martin Pérez (Orientador) II. Título.

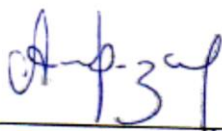
UFPB/CCA CDU: 631.4(043.3)

**POTENCIAL DE MINERALIZAÇÃO DE CARBONO E NITROGÊNIO EM
SOLOS DO SEMIÁRIDO PARAÍBANO**

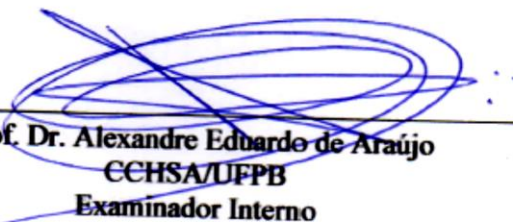
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas Familiares.

Aprovada em 31/08/2016

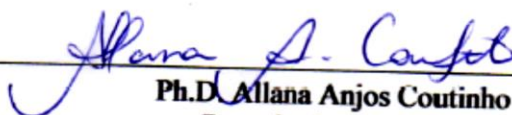
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr Aldrin Martin Pérez Marin
UFPB/INSA
Orientador



Prof. Dr. Alexandre Eduarde de Araújo
CCHSA/UFPB
Examinador Interno



Ph.D. Allana Anjos Coutinho
Pesquisadora - INSA
Examinador Externo

DEDICO

Ao meu marido e filho: Gustavo José e Gustavo Filho, por ser minha fortaleza, pelo estímulo para levar sempre que cair e nunca desistir.

Aos meus pais: Francisca Maria e Francisco Antônio, por sempre me apoiarem em todos os momentos de minha vida e por entenderem minhas ausências.

Ao professor: Ignácio Salcedo Sampaio pela paciência e dedicação.

Aos meus amigos: Jhony Vendrusculo e Ewerton Abrantes, por serem generosos e pacientes “Os de todas as horas para todas as horas”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir vivenciar esse momento.

Aos meus pais Francisco Antônio da Silva e Francisca Maria da Silva pelo amor e incentivo durante toda minha vida.

Ao meu esposo Gustavo José Barbosa e ao meu filho Gustavo José Barbosa Filho, pela compreensão e paciência durante a execução deste trabalho, mesmo distante.

Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pelas facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

Ao Professor Ignácio Salcedo Sampaio pela sua orientação e dedicação durante todo este trabalho.

As minhas amigas da residência feminina Danila, Leandra, Kleitiane, Priscila Nobre, Priscila Vasconcelos e Fatima pelo companheirismo, amizade e incentivo no período em que estive em Areia.

As minhas amigas do INSA, Julia, Sayonara, Maria e Fatima obrigada pela ajuda e apoio durante a execução desse trabalho dentro do Instituto.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Química Orgânica: Antônio, Mariane, João, André, Renato, Jhony, Ewerton e Kaline pelos momentos que passamos juntos e ajuda no que foi necessário durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Bruno Dias e Vânia Fraga pelos conselhos e apoio nos momentos.

Aos amigos, Begna Janine, Isnara, Vanessa, Rodolfo, Victor Felix, Adilson, Alisson Duarte e Flávio pelas palavras ditas nos momentos desânimo e por acreditarem que seria capaz de ir além.

Em especial a minha querida amiga Albanira Duarte, pelo carinho, apoio e por estar sempre presente em todos os momentos dessa minha caminhada.

Com o carinho e apoio de todos vocês o medo, a angústia e as dificuldades foram superados de maneira branda! Pois, um sonho quando sonhado sozinho é apenas um sonho, mas quando esse sonho é compartilhado se torna em realidade.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1. Solos do semiárido..... | 3 |
| 2.2 Formas e liberação de N | 4 |
| 2.2.1 Processo de lixiviação | 4 |
| 2.2.2 Processo de mineralização e imobilização | 5 |
| 2.3 Emissão de CO ₂ e respiração microbiana | 6 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 8 |
| 3.1 Descrição Geral..... | 8 |
| 3.2 Coleta e análise dos solos | 9 |
| 3.3. Implantação do experimento..... | 11 |
| 3.4 Preparo das colunas e incubação dos solos..... | 11 |
| 3.5 Ensaio experimentais..... | 12 |
| 3.5.1 Ensaio 1: Emissão de carbono (C-CO ₂) | 12 |
| 3.5.2 Ensaio 2: Nitrogênio mineral (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺)..... | 13 |
| 3.6 Análises estatísticas | 13 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 15 |
| 4.1. Avaliação do potencial de emissão de Carbono (C-CO ₂)..... | 15 |
| 4.1.1 Avaliação do carbono potencialmente mineralizado - (C-CO ₂)..... | 21 |
| 4.2 Avaliação do potencial de mineralização de Nitrogênio (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺)..... | 22 |
| 4.2.1 Avaliação de nitrogênio potencialmente mineralizado - (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺)..... | 28 |
| 4.3. Análise de agrupamento..... | 28 |
| 4.4. Correlação de Pearson..... | 31 |
| 4.5 Análise de Componentes Principais..... | 32 |
| 5. CONCLUSÕES | 34 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Classificação dos solos nos campos experimentais, semiárido Paraibano. | 8 |
| Tabela 2. Caracterização física dos solos nas áreas experimentais, semiárido paraibano. | 9 |
| Tabela 3. Caracterização química dos solos nas áreas experimentais, semiárido paraibano. | 10 |
| Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e as taxas de emissão de C e N em 26 solos do semiárido Paraibano. | 31 |
| Tabela 5. Autovalores e porcentagem da variância explicativa por cada componente principal (CP), para as variáveis analisadas em 26 campos experimentais, no semiárido paraibano. | 32 |
| Tabela 6. Autovetores dos atributos analisados em relação aos componentes principais 1 (CP1), 2 (CP2) e 3 (CP3), em 26 campos experimentais no semiárido paraibano..... | 33 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribuição dos solos nos municípios do semiárido Paraibano..... | 8 |
| Figura 2. Colunas para percolação e coleta de lixiviado | 11 |
| Figura 3. Adicionando areia lava aos solos estudados | 12 |
| Figura 4. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 15 |
| Figura 5. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Latossolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 16 |
| Figura 6. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Luvisolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 17 |
| Figura 7. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Neossolo Litólico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 18 |
| Figura 8. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Neossolo Flúvico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 18 |
| Figura 9. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Neossolo Regolítico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 19 |
| Figura 10. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Planossolo Nátrico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 20 |
| Figura 11. Emissão de carbono (C-CO ₂) em amostras de Vertissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias..... | 21 |
| Figura 12. Percentual de Carbono potencialmente mineralizado nos 26 solos do semiárido paraibano. | 22 |
| Figura 13. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. | 22 |
| Figura 14. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. | 23 |
| Figura 15. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. | 24 |
| Figura 16. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO ₃ ⁻ e N-NH ₄ ⁺) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. | 25 |

- Figura 17. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. 26
- Figura 18. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. 26
- Figura 19. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. 27
- Figura 20. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias. 27
- Figura 21. Nitrogênio mineralizado pelos solos durante o período de 121 dias de incubação. 28
- Figura 22. Dendrograma do agrupamento por similaridade (UPGMA) das taxas de mineralização de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+), em 26 solos do semiárido paraibano. 30

RESUMO

O potencial de mineralização da matéria orgânica é um parâmetro essencial para o entendimento da dinâmica do C e N no solo, principalmente, quando se enfatiza os solos do semiárido, onde são escassas as informações acerca desse fenômeno. Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de mineralização de C e N em 26 solos do semiárido paraibano. Em colunas de incubação, amostras respectivas à 26 solos do semiárido paraibano foram incubadas, e semanalmente até o período de 121 dias, foram coletado o material lixiviado para a determinação de C, N nítrico e amoniacal. Com bases nos valores acumulados na série temporal, determinou-se os parâmetros do modelo de cinética, estimando-se a taxa de emissão de C, e mineralização de N. Concluiu-se que: em condições favoráveis, a emissão de C-CO₂ para atmosfera é mais intensa até o 91º dia, onde a taxa de emissão encontra-se superior à 99,1%, independentemente do tipo de solo; o potencial de emissão de C-CO₂ no semiárido paraibano segue a ordem: Latossolo > Vertissolo > Neossolo Regolítico > Luvisolo > Planossolo Nátrico > Cambissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico, com valores médios de 954,65, 753,46, 590,27, 546,99, 427,97, 408,36, 388,19 e 340,95 mg g⁻¹ de solo, respectivamente; Na mineralização de NO₃⁻, todos os solos tenderam a estabilização aos 56 (dias) de incubação, com taxa acumulada superior 96,1%, enquanto que, o NH₄⁺ variou entre os solos, com valores entre 59,4 e 86,1% no mesmo período; a taxa de emissão de C teve grande influência dos atributos químicos do solo, em especial a CTC efetiva, a CTC potencial, a soma de bases, e o teor de matéria orgânica; a taxa de mineralização de N não teve expressiva diferença entre os solos.

Palavras-chave: Emissão de gases; amonificação; nitrificação; matéria orgânica; atividade microbiana;

ABSTRACT

The potential for mineralization of organic matter is an essential parameter for understanding the dynamics of C and N in the soil, especially when it emphasizes the semi-arid soils where there's lacks of information about this phenomenon. This study aimed to evaluate the potential mineralization of C and N in 26 Paraíba semiarid soils. In incubation columns, respective samples to 26 Paraíba semiarid soils were incubated, and weekly until the period of 121 days were collected leachate material for the determination of C, N nitric and ammoniac. With bases in accumulated values in the time series, it was determined the parameters of the kinetic model, estimating the C emission, and N mineralization rate. It was concluded that: under favorable conditions, the emission of C-CO₂ to atmosphere is increased until the 91 th day where the emission rate is greater than 99.1%, regardless of soil type; the potential emission of C-CO₂ in the Paraíba semi-arid follows the order: Ferralsol > Vertisol > Regosol > Luvisol> Solonetz > Cambisol > Fluvisol> Litosol (FAO/WRB), with mean values of 954.65, 753.46, 590.27, 546.99, 427.97, 408.36, 388.19 and 340.95 mg g⁻¹ soil, respectively; In mineralization of NO₃⁻, all soils tended to stabilize at 56 (days) incubation with upper cumulative rate 96.1%, while the NH₄⁺ ranged from soil, with values between 59.4 and 86.1% in the same period; C emission rate had great influence of soil chemical properties, especially effective CEC, the potential CEC, the sum of bases, and organic matter content; N mineralization rate had no significant difference between soils.

Keywords: Gases emission; ammonification; nitrification; organic matter; microbial activity.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio nos solos das regiões tropicais e subtropicais é um dos elementos limitantes para produtividade das culturas, sendo necessário a aplicação de adubos nitrogenados para a obtenção de respostas significativas na produção (Amado, 1997). Os adubos orgânicos liberam o N gradativamente para a planta, conforme é mineralizado, reduzindo as perdas. Por isso, são considerados mais eficientes que os adubos minerais, que são facilmente solubilizados, facilitando a perda de N pelos processos de volatilização e lixiviação. A disponibilização de N, proveniente de adubos orgânicos, é dependente de vários fatores como clima (precipitação, temperatura e etc.) e qualidade da matéria orgânica (ex. relação C/N), que influenciam os processos de decomposição e mineralização do material.

Os microrganismos do solo necessitam de água para várias atividades durante seu ciclo de vida. De acordo com Moreira & Siqueira (2006a), o crescimento microbiano só é possível em atividade hídrica (aw) entre 0,998 e 0,6, com potencial hídrico ótimo para a atividade microbiana de - 0,01 MPa. Estes autores também citam a importância da temperatura do solo para atividade microbiana, que apresentam maiores atividades com temperaturas entre 25 e 35°C, sendo que temperaturas baixas resultam em leves mudanças conformacionais das proteínas, em função do enfraquecimento das ligações que controlam estruturas terciárias, e temperaturas altas afetam funções metabólicas, causando mudanças estruturais nas moléculas e desnaturação de proteínas.

A qualidade da matéria orgânica influencia os teores de N disponível para a planta, a exemplo da relação C/N, que ao se elevar, reduz a mineralização do material e aumenta a imobilização pelos microrganismos do solo (Touchton & Hargrove, 1982; Rice & Smith, 1984; Pöttker & Roman, 1994; Carpenter-Boggs et al., 2000). De um modo geral, observa-se que resíduos contendo baixos teores de nitrogênio e fósforo, e altos teores de polifenóis e lignina, apresentam baixa taxa de decomposição e liberação lenta de nutrientes (Santos, 2000). Além da qualidade da matéria orgânica, constata-se que o manejo dos resíduos e os atributos físicos e químicos do solo, também influenciam no acúmulo destes nutrientes no solo (Carvalho, 2005; Aita & Giacomini, 2003).

A atividade metabólica da população microbiana no solo pode ser analisada através da quantidade de CO₂ liberada pela respiração dos microrganismos (Zibilske, 1994), aeróbios e anaeróbios (Gama-Rodrigues et al., 2005). Neste contexto, verifica-se

que o monitoramento da emissão de CO₂ no solo, permite a avaliação da mineralização da matéria orgânica ao longo do tempo. O conhecimento do padrão temporal da decomposição dos resíduos orgânicos é essencial para o entendimento do processo de mineralização de nitrogênio e de outros nutrientes requeridos pelas plantas (Freitas et al., 2012; Kwabiah et al., 2000).

Ainda são poucos os estudos relacionados ao processo de mineralização de N em solos do Semiárido brasileiro. Em função da importância da dinâmica da decomposição da matéria orgânica e disponibilização de N para as plantas, e para o manejo adequado de solos, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a atividade microbiana e o potencial de mineralização de carbono e nitrogênio em solos da região semiárida paraibana.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Solos do semiárido

O semiárido brasileiro possui uma área de 980.133,079 km², distribuídos por oito estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais (Medeiros et al., 2012). Esta região apresenta como característica, precipitação anual inferior a 800 mm, risco de seca superior a 60% (Brasil, 2007), alta evapotranspiração, elevadas temperaturas (Sampaio & Salcedo, 1997), e solos com baixos teores de P (Menezes et al., 2005), matéria orgânica (Leite et al., 2010) e nitrogênio, tendo em vista que aproximadamente 95% desse elemento no solo encontrasse na forma orgânica (Cantarella, 2007).

A fertilidade, as condições climáticas e a precipitação são tidas como fatores limitantes da produção na região (Reddy, 1983), sendo a água a que mais limita essa produtividade, onde em alguns anos sua disponibilidade supri as necessidades das plantas o que reflete em uma alta produção, e em outros anos o índice é crítico, ocasionando danos expressivos e até mesmo a perda total na colheita (Antonino et al., 2000).

A região semiárida apresenta baixos estoques de carbono, em função especialmente da baixa produtividade primária líquida, o que em última análise, tem sido decisivo para aparecimento de processos de degradação do solo (Leite et al., 2010). Neste contexto, observa-se a necessidade de adotar estratégias para elevar o teor de matéria orgânica do solo, uma vez que a mesma aumenta a qualidade do solo ao melhorar as condições químicas (teor de C, CTC, ciclagem de nutrientes e etc), físicas (estabilidade da estrutura, capacidade de infiltração e armazenamento de água, e etc) e biológicas do solo (atividade microbiana) (Silva et al., 1994; Marcante, 2001; Li et al., 2007; Barreto et al., 2009).

A Paraíba é o terceiro Estado com maior número de município na região semiárida no total de 223, o que representa 86,44% de sua área total (56.440 km²) (Brasil, 2007). Esta região apresenta sete ordens de solo: Luvisolos (44,8%), Neossolos (35,4%), Argissolos (9,0%), Planossolos (7,9%), Vertissolos (2,4%), Latossolos (0,3%) e Cambissolos (0,3%) (Embrapa, 2011).

2.2 Formas e liberação de N

O nitrogênio (N) é um elemento essencial às plantas (Mifflin e Lea, 1976; Harper, 1994). Por fazer parte do metabolismo dos vegetais, torna-se um dos principais nutrientes que limitam a produção (Ferreira et al., 2001). Nos solos do semiárido, grande parte do N é proveniente dos resíduos orgânicos, porém, nesta região, além do baixo acúmulo destes resíduos, observa-se que apenas 2% são liberados na forma de NO_3^- , principal forma absorvida pela planta (Machado, 2014).

Vários estudos relatam que nem todo o N contido no material orgânico ou mineral é absorvido pelas plantas. Ao estudar transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e ureia utilizados como adubo na cultura do milho, Scivittaro et al. (2003), asseguram que o N provenientes dos adubos verdes ou mineral, boa parte não é assimilado pelas plantas, pois podem ser perdidos na interação solo/planta ou permanecer no solo para as culturas posteriores.

A disponibilidade de N, além de ser influenciada pela quantidade de matéria orgânica, pode ser afetada pelos processos de volatilização, lixiviação, desnitrificação, mineralização e imobilização (Amado et al., 2000).

Em ambientes com déficit de oxigênio, o nitrogênio já mineralizado na forma de NO_3^- pode ser convertido a N_2 pelo processo de desnitrificação, retornando a atmosfera. Material orgânico com alta relação C/N, potencializa a imobilização de nitrogênio no solo (Monteiro et al., 2002). Em sistema de plantio direto, a imobilização desse nutriente pode estar associada a atividade microbiana (Kitur et al., 1984), principalmente nas camadas mais superficiais do solo, podendo interferir na absorção da N pelas plantas (Vargas & Scholles, 1998).

2.2.1 Processo de lixiviação

Devido alta mobilidade do nitrogênio no solo, a lixiviação é a principal forma de perda desse nutriente (Errebhi et al., 1998). O tipo de solo, o manejo e a aplicação de fertilizantes nitrogenados influenciam nos teores de nitrogênio no solo, principalmente na forma de NO_3^- (Sangoi et al., 2003). Ao contrário de outros nutrientes, por meio da análise de solo, não promove uma segura aplicação e eficiência desse nutriente (Serra, 2006).

Em estudo sobre avaliação da lixiviação de nitrogênio em duas classes de solo, Sangoi et al. (2003), observaram que a forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e o manejo do solo potencializaram as perdas de N por lixiviação. E que a incorporação de ureia no solo como fonte nitrogenada potencializou sua perda quando comprada a aplicada em superfície independente do tipo de solo e do teor de matéria orgânica.

2.2.2 Processo de mineralização e imobilização

A mineralização de N é o processo de transformação do N orgânico para formas inorgânicas (Andreoli, 2001). Este processo é influenciado por diversos fatores edafoclimáticos como temperatura, umidade, textura e pH, pela qualidade do resíduo aportado (frações facilmente decomponíveis ou recalcitrantes), e pela atividade da biomassa microbiana, inclusive pela sua capacidade de fornecer o N inorgânico (Mary et al., 1993; Andersen, 1999; Moreira & Siqueira, 2006).

O aumento do potencial de mineralização de N é alcançado através do suprimento adequado desse nutriente aos microrganismos mineralizadores (Drinkwater et al., 1996), e também pela maior permanência do elemento no solo (Doran et al., 1998). Onde, a relação C/N exerce grande influencia, que apresenta maior taxa quando a relação é menor (Chacón et al., 2011).

A taxa de mineralização do nitrogênio (N) é maior na fase inicial de incubação, e pode variar em função do tipo resíduo orgânico, o que dependente da sua composição química e interação com o solo. Em estudo para avaliar a dinâmica de mineralização de N de resíduos orgânicos, Carneiro et al. (2013), ao utilizar cinco fontes de esterco (bovino, equino, codorna, galinha, suíno) concluiu que, com exceção ao demais no esterco de galinha e codorna, ocorreu imobilização N. De acordo com Carmago (1997), a taxa mineralização do nitrogênio orgânico distingue-se entre solos estudados, possibilitando a separação de acordo com o potencial de mineralização.

O N inorgânico ao ser liberado do processo de mineralização pode ser imobilizado na biomassa microbiana (Marques et al., 2000; Hutchison & Walworth, 2007), esses processos ocorrem concomitantemente no solo. A taxa de imobilização esta relacionada a atividade microbiana, sendo verificado que a partir de um material orgânico com relação C/N acima de 30:1 e uma temperatura ambiental acima de 35° C, essa taxa aumenta em função da necessidade da utilização do N mineral para manutenção da atividade microbiana do solo (Moreira & Siqueira, 2006b).

2.3 Emissão de CO₂ e respiração microbiana

O dióxido de carbono (CO₂) é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, e por estar sendo emitido em grandes quantidades nas últimas décadas, tem colaborado no aquecimento global. No caso do Brasil, 75% da emissão de CO₂ é proveniente da supressão da vegetação natural, destacando-se o desmatamento na Amazônia e as queimadas no Cerrado, englobadas na atividade de mudança no uso da terra e florestas (IBGE, 2010). Além dessas, outras atividades antrópicas podem provocar o aumento de CO₂ na atmosfera, afetando a sustentabilidade dos ecossistemas (Moreira & Siqueira, 2006), a exemplo do revolvimento do solo para o plantio convencional (Giacomini & Aita, 2008), que expõe o material orgânico e aumenta a aeração, estimulando a atividade microbiana do solo.

Em virtude dos problemas ocasionados pelo aquecimento global, o uso de práticas de manejo que resultam em incrementos no conteúdo de carbono no solo, tem sido estimulado. Um exemplo é o plantio direto, que tendem a apresentar valores mais elevados de biomassa microbiana que o plantio convencional, por apresentar melhor condições ao desenvolvimento dos microrganismos, proporcionando diminuição no quociente metabólico (qCO₂), e conseqüentemente, menor perda de carbono do solo (Balota et al., 1998). Porém, verifica-se na literatura resultados controversos com relação as taxas de liberação de CO₂ em função da quantidade de matéria orgânica, onde alguns autores citam que as taxas são proporcionais às quantidades de resíduos orgânicos incorporados no solo (Sampaio & Salcedo, 1982), e outros que a liberação sofre estabilização quando aplicadas doses elevadas (Quadro et al., 2011).

A respiração microbiana é quantificada a parti da oxidação da matéria orgânica do solo pelos microrganismos aeróbios, o qual pode ser estimado pela a emissão de CO₂ (Moreira & Siqueira, 2006). A respiração do solo é dada pela a soma total das funções metabólicas que resultam na produção de CO₂, e que tenham relações com abiótica do solo, como a umidade, temperatura e areação (Joice, 2012). Os principais responsáveis pela emissão de CO₂, são os fungos e bactérias por meio da degradação do material orgânico (Silva et al., 2007).

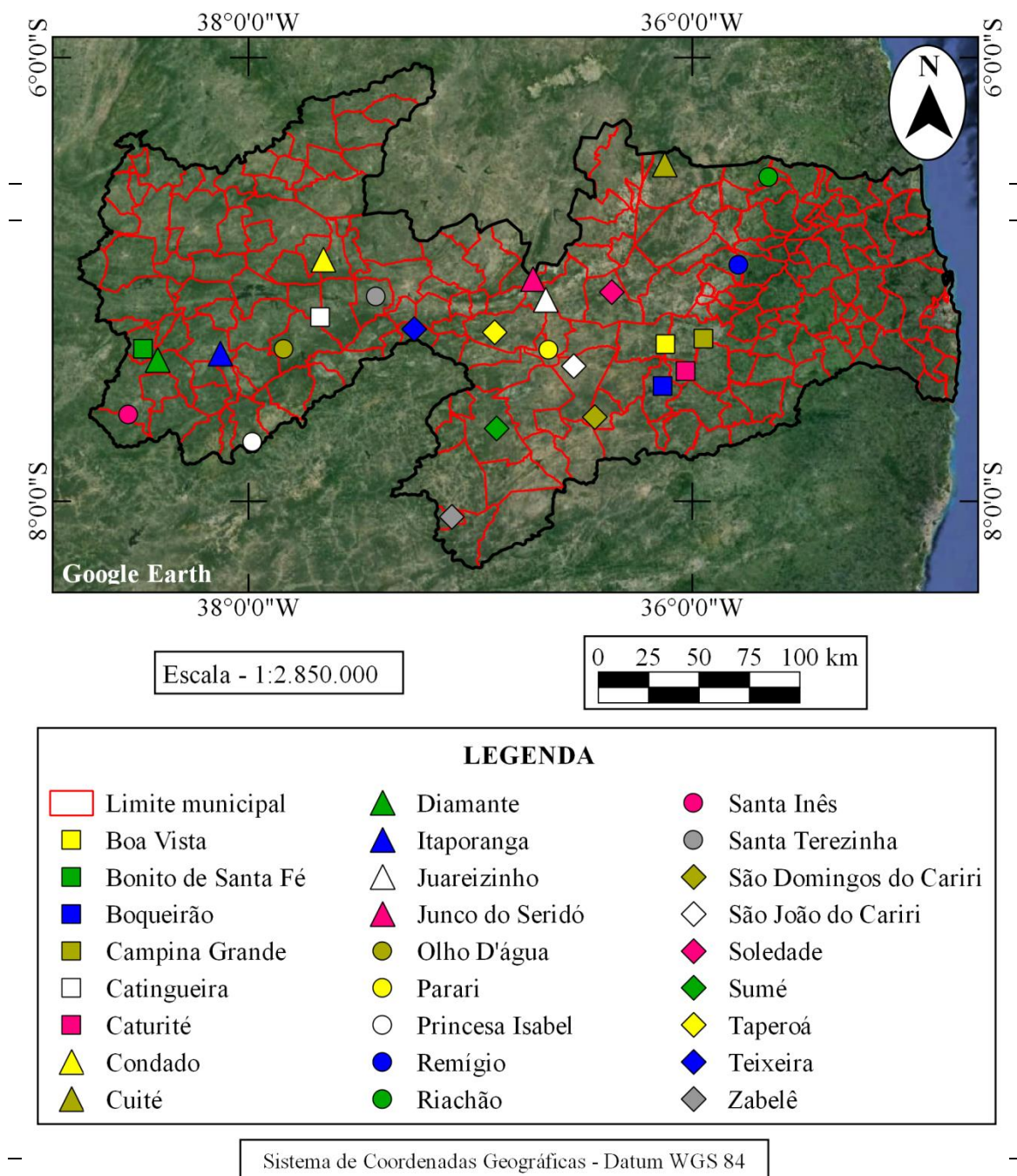
No solo a respiração pode ser variável, onde o que determina essa variabilidade é a disponibilidade de material orgânico, temperatura e umidade (Brokes, 1995). A

aferição da respiração é feita utilizando como referência a velocidade da decomposição do material orgânico ou de outro material aportado ao solo (Severino et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição Geral

O trabalho foi desenvolvido em 26 municípios do semiárido paraibano cultivados com palma forrageira. Distribuídos nas microrregiões de Campina Grande, Curimataú Ocidental e Oriental, Cariri Oriental e Ocidental, Seridó Oriental e Ocidental, Cajazeiras, Itaporanga, Piancó, Serra de Teixeira e Patos (Figura 1) e (Tabela 1).



3.2 Coleta e análise dos solos

As amostras de solos foram coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade. Após coletadas foram levadas ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), onde foram secas ao ar e peneiradas na malha de 2 mm. Posteriormente, realizou-se a caracterização física e química do solo. A caracterização física do Solo foi realizada no Laboratório de Física do Solo do DSER, no qual foram feitas a granulometria pelo método do densímetro, e densidade solo (DS) de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2011) (Tabela 2). Para caracterização química determinou-se pH em água, P, Na⁺ e K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H+Al (EMBRAPA, 2011), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) (LECO) (Tabela 3), soma de bases, CTC efetiva, CTC a pH 7,0, saturação por bases e saturação por alumínio.

Tabela 2. Caracterização física dos solos nas áreas experimentais, semiárido paraibano.

| Campo Experimental | Município | Areia | | | Silte | Argila | Densidade do solo |
|--------------------|------------------------|--------------------------------|------|-------|-------|--------|--------------------|
| | | Grossa | Fina | Total | | | |
| | | ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | g cm ⁻³ |
| 1 | Boa Vista | 231 | 363 | 594 | 238 | 168 | 1,47 |
| 2 | Campina Grande | 338 | 461 | 799 | 108 | 93 | 1,51 |
| 3 | Bonito de Santa Fé | 279 | 271 | 550 | 183 | 267 | 1,20 |
| 4 | Caturité | 260 | 205 | 465 | 211 | 324 | 1,19 |
| 5 | Diamante | 341 | 256 | 597 | 181 | 222 | 1,27 |
| 6 | Itaporanga | 115 | 403 | 518 | 326 | 156 | 1,24 |
| 7 | Juazeirinho | 233 | 317 | 550 | 261 | 189 | 1,39 |
| 8 | São Domingos do Cariri | 355 | 286 | 641 | 215 | 144 | 1,37 |
| 9 | Parari | 158 | 579 | 737 | 206 | 57 | 1,42 |
| 10 | Princesa Isabel | 288 | 224 | 512 | 296 | 192 | 1,29 |
| 11 | Santa Inês | 273 | 349 | 622 | 280 | 98 | 1,42 |
| 12 | Zabelê | 411 | 259 | 670 | 179 | 151 | 1,48 |
| 13 | Santa Terezinha | 509 | 322 | 831 | 117 | 52 | 1,42 |
| 14 | Sumé | 338 | 254 | 592 | 211 | 197 | 1,35 |
| 15 | Junco do Seridó | 555 | 332 | 887 | 50 | 63 | 1,50 |
| 16 | Taperoá | 332 | 312 | 644 | 228 | 128 | 1,35 |
| 17 | São João do Cariri | 172 | 641 | 813 | 144 | 43 | 1,48 |
| 18 | Riachão | 370 | 408 | 778 | 125 | 97 | 1,31 |
| 19 | Boqueirão | 251 | 368 | 619 | 226 | 155 | 1,18 |
| 20 | Teixeira | 291 | 327 | 615 | 229 | 156 | 1,37 |
| 21 | Soledade | 323 | 440 | 763 | 153 | 84 | 1,51 |
| 22 | Remígio | 167 | 389 | 556 | 256 | 188 | 1,31 |
| 23 | Cuité | 327 | 375 | 702 | 174 | 134 | 1,31 |
| 24 | Condado | 127 | 303 | 430 | 417 | 153 | 1,34 |
| 25 | Olho D'água | 115 | 290 | 405 | 446 | 149 | 1,29 |
| 26 | Catingueira | 226 | 219 | 445 | 427 | 128 | 1,30 |

Tabela 3. Caracterização química dos solos nas áreas experimentais, semiárido paraibano.

| Campo Experimental | Município | Textura | pH (H ₂ O) | P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ +Al ³⁺ | SB | t | T | V | m | COT | NT | |
|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------|--|------------------|-----------------|------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|---------------|-------|--------------------------|------|--|
| | | | 1:2,5 | ---- mg kg ⁻¹ ---- | | ----- cmol _c kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | ----- % ----- | | -- g kg ⁻¹ -- | | |
| 1 | Boa Vista | Franco Arenoso | 5,8 | 8,55 | 35 | 1,25 | 1,05 | 0,04 | 0,00 | 1,13 | 2,43 | 2,43 | 3,56 | 68,26 | 0,00 | 4,14 | 1,39 | |
| 2 | Campina Grande | Areia Franca | 7,4 | 37,40 | 172 | 6,97 | 3,53 | 0,07 | 0,00 | 1,39 | 11,01 | 11,01 | 12,4 | 88,79 | 0,00 | 16,21 | 1,48 | |
| 3 | Bonito de Santa Fé | Franco Arenoso | 7,7 | 62,60 | 121 | 7,47 | 1,13 | 0,04 | 0,00 | 0,14 | 8,95 | 8,95 | 9,09 | 98,46 | 0,00 | 18,88 | 1,55 | |
| 4 | Caturité | Franco | 7,5 | 23,20 | 39 | 8,99 | 3,20 | 0,07 | 0,00 | 1,38 | 12,36 | 12,36 | 13,74 | 89,96 | 0,00 | 13,74 | 1,20 | |
| 5 | Diamante | Franco Arg. Arenoso | 7,8 | 30,90 | 176 | 3,40 | 1,38 | 0,05 | 0,00 | 0,72 | 5,28 | 5,28 | 6,00 | 88,00 | 0,00 | 5,44 | 3,89 | |
| 6 | Itaporanga | Franco | 7,0 | 7,52 | 70 | 13,77 | 1,79 | 0,07 | 0,00 | 1,47 | 15,81 | 15,81 | 17,28 | 91,49 | 0,00 | 4,44 | 0,48 | |
| 7 | Juazeirinho | Franco Arenoso | 7,3 | 9,18 | 125 | 4,38 | 0,72 | 0,15 | 0,00 | 0,72 | 5,57 | 5,57 | 6,29 | 88,55 | 0,00 | 4,43 | 0,55 | |
| 8 | São D. do Cariri | Franco Arenoso | 6,5 | 8,69 | 103 | 8,98 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 1,27 | 9,30 | 9,30 | 10,57 | 87,98 | 0,00 | 7,53 | 0,86 | |
| 9 | Parari | Franco Arenoso | 9,3 | 7,48 | 207 | 5,55 | 0,21 | 1,30 | 0,00 | 0,50 | 7,59 | 7,59 | 8,09 | 93,82 | 0,00 | 5,88 | 1,34 | |
| 10 | Princesa Isabel | Franco | 7,4 | 20,54 | 313 | 7,49 | 0,66 | 0,64 | 0,00 | 0,89 | 9,59 | 9,59 | 10,48 | 91,51 | 0,00 | 9,27 | 0,00 | |
| 11 | Santa Inês | Franco Arenoso | 6,2 | 5,52 | 39 | 6,06 | 2,78 | 0,07 | 0,00 | 2,52 | 9,01 | 9,01 | 11,53 | 78,14 | 0,00 | 16,36 | 1,66 | |
| 12 | Zabelê | Franco Arenoso | 6,6 | 4,45 | 238 | 7,65 | 2,51 | 0,05 | 0,00 | 2,45 | 10,82 | 10,82 | 13,27 | 81,54 | 0,00 | 7,21 | 2,16 | |
| 13 | Santa Terezinha | Areia Franca | 6,6 | 2,98 | 152 | 11,5 | 13,00 | 0,07 | 0,00 | 1,94 | 24,96 | 24,96 | 26,90 | 92,79 | 0,00 | 3,27 | 1,73 | |
| 14 | Sumé | Areia Franca | 6,2 | 5,85 | 145 | 7,60 | 1,70 | 0,05 | 0,00 | 2,26 | 9,72 | 9,72 | 11,98 | 81,14 | 0,00 | 9,22 | 1,03 | |
| 15 | Junco do Seridó | Areia | 6,9 | 7,55 | 78 | 7,54 | 2,85 | 0,13 | 0,00 | 1,37 | 10,72 | 10,72 | 12,09 | 88,67 | 0,00 | 5,11 | 2,06 | |
| 16 | Taperoá | Areia Franca | 6,5 | 6,50 | 102 | 5,03 | 1,1 | 0,07 | 0,00 | 1,83 | 6,46 | 6,46 | 8,29 | 77,93 | 0,00 | 8,50 | 2,29 | |
| 17 | São João do cariri | Areia Franca | 6,5 | 6,31 | 51 | 9,8 | 0,12 | 0,06 | 0,00 | 2,30 | 10,38 | 10,38 | 12,68 | 81,86 | 0,00 | 2,90 | 1,95 | |
| 18 | Riachão | Franco Arenoso | 5,3 | 0,79 | 176 | 4,30 | 0,84 | 0,15 | 1,16 | 2,83 | 5,55 | 6,90 | 8,57 | 64,76 | 17,00 | 9,40 | 2,59 | |
| 19 | Boqueirão | Franco Arenoso | 5,5 | 0,75 | 149 | 1,25 | 0,76 | 0,04 | 0,71 | 1,31 | 2,18 | 3,14 | 3,49 | 62,46 | 22,60 | 2,61 | 1,98 | |
| 20 | Teixeira | Franco Arenoso | 6,7 | 10,90 | 66 | 5,70 | 0,43 | 0,05 | 0,00 | 1,45 | 6,63 | 6,63 | 8,08 | 82,05 | 0,00 | 12,01 | 2,74 | |
| 21 | Soledade | Franco Arenoso | 7,2 | 16,80 | 141 | 2,48 | 0,7 | 0,10 | 0,00 | 0,29 | 3,66 | 3,66 | 3,95 | 92,66 | 0,00 | 4,45 | 1,96 | |
| 22 | Remígio | Franco Arenoso | 7,0 | 27,20 | 90 | 4,57 | 0,23 | 0,04 | 0,00 | 0,66 | 5,01 | 5,01 | 5,67 | 88,36 | 0,00 | 2,13 | 1,81 | |
| 23 | Cuité | Franco Arenoso | 6,6 | 10,12 | 102 | 6,10 | 0,00 | 0,05 | 0,74 | 0,78 | 6,51 | 7,25 | 7,29 | 89,30 | 10,2 | 8,18 | 2,16 | |
| 24 | Condado | Franco | 7,1 | 18,20 | 141 | 6,31 | 0,00 | 0,38 | 0,00 | 0,27 | 6,92 | 6,92 | 7,19 | 96,24 | 0,00 | 7,68 | 2,18 | |
| 25 | Olho d'Água | Franco | 6,5 | 4,92 | 90 | 6,70 | 0,08 | 0,07 | 0,00 | 1,67 | 7,11 | 7,11 | 8,78 | 80,98 | 0,00 | 20,76 | 3,05 | |
| 26 | Catingueira | Franco | 6,0 | 12,9 | 102 | 6,00 | 1,28 | 0,14 | 0,00 | 1,13 | 7,78 | 7,78 | 8,91 | 87,32 | 0,00 | 4,31 | 1,87 | |

Potencial hidrogeniônico ou acidez ativa (pH), Fósforo disponível (P), Potássio Disponível (K⁺), Cálcio trocável (Ca²⁺), Magnésio trocável (Mg²⁺), Sódio disponível (Na⁺), Alumínio (ou acidez) trocável (Al³⁺), Acidez potencial (H⁺+Al³⁺), Soma de Bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), Saturação por bases (V), Saturação por alumínio (m), Carbono orgânico total (COT), Nitrogênio total (NT).

3.3. Implantação do experimento

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Unidade de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em Campina Grande – PB, no período de setembro de 2015 a janeiro de 2016.

3.4 Preparo das colunas e incubação dos solos

O trabalho foi realizado em ambiente protegido, os solos foram incubados e colunas de PVC, com 4 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Na parte superior da coluna colocou-se uma tampa de borracha, e na parte inferior um tubo de látex preso com um grampo para evitar a entrada de ar dentro do sistema e ainda foram dispostos em triplicatas com três testemunhas, totalizando 81 unidades experimentais (Figura 2).



Figura 2. Colunas para percolação e coleta de lixiviado

Em cada coluna utilizou-se 50 g de substrato, formado por solo + areia. A areia, lavada em água deionizada e peneirada em malha de 1 mm, foi adicionada levando-se em consideração os teores de areia total e carbono orgânico em cada solo, e a equação proposta por Lueking & Schepers (1986).

Equação 1: Solo/Areia = $0,652 + 0,293 * AR - 0,135 (COT)$ $R^2 = 0,99$

Onde: AR = teor de areia em (%); CO = teor de carbono orgânico (%).

A areia lava foi adicionada aos solos para que houvesse as mesmas condições no momento da coleta do lixiviado durante a percolação nas amostras (Figura 3).



Figura 3. Adicionando areia lava aos solos estudados

3.5 Ensaaios experimentais

O experimento foi dividido em dois em ensaios:

- Ensaio 1 - Emissão de carbono (C-CO₂); e
- Ensaio 2 - Nitrogênio mineral, na forma de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺).

3.5.1 Ensaio 1: Emissão de carbono (C-CO₂)

Foi colocado pendurado dentro da coluna de incubação um recipiente de vidro com 5 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ para a captura do CO₂ emitido pelo solo. As colunas foram abertas com intervalos semanais, para retirada e reposição do NaOH (Alves et al., 1999). O CO₂ foi determinado utilizando o método de oxidação-difusão úmida (Snyder e Trofymow, 1984).

Os resultados dos teores de C foram agrupados com base na classe textural de cada solo amostrado, e suas médias ajustadas numa curva em função do tempo de avaliação, utilizando os valores acumulativos para cada época.

A partir dos valores de C mineralizado ao longo do período de estudo, estimou-se os parâmetros do modelo de cinética proposto Stanford & Smith (1972), adaptado por Alves (1989) (Equação 2).

Equação 2:

$$C_{min} = a * [1 - \exp(- b * t)];$$

Onde C_{min} = C mineralizado (mg g^{-1}), a = valor máximo de C mineralizável (mg g^{-1}), b = taxa de mineralização de C ($\text{mg g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e t = tempo (dia).

3.5.2 Ensaio 2: Nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺)

O N mineral (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻) das amostras foi percolado com 75 ml de solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, em alíquotas de 25 ml, seguida pela aplicação de duas alíquotas de 25 ml de solução nutritiva (CaSO₄ 0,01 mol L⁻¹, MgSO₄ 0,002 mol L⁻¹ e KH₂PO₄ 0,005 mol L⁻¹). O excesso de solução foi removido por vácuo, com pressão de 25 mm Hg, aplicado ao tubo inferior da coluna. As colunas foram abertas com intervalos semanais, para percolação do N mineral (Alves et al., 1999).

O lixiviado coletado foi levado ao laboratório de Matéria Orgânica do Solo, da Universidade Federal da Paraíba, para a determinação dos teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ por colorimetria de fluxo contínuo (FIALab). A partir dos valores de N mineral (N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻) acumulado ao longo do período de análises, estimou-se os parâmetros do modelo de cinética proposto Stanford & Smith (1972), adaptado por Alves (1989) (Equação 3).

Equação 3:

$$N_{min} = a * [1 - \exp(- b * t)];$$

Onde N_{min} = N mineralizado (mg g^{-1}), a = valor máximo de N mineralizável (mg g^{-1}), b = taxa de mineralização de N ($\text{mg g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e t = tempo (dia).

3.6 Análises estatísticas

Os valores das taxas de mineralização para C e N foram submetidas à análise de componentes principais e agrupamento (“cluster”) para organizar os solos com base nos valores das taxas mencionadas, utilizando o pacote MVSP v.3.22 (KOVACH, 2007).

Além disso, as taxas de mineralização de C e N foram correlacionadas (correlação linear de Pearson) com os atributos químicos de cada solo utilizado no experimento para verificar quais atributos químicos mais se relacionaram, utilizando o pacote SigmaPlot 11 (Systat, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação do potencial de emissão de Carbono (C-CO₂)

Os Cambissolos apresentaram taxas de emissão de C-CO₂ crescentes até o último dia de avaliação (121º dia), com valores de 455,22 mg g⁻¹ de solo no campo de Teixeira, e de 361,51 mg g⁻¹ de Princesa Isabel, contudo, a emissão ocorreu de forma mais acentuada do 21º ao 91º no primeiro em ambos os campos (Figura 4). Esses resultados indicam que os Cambissolos dos campos de Princesa Isabel e Teixeira, apresentam um potencial de emissão de 932,71 e 1247,31 Mg ha⁻¹ de C-CO₂ em 121 dias de incubação, respectivamente, e que mais de 99,3% do C-CO₂ é emitido até o 91º dia.

O maior valor de emissão de C-CO₂ no Cambissolo em Teixeira esta relacionado com a composição química deste solo, que apresentou maiores teores de COT, indicando maior teor de matéria orgânica, e de NT, e menor relação C/N. A atividade respiratória microbiana depende do conteúdo de matéria orgânica (Moitinho et al., 2014) e dos teores de N no solo. De acordo com Allison (1966), a relação C/N influencia os processos de mineralização e imobilização de N, sendo verificado que em valores abaixo de 25 predomina a mineralização, valores entre 25 e 30 há equilíbrio, e valores acima de 30 predomina a imobilização.

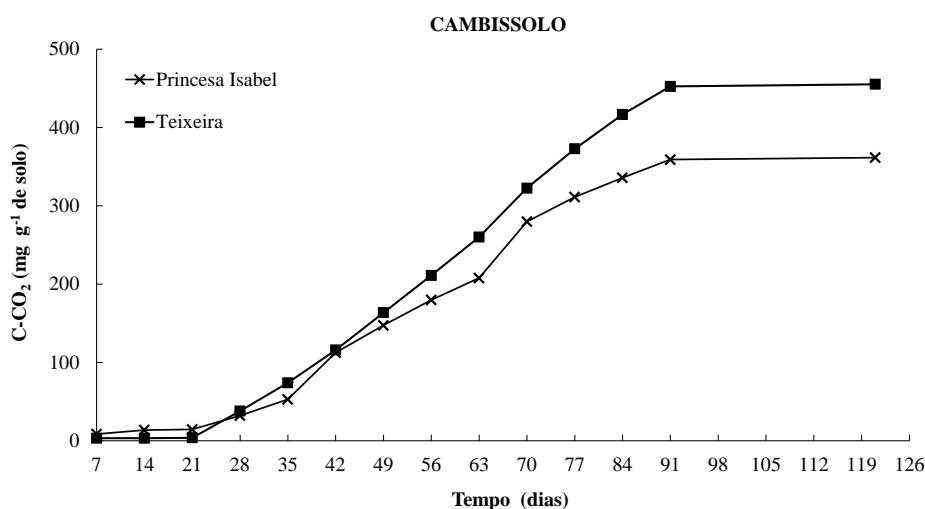


Figura 4. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

As elevadas temperaturas das regiões tropicais e subtropicais aceleram o processo de mineralização da matéria orgânica do solo (Silva & Pasqual, 1999),

contribuindo com as perdas de C para a atmosfera. Devido ao curto período de precipitação, exposição do solo e ao déficit hídrico, o semiárido apresenta perdas consideráveis de C/N (Conceição et al., 2012).

A emissão acumulada de C-CO₂ no Latossolo foi de 954,65 mg g⁻¹ de solo em 121 dias, com taxa crescente e acentuada do 1° ao 91 dia, onde apresentou 99,5% do total acumulado (949,63 mg g⁻¹ de solo) (Figura 5). Ao levar em consideração a emissão de 954,65 mg g⁻¹ de solo em 121 dias, e a densidade do solo de 1,27 g cm⁻³ (Tabela 2), constata-se que o Latossolo do campo de Diamante apresenta um potencial de emissão de C-CO₂ de 2424,82 Mg ha⁻¹, com uma média de 20,04 Mg ha⁻¹ dia⁻¹.

O alto potencial de emissão de C-CO₂ dos Latossolos, está relacionado com a grande profundidade destes solos, que pode ser superior á 2,0 m, como pode ser observado em vários trabalhos na literatura (Pedroso Neto & Lopes, 2009; Santos et al., 2013; Araújo et al., 2015). A profundidade do perfil influencia a espessura dos horizontes, que é dos fatores que integram o cálculo de estoque de carbono no solo, juntamente com a densidade e teor de carbono orgânico total (COT), como pode ser observado nos trabalhos de D'Andréa et al. (2004) e Neves et al. (2004).

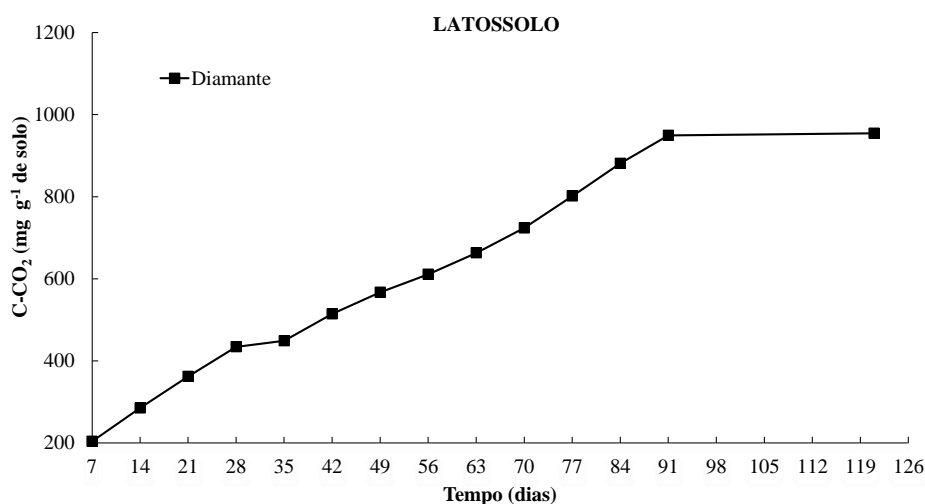


Figura 5. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Latossolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

Os Luvisolos apresentaram emissão acumulada de C-CO₂ variando de 362,73 a 794,98 mg g⁻¹ de solo, aos 121 dias, valores correspondentes aos campos de São João do Cariri e Remígio, respectivamente. Os campos experimentais apresentaram taxa crescente acentuada do 21° ao 91° dia, com exceção do campo de Bonito de Santa Fé, que apresentou taxa crescente acentuada do 1° ao 91° dia. Os resultados também

indicam que a emissão de C-CO₂ dos solos aos 91 dias, variaram de 99,2 a 99,6% do total acumulado (Figura 6), e que os Luvisolos apresenta um potencial de emissão variando de 1002,04 a 2082,85 Mg ha⁻¹ em 121 dias.

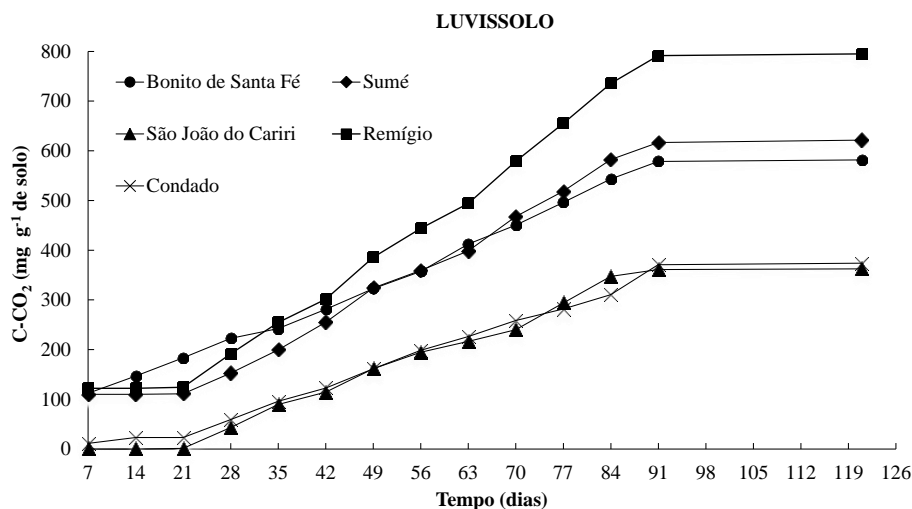


Figura 6. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Luvisolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

Os Neossolos Litólicos apresentaram emissão de C-CO₂ acumulado variando de 265,85 a 445,11 mg g⁻¹ de solo, que corresponde aos campos de Olho D'Água e Itaporanga, respectivamente. Os valores foram crescentes até o 121º dia (final do experimento), sendo mais acentuado do 1º ao 91º dia no campo de Itaporanga, do 7º ao 91º dia no campo de Parari, e do 21º ao 91º dia nos campos de Junco do Seridó e Olho D'Água. No trabalho também constatou-se que, em 91 dias de incubação, os solos apresentaram emissão de C-CO₂ variando de 99,3 a 99,8%, do total acumulado (Figura 7), e um potencial de emissão variando de 685,91 a 1157,91 Mg ha⁻¹ em 121 dias.

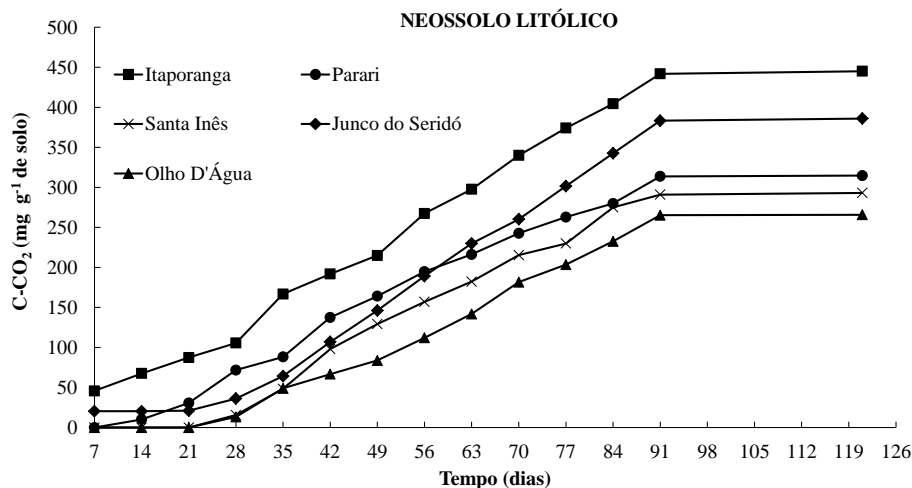


Figura 7. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Neossolo Litólico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

A emissão acumulada de C-CO₂ nos Neossolos Flúvicos, aos 121 dias de incubação, variaram de 194,81 a 504,47 mg g⁻¹ de solo, observados nos campos de Catingueira e Taperoá, respectivamente. Apesar do valor máximo ter ocorrido aos 121 dias, verificou-se que a emissão foi mais acentuada do 21º ao 91º dia, em todos os campos experimentais, com emissão $\geq 99,3\%$ do total acumulado (Figura 8). Esses resultados sugerem que os Neossolos Flúvicos apresentam um potencial de emissão de C-CO₂ variando de 506,52 a 1362,07 Mg ha⁻¹ em 121 dias, como observado nos campos de Catingueira e Taperoá, respectivamente.

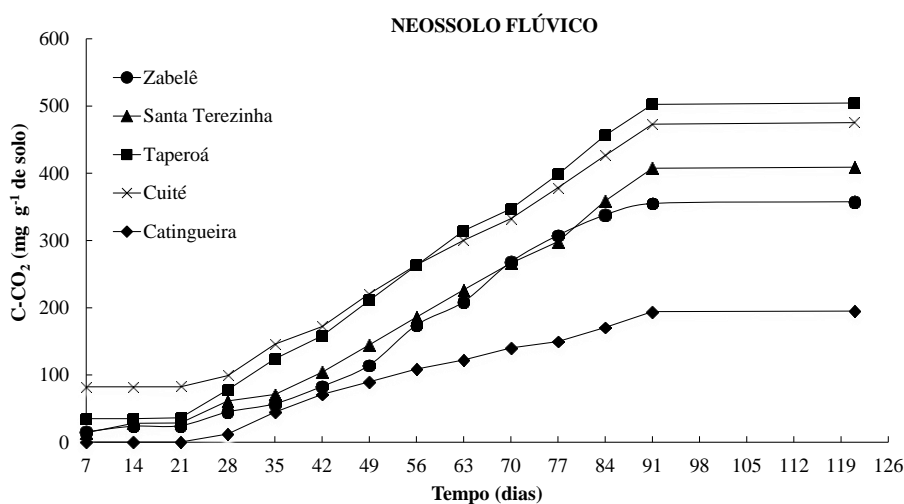


Figura 8. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Neossolo Flúvico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

O Neossolo Regolítico apresentou emissão de C-CO₂ até o final do período experimental, aos 121 dias, com acumulado de 590,27 mg g⁻¹ de solo, o que representa um potencial de emissão de 1782,60 Mg ha⁻¹. Também observou-se que a taxa de emissão foi maior do 1º ao 91º dia, sendo esse período responsável por 99,3% do total acumulado (Figura 9).

O efeito praticamente linear crescente da emissão de CO₂ no Neossolo Regolítico pode estar associado a textura deste solo, classificada como Areia Franca. Os solos arenosos são mais sensíveis ao manejo do que solos argilosos, apresentando maior perda de matéria orgânica, como observado por Silva et al. (1994), que ocorre através do processo de decomposição da mesma, acarretando emissão de CO₂ de forma contínua para atmosfera. A maioria dos microrganismos do solo são aeróbios (Siqueira et al., 1994), portanto, verifica-se que a textura arenosa não limita a quantidade de oxigênio no perfil do solo, acelerando o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica.

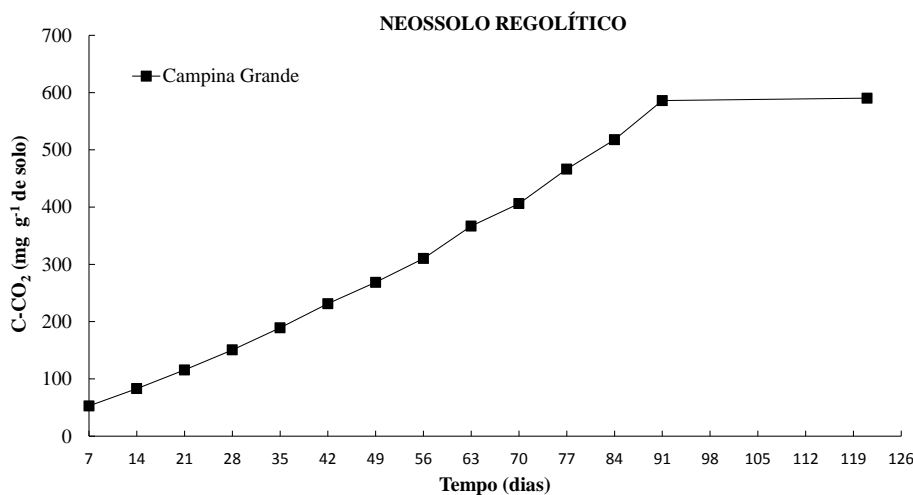


Figura 9. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Neossolo Regolítico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

Os Planossolos Nátricos apresentaram emissão acumulada de C-CO₂ variando de 404,49 a 445,94 mg g⁻¹ de solo, valores correspondentes aos campos de Boa Vista e Soledade, respectivamente. A emissão ocorreu de forma acentuada de 21º ao 91º dia nos campos de Soledade e Riachão, do 14º ao 91º dia no campo de Juazeirinho, e do 7º ao 91º dia no campo de Boa Vista, chegando a valores superiores a 99,3% do total acumulado no 91º dia, em todos os campos (Figura 10). Os resultados indicam que os Planossolos Nátricos em condições adequadas a mineralização da matéria orgânica,

apresentam potencial de emissão de C-CO₂ variando de 1140,60 Mg ha⁻¹ (Riachão) a 1346,73 Mg ha⁻¹ (Soledade) em um período de 121 dias.

Os Planossolos Nátricos apresentaram comportamento semelhante, que ocorreu em função das características físicas e químicas, que pouco variaram (Tabelas 2 e 3). Estes solos apresentam horizonte B plânico, com grande concentração de argila (Santos et al., 2013), que proporcionam a proteção do carbono orgânico, contudo, ao ser exposto às condições ambientais, como umidade, temperatura e aeração, apresenta grande potencial para emissão de C-CO₂, juntamente com os horizontes mais superficiais.

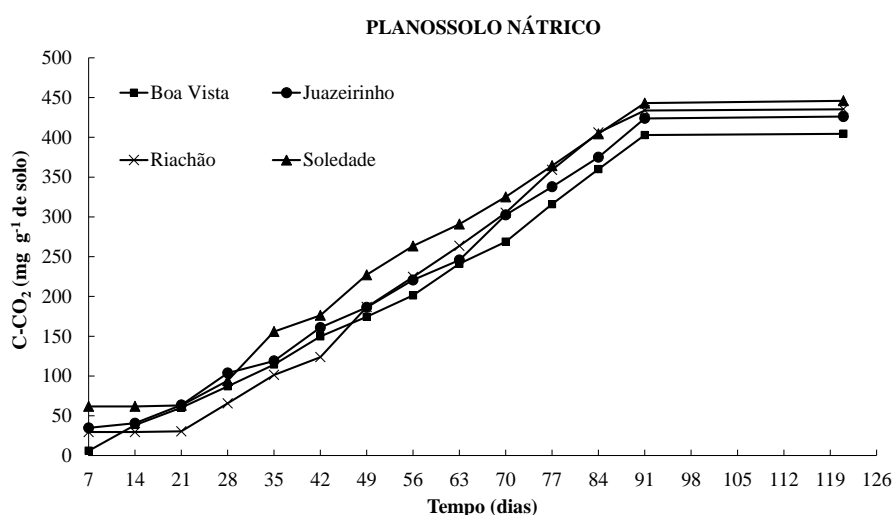


Figura 10. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Planossolo Nátrico do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

A emissão acumulada de C-CO₂ aos 121 dias nos Vertissolos, variaram de 487,05 a 1191,85 mg g⁻¹ de solo, valores observados nos campos de São Domingos do Cariri e Caturité, respectivamente. Os campos apresentaram emissão crescente e acentuada de C-CO₂ do 1° ao 91° dia, onde alcançou valor $\geq 99,4\%$ da emissão acumulada (Figura 11). Com relação ao potencial de emissão de C-CO₂ em 121 dias, constatou-se que os Vertissolos apresentaram valores entre 487,05 e 1191,85 Mg ha⁻¹, observados em amostras de solos dos campos de São Domingos do Cariri e Caturité, respectivamente.

A variação nas emissões de C-CO₂ entre os Vertissolos, esta relacionada com os atributos químicos destes solos (Tabela 3), onde observa-se principalmente, os maiores teores de COT (13,7 g kg⁻¹) e NT (1,2 g kg⁻¹) no campo de Caturité, em relação aos campos de Boqueirão e São Domingos do Cariri, que foram semelhantes. Como visto anteriormente, os teores de carbono e nitrogênio controlam a atividade microbiana do

solo e, conseqüentemente, a emissão de C-CO₂ para atmosfera. Os microrganismos necessitam de C como fonte de energia, e de N para síntese de proteína, como observado pelos autores Fernandes e Silva (1999) e Bidone e Pivonelli (1999).

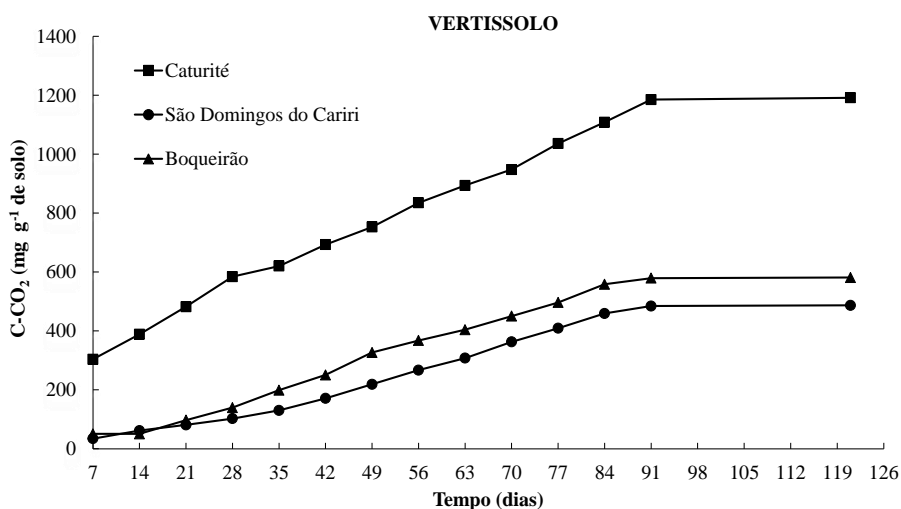


Figura 11. Emissão de carbono (C-CO₂) em amostras de Vertissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

4.1.1 Avaliação do carbono potencialmente mineralizado - (C-CO₂)

Os solos que obtiveram os maiores percentuais de mineralização foram Catingueira (59%), Santa Inês (41%), Diamante (33%) e Princesa Isabel com (31%). E os solos com menores valores Remígio (6%) e Diamante (7%). Os demais solos se mantiveram entre 10 a 29% de C potencialmente mineralizado. Os percentuais apresentados nos resultados podem estar atrelados a diversos fatores, dentre eles o teor da matéria orgânica do solo e o teor de carbono total (COT) desses solos.

Vários estudos apontam que o aporte de matéria orgânica no solo, ao passar pelo processo de mineralização aumenta os teores de carbono e nitrogênio no solo por serem umas das principais via de aporte desses nutrientes para o solo e vegetais. O resultados encontrados por Andrade et al. (2013) ao estudar o processo de mineralização de C e N em solos com aplicação lodo de esgoto, afirmam que a aplicação do lodo estimulou a emissão de C-CO₂ em 15% a partir de 20 dias de incubação.

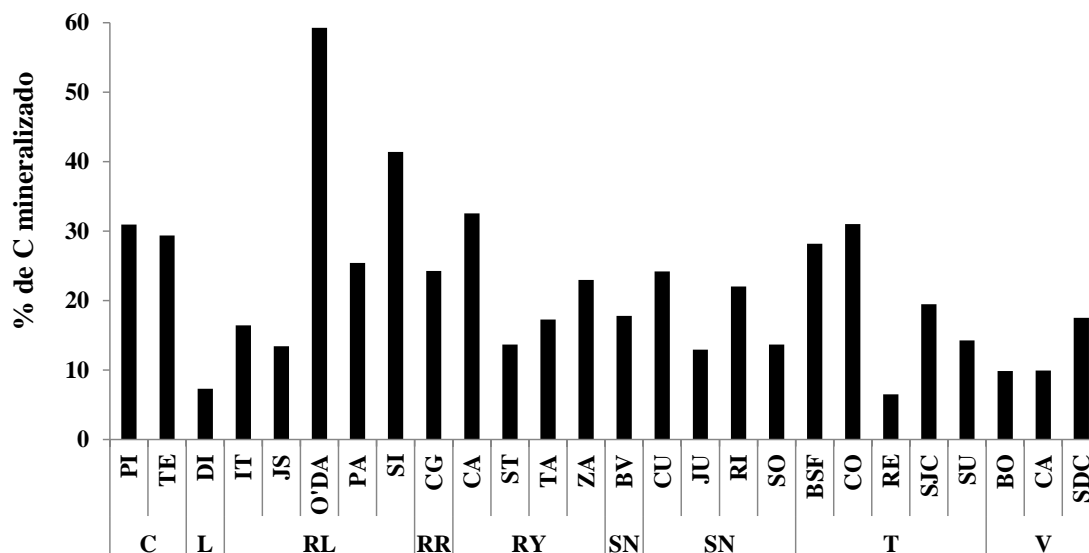


Figura 12. Percentual de Carbono potencialmente mineralizado nos 26 solos do semiárido paraibano.

Princesa Isabel – PI, Teixeira -TE, Diamante-DT, Itaporanga-ITA, Junco do Seridó - JS, Olho d'Água – O'DA, Parar i - PA, Santa Inês-SI, Campina Grande-CG, Caturité – CA, Santa Terezinha-ST, Taperoá - TA, Zabelê-ZL, Boa Vista-BV, Cuité-CU, Juazeirinho-JUA, Riachão-RI, Soledade - SO, Bonito de Santa Fé-BSF, Condado-CO, Remígio-RE, São João do Cariri-SJC, Sumé-SM, Boqueirão-BO, Catingueira-CT e São Domingos do Cariri-SDC.

4.2 Avaliação do potencial de mineralização de Nitrogênio ($N\text{-NO}_3^-$ e $N\text{-NH}_4^+$)

Aos 56 (dias) de incubação dos Cambissolos obtiveram o mesmo comportamento, tendendo a estabilização na mineralização de $N\text{-NO}_3^-$. No entanto, na mineralização de $N\text{-NH}_4^+$ ocorreu o comportamento individual, apesar de ser o mesmo tipo de solo. O tempo de incubação para solo de Teixeira se mostrou insuficiente para sua estabilização. No entanto, o solo de Princesa Isabel começou a estabilizar aos 91 (dias) de incubação (Figura 13).

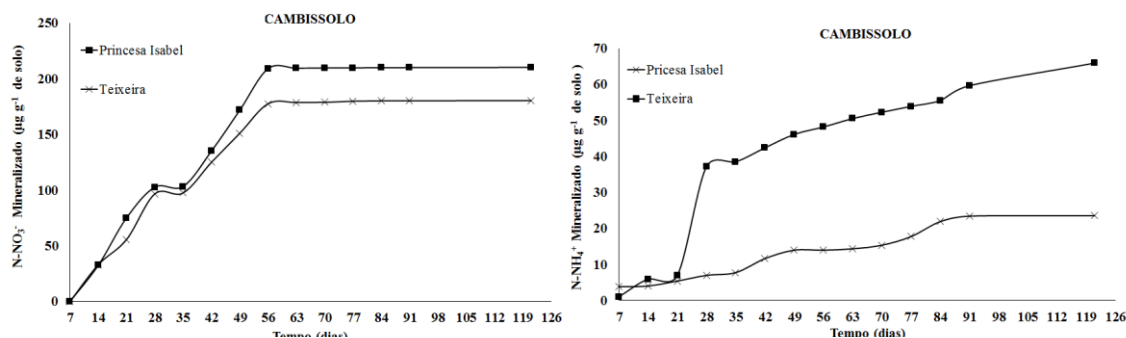


Figura 13. Mineralização acumulada de nitrato ($N\text{-NO}_3^-$ e $N\text{-NH}_4^+$) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

No processo de mineralização, do N advém de fontes orgânicas, sujeito a processos de transformação (N orgânico para o mineral), e que também é passivo às necessidades das plantas e microrganismos (Aita et al., 2005). Em estudo com dois Latossolos (LVA e LVdf), Carneiro et al. (2013), relataram que o período de maior mineralização ocorreu entre 30 e 90 (dias) após a incubação, e a estabilização da mineralização ocorreu entre 90 a 210 (dias).

No processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, a atividade dos microrganismos é fundamental. No entanto, as características do solo pode alterar a atividade microbiana pela textura ou a mineralogia (fração argila), que pode sobrepor os efeitos da textura do solo (Maluf et al., 2015). Ao adicionar areia para construir uma nova textura em dois solos de textura argilosa, um com característica caulínica e outro gibbsítica, Silva et al. (2011), observaram que mesmo com a alteração em sua textura, não houve diferença em função da mineralogia.

A atividade microbiana pode ocorrer independente da matriz do solo (Gaillard et al., 2003). Deste modo, pode-se dizer que a textura de um solo não é determinante dentro do processo de mineralização, e que a argila do solo deve ser considerada ao avaliar a mineralização de N pela sua interação com a matéria orgânica do solo (Drescher, 2015).

Ao longo do tempo o Latossolo apresentou indícios de estabilidade na mineralização de N-NO_3^- aos 56 (dias) de incubação e para o N-NH_4^+ a tendência a mineralização ocorreu a partir dos 91 (dias). Além dos diversos fatores que envolvem o processo de mineralização os atributos físicos e químicos do solo tem um papel importante. Pois, os resíduos orgânicos ao ser aplicado a solos vão interagir com sua matriz (Aita & Giacomini, 2007) (Figura 14).

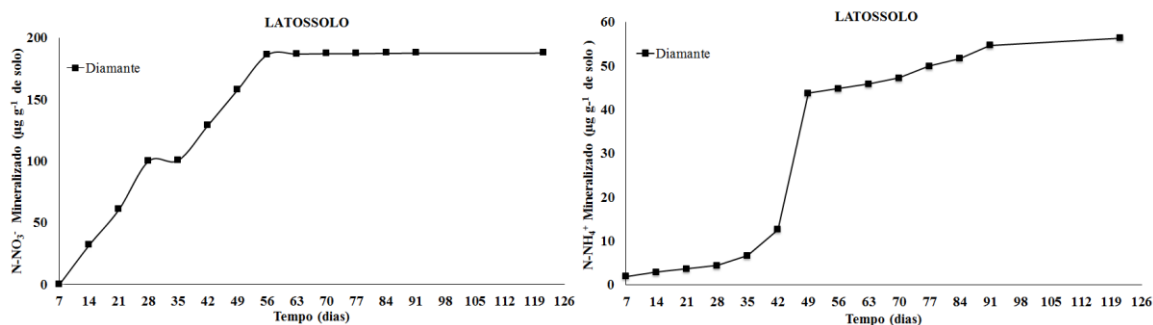


Figura 14. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

A utilização de fertilizantes nitrogenados está atrelada a dinâmica desse nutriente no solo. Por ser um nutriente de alta mobilidade no solo, o N perde-se facilmente nas formas minerais (N-NO_3^- e NH_4^+) por lixiviação, volatilização e imobilização (Siqueira Neto et al., 2010). Na aplicação de ureia em sistema de plantio direto, constata-se que a ureia não é uma fonte eficiente de N devido a sua rápida solubilização, e conseqüentemente perdas por volatilização (Touchton e Hargrove, 1982, Rice e Smith, 1984, Pöttker e Roman, 1994, Lara Cabezas, 2001).

As taxas de mineralização nos Neossolos Litólicos aos 56 (dias) de incubação tiveram percentual muito baixo, o que pode inferir que na estabilização, houve o esgotamento de N no solo (N-NO_3^-). No entanto, a mineralização N-NH_4^+ , variou de acordo com o local de coleta. Sendo que, os solos de Junco do Seridó, Cuité obtiveram os maiores valores de N-NH_4^+ , seguidas por Itaporanga, Olho D'água e Santa Inês reduzindo-se a mineralização aos 91 (dias) de incubação (Figura 15).

Ao estudar a lixiviação de N em dois tipos de solos (Nitossolo e Neossolo), Sangoi et al. (2003), concluíram que os restos culturais aportados e aplicação de fertilizantes nitrogenados são os responsáveis intensificação das perdas de N nesse pela lixiviação nesses solos. A utilização excessiva de N como fertilizante pode causar diversos problemas ambientais, como a maximização das perdas por lixiviação ou volatilização e a contaminação dos lençóis freático (Athayde Junior et al., 2000; Rambo et al., 2004).

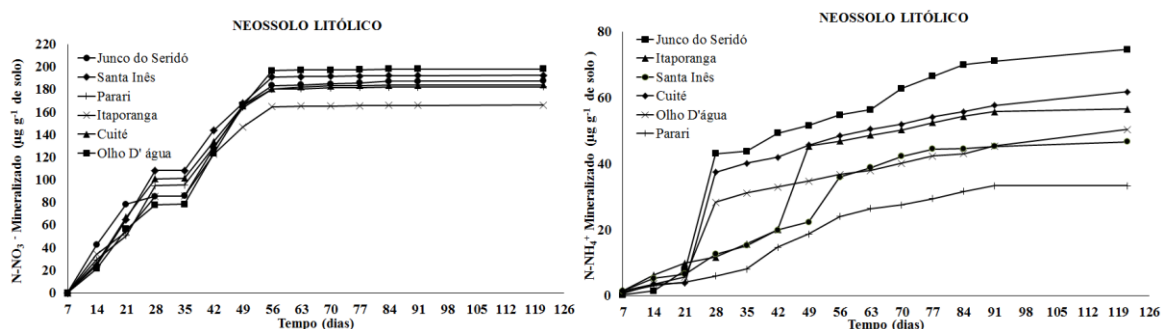


Figura 15. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

Na figura 16, pode-se observar que, em todos os Neossolos Flúvicos, o processo de mineralização ao longo do tempo tendeu a estabilidade aos 56º dia de incubação, na forma de N-NO_3^- . Já a mineralização para N-NH_4^+ , o campo de Taperoá foi o que apresentou maiores valores iniciais e finais ($22,75$ e $101,65 \text{ mg g}^{-1}$ de solo) entretanto, os solos de Santa Terezinha e Catingueira tiveram comportamento semelhante durante a

incubação, diferentemente de Zabelê que obteve que ao longo da incubação se manteve abaixo dos demais.

Ao incorporar ureia ao solo, Sangoi et al., (2003) observaram que a lixiviação de N na forma de ureia diminuiu quando comparada a aplicação sobre a superfície do solo, e que o material orgânico adicionado (resto das culturas), afetaram as perdas, não só pelo aplicação, mais também pelo manejo adotado.

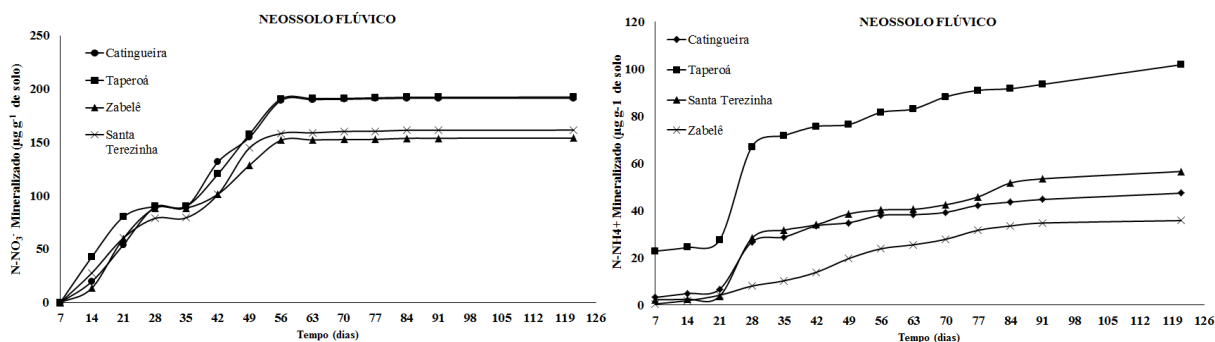


Figura 16. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

No Neossolo Regolítico, após 49 (dias) de incubação, ocorreu diminuição da mineralização de N-NO_3^- . Na mineralização de N na forma de N-NH_4^+ , pode-se observar que nos dias iniciais ocorreu uma mineralização lenta havendo uma elevação da mineralização aos 49 (dias), a partir desse ponto houve a diminuição, o que pode indicar a estabilização (Figura 17).

O potencial de mineralização de N no solo é dependente das características químicas e físicas, como também do manejo e o tipo de resíduo aportado (Buso & Kliemann, 2003). Deste modo, a microbiologia do solo pode sofrer alterações por meio do manejo adotado, pois é bastante sensível a mudança, é necessário que se mantenha o equilíbrio dentro do sistema (Mercante et al., (2008), Moreira & Siqueira, (2006). Os solos arenosos, tende a perdas de N mais aceleradas do que nos solos mais argilosos (Buso & Kliemann, 2003).

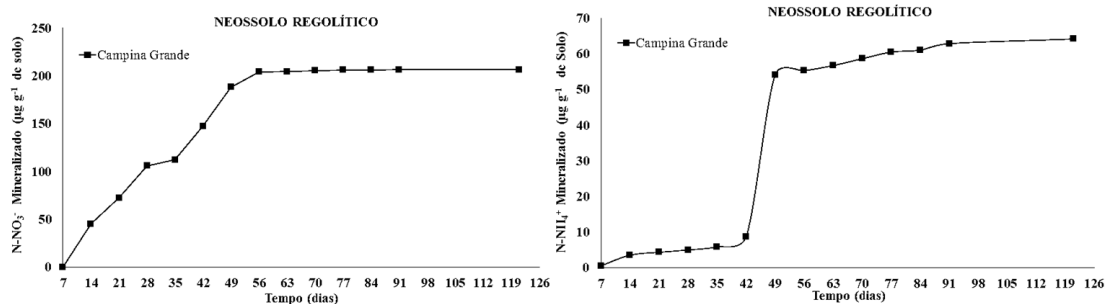


Figura 17. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

O processo de mineralização (N-NO_3^-) nos Planossolo Nátrico ocorreu de maneira similar em todos os solos, pois apresentaram sinal de estabilização aos 63 (dias) de incubação. Sendo, Riachão e Juazeirinho os solos que apresentaram os maiores valores ao longo do tempo. Ao contrario do N-NO_3^- , no N-NH_4^+ cada solo se comportou individualmente durante a incubação. As taxas de mineralização diminuíram com o tempo, no entanto, não apresentaram sinais de estabilização durante esse período (Figura 18).

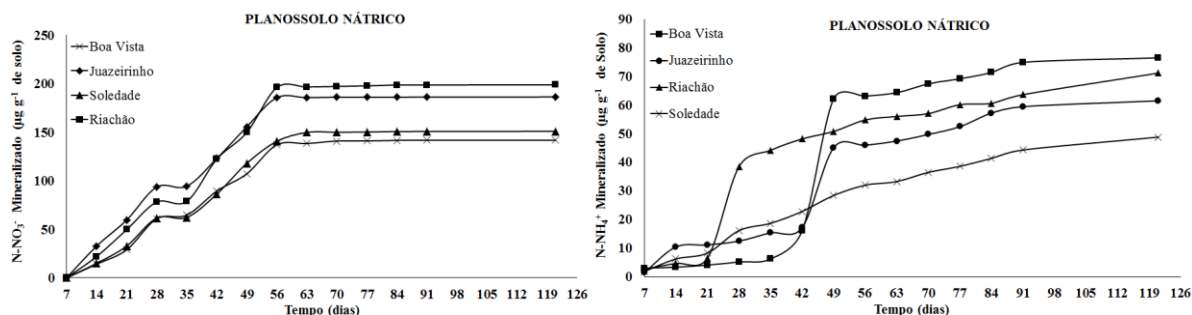


Figura 18. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

O pH tem influência na dinâmica dos nutrientes e nas cargas do solo, que pode atuar o teor de disponibilidade de nutrientes e elementos tóxicos na solução do solo. O nitrato na forma de NH_4^+ é perdido por volatilização é perdida a partir de pH 7,0, assim o pH acima desses valos as perdas são expressivas (Buresh et al., (2008) Cantarella & Montezano, 2010).

Nos Luvissolos, observa-se que na mineralização de N-NO_3^- , em ambos os solos tiveram o mesmo comportamento no período de incubação. Sendo que, aos 63 (dias) de incubação pode-se inferir que iniciou-se a estabilização. Já no N-NH_4^+ os solos de sumé, São Joao do Cariri e Bonito de Santa fé elevaram seus índices de mineralização

com 28 dias de incubação, quando comprado com solos de Remígio e condado (Figura 19).

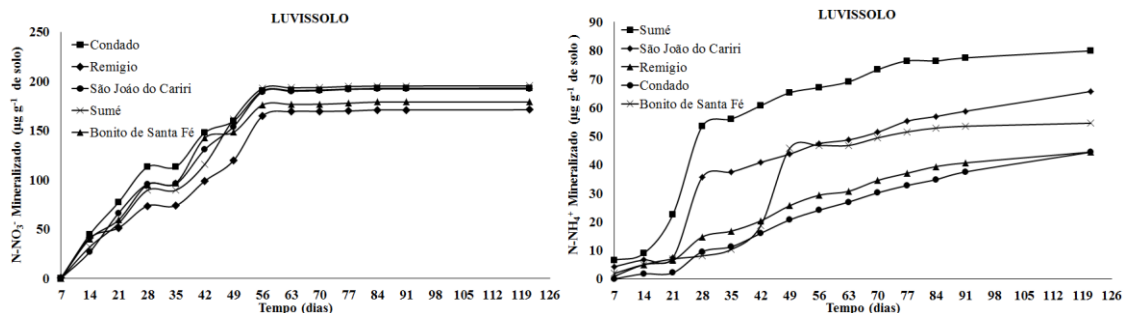


Figura 19. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

Comportamento similar aconteceu com os Vertissolos, onde a maior taxa de mineralização e acumulado de N-NO_3^- ocorreram entre 7 a 49 (dias) de incubação e a partir dos 56 (dias), passaram a indicar estabilidade. Na mineralização de N-NH_4^+ (Figura 24), os solos se comportaram de maneiras diferenciada, e não mostraram indícios de estabilidade apenas reduziram a mineralização aos 91 (dias) de incubação (Figura 20).

A decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos é distinta em cada tipo de solos, assim, como a disponibilidade de N (Sosbai, 2005). Ao estudarem a dinâmica de N em solos de várzea Silva et al., (2011) observaram que o teor de N-NO_3^- diminuiu após a oitava semana de incubação, pela redução do processo de nitrificação ou aumento da desnitrificação. O aumento na desnitrificação pode esta relacionada ao teor MOS, pois ela serve como fonte de energia utilizada pelos microrganismos desnitrificadores.

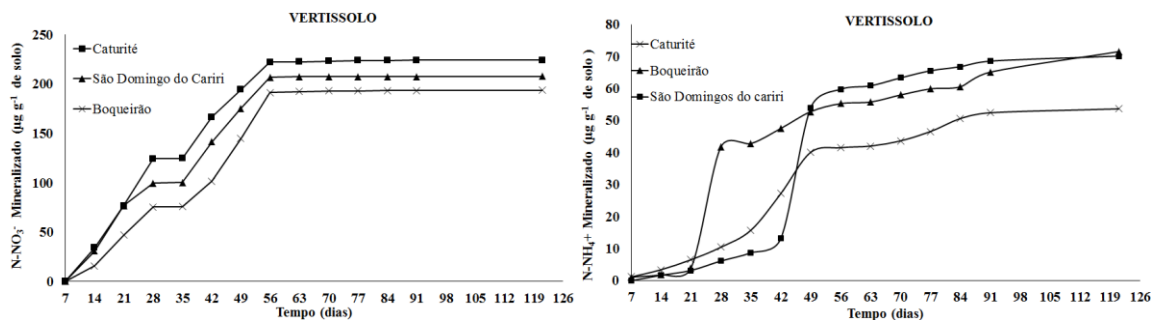


Figura 20. Mineralização acumulada de nitrato (N-NO_3^- e N-NH_4^+) em amostras de Cambissolo do semiárido paraibano, incubado por 121 dias.

4.2.1 Avaliação de nitrogênio potencialmente mineralizado - (N-NO_3^- e N-NH_4^+)

Os solos com maiores índices de mineralização de N foram São João do Cariri e Boqueirão com (97%), Caturité (85%), Remígio (83%), Santa Terezinha (81%), Junco do Seridó e Juazeirinho com (71%), Diamante (62%) e Itaporanga com (57%). Já os solos com menor percentual de mineralização foram Olho D'água (17%) e Bonito de Santa Fé com (18%). Os demais solos não ultrapassaram 50%, tendo mineralizado entre 26 a 47% de N.

O estudo do potencial de mineralização de N do solo pode ser adotado como um índice base para estimar a disponibilidade de N no solo. Sendo que, a mineralização de N vai ser dependente do tipo de resíduo orgânico e sua interação com solo. Alves et al. (2011), constataram que a utilização de adubos verdes no semiárido proporcionou variação na mineralização de N, devido a relação polifenol/N o qual determinou o processo predominante se seria mineralização ou imobilização de N.

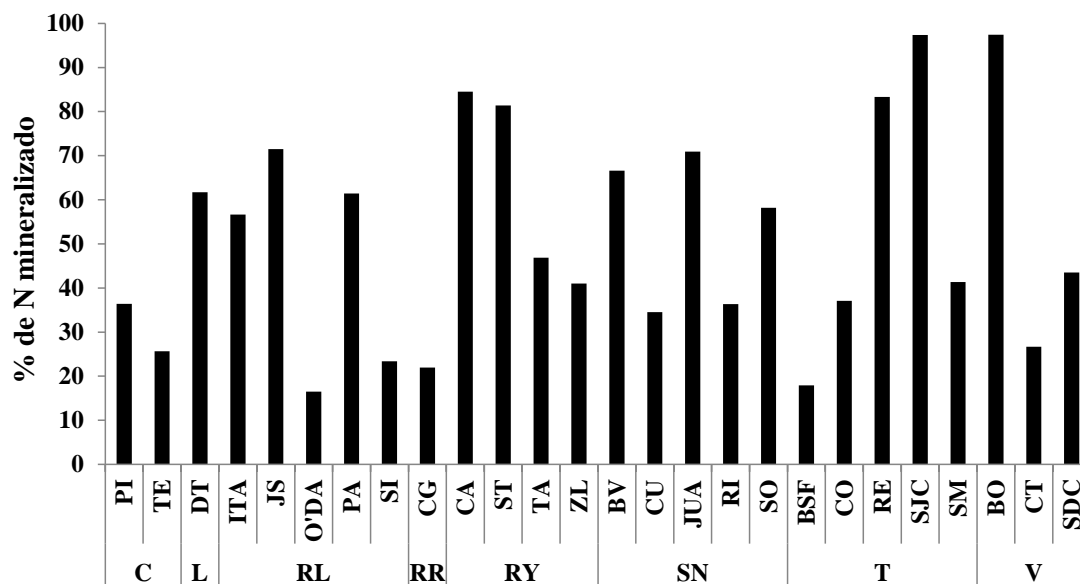


Figura 21. Nitrogênio mineralizado pelos solos durante o período de 121 dias de incubação.

Princesa Isabel-PI, Teixeira -TE, Diamante-DT, Itaporanga-ITA, Junco do Seridó-JS, Olho d'Água – O'DA, Parari - PA, Santa Inês-SI, Campina Grande-CG, Caturité – CA, Santa Terezinha-ST, Taperoá - TA, Zabelê-ZL, Boa Vista-BV, Cuité-CU, Juazeirinho-JUA, Riachão-RI, Soledade - SO, Bonito de Santa Fé-BSF, Condado-CO, Remígio-RE, São João do Cariri-SJC, Sumé-SM, Boqueirão-BO, Catingueira-CT e São Domingos do Cariri-SDC.

4.3. Análise de agrupamento

Pela análise de agrupamento em relação às taxas de emissão de C e de mineralização de N, utilizando como limiar o valor de 50% da distância euclidiana

máxima observada, evidenciou-se a formação de três grupos distintos (Figura 25), que, de forma clara, onde constatou-se pouca importância da taxa de mineralização de N nos agrupamentos, fato que pode ser explicado pela pouca variação nos valores, situando-se na faixa de 0,015 a 0,023 mg g⁻¹ dia⁻¹, com desvio padrão entre os solos de 0,002 mg g⁻¹ dia⁻¹.

O primeiro grupo, formado pelos solos das cidades de Taperoá e Condado, apresentaram as maiores taxas de mineralização de C, 4,02 e 4,30 mg g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Esses valores refletem uma condição adequada provida por estes solos, por apresentarem uma condição eutrófica de fertilidade, como alto teor de soma de bases e capacidade de troca catiônica, associado a baixos níveis de saturação por alumínio (m%), e grande disponibilidade de material orgânico decomponível.

O segundo grupo, reuniu os solos das cidades de Princesa Isabel, Santa Inês, Zabelê, São João do Cariri, Santa Teresinha, Junco do Seridó, Teixeira, Olho D'água, Riachão e Catingueira. Nestes solos, os valores das taxas de emissão de C-CO₂ variaram de 1,81 a 3,28 mg g⁻¹ dia⁻¹, para os solos de Junco do Seridó e Riachão, respectivamente, com distância euclidiana intermediária em relação aos outros dois grupos formados.

O terceiro grupo, formado pelos demais solos, apresentou baixas taxas de mineralização de C, sendo menores que 0,02 mg g⁻¹ dia⁻¹. Estes solos apresentaram alguns atributos que poderiam ter influenciado a baixa emissão de C-CO₂, mesmo com teores consideráveis de matéria orgânica, dentre eles, destacam-se:

- O desequilíbrio na relação de cátions, como o Ca⁺² e Mg⁺², nos solos de Bonito de Santa Fé, Cuité, Itaporanga, Remígio, São Domingos do Cariri e Sumé;
- Altos teores de Na⁺ e pH muito alcalino, observado nos solos de Parari;
- Baixa SB e alta m%, com verificado no solo de Boqueirão; e
- Baixos valores de SB, T, t e MO, constatados nos solos de Boa Vista, Cuité, Juazeirinho, Parari, Remígio, São Domingos do Cariri e Soledade.

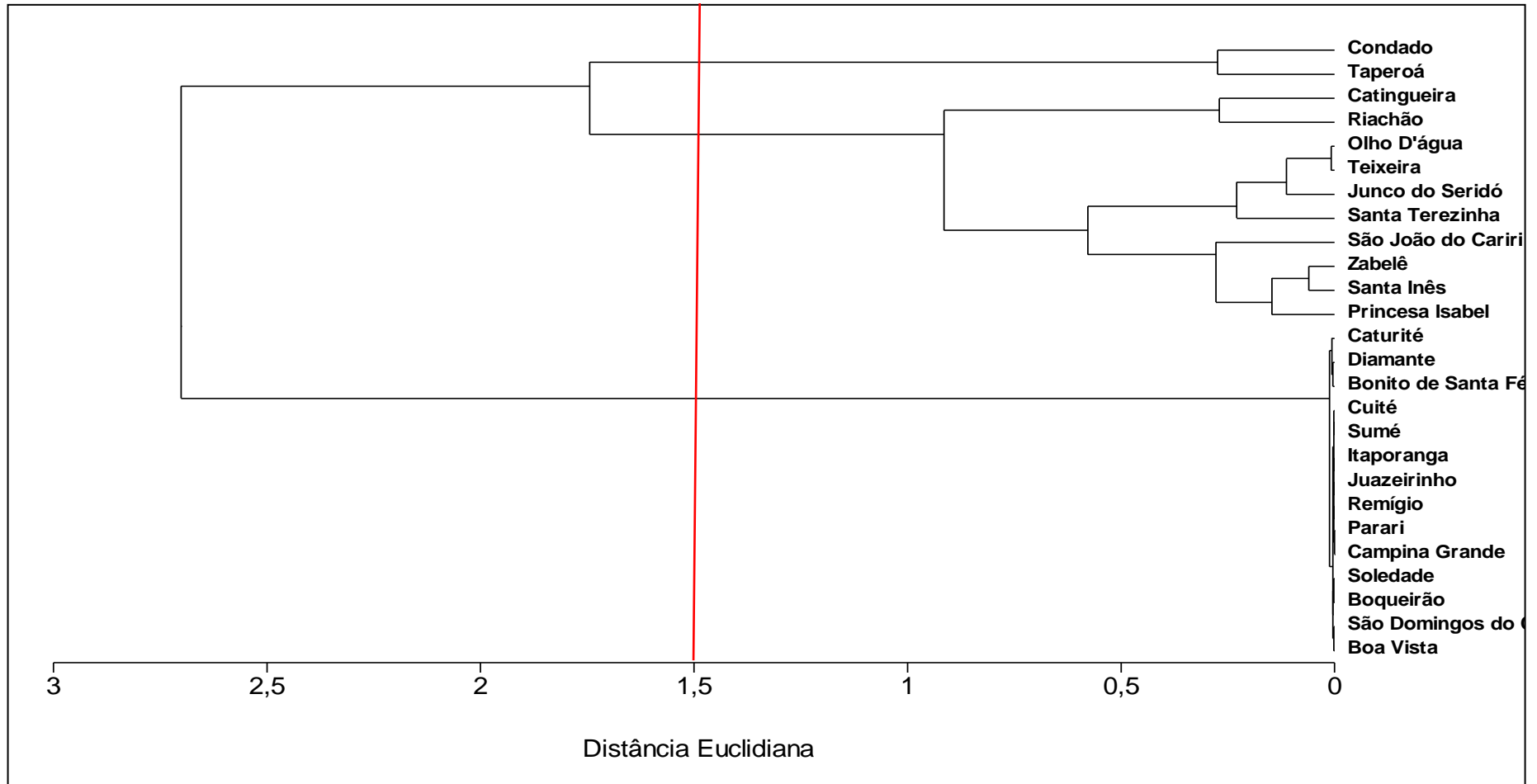


Figura 22. Dendrograma do agrupamento por similaridade (UPGMA) das taxas de mineralização de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+), em 26 solos do semiárido paraibano.

4.4. Correlação de Pearson

Ao correlacionar os valores das taxas de emissão com os valores dos atributos químicos dos solos utilizados, observou correlação significativa entre o TC e o teor de H+Al; enquanto que a TN obteve correlação significativa com os valores de Ca, SB, T, t, V%, m% e teor de MO (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e as taxas de emissão de C e N em 26 solos do semiárido Paraibano.

| | TC | TN |
|------|----------------------|----------------------|
| pH | -0,326 ^{ns} | 0,331 ^{ns} |
| P | -0,311 ^{ns} | 0,147 ^{ns} |
| K | 0,140 ^{ns} | 0,332 ^{ns} |
| Na | 0,054 ^{ns} | 0,161 ^{ns} |
| H+Al | 0,403* | 0,043 ^{ns} |
| Ca | 0,112 ^{ns} | 0,558** |
| Mg | 0,073 ^{ns} | 0,274 ^{ns} |
| Al | 0,173 ^{ns} | -0,344 ^{ns} |
| SB | 0,120 ^{ns} | 0,524** |
| t | 0,174 ^{ns} | 0,500** |
| T | 0,189 ^{ns} | 0,403* |
| V% | -0,143 ^{ns} | 0,527** |
| m% | 0,048 ^{ns} | -0,405* |
| MO | 0,334 ^{ns} | 0,461* |

^{ns}: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1%, respectivamente. SB - soma de bases; T - CTC total; t - CTC efetiva; V - saturação por bases; m - saturação por Al; MO - matéria orgânica; TC, TN: taxa de emissão de C e N, respectivamente.

A TC ao se relacionar positivamente com o teor de H+Al, evidencia que a baixa acidez encontrada nestes solos, com algumas exceções apenas (Boqueirão e Boa Vista), pode ter se tornado um potencializador na taxa de mineralização, visto que sob alcalinidade, a comunidade microbiana não exerce a mineralização efetivamente. Tal evidenciação pode ser melhor notada quando observa-se a correlação negativa com o valor de pH, mesmo que não significativo.

Outro fato que pode estar relacionado é o acúmulo de matéria orgânica nesses solos, que em pH alcalino, como constatado na maioria dos campos, tende a ser menor, diminuindo a fonte de energia necessária para a mineralização (Fernandes e Silva, 1999; Bidone e Pivonelli, 1999), visto que alguns nutrientes têm sua disponibilidade reduzida em função do aumento do pH (Potash Phosphate Institute, 1989; Sousa et al., 2007), também afetando a microbiota (Moreira & Siqueira, 2006).

Quanto à taxa de mineralização de N, observou-se correlação positiva com os valores de Ca, SB, t, T, V% e MO, enquanto que negativa com a m%. A correlação

positiva com o Ca reflete a necessidade desse cátion pelos microrganismos no processo de mineralização; e como componente das estimativas, como a t, T e V%, e de forma inversa, com a m%, este cátion teve uma importância relativa maior que os cátions básicos, como o K⁺ e o Mg⁺². O aumento do teor de MO no solo favorece a atividade microbiana, visto que há o fornecimento de C, que será utilizado no metabolismo microbiano (Moreira & Siqueira, 2006).

4.5 Análise de Componentes Principais

Os componentes principais (CP) que explicam a correlação entre a mineralização do nitrogênio e os atributos do solo, ou campos experimentais, encontram-se na tabela 5, sendo considerados os atributos mais importantes aqueles com autovalores superiores a 0,208 no CP1, 0,244 no CP2 e 0,401 no CP3. Verifica-se por esse critério, que os componentes principais 1, 2 e 3 explicam 35,94, 26,16 e 9,73% da variância total, respectivamente, acumulando 71,83% da variância total.

Tabela 5. Autovalores e porcentagem da variância explicativa por cada componente principal (CP), para as variáveis analisadas em 26 campos experimentais, no semiárido paraibano.

| CP | Autovalores | Variabilidade explicada | Variabilidade explicada acumulada |
|----|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | ----- %----- |
| 1 | 5,751 | 35,94 | 35,94 |
| 2 | 4,186 | 26,16 | 62,11 |
| 3 | 1,556 | 9,73 | 71,83 |

No componente principal 1, constata-se que os resultados obtidos foram influenciados pelos atributos Ca, Mg, SB, T, t, MO e NT, o componente principal 2, pelos atributos pH, P, H+Al, Al, V e m, e o componente principal 3, pelos atributos K e Na (Tabela 6). Também constatou-se que no CP1, houve aumento para todos os atributos citados anteriormente. No CP2, houve aumento dos valores dos atributos pH, P e V, e diminuição dos teores de H+Al, Al e m. No CP3, verificou-se que há redução nos teores de K e Na.

Os resultados na CP1 demonstram a relação positiva existente entre os atributos do solo, e podem ser atribuídos principalmente com a correlação com a matéria orgânica. Este atributo influencia todos os outros, por ser fonte de nutrientes como o Ca, Mg e N (Cantarella, 2007; Costa et al., 2010), sendo que os dois primeiros fazem parte

da SB (Lopes & Alvarez V., 1999), e possuir cargas que alteram os valores da CTC efetiva e CTC total (Ciotta et al., 2003).

Tabela 6. Autovetores dos atributos analisados em relação aos componentes principais 1 (CP1), 2 (CP2) e 3 (CP3), em 26 campos experimentais no semiárido paraibano.

| Atributo | CP1 | CP2 | CP3 |
|----------|--------------|---------------|---------------|
| pH | 0,073 | 0,418 | -0,239 |
| P | -0,005 | 0,297 | 0,168 |
| K | 0,100 | 0,182 | -0,463 |
| Na | -0,013 | 0,223 | -0,608 |
| H+Al | 0,146 | -0,398 | -0,069 |
| Ca | 0,355 | 0,029 | 0,007 |
| Mg | 0,320 | -0,115 | 0,074 |
| Al | -0,139 | -0,333 | -0,357 |
| SB | 0,404 | -0,026 | -0,007 |
| T | 0,403 | -0,085 | -0,017 |
| t | 0,360 | -0,156 | -0,145 |
| V | 0,187 | 0,402 | 0,024 |
| m | -0,175 | -0,327 | -0,296 |
| MO | 0,280 | -0,136 | 0,196 |
| TC | 0,171 | -0,195 | -0,193 |
| TN | 0,296 | 0,115 | -0,086 |

SB - soma de bases; T - CTC total; t - CTC efetiva; V - saturação por bases; m - saturação por Al; MO - matéria orgânica; TC, TN: taxa de mineralização de C e N, respectivamente.

Nos resultados da CP2 verifica-se que os atributos pH, P e V, apresentam comportamento inverso dos atributos H+Al, Al e m, ou seja, quando o primeiro grupo de atributos apresenta elevação dos valores, o segundo apresenta redução. O aumento do pH resulta em cargas superficiais de partículas do solo cada vez mais negativas, elevando a repulsão entre fosfato e superfície adsorvente, reduzindo conseqüentemente, a adsorção do P (Barrow, 1985). O potencial de adsorção de P, esta relacionado com os óxidos de Al no solo, a exemplo dos Latossolos (Eberhardt et al., 2008).

O pH do solo também influencia a disponibilidade de nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e etc.) e elementos tóxicos (Al_3^{+}) (Potash Phosphate Institute, 1989; Sousa et al., 2007), que fazem parte dos cálculos da saturação por base (V), saturação por Al (m) e acidez potencial (H+Al) (Lopes & Alvarez V., 1999).

Os resultados do CP3 correlacionam as reduções dos teores de K^{+} com a redução dos teores de Na^{+} . Estes cátions são monovalentes e por isso possuem ligações eletrostática com os colóides do solo, sendo facilmente perdidos pelo processo de lixiviação (Brito et al., 2005; Rosolem et al., 2006), quando há fluxo descendente de água no perfil do solo (Almeida et al., 2008).

5. CONCLUSÕES

- Em condições favoráveis, a emissão de C-CO₂ para atmosfera é mais intensa até o 91º dia, onde a taxa de emissão encontra-se superior à 99,1%, independentemente do tipo de solo.
- O potencial de emissão de C-CO₂ no semiárido paraibano segue a ordem: Latossolo > Vertissolo > Neossolo Regolítico > Luvisolo > Planossolo Nátrico > Cambissolo > Neossolo Flúvico > Neossolo Litólico, com valores médios de 954,65, 753,46, 590,27, 546,99, 427,97, 408,36, 388,19 e 340,95 mg g⁻¹ de solo, respectivamente.
- Na mineralização de NO₃⁻ todos os solos tenderam a estabilização aos 56 (dias) de incubação, com taxa acumulada superior 96,1%, enquanto que, o NH₄⁺ variou entre os solos, com valores entre 59,4 e 86,1% no mesmo período.
- A taxa de emissão de C teve grande influência dos atributos químicos do solo, em especial a CTC efetiva, a CTC potencial, a soma de bases, e o teor de matéria orgânica.
- A taxa de mineralização de N não teve expressiva diferença entre os solos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. & GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre de diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; STIPP, S.R. & VITTI, A.G.C., orgs. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 2-41.

AITA, C. et al. **Microbiologia Agrícola**. Apostila didática – aulas teóricas. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Março, 2005. 114p.

ALLISON, F.E. The fate of nitrogen applied to soils. **Advances in Agronomy**, v. 18, p. 219-258, 1966.

ALMEIDA, H.C.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; MECABÔ JUNIOR, J. & ALMEIDA, D. Influência da adição de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose na lixiviação de cátions em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1775-1784, 2008.

ALVES, G. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. & SILVA, V. M. Potencial de mineralização de N e de C em vinte solos de Pernambuco. **Revista brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, n. 2, p. 245-256, 1999.

ALVES, G.D. **Mineralização de nitrogênio e de carbono em vinte solos de Pernambuco e absorção de nitrogênio pelo sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.)**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1989. (Dissertação de Mestrado em Botânica)

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 201p. (Tese de Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo)

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.179-189, 2000.

ANDERSEN, M. K. **Short term N mineralization-immobilization turnover in soil after incorporation of green manures as a function of plant litter quality and soil temperature – A comparison of analytical models with the numerical model FLUAZ**. Denmark: University of Aarhus, 1999. 73 p (Dissertation Master in Microbial Ecology)

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. & FERNANDES, F. Disposição do lodo de esgoto no solo. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. & FERNANDES, F. (Coords.) **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. DESA/UFGM, SANEPAR. v. 6, p. 319-395, 2001.

ANTONINO, A.C.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; DALL'OLIO, A. & SALCEDO, I. H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 29-34, 2000.

ARAÚJO, J.K.S.; CORRÊA, M.M.; GALINDO, I.C.L. & SOUZA-JÚNIOR, V.S. Caracterização de Latossolos Amarelos húmicos em um ambiente altimontano na região agreste do estado de Pernambuco, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 146-160, 2015.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B. A.; LEITE, V. D.; ARAÚJO, H. W. C.; SILVA, J. B. P.; SANTOS, V. D.; SOUZA, J. T. & SILVA, W. R. Estudo de espécie de fósforo e nitrogênio em lagoas de estabilização. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Fortaleza. **Anais**. v. III.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.

BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. & COSTA, A.R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v. 132, n. 3-4, p. 243-251, 2009.

BARROW, N.J. Reaction of anions and cations with variable charge soils. **Advances in Agronomy**, v. 38, p. 183-230, 1985.

BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC-USP, 1999. 109p.

BORIN, J. B. M. **Alterações da solução do solo e resposta do arroz irrigado ao manejo da irrigação e da adubação nitrogenada**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. 93p. (Mestrado em Ciência do Solo).

BRASIL. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Câmara dos Deputados: Consultoria Legislativa, Brasília - DF. 2007. 24 p.

BRITO, F.L.; ROLIM, M.M. & PEDROSA, E.M.R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.52-56, 2005.

BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils, Berlin**, v.19, p. 261-279, 1995.

BURESH, R. J.; REDDY, K. R.; VAN KESSEL, C. Nitrogen transformations in submerged soils. In: SCHEPERS, J. S., RAUN, W. R. (Ed.). **Nitrogen in agricultural systems**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2008. p. 401-436.

BUSO, W. H. D. & KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n.2, p. 97-105, 2003.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 575-579, 1997.

CANTARELLA, H. ; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, p. 1-6. 2010.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 376-449.

CARNEIRO, W. J. O. SILVA, C. A. MUNIZ, J. A., & SAVIAN, T. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 08, p.715-725, 2013.

CARNEIRO, W. J. O., SILVA, C. A., MUNIZ, J. A. & SAVIAN, T. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 715-725, 2013.

CARPENTER-BOGGS, L.; PIKUL JUNIOR, J.; VIGIL, M.F. & RIEDELL, W.E. Soil nitrogen mineralization influenced by crop rotation and nitrogen fertilization. **Soil Science Society of American Journal**, v. 64, n. 6, p. 2038-2045, 2000.

CARVALHO, P. G. **Efeitos do nitrogênio no crescimento e no metabolismo de frutanos em *Vernonia herbacea* (VEEL) RUSBY**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2005. 116p. (Dissertação de Mestrado em Ciências)

CHACÓN, E.A.V. MENDONÇA, E. D. S., SILVA, R. D. LIMA, P. D. SILVA, I. D. & CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 373-383, 2011.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ERNANI, P.R. & ALBUQUERQUE, J.A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p.1161-1164, 2003.

COSTA, F.X.X.; BELTRÃO, N.M.E.M.; SILVA, F.E.A.A. MELO FILHO, J.S.M. & SILVA, M.A.S. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde**, v. 5, n. 3, p. 204-212, 2010.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DORAN, J.W. ELLIOTT, E. T. & PAUSTIAN, K. Soil microbial activity nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. **Soil Tillage Research**, v. 49, n. 1, p. 3-18, 1998.

DRESCHER, G. L. **Predição da mineralização de nitrogênio pelo método direct steam distillation (DSD) em solos aptos ao cultivo de arroz irrigado**. Santa Maria: universidade Federal de Santa Maria, 2015. p.72. (Dissertação de Mestrado em Ciência do solo)

DRINKWATER, L.E. CAMBARDELLA, C. A. REEDER, J. D. RICE, C. W., DORAN, J. W. & JONES, A. J. Potentially mineralizable nitrogen as an indicator of biologically active soil nitrogen. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. **Methods for assessing soil quality**. Wisconsin: SSSA, 1996. p.217-229.

EBERHARDT, D.N.; VENDRAME, P.R.S.; BECQUER, T. & GUIMARÃES, M.F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. Escala 1:5.000.000.

ERREBHI, M. CARL J. R., SATISH C. G. & BIRONG D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p.10-15, 1998.

FERNANDES, F. & SILVA, S.M.C.P. Manual prático para a compostagem de bio-sólidos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 84 p.

FERREIRA, A.C.B. ARAÚJO, G. A. A. PEREIRA, P. R. G. & CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Viçosa, v. 58, n. 1, p.131-138, 2001.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S. & SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido de Visu**, Ouricuri, v. 2, n. 1, p.150-161, 2012.

GAILLARD, V.; CHENU, C. & RECOUS, S. Carbon mineralization in soil adjacent to plant residues of contrasting biochemical quality. **Soil biology and biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 93-99, 2003.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. & SANTOS, G. A. S. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 893-901, 2005.

GIACOMINI, S.J. & AITA, C. Emissão de dióxido de carbono após aplicação de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 107-114, 2008.

HARPER, J.E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K.J., BENNETT, J.M., SINCLAIR, T.R., et al. Physiology and determination of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 285-302.

HUTCHISON, C. M. W. & WALWORTH, J. L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, v. 18, n. 2, p. 133-144, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. **Estudos e Pesquisas Informação Geográfica**, n. 7. Rio de Janeiro, 2010. 443 p. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/biblioteca/pesquisas/indicadores-de-desenvolvimento-sustentavel-brasil>>. Acesso em nov. 2014.

SILVA, Joyce Reis. **Frações da matéria orgânica do solo devido ao uso de compostos orgânicos em um argissolo amarelo no Semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 74 p., 2012.

SILVA, L. de M. V.; PASQUAL, A. **Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical**. Energia na agricultura, Botucatu, v.14, n.3, p.13-24, 1999.

KITUR, B.K. SMITH, M. S.; BLEVINS, R. L. & FRYE, W. W. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison v. 76, n. 2, p. 240-242, 1984.

KOVACH, W.L., 2007. MVSP - A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.22. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.

KWABIAH, A. B.; STOSKOPF, N. C; VORONEY, R. P. & PALM C. A. Nitrogen and Phosphorus Release from Decomposing Leaves under Sub-Humid Tropical Conditions. **Biotropica the Journal Tropical Biology and conservation**, v. 33, n. 2, p. 229 -240, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R. Imobilização do nitrogênio na cultura do milho após a aplicação em pré e pós-semeadura da uréia e sulfato de amônio. **Revista Plantio Direto**, v. 65, p. 14-20, 2001.

LEITE, L.F.C. PETRESE, V.G. & SAGRILO, E. **Sequestro de carbono em solos da região Semiárida brasileira estimado por modelo de simulação em diferentes sistemas produtivos**. In.: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL: CLIMA, SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS, 2, 16-20 de Agosto de 2010. Fortaleza: CGEE, 2010. 11p.

LI, X.G.; WANG, Z.F.; MA, Q.F. & LI, F.M. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grassland soil. **Soil Tillage & Research**, v. 95, n. 1-2, p. 172-181, 2007.

LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. **Apresentação dos Resultados das Análises de solo**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.Aproximação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.21-24.

LUEKING, M.A. & SCHEPERS, J.S. Achieving desired moisture conditions in potentially mineralizable incubation studies. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 50, p. 1370-1373, 1986.

MALUF, H. J. G. M., SOARES, E. M. B., SILVA, I. R. NEVES, J. C. L. & SILVA, L. O. G. Decomposição de Resíduos de Culturas e Mineralização de Nutrientes em Solo com Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1681-1689, 2015.

MARCANTE, F.M. Os Microrganismos do Solo e a Dinâmica da Matéria Orgânica em Sistemas de Produção de Grãos e Pastagem. Dourados: Embrapa, 2001. 15p.

MARQUES, T.C.L.L.S.M.; VASCONCELLOS, C.A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G.E. & CRUZ, J.C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização do nitrogênio em Latossolo Vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

MARY, B.; FRESNEAU, C.; MOREL, J.L. & MARIOTTI, A. C and N cycling during decomposition of root mucilage, roots and glucose in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 8, p. 1005-1014, 1993.

MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ MARIN, A.M.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H. & PINTO, T.F. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103 p.

MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S. & MARIN, A. M. P. **Fertilidade dos solos no semi-árido**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2005. CD Rom.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S.F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **ActaScientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MIFLIN, B.J. & LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v. 15, n. 6, p. 873-885, 1976.

MOITINHO, M.R.; MODA, L.R.; ASSIS, L.C. & NAHAS, E. Dinâmica da Atividade Respiratória Microbiana no Solo Adicionado de Fontes de Carbono, Nitrogênio e Fósforo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 0-11, 2014.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J. & FONSECA, D. M. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p.1092-1102, 2002.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Ecologia do solo**. In: MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. (Eds). Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras: UFLA. 2006a. p.83-162.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Matéria Orgânica do solo**. In: MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O (Eds). Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFLA, 2 ed., Lavras -MG, 2006c. p. 203-262.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Metabolismo e Processos Microbianos: Nitrogênio**. In: MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. (Eds). Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006b. p. 163-261.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.G. & TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. 3 ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p

PEDROSO NETO, J.C. & LOPES, E.W. Caracterização física do Latossolo Vermelho distrófico da fazenda Escola da Fazu. **FAZU em Revista**, Uberaba, v. 6, p. 21-25, 2009.

POTASH PHOSPHATE INSTITUTE. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1989. 177p.

PÖTTKER, D. & ROMAN, E.S. Efeitos de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V. & VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suíno. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.85-93, 2011.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. DA; ARGENTA, G. & BAYER, C. Testes de nitrato no solo como indicadores complementares. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1279-1287, 2004.

REDDY, S.J. Climatic classification: The semiarid tropics and its environment - A review. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 18, n. 8, p.823-847, 1983.

RICE, C.W. & SMITH, M.S. Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 48, n. 2, p. 295-297, 1984.

ROSOLEM, C.A.; GARCIA, R.A.; FOLONI, J.S.S. & CALONEGO, J.C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 5, p. 813-819, 2006.

SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I. H. **Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semiárida**. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997. Rio de Janeiro. Anais..... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-Rom
SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I.H. Efeito da adição de nitrogênio e Palha – (14C) na Liberação de CO₂ e formação de biomassa microbiana em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p.177-181, 1982.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R., LECH, V. A. & RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003.

SANTOS, D. R. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 210p. (Tese de Doutorado em Ciência do Solo).

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, A.J.F. & OLIVEIRA, J.B. Conceito e definição das classes do 1º nível categórico (ordens). 3ed. Brasília: Embrapa, 2013. p. 85-107.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E. & TRIVELIN, P.C.O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, 2003.

SERRA, D. D. **Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para o milho (*Zea mays*) em solo do Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006, 93 p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias)

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, 2004.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J. & RESCK, D.V.S. Propriedades de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, L. S.; POCOJESKI, E.; RHODEN, A. C. Dinâmica de nitrogênio mineral após alagamento em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 583-590, 2011.

SILVA, S. R.; SILVA, I. R., BARROS, N. F. & SÁ MENDONÇA E. S. Effect of compaction on microbial activity and carbon and nitrogen transformations in two Oxisols with different mineralogy. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1141-1149, 2011.

SILVA, R. I. da; MENDONÇA, E. S. da. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO M. C.; FILHO VENZKE, S. P.; FEIGL, B. J. & CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob Sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 923-936, 2010.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M. & ARAUJO, R.S. Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: Embrapa, 1994. 142p.

SNYDER, J. D. & TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v. 15, n. 5, p. 587-597, 1984.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correlação**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

STANFORD, G. & SMITH, S.J. Nitrogen availability mineralization potentials of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, n. 3, p. 465-472, 1972.

STANFORD, G. & SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 36:465-472, 1972.

SYSTAT SOFTWARE Inc.. SigmaPlot 11 for Windows version 11.0. Statistics for user's guide. Chicago, Systat Software Inc., 578 p. 2008.

TOUCHTON, J.T. & HARGROVE, W.L. Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 5, p.823-826, 1982.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 411-417, 1998.

ZIBILSKA, L. M. **Carbon mineralization**. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A. & BOTTOMLEY, P. J. (Ed.). *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 10-35. (Special Publication 5).