INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL E SUBTROPICAL

LIXIVIAÇÃO DE ÍONS INORGÂNICOS EM SOLOS QUE RECEBERAM FERTILIZANTES NITROGENADOS

MATHEUS DE AGUIAR RODRIGUES CEMBRANELLI

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Severiano Berton

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **MESTRE** em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais

Campinas, SP
Junho 2006

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação
do Instituto Agronômico

C 177l Cembranelli, Matheus de Aguiar Rodrigues
Lixiviação de íons inorgânicos em solos que receberam fertilizantes nitrogenados/ Matheus de Aguiar Rodrigues. Cembranelli. Campinas, 2006
72f.

Orientador: Ronaldo Severiano Berton
Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Pós-Graduação – IAC.

1. Neossolo Quartzarênico 2. Latossolo I. Berton, Ronaldo Severiano. II. Título

CDD 633.2

Dedicatória

Á minha amada Teresa, aos nossos filhos Emilie e os que ainda virão e aos meus pais,

Dedico

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ronaldo Severiano Berton pela oportunidade e orientações;

Ao Prof. Dr. Otávio Antônio de Camargo pelos conselhos;

Ao Prof. Dr. Heitor Cantarella, à Profª. Drª. Mônica Ferreira de Abreu, à Profª. Drª. Aline Coscione e à Profª. Drª. Maria Emília Mattiazzo pelas dicas e esclarecimentos;

Aos colegas pós-graduandos pela amizade, à amiga Sandra pela dedicação, aos funcionários Luciana Taminato, Luciana Damaceno, Bárbara, seu Zé e Luiz Fernando pela amizade e colaboração; e,

Á todos que direta e indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO..... vii
ABSTRACT..... iv
1 INTRODUÇÃO..... 01
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 02
2.1 Lixiviação..... 02
2.2 Nitrogênio..... 03
2.3 Cátions e Ânions..... 05
3 MATERIAIS E MÉTODOS..... 06
3.1 Solos Utilizados..... 06
3.2 Ajifer L40..... 08
3.3 Montagem e Condução do Experimento de Lixiviação..... 11
3.4 Análises Químicas..... 13
3.4.1 Lixiviados..... 13
3.4.2 Solo..... 14
3.5 Montagem e Condução do Experimento de Incubação sem Lixiviação..... 15
3.6 Análises dos Dados..... 16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 17
4.1 Fração de Mineralização do Nitrogênio..... 17
4.2 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO..... 25
4.2.1 Lixiviado..... 25
4.2.1.1 Nitrogênio inorgânico..... 26
4.2.1.2 Cálcio, magnésio e potássio..... 29
4.2.1.3 Sódio, cloreto e sulfato..... 31
4.2.1.4 pH e condutividade elétrica..... 33
4.2.2 Solo..... 35
4.2.2.1 Nitrogênio inorgânico..... 35
4.2.2.2 Potássio, cálcio, magnésio, cloreto e sulfato..... 42
4.2.2.3 pH e H + Al (acidez potencial)..... 45
4.3 LATOSSOLO VERMELHO distrófico..... 47
4.3.1 Lixiviado..... 47
4.3.1.1 Nitrogênio inorgânico..... 47
4.3.1.2 Cálcio, magnésio e potássio..... 51

4.3.1.3 Sódio, cloreto e sulfato..... 53
4.3.1.4 pH e condutividade elétrica..... 55
4.3.2 Solo..... 57
4.3.2.1 Nitrogênio inorgânico..... 57
4.3.2.2 Potássio, cálcio, magnésio, cloreto e sulfato..... 63
4.3.2.3 pH e H+Al (acidez potencial)..... 65
5 CONCLUSÕES..... 67
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 68

CEMBRANELLI, Matheus de Aguiar Rodrigues **Lixiviação de íons inorgânicos em colunas com solos que receberam fertilizantes nitrogenados.** 2006. 72f. **Dissertação** (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Pós-Graduação - IAC, 2006.

RESUMO

O Ajifer L40 é um fertilizante nitrogenado obtido a partir da produção do aminoácido lisina. A lisina é produzida por meio da fermentação de uma solução esterilizada de açúcar ao qual são adicionados nutrientes (P, K, Mg, Mn, Fe) para servir de substrato ao microorganismo e adição de amônia (NH_3) para tamponar o sistema visando a eficiência da fermentação. Após a remoção da lisina, o caldo resultante, contendo 1% de nitrogênio total, passa por evaporadores produzindo um material orgânico ao qual são adicionados 16 kg m^{-3} de bagaço de soja. O produto resultante contendo, no mínimo, 40 g kg^{-1} de nitrogênio total passa a ser conhecido como Ajifer L40.

O Ajifer L40 foi aplicado em dois solos, um arenoso (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) e outro de textura média (LATOSSOLO VERMELHO distrófico) acondicionados em colunas de PVC rígido, com o objetivo de estudar a lixiviação dos íons NO_3^-, NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, Cl^- e SO_4^{2-}. Os mesmos solos também foram incubados em frascos de polietileno, no intuito de verificar a velocidade das transformações que o nitrogênio de ambas as fontes nitrogenadas sofreriam no solo. As amostras foram incubadas por um período de 126 dias, a cada período estabelecido determinou-se os teores de N inorgânico.

O experimento de lixiviação foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com dois solos, três repetições, doze tratamentos em esquema fatorial (3 doses x 2 fontes de N x 2 pH). Os tratamentos foram doses de nitrogênio, fornecidos pelo Ajifer L40 ou sulfato de amônio mais cloreto de potássio, equivalentes a 0, 120 e 240 kg de $N.ha^{-1}$. As coletas de lixiviados foram realizadas a cada vinte dias num total de três e findo esse período realizou-se a análise dos lixiviados e do solo utilizado.

O experimento de incubação foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 doses x 2 fontes de N x 2 solos).

A nitrificação do N adicionado via Ajifer L40 e sulfato de amônio aos solos incubados iniciou-se entre os 14 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos. No LATOSSOLO VERMELHO distrófico a nitrificação do sulfato de amônio foi linear com o aumento das doses por todo o período de incubação, enquanto que o Ajifer L40 no mesmo solo,

apresentou aumento nos teores desse elemento até os 56 dias de incubação com posterior decréscimo. No NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ambas as fontes nitrogenadas apresentaram valores semelhantes de N nítrico e amoniacal por todo o período de incubação.

Os teores de $N\text{-}NH_4^+$ e de $N\text{-}NO_3^-$ no lixiviado foi semelhante entre as fontes nitrogenadas. Verificou-se que 90% do nitrogênio amoniacal e 60% do nitrato permaneceram na camada superficial do solo. Os fertilizantes nitrogenados promoveram uma diminuição no pH dos dois solos após as três lixiviações. Concluiu-se que o Ajifer L40 comportou-se no solo de forma semelhante ao sulfato de amônio, dessa forma sendo necessário um manejo adequado na sua aplicação de maneira semelhante às outras fontes nitrogenadas usualmente recomendadas, principalmente no que diz respeito às alterações no pH do solo, velocidade de nitrificação e teores de $N\text{-}NO_3^-$ lixiviados.

Palavras-Chave: Neossolo Quartzarênico, Latossolo, mineralização, nitrato, poluição, lisina

CEMBRANELLI, Matheus de Aguiar Rodrigues **Leaching of inorganic ions in columns with soils amended with nitrogen fertilizers.** 2006. 72f. **Dissertação** (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Pós-Graduação - IAC, 2006.

ABSTRACT

Ajifer L40 is a nitrogen fertilizer obtained from the production of the lysine amino acid. The lysine is made of by the fermentation of a sterilized sugar solution in which nutrients (P, K, Mg, Fe) are added to serve as substrate to microorganisms and ammonia (NH_3) to buffer the system in order to increase fermentation efficiency. After the lysine has been removed, the liquid remained, which contains 1% N, passes through evaporators producing an organic material into which 16 kg m^{-3} of soybeans bagasse are added. The resulting product contains at least 40 g kg^{-1} total N and is named as Ajifer L40.

Ajifer L40 was applied into two soils with different texture (sandy and clay loam) and placed on rigid PVC columns, aiming to study the lixiviation of NO_3^-, NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, Cl^- and $SO_4^{2-}$when compared to an inorganic N source, $(NH_4)_2SO_4$. The same soils were used on an incubation experiment, done on polystyrene flasks, with the objective of verifying the velocity of the N transformations that will occur from both sources. Treatments were incubated for 126 days and soil samples were systematically taken for inorganic N determination. The lixiviation experiment was carried out on a complete randomized design, with two soils, three replicates, two pH levels and 12 treatments. Ajifer L40 and $(NH_4)_2SO_4$ + KCl were added to both soils to supply the equivalent of 0; 120 and 240 kg ha^{-1} N. Leachates were collected each 20 days after the experiment had started. Soil samples were taken for ion analysis at the end of the trial. Nitrification of N began from 14 to 28 days after the fertilizers were added to the soils. The nitrification rate of N added as ammonium sulfate to the clay loam soil was linear with the amount of N applied during all incubation period while it increased only till the 56^{th} day of incubation for the treatment Ajifer L 40. All sources presented a similar nitrification rate when applied to the sandy soil.

Concentrations of N-NH_4^+ and N-NO_3^- on the leachates were similar for both sources of N studied and 90% of N-NH_4^+ and 60% of N-NO_3^- remained on the first 20 cm soil depth. All N sources decreased soil pH in both soils under investigation. In conclusion, Ajifer L40 behaved like ammonium sulfate on both soils which implies that this product

should be handled with same care off this inorganic N source with respect to changes on soil pH, nitrification rates and N losses by nitrate leaching.

Key words: nitrate, ammonium sulfate, pollution, oxisols, lysine

1 INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas na agricultura estão intimamente relacionadas com as questões ambientais. Devido à necessidade de espaço e recursos naturais e do uso de insumos e tecnologias modernos a agricultura é uma das atividades do homem que mais tem causado degradação ambiental.

Desta forma, as atividades agrícolas requerem uma organização administrativa com abordagem sistêmica para planejar, executar, controlar e medir suas ações ambientais, visando atingir os objetivos ambientais e econômicos da empresa agrícola, ou seja, um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

> O SGA consiste numa estrutura de organização que forneça orientação efetiva para as atividades ambientais de uma empresa, que deve ser continuamente monitorada e renovada, e de responsabilidade de todos os seus membros.

O objetivo maior da implantação do SGA na agricultura é a busca da sustentabilidade dos sistemas agroambientais. Pois, a empresa agrícola que tem um SGA necessariamente adota práticas agrícolas sustentáveis, conhece os aspectos ambientais dos seus métodos de produção, conhece os impactos e riscos ambientais associados às suas atividades, conhece as exigências da legislação ambiental, tem compromisso com a melhoria contínua de sua performance ambiental e integra seus objetivos econômicos com os objetivos ambientais.

> Como forma de estabelecer uma estrutura e programas para implementar a política ambiental, uma empresa pode promover ações como bio-integração entre lavouras, usinas e fábricas, através do reaproveitamento de subprodutos resultantes do processo industrial, transformando-os em fertilizantes e aplicados na agricultura.

> O subproduto da fabricação de lisina Ajifer L40 se encaixa nesse contexto de bio-integração. Proveniente da fabricação de lisina, após a remoção dessa, resta uma suspensão orgânica, de acidez média e que apresenta um conteúdo de nitrogênio total de 4% no material original (MATTIAZZO, 2003). O subproduto resultante do processo industrial é transformado em fertilizante e aplicado em cultivos próximos à indústria, principalmente cana-de-açúcar, citros e seringueiras.

> A dinâmica do nitrogênio no solo é muito intensa, envolvendo processos, representados de forma reduzida, pela fixação biológica, adição de matéria orgânica,

aplicação de adubos minerais ou orgânicos e adições pelas águas pluviais e, perdas representadas pela remoção por colheitas, erosão, lixiviação e volatilização (MELO, 1978).

No Brasil, cerca de 52% do nitrogênio consumido nas lavouras no ano de 2000 foi na forma de uréia, 19% como sulfato de amônio e 12,1% como nitrato de amônio (MONESMITH, 2001). Os restantes 16,9% são atribuídos a nitrogênio fornecido por outras fontes, entre elas subprodutos da atividade industrial.

Em função dos consideráveis teores de nitrogênio, o produto Ajifer L40 apresenta-se como um substituto de parte da adubação mineral para esse elemento. No entanto, como o Ajifer L40 é um produto novo e que existem poucos estudos sobre o seu efeito em solos foi proposto avaliar o movimento vertical do nitrogênio e de outros íons em colunas de PVC preenchidas com dois tipos de solo, um de textura média e outro arenosa, que receberam doses de Ajifer L40.

O nitrogênio na forma de nitrato, sua principal forma inorgânica em solos, é pouco retido pelos colóides do solo. Com isso, é grande o potencial de perdas de N no perfil do solo, a profundidades fora do alcance do sistema radicular da maioria das culturas. Bem como, o risco de contaminação com esse elemento do lençol freático é evidente. Pelo fato desse produto apresentar além do N outros elementos considerou-se também a movimentação do Ca, Mg, K, Na, S, Cl no perfil do solo das colunas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Lixiviação

Denomina-se lixiviação o movimento dos co-íons para as camadas mais profundas do solo, fora do alcance do sistema radicular, por meio de um fluxo descendente de água (QUAGGIO, 1986). Este processo é um dos principais mecanismos de perdas de nutrientes, contribuindo de maneira significativa para a acidificação do solo (REICHARDT, 1986). Entre os nutrientes de plantas, apresentam maiores taxas de lixiviação no solo o cálcio, o magnésio, o potássio e o nitrogênio (SANCHEZ, 1981).

Quando os corretivos e fertilizantes são aplicados na superfície do solo, os nutrientes ficam propensos a perdas por lixiviação para camadas fora do alcance do sistema radicular, sendo esse o principal fator para o seu menor aproveitamento (RITCHEY et al., 1983) e constituindo a principal causa de acidificação dos solos, pela remoção dos cátions básicos (RAIJ et al., 1982).

Entretanto, a lixiviação poderá também contribuir para uma melhor distribuição dos nutrientes em todo perfil do solo, permitindo melhor aproveitamento pelo sistema radicular, se assim os fatores envolvidos permitirem, resultando em perdas desconsideráveis (SOPRANO et al., 1989).

O comportamento de cada íon em relação às condições de fixação e adsorção, suas funções e o tipo de solo em que se encontram estão relacionados com o movimento desse íon (DROUINEAU, 1969).

Diversos autores verificaram que as diferenças na movimentação de bases são atribuídas à natureza do ânion acompanhante, aos compostos formados pela dissolução dos sais e às próprias diferenças de solubilidade dos sais utilizados (SOPRANO et al., 1989, RITCHEY et al., 1980 e DAL BÓ, 1985).

A fim de que a eletroneutralidade do sistema seja mantida, na movimentação de um cátion é necessário que um ânion o acompanhe durante o percurso (SOPRANO & ALVAREZ, 1989).

2.2 Nitrogênio

A principal forma de ocorrência do nitrogênio nos solos são as combinações orgânicas. No entanto, para os vegetais são as formas inorgânicas que estão disponíveis (RAIJ, 1981).

O processo de mineralização do nitrogênio, que converte as formas orgânicas de N à formas inorgânicas, ocorre à medida que os microrganismos do solo decompõem a matéria orgânica. Esse processo se inicia com a aminização (transformação do N-orgânico em $N\text{-}NH_2$) seguida da amonificação (transformação da $N\text{-}NH_2$ em $N\text{-}NH_3$). A amônia formada ($N\text{-}NH_3$), após combinar-se com a água fornece o íon amônio ($N\text{-}NH_4^+$) que é uma forma passível de ser absorvida pelas plantas. Em condições favoráveis ao crescimento das plantas a maior parte do íon amônio é rapidamente convertido a nitrato ($N\text{-}NO_3^-$) por ação de bactérias nitrificantes. Esse é o processo de

nitrificação que devido a liberação de íons H^+ promove a acidificação do solo (MELGAR, 1999).

Nem todo nitrogênio aplicado ao solo será absorvido pelas plantas, parte dele poderá ser imobilizado por microrganismos, percolar pelo perfil do solo a profundidades não atingíveis pelo sistema radicular das plantas ou ainda se perder para a atmosfera pela volatilização das formas NH_3, N_2, N_2O e NO (BYRNES, 2000).

Nos solos com predominância de cargas negativas, o íon nitrato movimenta-se mais rapidamente no solo que o volume de água percolada. Mesmo em solos ricos em óxidos de ferro e de alumínio e materiais amorfos, que apresentam cargas líquidas negativas pequenas ou mesmo positivas, características dos latossolos que ocorrem nas regiões tropicais, em virtude de chuvas pesadas e ininterruptas o nitrato é removido dos horizontes superficiais (VERDADE, 1951; KÜPPER et allii, 1953; EIRA et allii, 1968; LEAL & ALVAHYDO, 1971). Nesses solos o horizonte B tem a propriedade de reter eletrólitos, nesse caso o movimento do nitrato é menor do que o da água percolada (THOMAS, 1960 e RAIJ & CAMARGO 1974).

LEON & PRATT (1974), provaram que o movimento do nitrato é realmente retardado em solos que adsorvem esse ânion. A natureza dos colóides do solo, a acidez do meio e a concentração de nitrato na solução de equilíbrio são os principais fatores que influenciam a adsorção de nitrato (SINGH & KANEHIRO, 1969; KINJO & PRATT, 1971).

KINJO (1978) mostrou que o movimento do nitrato em colunas de terra parece se dar principalmente em razão da concentração da solução do solo, causada pela água de percolação. Primeiramente, a água aplicada dissolve o nitrato na forma salina e arrasta-o para a profundidade. As cargas positivas do colóide adsorve uma parte do ânion e o restante é arrastado junto com o efluente. Em seguida, com a diluição da solução pela água que vem descendo, é novamente dissolvido, para estabelecer posteriormente novo equilíbrio. Esse processo de dessorção é continuado enquanto estiver sendo aplicado água, mostrando que a adsorção do nitrato é não específica (HINGSTON et allii, 1967) e depende da concentração (SINGH & KANEHIRO, 1969; KINJO & PRATT, 1971).

Segundo KINJO et allii (1978), em experimento com colunas de um Latossolo o fluxo de difusão dentro dos agregados de terra e a canalização da água dentro das colunas de terra, podem ter sido os principais responsáveis pela necessidade de um grande volume de água para remover o nitrato pré-existente na terra.

A preocupação com nitratos é destacada por SHEPHERD (1996) e GAVI et al. (1997). Chamando a atenção principalmente nos casos em que a mineralização do N orgânico não é sincronizada com a absorção pela cultura (CARTRON & WEIL, 1998).

ANJOS & MATTIAZZO (2000) comparando as concentrações médias de N-NO_3^- no lixiviado oriundas da mineralização da matéria orgânica original do solo com os valores estabelecidos pela legislação americana (USEPA, 1993) verificaram que os valores excederam o limite máximo permitido de 10 mg L^{-1} de nitrato na água, evidenciando a necessidade de estabelecimento desse limite para solos sob clima tropical onde ocorre intensa mineralização da matéria orgânica original ou adicionada.

2.3 Cátions e Ânions

Como os ânions são menos retidos pelos solos tropicais, devido esses apresentarem uma carga líquida negativa, a lixiviação dos cátions que os acompanham é devida em parte, ao seu movimento pelo perfil do solo. No caso do cloreto de potássio, que é o adubo potássico mais utilizado, os principais cátions que acompanham o íon cloreto, em solos ácidos, devem ser principalmente cálcio, magnésio e potássio. Pelo seu custo elevado, o potássio é o de maior interesse.

Vários autores têm realizado estudos para verificar o efeito do cálcio sobre a movimentação vertical de nutrientes no solo (REEVE & SUMMER, 1972; RITCHEY et al., 1980; PLEYSIER & JUO, 1981; PAVAN et al., 1984; DIAS et al., 1984; DAL BÓ, 1985). Porém, não se tem dado ênfase nas quantificações de nutrientes na água de drenagem (REEVE & SUMMER, 1972; PLEYSIER & JUO, 1981; PAVAN et al., 1984).

As maiores perdas de K por lixiviação em solos que receberam diferentes sais foi para os tratamentos que receberam $CaCl_2$ (SOPRANO et al., 1989). Nos tratamentos que receberam $CaCO_3$ ocorreu uma diminuição nos teores de K no lixiviado de acordo em que profundidade foi incorporado ao solo. Em função da aplicação do carbonato, maiores quantidades de K ficaram retidas no complexo de troca, diminuindo as perdas, devido, principalmente, à elevação do pH e da CTC efetiva (SOPRANO et al., 1989).

Contrariando outros trabalhos (RITCHEY, et al., 1980; PAVAN et al., 1984; DAL BÓ, 1985), SOPRANO et. al., 1989, não verificou diferenças nos teores de K lixiviado em função dos tratamentos com $CaSO_4$ e/ou $CaCO_3$. Porém, verificou esse

efeito quando analisou o solo das colunas em profundidades diferentes (SOPRANO, 1986).

SOPRANO et al., (1989) observaram maiores perdas relativas por lixiviação de Mg em relação ao Ca. As maiores perdas de Ca e Mg foram encontradas quando se adicionou $CaCl_2$ aos solos das colunas e as menores quando se adicionou $CaCO_3$.

Quando se utiliza $CaCO_3$ o carbonato é neutralizado na superfície do solo pela reação com a acidez não ficando um ânion para acompanhar o Ca que é adsorvido no complexo de troca, assim seu movimento é mínimo no solo (REEVE & SUMMER, 1972). Ao passo que quando se utiliza o $CaCl_2$, esse forma sais solúveis e não corrige a acidez do solo ficando o Ca mais propenso a lixiviar. Ao contrário dele, o $CaSO_4$ é menos solúvel e, o sulfato, mais adsorvido do que o cloreto, portanto o $CaSO_4$ é menos propenso a ser lixiviado.

Para PAVAN (1983), quando se utiliza $CaSO_4$, a movimentação do Ca seria devido à formação do par iônico $CaSO_4^0$, que é uma forma solúvel, neutra e não se dissocia, portanto potencialmente móvel no solo. Porém, principalmente pela maior movimentação do Mg em relação ao Ca quando se utilizou sulfato, SOPRANO et al., 1989, sugere, ao contrário do que foi proposto por PAVAN (1983), que outros fatores, como os compostos formados pela dissolução dos sais e a própria solubilidade dos sais, sejam os responsáveis pela movimentação diferencial de íons.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Solos Utilizados

A amostra de solo, classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (Quartzipsamment) utilizada no experimento, foi coletada no Pólo Regional Centro Sul, APTA localizado em Piracicaba, Estado de São Paulo. A amostra de solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico (Typic Haplorthox), de textura média (argilo-arenosa) foi coletada no Centro Experimental de Campinas (CEC) do Instituto Agronômico de Campinas, Estado de São Paulo.

Os solos após coletados e secos ao ar e passados em peneiras de malha de 2 mm.

As características granulométricas e os parâmetros de fertilidade dessas amostras, determinados segundo metodologias propostas em Camargo et al. (1986) e Raij et al. (2001), encontra-se nas Tabelas 1 a 4, respectivamente.

Tabela 1. Características granulométricas da amostra do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Argila < 0,002 mm	Silte 0,002 - 0053 mm	Areia total	Areia grossa 0,210 – 2mm	Areia fina 0,53 – 0,210 mm
g dm^{-3}				
122	8	870	630	240

Tabela 2. Parâmetros de fertilidade da amostra do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

P (res.)	M O	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	SB	SO_4^{2-}	CTC	Al^{3+}	$H^{+} + Al^{3+}$	V	m
mg/dm^3	g/dm^3		$mmol_c\ dm^{-3}$								%	
4,0	4,0	4,2	5,0	2,0	0,4	8,0	8,0	31,0	7,3	24,0	24	49,6

Tabela 3. Características granulométricas da amostra do LATOSSOLO VERMELHO distrófico

Argila < 0,002 mm	Silte 0,002 - 0053 mm	Areia total	Areia grossa 0,210 – 2mm	Areia fina 0,53 – 0,210 mm
g dm^{-3}				
411	32,5	715,7	525,5	190,2

Tabela 4. Parâmetros de fertilidade da amostra do LATOSSOLO VERMELHO distrófico

P (res.)	M O	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	SB	SO_4^{2-}	CTC	Al^{3+}	$H^{+} + Al^{3+}$	V
mg/dm^3	g/dm^3		$mmol_c\ dm^{-3}$								%
3,0	24,0	4,2	3,0	2,0	1,2	6,2	8,0	48,5	7,3	42,0	13

3.2 AJIFER L40

A Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda. com sede no município de Valparaiso no estado de São Paulo iniciou suas atividades em 1997. Nessa unidade fabril é produzido o aminoácido essencial lisina, através da fermentação de uma solução

esterilizada de açúcar ao qual são adicionados nutrientes (P, K, Mg, Mn, Fe) para servir de substrato ao microorganismo aeróbico específico, proveniente de cultura pura, que promove a fermentação. Convém salientar que a esterilização da solução de açúcar é feita através de calor, não sendo utilizado nenhum antibiótico no processo. O pH ótimo do substrato é conseguido pela adição de amônia (NH_3) ao meio de forma a tamponar o sistema visando à eficiência da fermentação. A NH_3 adicionada também serve como fonte do nutriente nitrogênio.

Após a remoção da lisina o caldo resultante, contendo 1% de nitrogênio total, passa por evaporadores produzindo um material orgânico ao qual é adicionado 16 kg/m^3 de bagaço de soja. O produto resultante contendo, no mínimo, 40 g kg^{-1} de nitrogênio total passa a ser conhecido como Ajifer L40. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma de fabricação do Ajifer L40.

Como se pode observar na Figura 1, no processo de obtenção do Ajifer L40, nada estranho a atividade agrícola é anexado durante o processamento industrial, razão pela qual o Ajifer L40 é isento de elementos potencialmente tóxicos (Cd, Hg, Pb, Se), compostos orgânicos recalcitrantes e também de elementos potencialmente prejudiciais a atividade agrícola. Também não é misturado ao Ajifer L40 nenhum tipo de esgoto sanitário e, dessa forma o Ajifer L40 não apresenta nenhum tipo de organismo patogênico.

Atualmente a produção de Ajifer L40, com um teor mínimo de nitrogênio total de 40 g kg^{-1}, é de 167.000 toneladas anuais.

A amostra de Ajifer L40 utilizada no experimento foi coletada em maio de 2004 e armazenadas por 60 dias em freezer a -5ºC para o primeiro experimento de lixiviação (NEOSSOLO QUARTZARÊNIC) e 240 dias para o experimento de mineralização e 390 dias para o segundo experimento de lixiviação (LATOSSOLO VERMELHO) . As analisas da amostra (Tabela 5) foram realizadas de acordo com as metodologias proposta em LANARV (1988). Para o cálculo das doses de N a serem aplicadas, considerou-se a área superficial das colunas de 78,5 cm^2. Dessa forma, a dose equivalente de 120 kg ha^{-1} de N foi 94,2 mg de N por coluna. Como a amostra de Ajifer L40 utilizada continha 40,7 g de N por quilo do produto, aplicou-se 2,31 g de Ajifer L40 por coluna na dose 1 e 4,62 g de N por coluna na dose 2.

Tabela 5. Resultados da análise da amostra de Ajifer L40 utilizada no experimento[1]

Parâmetro	**Unidade**	
pH (in natura)		4,5
Condutividade	dS/m	124
Umidade	% (m/m)	63,8
Matéria orgânica total	g/kg	369,9
Carbono orgânico	g/kg	32,8
Nitrogênio, total	g/kg	40,7
Fósforo (como P_2O_5)	g/kg	0,7
Potássio (como K_2O)	g/kg	0,30
Sódio	g/kg	0,11
Cálcio	g/kg	0,04
Magnésio	g/kg	0,07
Enxofre (como SO_4)	g/kg	58,7
Cloreto	g/kg	2,9
Cobre	mg/kg	0,14
Zinco	mg/kg	0,62

1 Resultados expressos no material original

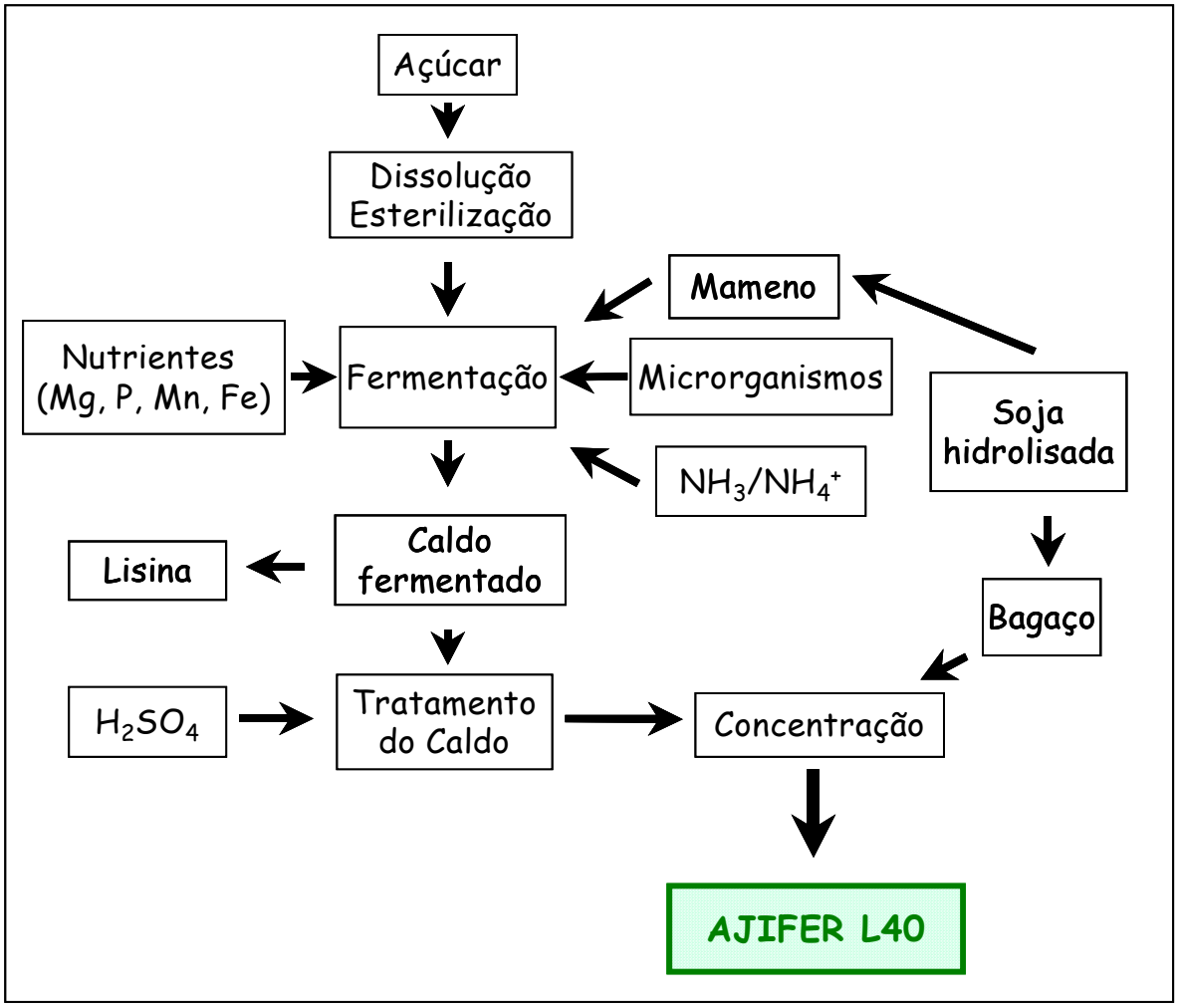

Figura 1. Fluxograma da produção de Ajifer L40.

3.3 Montagem e Condução do Experimento de Lixiviação

As colunas usadas no experimento de lixiviação foram confeccionadas com PVC rígido com 0,1 m de diâmetro interno e 0,8 m de comprimento e, para permitir no momento da desmontagem a separação do solo por camadas, foram secionadas aos 0,2 m e 0,6 m, e encaixadas por luvas também de PVC (Figura 2). O fundo de cada coluna foi protegido por tela de nylon onde foi feito um orifício e colocada uma mangueira plástica para a saída de lixiviados.

Figura 2. Visão geral das colunas de PVC montadas na casa de vegetação.

Como medida preventiva de se evitar o fluxo preferencial de água pela parede das colunas, nas laterais das mesmas aplicou-se areia lavada e cola branca. Bem como, tomou-se o cuidado na aplicação da água, por gotejamento na porção central da superfície do solo das colunas.

As colunas, depois de colocadas em casa de vegetação, foram preenchidas com a amostra deformada do solo, que foi acondicionado cuidadosamente nas colunas e compactado levemente a cada 0,02 m. Cada coluna recebeu 8,6 kg do solo arenoso (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) e 7,3 kg do solo de textura média (LATOSSOLO VERMELHO). Adicionou-se de 0,7 L de água destilada em cada uma delas parta efeito de umedecimento e facilitar a montagem. No entanto, a capacidade de retenção de água dos solos foi de 3,09 L para o NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e de 3,94 L no LATOSSOLO VERMELHO.

As parcelas foram montadas em delineamento blocado, com três repetições, com doze tratamentos em esquema fatorial (3 doses x 2 fontes de N x 2 pH x 2 solos) totalizando 36 parcelas para cada bloco (solo). O experimento, devido o número reduzido de colunas, foi realizado primeiramente com o solo arenoso e, findo a coleta dos dados para esse solo iniciou-se com o solo de textura média.

Os tratamentos foram doses de nitrogênio equivalentes a 0, 120 e 240 kg de N ha^{-1} fornecidos pelo Ajifer L40 ou pelo Sulfato de amônio. Metade dos tratamentos recebeu calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases do solo a 70%. A quantidade necessária de solo para o preenchimento da camada de 0 a 20 cm das colunas, que foi de 38,7 kg do solo de textura arenosa e 32,8 kg do solo de textura média, foi separada. Esses solos receberam 18 e 48,8 g de calcário dolomítico, respectivamente.

Na Tabela 6 pode ser observado o esquema dos tratamentos utilizados no experimento.

Tabela 6. Esquema dos tratamentos utilizados no experimento para cada solo.

Sigla	Componentes
AjV_1D_0	Testemunha 1 (solo sem correção de pH)
AjV_1D_1	Solo sem correção de pH + Ajifer L40 dose 1
AjV_1D_2	Solo sem correção de pH + Ajifer L40 dose 2
AjV_2D_0	Testemunha 2 (solo com correção de pH)
AjV_2D_1	Solo com correção de pH + Ajifer L40 dose 1
AjV_2D_2	Solo com correção de pH + Ajifer L40 dose 2
MiV_1D_0	Testemunha 3 (solo sem correção de pH)
MiV_1D_1	Solo sem correção de pH + Sulfato de amônio e cloreto de potássio dose 1
MiV_1D_2	Solo sem correção de pH + Sulfato de amônio e cloreto de potássio dose 2
MiV_2D_0	Testemunha 4 (solo com correção de pH)
MiV_2D_1	Solo com correção de pH + Sulfato de amônio e cloreto de potássio dose 1
MiV_2D_2	Solo com correção de pH + Sulfato de amônio e cloreto de potássio dose 2

Sete dias após a aplicação do calcário (nos tratamentos pertinentes) aplicaram-se os tratamentos (Ajifer L40 e Sulfato de amônio). Com esse prazo, mais o tempo até a primeira lixiviação foi para permitir a reação do calcário com o solo. Seguidamente, vinte dias após, efetuou-se a primeira lixiviação. Duas outras lixiviações foram realizadas a 40 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos..

Para se promoverem as três lixiviações, embora a capacidade de retenção de água dos solos utilizados fossem distintas, aplicou-se 600 ml de água desmineralizada em cada coluna, por meio de gotejadores adaptados (Figura 3). Dessa forma foi possível a coleta de lixiviado suficiente para as determinações. Em média, aplicou-se 0,5 gota por segundo, na superfície do solo contido nas colunas, sobre papel de filtro para evitar a formação de selamento superficial. Na saída das colunas foram colocados frascos para receberem o líquido lixiviado.

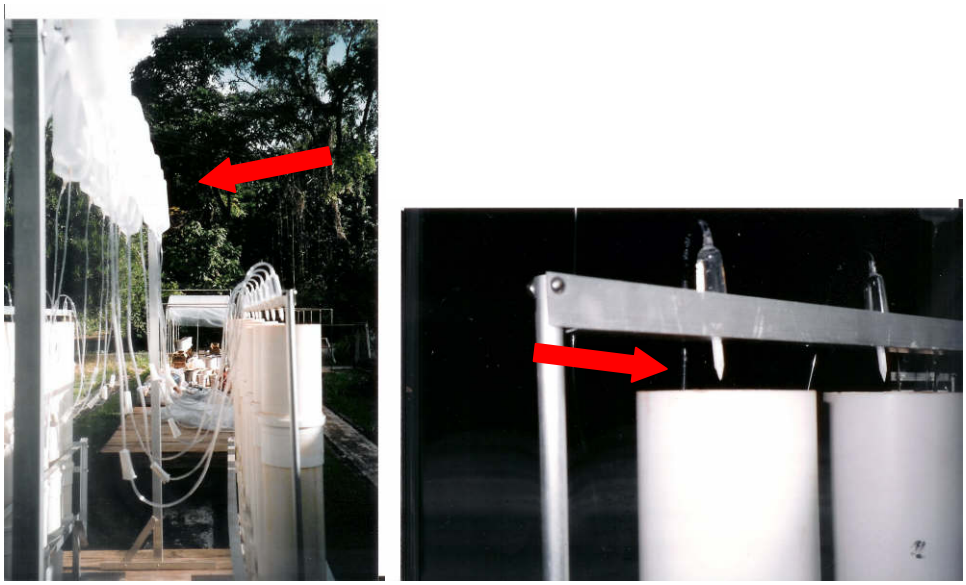

Figura 3. Frascos de soro para o acondicionamento da água destilada que foi aplicada para promover a lixiviação. Destaque para os bicos gotejadores.

3.4 Análises Químicas

3.4.1 Lixiviados

Os frascos contendo o líquido lixiviado, foram imediatamente encaminhados ao laboratório, para a determinação da condutividade elétrica e do pH, e congelados, para posteriores análises.

Utilizou-se o fotômetro de emissão em chama para a determinação do potássio e do sódio do lixiviado. Os elementos cálcio, magnésio e enxofre foram determinados pelo ICP-AES, e o nitrogênio inorgânico pelo método de destilação a vapor (RAIJ, 2001). O cloreto por eletrodo íon seletivo, método que é atualmente utilizado na rotina de análises do laboratório de análises do solo e plantas do IAC, que consiste em aplicar numa alíquota de 3 ml da amostra, 9 ml de solução tampão e efetua-se a leitura por meio do eletrodo. Para a determinação do N dos lixiviados, as amostras eram previamente retiradas do freezer e após atingirem a temperatura ambiente, retirava-se das mesmas uma alíquota de 50 ml por meio de pipeta automática. A essa alíquota acrescentava-se MgO de acordo com a metodologia proposta em Raij et al., (2001) e procedia-se a destilação. Para o cálculo do N contido no lixiviado considerou-se que N em mg L^1 era igual ao volume gasto de gasto na titulação da amostra em branco menos o volume de H_2SO_4 gasto na titulação da alíquota que foi destilada.

3.4.2 Solo

O solo contido nas colunas, após as três lixiviações, foi separado nas profundidades 0-20 cm, 20-60 cm e 60-80 cm. Após a homogeneização do conteúdo de cada camada foram retiradas amostras para avaliação do teor de N inorgânico presente e parâmetros de rotina para avaliação da fertilidade.

O N inorgânico foi determinado pelo método de destilação a vapor (RAIJ, 2001), que consiste em pesar aproximadamente 5 g de solo úmido, adicionou-se 50 ml de KCl 2 mol L^{-1}, agitou-se por 60 min. e deixa-se decantar por 30 min. Para a determinação do NH_4^+ utilizou-se uma alíquota de 25 ml do extrato, à qual foi adicionado aproximadamente 0,2 g de MgO, recolhendo 40 ml de destilado em béquer de 50 ml contendo 5 ml de ácido bórico-indicador. Ao mesmo extrato, foi adicionado pela saída lateral do destilador, 0,2g de liga de Devarda, para reduzir o NO_3^- e o NO_2^- a NH_3, o qual também é destilado por arraste a vapor e recolhido num segundo béquer com o ácido bórico e os indicadores. O conteúdo do destilado recolhido na solução de ácido bórico-indicador foi titulado com solução padronizada de H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1}.

Os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio do solo foram determinados em extratos de acetato de amônio pH 7,0 pelo espectrofotômetro de absorção atômica e fotômetro de chama. Salienta-se que se utilizou desse método de extração, para que no mesmo extrato fosse determinado também o sódio do solo.

Para a determinação do enxofre do solo pelo utilizou-se o método do $BaCl_2$ em pó, que baseia-se na adição de 25 ml de uma solução de fosfato de cálcio ($Ca(H_2PO_4)_2$) 0,01 mol L^{-1} a 10 cm^3 de solo, acrescenta-se aproximadamente 0,25 g de carvão ativado, e agita-se por 30 minutos. O extrato foi filtrado e desse pipetou-se 10 ml ao qual foi adicionado 1 ml de solução-semente ácida de $S\text{-}SO_4$ 20 mg L^{-1} e cerca de 0,5 g de $BaCl_2.H_2O$. A quantificação foi feita por turbidimetria em espectrofotômetro a 420 nm.

A determinação do pH do solo foi feita em suspensão de solo em cloreto de cálcio 0,01 mol L^{-1} (RAIJ, 2001) e a acidez potencial com solução-tampão SMP em pH 7,0 (SHOEMAKER et al., 1961).

3.5 Montagem e Condução do Experimento de Incubação sem Lixiviação

Concomitantemente ao ensaio de lixiviação, realizou-se o ensaio de incubação sem lixiviação para determinar a velocidade das reações que conduziram à nitrificação das fontes nitrogenadas. Nesse ensaio foram utilizados os mesmos solos e as mesmas fontes nitrogenadas utilizadas para o ensaio de lixiviação em colunas. A metodologia seguida é a recomendada pela CETESB para lodos (CETESB, 1999). Que consistiu em adicionar as fontes de N, nas mesmas proporções que para o ensaio de lixiviação, a frascos de polietileno, montados em duplicata, com 0,1 kg de solo previamente incubados com calcário para elevar o pH a 6,5, quantidade essa determinada por curvas de neutralização pré-estabelecidas para os solos em questão (Figura 4). Após umedecer os solos até 70% da capacidade de retenção de água tampou-se os frascos com papel alumínio com pequeno orifício, para evitar perda excessiva de umidade e ao mesmo tempo permitir as trocas gasosas.

Imediatamente após a montagem do experimento, dia 0 (zero) e aos 7, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 e 126 dias de incubação fez-se a desmontagem dos dois

frascos correspondentes a cada tratamento e, no solo úmido contido nos mesmos, foi feita a extração do N inorgânico, conforme metodologia já descrita (RAIJ, 2001).

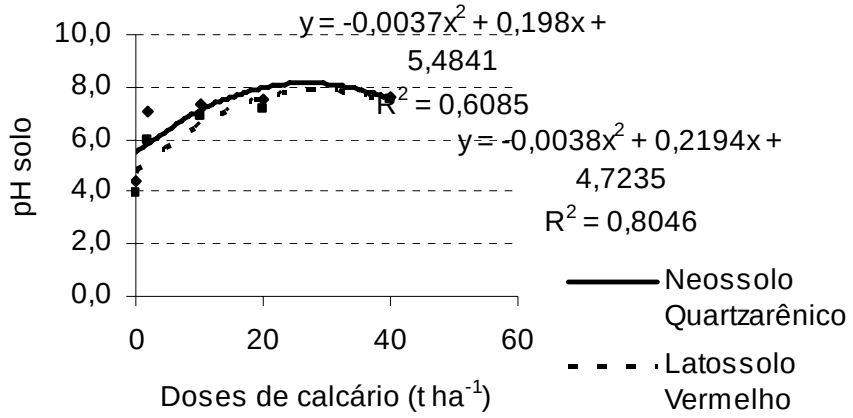

Figura 4. Curvas de neutralização do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e do LATOSSOLO VERMELHO distrófico utilizados no experimento.

3.6 Análises dos dados

Utilizou-se o software SANEST (Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores) nas análises estatísticas dos dados, considerando-se 3 fatores: fontes de nitrogênio (N), saturações por bases do solo (V_1 e V_2) e doses.

Para as fontes de N consideraram-se dois níveis: Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio). Dois níveis também foram considerados para as saturações por bases, sendo V_1 a original do solo e V_2 a elevada a 70%. Para as doses, considerou-se a testemunha (dose 0), dose 1 e dose 2, sendo que para esse fator efetuou-se a regressão dos dados. Enquanto que para os dois fatores anteriormente citados (fonte de N e saturação por bases do solo) compararam-se as médias pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fração de Mineralização do Nitrogênio

De acordo com análise realizada na amostra de Ajifer L40 utilizada no experimento, 98% do nitrogênio está presente na forma amoniacal. Dessa forma, foi avaliado principalmente o processo de oxidação à nitrato ocorrido nas amostras de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e nas de LATOSSOLO VERMELHO distrófico.

A partir do 28º dia de incubação os teores de NO_3^-da maioria dos tratamentos que receberam as fontes de N eram estatisticamente superiores aos das testemunhas. Dessa forma, como definido por BOEIRA et al., (2002) o processo de nitrificação iniciou-se entre os 14 e 28 dias (Tabelas 7 a 10).

Verifica-se que entre os 28 e 126 dias de incubação os teores de $N\text{-}NH_4^+$ diminuíram significativamente, em ambos os solos, demonstrando que nesse período a maior parte do nitrogênio amoniacal já havia sido removido do sistema (Tabelas 7 a 10).

No entanto, as duas fontes nitrogenadas aplicadas no LATOSSOLO VERMELHO diferiram com relação à dinâmica do $N\text{-}NO_3^-$.

Verificou-se que no LATOSSOLO VERMELHO a mineralização do nitrogênio foi expressiva mesmo nos frascos que não receberam a fonte nitrogenada (testemunhas), provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica da amostra de terra (24 g dm^{-3}).

No NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, a dinâmica do N apresentou a mesma tendência entre as fontes nitrogenadas.

A diferença entre os solos com respeito à nitrificação pode ser atribuída principalmente à distinção nas classes texturais entre os solos estudados e em relação aos teores de matéria orgânica.

Praticamente todo $N\text{-}NH_4^+$ fornecido pela dose 1 e dose 2 foram consumidos até os 60 e 40 dias de incubação, respectivamente, em ambos os solo e fontes nitrogenadas. Sendo justamente nesse período que ocorreu o primeiro pico de nitrificação do N fornecido pelo Sulfato de amônio e, de forma contrária ocorreu uma queda de $N\text{-}NO_3^-$ nas amostras com Ajifer L40.

A imobilização detectada nos tratamentos com Ajifer L40 pode ser importante no sentido de afetar o desenvolvimento de plantas, visto que os microrganismos do solo competem efetivamente com as plantas pelo $N\text{-}NH_4^+$ ou $N\text{-}NO_3^-$ durante a imobilização (TISDALE, 1993).

Observa-se que os teores de $N\text{-}NO_3^-$ no LATOSSOLO VERMELHO foram maiores que os do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. Esse nitrato a mais do LATOSSOLO VERMELHO pode ser proveniente da mineralização da matéria orgânica que está presente em maiores teores nesse solo.

Tabela 7. Teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ nas amostras de LATOSSOLO VERMELHO com Sulfato de amônio incubadas por 126 dias.

	Doses de Sulfato de amônio[(1)]			Doses de Sulfato de amônio		
Dias	0	1	2	0	1	2
	——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$ ———			——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NO_3^-$ ———		
0	11,34	72,14	135,38	3,83	6,6	10,12
7	12,17	66,34	106,71	1,05	2,36	10,64
14	5,3	50,03	83,07	2,89	6,0	15,71
28	9,09	2,56	10,73	3,13	43,10	78,9
42	6,35	4,43	6,28	22,92	44,1	90,06
56	2,55	2,5	4,4	8,72	48,72	3,27
70	4,11	1,26	6,16	10,44	43,25	99,49
84	-0,14	3,79	2,18	17,22	100,78	171,92
98	4,62	2,34	4,64	44,26	95,36	133,42
112	1,99	8,25	4,18	44,77	81,76	148,44
126	0,31	0,85	2,06	46,75	94,26	128,35
médias	**5,25**	**19,5**	**33,25**	**18,73**	**51,48**	**80,94**

Tabela 8. Teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ nas amostras de LATOSSOLO VERMELHO com Ajifer L40 incubadas por 126 dias.

	Doses de Ajifer L40			Doses de Ajifer L40		
Dias	0	1	2	0	1	2
	——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$ ———			——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NO_3^-$ ———		
0	6,3	43,2	78,25	1,75	4,55	5,35
7	9,45	71,65	152,05	6,55	10,75	9,2
14	42,1	109,05	125,55	32,1	40,35	43,25
28	5,95	4,40	15,45	52,75	90,0	133,25
42	4,75	4,25	6,80	39,7	104,1	100,25
56	1,00	5,45	16,3	75,69	99,00	46,3
70	0,2	0,45	0,3	4,6	10,15	12,3
84	0,45	0,75	0,95	11,4	13,85	24,2
98	0,1	0,5	0,4	7,1	10,1	13,85
112	0,3	0,4	1,6	6,5	10,2	25,85
126	0,15	-0,5	0,7	12,25	13,7	30,95
médias	**6,43**	**21,83**	**36,21**	**22,76**	**36,98**	**40,43**

Tabela 9. Teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ nas amostras de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO com Sulfato de amônio incubadas por 126 dias.

	Doses de Sulfato de amônio			Doses de Sulfato de amônio		
Dias	0	1	2	0	1	2
	——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$ ———			——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NO_3^-$ ———		
0	3,46	37,31	76,38	0,13	0,59	0,87
7	3,79	40,03	71,3	0,33	1,43	1,92
14	0,7	4,26	22,56	0,27	4,68	8,05
28	3,99	2,6	4,79	0,71	6,20	13,75
42	5,71	5,44	3,22	2,93	7,53	10,81
56	3,31	2,39	2,56	0,71	0,53	9,67
70	6,56	4,5	9,03	1,11	6,06	11,03
84	5,19	3,48	2,6	1,32	5,9	11,73
98	3,3	1,6	33,94	1,68	7,14	7,46
112	8,62	0,38	2,44	2,35	6,36	11,64
126	0,55	-0,94	-0,63	1,46	5,87	10,75
médias	**4,14**	**9,00**	**20,92**	**1,18**	**4,76**	**8,88**

Tabela 10. Teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ nas amostras de NEOSSOLO QUARTZARÊNICO com Ajifer L40 incubadas por 126 dias

	Doses de Ajifer L40			Doses de Ajifer L40		
Dias	0	1	2	0	1	2
	——— mg kg^{-1} de $N\text{-}NH_4^+$ ———			——— mg $kg^{-1}N\text{-}NO_3^-$ ———		
0	3,74	44,25	86,82	0,2	0,73	0,49
7	4,34	40,27	55,4	0,45	0,88	1,40
14	6,13	14,59	49,95	0,82	3,29	3,59
28	2,57	2,35	3,35	0,54	4,83	10,31
42	2,99	2,97	7,82	1,45	4,99	9,45
56	7,35	3,03	5,19	1,48	7,45	14,4
70	3,13	1,66	0,64	0,82	4,48	7,35
84	6,56	5,10	4,44	3,81	5,54	11,03
98	2,79	1,48	0,45	2,17	6,99	11,61
112	5,11	3,62	3,56	1,26	6,26	12,24
126	1,82	0,00	1,04	1,49	4,92	8,54
médias	**4,23**	**10,85**	**19,88**	**1,32**	**4,58**	**8,22**

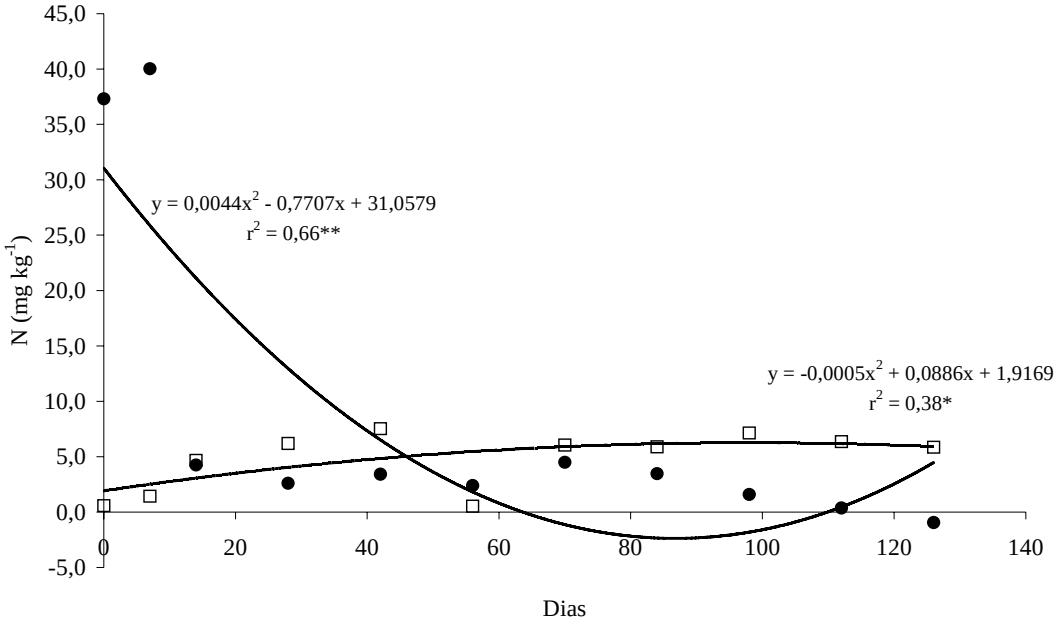

Figura 5. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO durante o período de incubação: 60 mg kg^{-1} de N via sulfato de amônio.

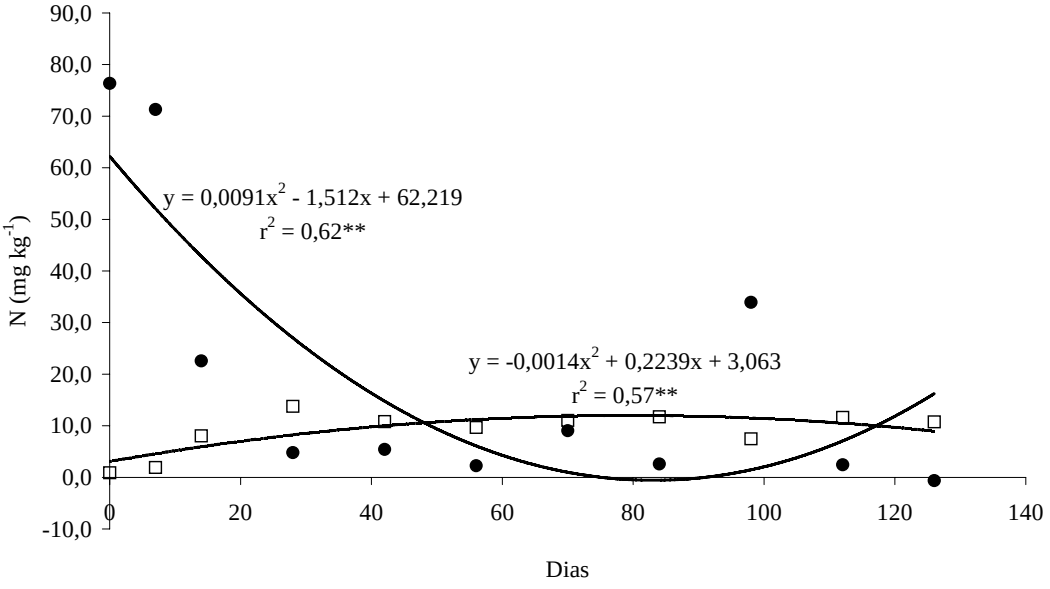

Figura 6. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO durante o período de incubação: 120 mg kg^{-1} de N via sulfato de amônio.

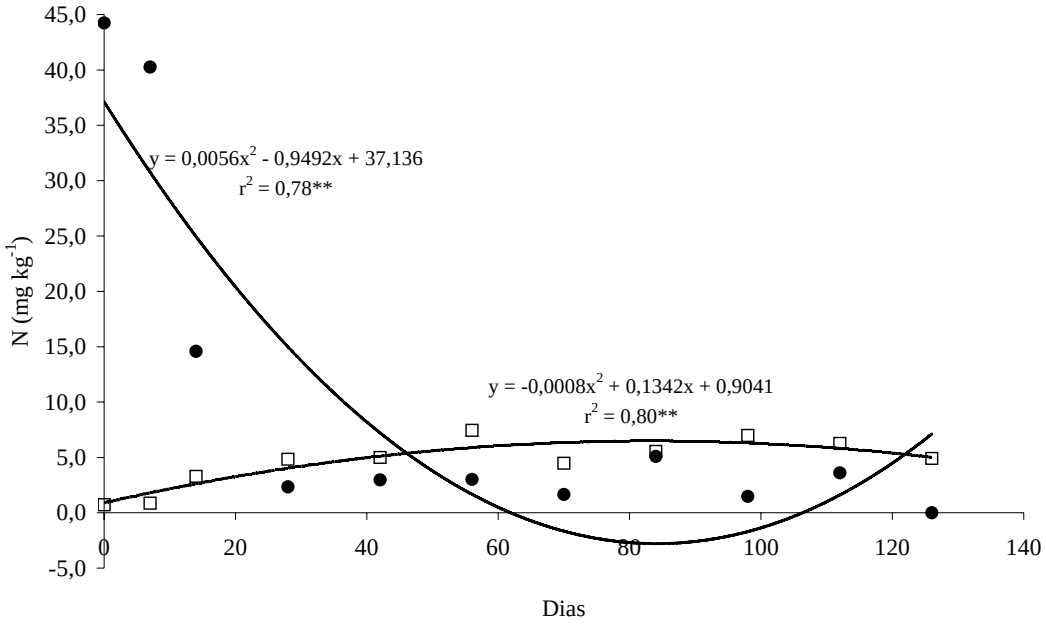

Figura 7. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no NEOSSOLO QUARTZARÊNICo durante o período de incubação: 60 mg kg^{-1} de N via Ajifer L40.

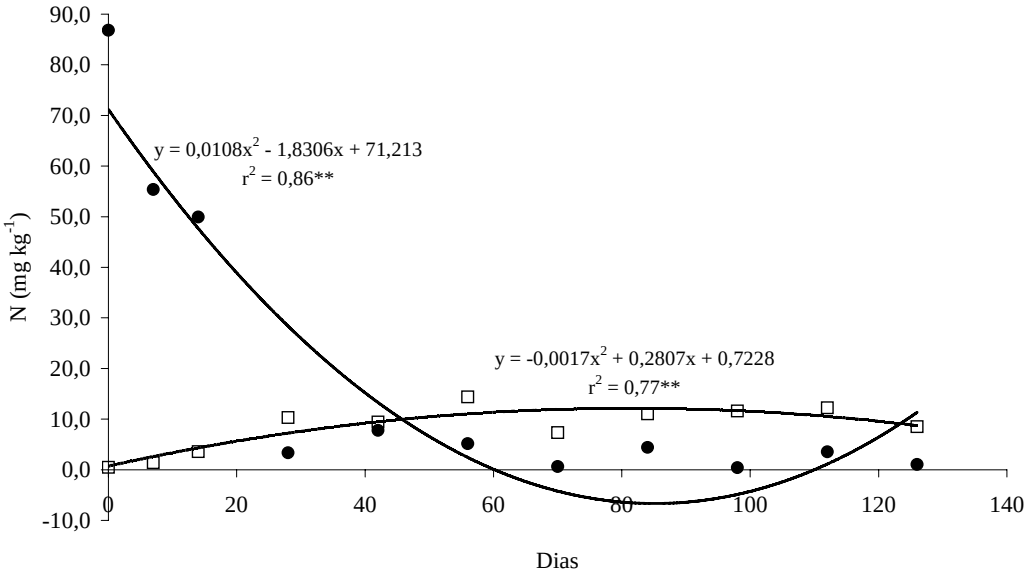

Figura 8. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO durante o período de incubação: 120 mg kg^{-1} de N via Ajifer L40.

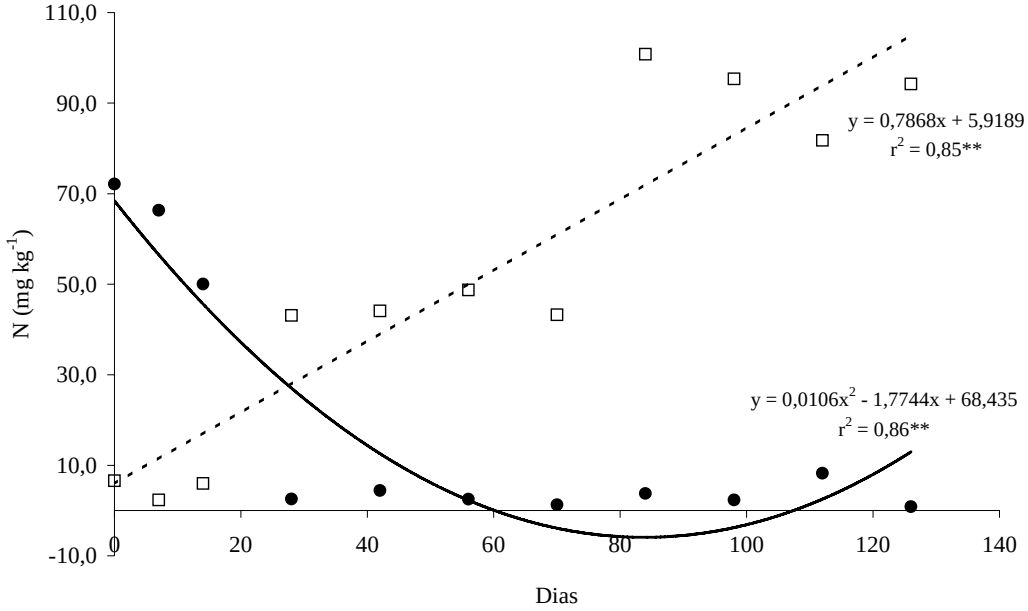

Figura 9. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no LATOSSOLO VERMELHO durante o período de incubação: 60 mg kg^{-1} de N via sulfato de amônio.

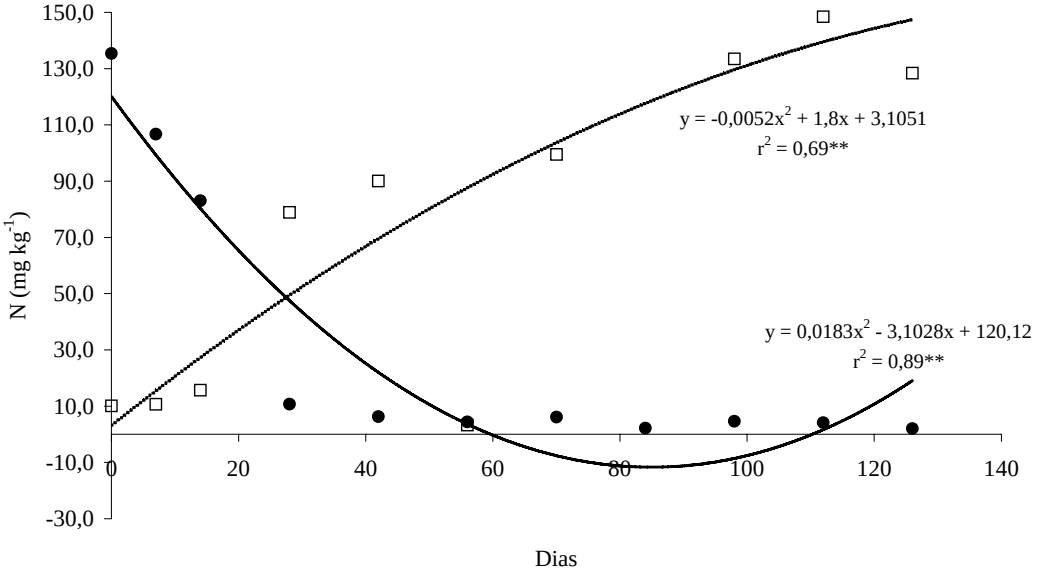

Figura 10. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no LATOSSOLO VERMELHO durante o período de incubação: 120 mg kg^{-1} de N via sulfato de amônio.

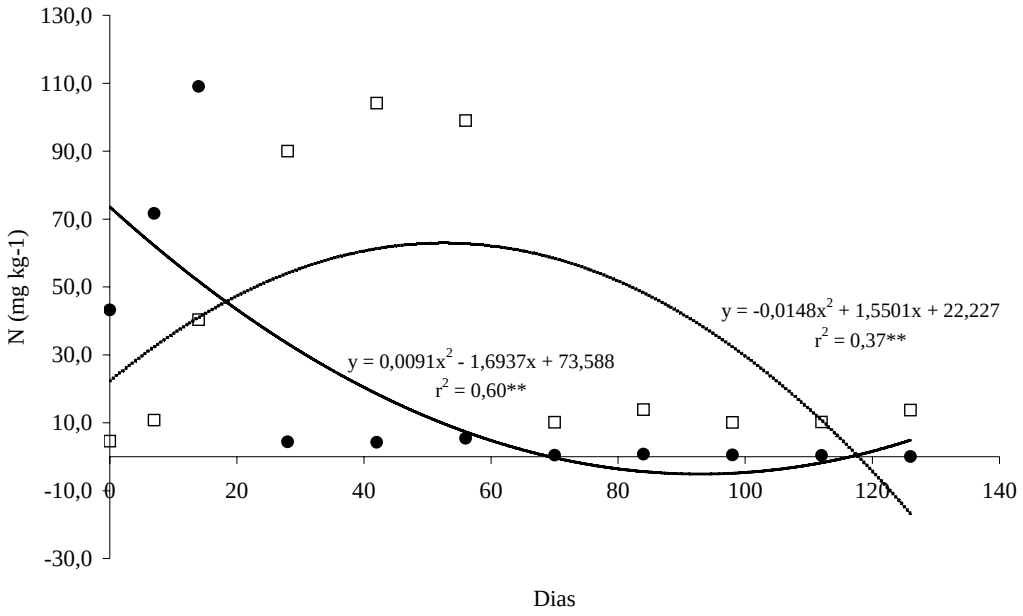

Figura 11. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no LATOSSOLO VERMELHO durante o período de incubação: 60 mg kg^{-1} de N via Ajifer L40.

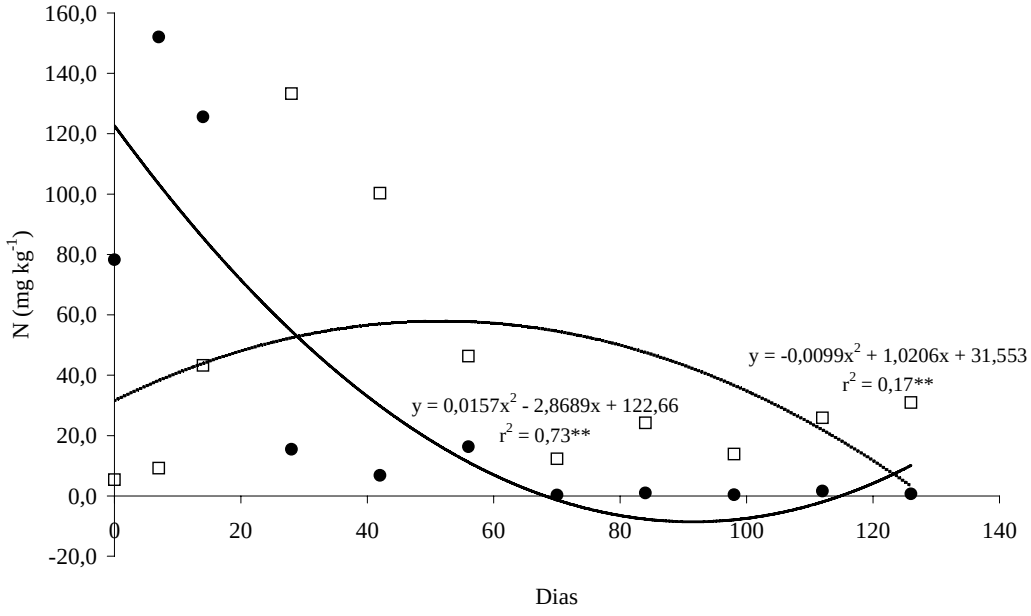

Figura 12. Concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) e nítrico ($N\text{-}NO_3^-$) no LATOSSOLO VERMELHO durante o período de incubação: 120 mg kg^{-1} de N via Ajifer L40.

Observa-se pelas figuras 5 a 8, que à medida que o $N\text{-}NH_4^+$ diminui, ocorre um acréscimo nos teores de $N\text{-}NO_3^-$, demonstrando uma simultaneidade no processo, isto é, à medida que a concentração de amônio decresce o nitrato é formado.

Essa tendência pode ser observada para as duas fontes de nitrogênio quando aplicadas no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. No entanto, verifica-se que no LATOSSOLO VERMELHO, enquanto que para a fonte Ajifer L40 os teores de amônio decrescem simultaneamente à formação do nitrato e o nitrato aumenta até aproximadamente os 60 dias de incubação, a partir daí começa a decrescer. Para o sulfato de amônio, os teores de nitrato aumentam indefinidamente até o fim do período de incubação (Figuras 9 a 12).

Essa tendência foi verificada para ambas as doses de 60 e 120 mg kg^{-1} de nitrogênio.

4.2 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

4.2.1 Lixiviado

Os resultados das análises do líquido percolado através das colunas podem ser observados nas tabelas 11 a 17 e nas figuras 13 a 16.

4.2.1.1 Nitrogênio inorgânico

Na tabela 11 e na figura 13 são apresentados os teores de N-nítrico e N-amoniacal no lixiviado.

Considerando-se apenas o tratamento sem calcário (saturação por bases original do solo) o tratamento Mineral (sulfato de amônio) apresentou maiores teores de $N\text{-}NH_4^+$ no lixiviado, em relação ao tratamento Ajifer L40 (significativo ao nível de 5%). Quando se elevou a saturação por bases do solo, de 24% (V_1) para 70% (V_2), as duas fontes de N apresentaram valores semelhantes de $N\text{-}NH_4^+$ no lixiviado. O tratamento Ajifer L40 com calcário, apresentou maior valor de $N\text{-}NH_4^+$ em relação ao sem calcário. O tratamento Mineral também apresentou diferença significativa, entre as duas saturações por bases do solo (Tabela 11).

Houve um aumento significativo nas concentrações de $N\text{-}NH_4^+$ no lixiviado, em função das doses de Ajifer L40 e Mineral. Com relação aos teores de $N\text{-}NO_3^-$, esse fato não foi observado para esses

tratamentos estudados (Figuras 13 e 14).**Tabela 11.** Médias das concentrações de N-amoniacal e N-nítrico no líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (somatório das três lixiviações), dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

Tratamentos	Fator[(1)]	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$
		mg L^{-1}	
Ajifer L40	Sem calcário	1,14b	38,67a
Mineral		1,77a *	33,36a
Ajifer L40	Com calcário	1,66a	39,86a
Mineral		1,53a	31,10a
Ajifer L40	Sem calcário	1,14b	38,67a
	Com calcário	1,66a *	39,86a
Mineral	Sem calcário	1,77a*	33,36a
	Com calcário	1,53b	31,10a

[(1)]Saturação por bases do solo: V1= 24% e V2=70%; Médias, nas colunas, para o mesmo fator, seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado (* 5%);

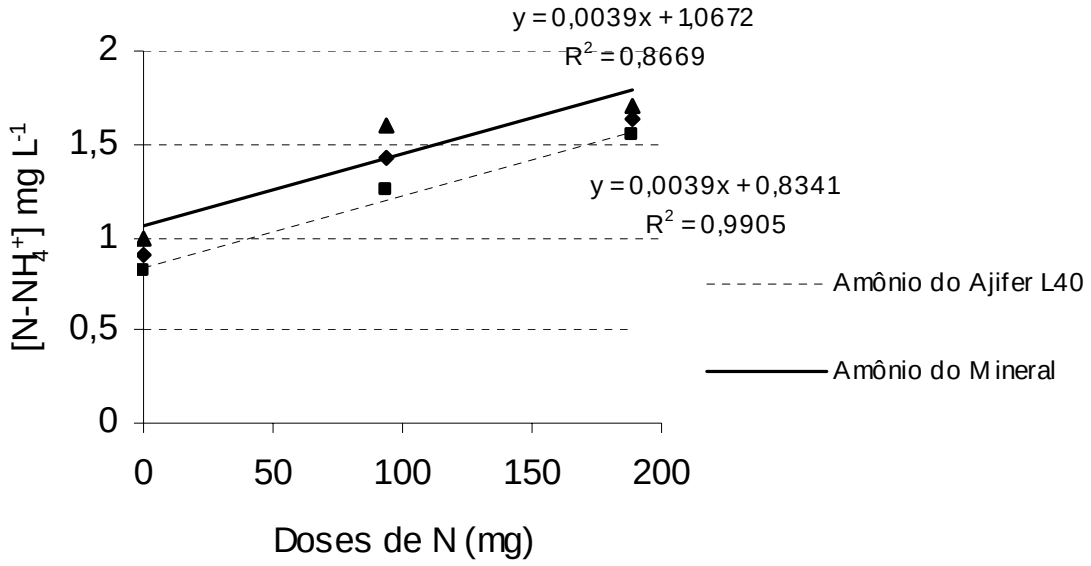

Figura 13. Concentrações de $N\text{-}NH_4^+$ no líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (somatório das três lixiviações), nas diferentes doses de Ajifer L40 ou Sulfato de amônio.

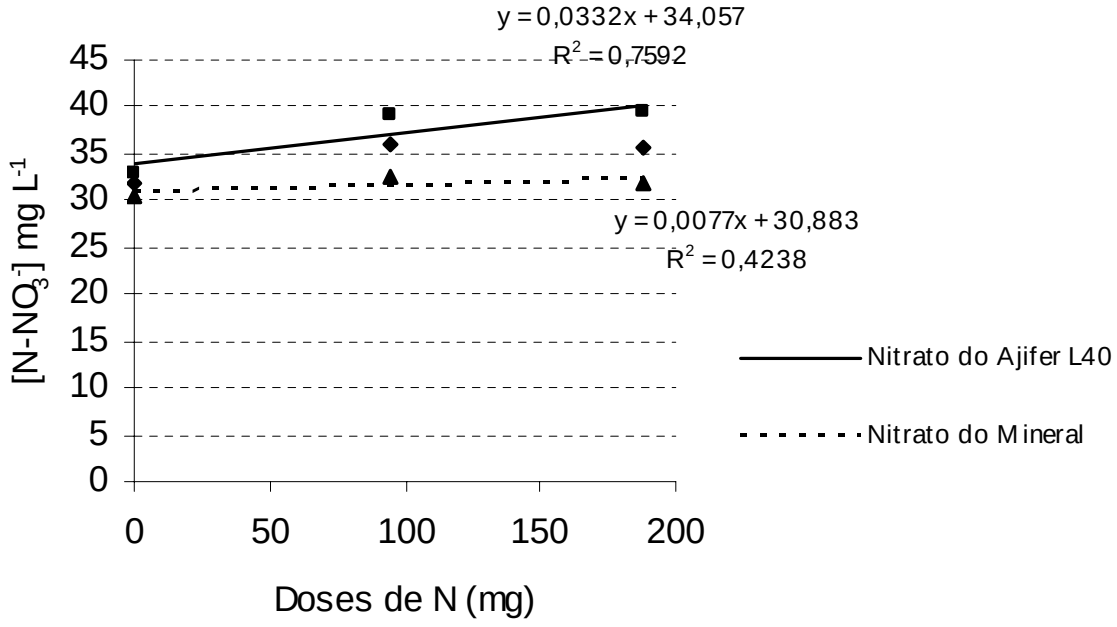

Figura 14. Concentrações de $N\text{-}NO_3^-$ no líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (somatório das três lixiviações), nas diferentes doses de Ajifer L40 ou Sulfato de amônio.

Nas Figuras 15 e 16 são mostrados as porcentagens de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ em cada uma das três lixiviações.

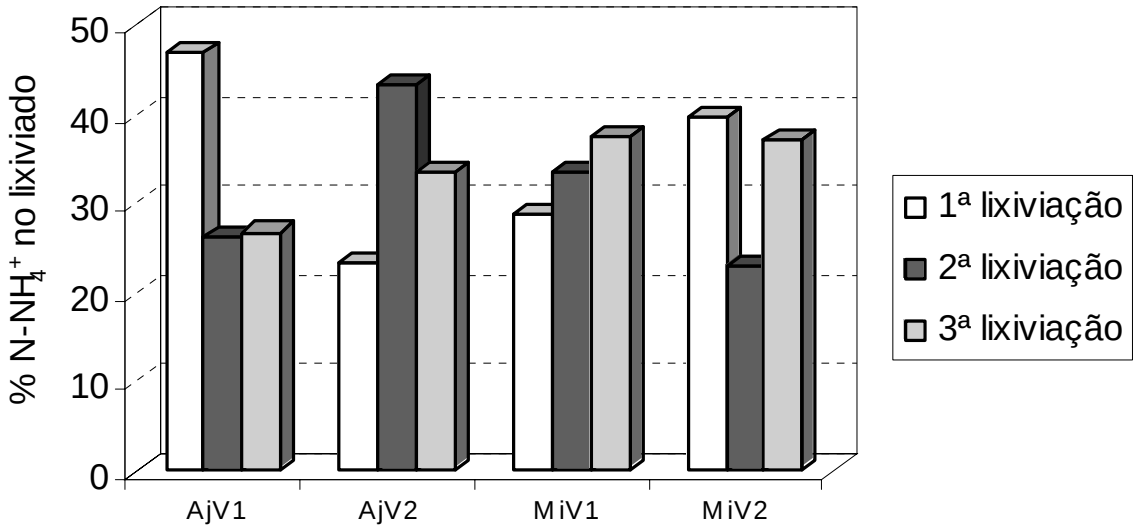

Figura 15. Porcentagem de $N\text{-}NH_4^+$ em cada lixiviação (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) médias das doses 1 e 2.

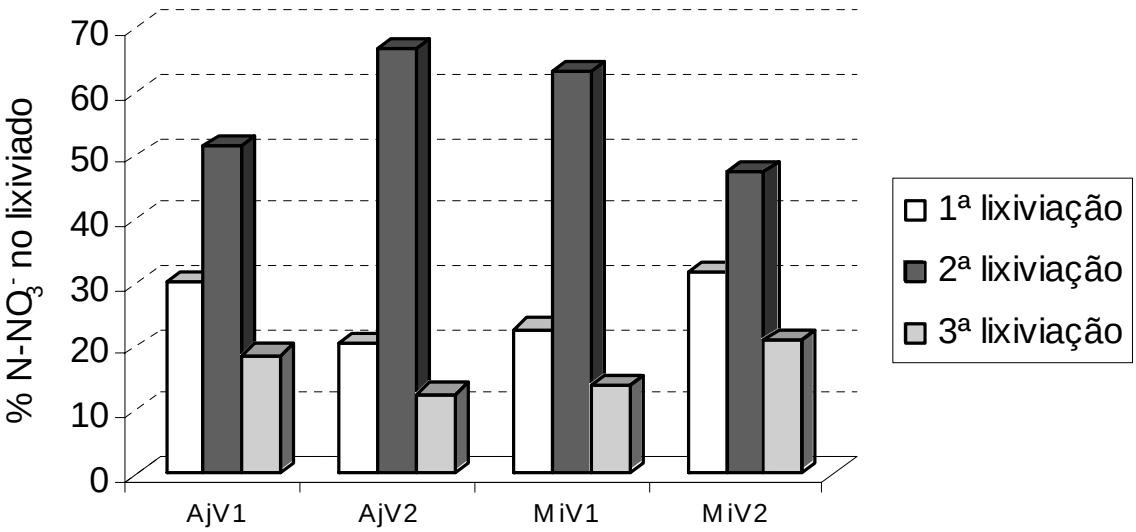

Figura 16. Porcentagem de $N\text{-}NO_3^-$em cada lixiviação (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) média das doses 1 e 2.

4.2.1.2 Cálcio, Magnésio e Potássio

Na tabela 12 pode-se observar os teores de Ca, Mg e K. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Os teores de cátions lixiviados foram maiores do que a quantidade adicionada via fertilizante. Em relação aos teores de cátions trocáveis do solo, os valores de cátions no lixiviado foram sempre inferiores.

Para o cálcio total lixiviado (soma das três lixiviações) não se detectou diferença significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral. No entanto, os tratamentos que receberam calcário, com exceção do tratamento Mineral dose 0 e 1, apresentaram maiores teores de cálcio no lixiviado do que os que não receberam calcário.

Houve um acréscimo linear nos teores de cálcio lixiviado com o aumento das doses de Ajifer L40 e do Mineral.

Verifica-se que o tratamento Mineral sem calcário apresentou valores superiores de magnésio no lixiviado, embora não significativo, em relação ao Ajifer L40 também sem calcário. De forma inversa, quando se elevou a saturação por bases do solo (de 24% para 70%) o tratamento Ajifer L40 apresentou maiores concentrações de Mg (significativo ao nível de 5%, para o teste de Tukey) em relação ao Mineral. Verifica-se ainda na tabela 12, que houve um efeito linear nos teores de magnésio lixiviado em função do aumento das doses das fontes nitrogenadas para ambos os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), significativo ao nível de 5% para ambas as saturações por base (V_1 e V_2).

Verificou-se que nas colunas que não receberam os fertilizantes nitrogenados (AJIFER L40 ou Sulfato de amônio) os teores de cálcio e magnésio tenderam a ser inferiores do que os que receberam os respectivos tratamentos.

No tratamento Mineral com calcário, os teores de magnésio foram inferiores ao sem calcário.

Com relação ao potássio, nota-se a mesma ocorrência acima citada, isto é, as testemunhas apresentaram concentrações menores que as doses 1 e 2 para os tratamentos com Ajifer L40, com e sem calcário e no Mineral apenas no tratamento com calcário. Não houve diferença significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral, com relação ao K lixiviado, e não se detectou efeito de doses das fontes nitrogenadas (Tabela 12).

Tabela 12. **Concentrações de Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+} no líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)**

	lixiviação	**AjV_1D_0 (1)**	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
Ca^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	86,65	96,62	93,69	105,84	99,51	97,64
	II	83,52	82,62	80,58	80,83	82,22	124,58
	III	20,58	57,69	103,33	36,27	75,32	116,96
	total	**190,75 c**	**236,93 A b**	**277,60 A a***	**222,93 c**	**257,05 A b**	**339,18 A a***
Mg^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	26,36	27,95	29,15	32,93	29,90	27,61
	II	24,52	24,58	23,95	23,91	22,85	34,56
	III	5,35	16,53	23,63	9,75	21,97	34,60
	total	**56,23 A c**	**69,06 A b**	**76,73 A a***	**66,59 A c**	**74,72 A*b**	**96,77 A*a***
K^{+}							
$mg.L^{-1}$	I	21,25	21,25	23,00	25,75	24,00	21,50
	II	21,75	25,25	21,75	20,00	18,50	25,50
	III	8,50	14,75	17,75	11,25	15,75	19,50
	total	**51,50 a**	**61,25 A a**	**62,50 A a**	**57,00 a**	**58,25 A a**	**66,50 A a**
	lixiviação	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
Ca^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	97,52	104,29	103,39	78,64	109,46	149,07
	II	98,96	115,08	69,84	78,46	99,78	137,65
	III	23,94	52,69	59,01	18,53	45,99	89,39
	total	**220,42 c**	**272,07 A b**	**232,23 A a***	**175,63 c**	**255,23 A b**	**376,10 A a***
Mg^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	34,52	33,44	40,06	18,87	19,89	31,77
	II	37,39	35,56	23,76	17,47	22,96	37,12
	III	7,19	15,31	20,04	3,52	9,12	18,26
	total	**79,09 c**	**84,32 A b**	**83,86 A a***	**39,87 c**	**51,97 B b**	**87,15 B a***
K^{+}							
$mg.L^{-1}$	I	24,75	23,50	22,50	14,50	13,50	25,50
	II	29,75	25,50	17,50	14,25	15,25	22,00
	III	10,50	14,25	14,00	7,50	14,00	20,75
	total	**65,00 a**	**63,25 A a**	**54,00 A a**	**36,25 a**	**42,75 A a**	**68,25 A a**

(1) Aj = Ajifer; Mi = mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x Mi); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses (*5%).

4.2.1.3 Sódio, Cloreto e Sulfato

Para o sódio (Tabela 13), somando-se as três lixiviações (média das doses 1 e 2), o teor no lixiviado foi 24,87 mg L^{-1} para o tratamento Ajifer L40 sem a aplicação de calcário e, 19,12 mg L^{-1} com a aplicação. Para o fertilizante Mineral os teores de sódio foram 17,46 e 26,37 mg L^{-1} sem a aplicação de calcário e com a aplicação, respectivamente. Houve uma variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral com relação ao sódio sendo que sem calcário o Ajifer L40 apresentou valores superiores e com calcário foi o Mineral que apresentou teores superiores, ambos ao nível de 5% de significância.

O tratamento Mineral apresentou diferença significativa nos teores de sódio lixiviado entre os tratamentos com e sem calcário (significativo ao nível de 5% para Tukey).

Observou-se ainda que houve um acréscimo nos teores de Na no lixiviado com o aumento das doses das fontes nitrogenadas (significativo ao nível de 5%.)

Para o cloreto encontrou-se um coeficiente de variação muito elevado (75,86%). O tratamento Ajifer L40 sem calcário apresentou mais cloreto no lixiviado do que o Mineral também sem calcário. Verificou-se ainda que o tratamento Mineral com calcário foi superior ao nível de 5% de significância em relação ao mesmo tratamento sem calcário.

Detectou-se variação significativa ao nível de 5% nos teores de cloreto lixiviado com relação ao aumento das doses, para o tratamento Ajifer L40.

Os teores de sulfato no lixiviado (Tabela 13) apresentaram uma diferença significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral quando se elevou a saturação por bases do solo a 70%, sendo que o Mineral apresentou maiores concentrações para esse elemento (ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey). Houve um aumento linear (ao nível de 5%) dos teores de sulfato com o aumento das doses do tratamento Mineral. Esse efeito não foi detectado no tratamento Ajifer L40.

Tabela 13. **Concentrações de Na^+, Cl^- e SO_4^{2-} no líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)**

	lixiviação	**AjV_1D_0**[(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
Na^+							
$mg.L^{-1}$	I	5,50	7,75	7,50	6,25	5,00	5,25
	II	7,00	11,50	8,50	4,75	5,50	8,50
	III	2,25	7,00	7,50	1,75	6,00	8,00
	total	**14,75**	**26,25**	**23,50**	**12,75**	**16,50**	**21,75**
		c	**A* a***	**A* b**	**c**	**B b**	**B a***
Cl^-							
$mg.L^{-1}$	I	3,30	20,70	14,17	3,26	3,62	7,76
	II	5,28	19,94	12,71	2,56	6,61	21,47
	III	0,51	6,81	3,07	2,14	2,76	14,57
	total	**9,08**	**47,44**	**29,95**	**7,97**	**13,00**	**43,80**
		c	**A* a***	**A* a**	**c**	**A b**	**A a***
SO_4^{2-}							
$mg.l^{-1}$	I	4,55	6,06	5,36	5,00	4,55	5,70
	II	4,48	6,14	5,00	4,19	4,40	7,29
	III	7,38	7,03	10,13	5,70	11,32	5,58
	total	**16,42**	**19,24**	**20,49**	**14,89**	**20,27**	**18,57**
		a	**A a**	**A a**	**a**	**B a**	**B a**
	lixiviação	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
Na^+							
$mg.L^{-1}$	I	5,75	5,50	7,50	6,75	6,75	11,00
	II	8,75	7,00	6,00	7,75	9,75	9,75
	III	2,50	4,25	5,00	3,75	8,25	7,25
	total	**17,00**	**16,75**	**18,50**	**18,25**	**24,75**	**28,00**
		c	**B b**	**B a***	**c**	**A* b**	**A* a***
Cl^-							
$mg.L^{-1}$	I	3,81	2,31	3,03	2,48	13,78	38,14
	II	7,37	5,27	2,93	6,15	17,80	28,79
	III	0,60	0,46	0,52	0,74	2,40	3,62
	total	**11,78**	**8,04**	**6,47**	**9,37**	**33,98**	**70,55**
			B	**B**	**c**	**A b**	**A a**
SO_4^{2-}							
$mg.l^{-1}$	I	5,98	5,88	7,37	8,23	7,62	9,09
	II	8,02	6,39	5,68	6,74	10,14	6,95
	III	8,77	6,13	10,93	7,92	19,39	84,49
	total	**22,77**	**18,39**	**23,98**	**22,89**	**37,15**	**100,54**
		a	**A a**	**A a**	**c**	**A*b**	**A*a***

Aj = Ajifer; Mi = mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x Mi); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses (*5%).

4.2.1.4 pH e Condutividade Elétrica

Os valores do pH do lixiviado (Tabela 14), média das três lixiviações, variaram de 4,4 a 4,7. O pH do lixiviado das colunas que receberam o tratamento Mineral com calcário foi superior ao nível de 5% de significância em relação às colunas que receberam o Ajifer L40. Porém não houve diferença significativa entre os mesmos tratamentos para as colunas que não receberam calcário. O pH do lixiviado diminuiu com o aumento das doses das fontes nitrogenadas, porém essa variação foi maior no tratamento Ajifer L40 (significativo ao nível de 5%) do que no Mineral (significativo ao nível de 5%). Observou-se que o pH do lixiviado foi sempre maior na terceira lixiviação, provavelmente pelo fato de que entre a primeira e a segunda lixiviações a maior parte do nitrogênio ainda se encontrava no solo das colunas, e quando se promoveu a terceira lixiviação a maior parte desse nitrogênio já havia sido removido, não havendo mais reação de acidificação do solo.

Verificou-se um aumento linear nos valores de condutividade elétrica com o aumento das doses dos dois tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 14. **Condutividade elétrica e pH do líquido percolado pelo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)**

	lixiviação	**AjV_1D_0**[(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
C.E.							
$mS.cm^{-1}$	I	0,87	0,91	0,94	0,86	0,84	0,84
	II	0,74	0,87	0,82	0,92	0,92	0,97
	III	0,23	0,56	1,16	0,36	0,36	1,13
		c	**b**	**a***	**b**	**b**	**a***
pH	I	4,4	4,4	4,3	4,4	4,4	4,4
	II	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	III	5,2	4,7	4,6	5,4	4,9	4,7
	Médias	4,6	4,4	4,4	4,7	4,5	4,5
		a*	**b A**	**b A**	**a***	**b B**	**b B**
	lixiviação	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
C.E.							
$mS.cm^{-1}$	I	0,94	0,9	0,91	0,67	0,77	1,09
	II	0,89	0,87	0,75	0,73	0,86	1,18
	III	0,28	0,51	0,64	0,29	0,83	1,4
		c	**b**	**a***	**c**	**b B**	**a***
pH	I	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,4
	II	4,3	4,4	4,3	4,4	4,3	4,3
	III	5,3	5,2	5,3	4,8	4,6	5,3
	Médias	4,7	4,7	4,7	4,6	4,5	4,7
			A	**A**		**A***	**A***

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x Mi); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses (*5%).

4.2.2 Solo

Os resultados das análises do solo (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO) das colunas podem ser observados nas tabelas 15 a 18 e figuras 17 a 22.

4.2.2.1 Nitrogênio inorgânico

Os teores médios de $N\text{-}NH_4^+$ + $N\text{-}NO_3^-$ na camada de 0-20 cm do solo das colunas que receberam os tratamentos Ajifer L40 foram 49,71 e 49,53 mg para as doses 1 e 2 sem calcário, respectivamente e, 40,6 e 34,9 mg para as que receberam calcário, doses 1 e 2 respectivamente. Para as que receberam o tratamento Mineral, os teores médios de $N\text{-}NH_4^+$ + $N\text{-}NO_3^-$ foram 54,37 e 46,35 mg para as doses 1 e 2 sem calcário, respectivamente, e, 25,5 e 28,61 mg para as doses 1 e 2 com calcário respectivamente (Tabela 15).

Não houve variação significativa, entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral com relação às concentrações de $N\text{-}NH_4^+$, na profundidade de 0 a 20 cm no solo das colunas (Tabela 15). Porém, houve um acréscimo significativo, ao nível de 5%, entre as doses de Ajifer L40 e entre as doses de Mineral, ambos considerando (Figura 17).

Não se encontrou diferença significativa entre os teores de $N\text{-}NO_3^-$ na profundidade de 0-20 cm das colunas entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral (Tabela 19). Com relação às doses crescentes, houve uma variação significativa nas de Ajifer L40 e de Mineral, ao nível de 5% (Figura 18).

Tabela 15. Nitrogênio inorgânico no solo das colunas que receberam tratamentos com Ajifer L40 ou Mineral (sulfato amônio + cloreto de potássio), em três profundidades do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO após três lixiviações

	profundidade (cm)	**AjV_1D_0** [(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
NH_4^+ (mg)							
	0-20	4,90	30,59	36,60	2,09	20,84	22,43
	20-60	2,80	2,50	2,61	2,46	2,20	4,47
	60-80	2,68	4,76	1,58	0,01	1,57	1,13
	total	**10,38**	**37,85**	**40,78**	**4,56**	**24,61**	**28,03**
NO_3^- (mg)							
	0-20	2,59	19,12	12,93	3,10	19,76	12,47
	20-60	3,54	6,87	6,79	2,93	6,36	7,49
	60-80	2,61	13,22	19,10	2,29	8,32	17,39
	total	**8,74**	**39,22**	**38,82**	**8,32**	**34,44**	**37,35**
	profundidade (cm)	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
NH_4^+ (mg)							
	0-20	1,73	39,52	28,97	1,31	13,39	15,78
	20-60	0,80	-0,03	2,18	1,68	3,44	4,15
	60-80	1,59	0,89	-0,17	2,40	1,92	2,11
	total	**4,12**	**40,38**	**30,98**	**5,39**	**18,75**	**22,03**
NO_3^- (mg)							
	0-20	7,89	14,85	17,38	4,14	12,11	12,83
	20-60	3,49	1,55	10,79	2,89	4,67	11,06
	60-80	3,92	10,24	10,67	4,20	10,54	23,40
	total	**15,31**	**26,65**	**38,84**	**11,23**	**27,31**	**47,30**

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Tabela 16. Teste de Tukey para as médias de N-NH_4^+ e N-NO_3^+ na camada de 0-20 cm das colunas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, média dos tratamentos sem calcário (V_1) e médias dos tratamentos com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	54,63ª	23,46ª
Mineral (V_1)	50,90ª	26,11ª
Ajifer (V_2)	34,54ª	23,29ª
Mineral (V_2)	23,65ª	19,85ª
Ajifer (V_1)	54,63ª	23,46ª
Ajifer (V_2)	34,54ª	23,29ª
Mineral (V_1)	50,90ª	26,11ª
Mineral (V_2)	23,65ª	19,85ª

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de 5%

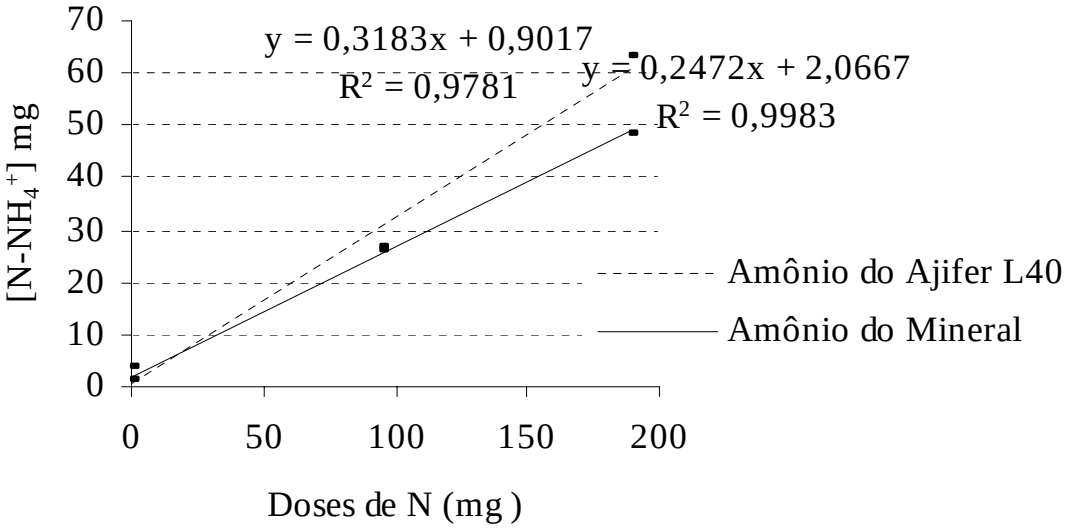

Figura 17. Concentração de N-NH_4^+ nas diferentes doses de AjiferL40 e Mineral, na profundidade de 0-20cm do solo das colunas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

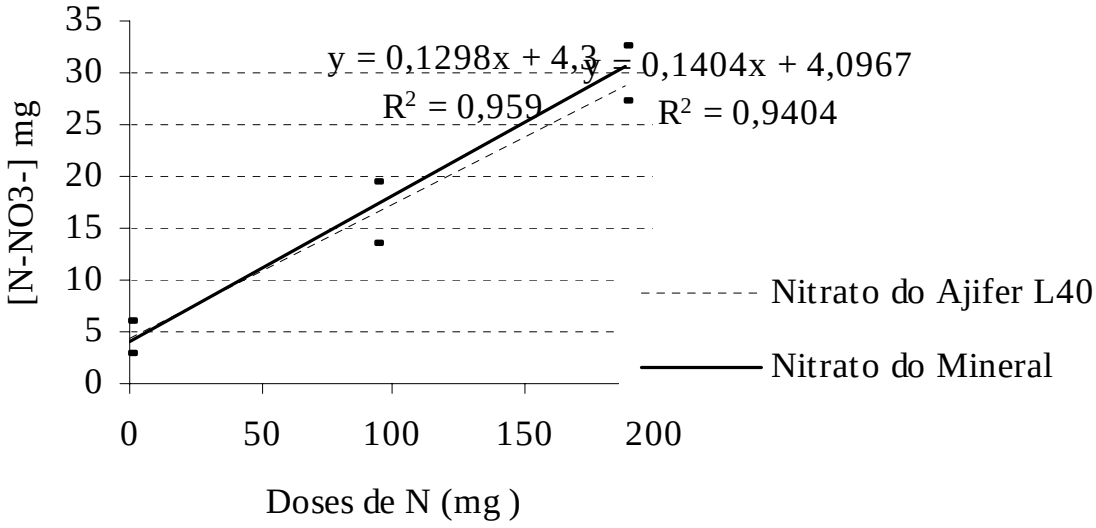

Figura 18. Concentração de $N\text{-}NO_3^-$ nas diferentes doses de AjiferL40 e Mineral, na profundidade de 0-20 cm de solo das colunas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Na profundidade de 20-60 cm, também não houve variação significativa, para os teores de $N\text{-}NH_4^+$ entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral (Tabela 17). Não se detectou efeito significativo com as doses de Ajifer L40 ou Mineral nessa profundidade. Entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral, não se detectou variação significativa, nos teores de $N\text{-}NO_3^-$, na profundidade de 20-60 cm do solo, nas colunas (Tabela 17). Porém houve um acréscimo significativo com o aumento das doses de ambos os tratamentos, Ajifer L40 e Mineral (Figura 19).

Tabela 17. Teste de Tukey para as médias de N-NH_4^+ e N-NO_3^- na camada de 20-60 cm das colunas no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, média dos tratamentos sem calcário (V_1) e médias dos tratamentos com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	10,98[a]	29,38[a]
Mineral (V_1)	4,60[a]	26,54[a]
Ajifer (V_2)	14,34[a]	29,78[a]
Mineral (V_2)	16,32[a]	34,32[a]
Ajifer (V_1)	10,98[a]	29,38[a]
Ajifer (V_2)	14,34[a]	29,78[a]
Mineral (V_1)	4,60[a]	26,54[a]
Mineral (V_2)	16,32[a]	34,32[a]

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de 5%

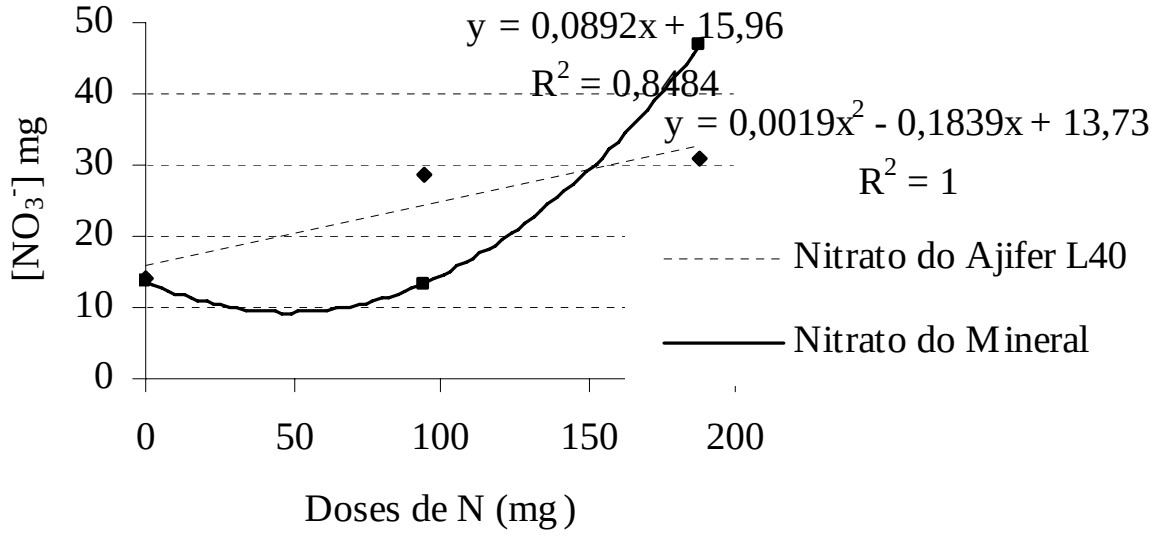

Figura 19. Concentração de N-NH_4^+, nas diferentes doses de Ajifer L40 e Mineral, na profundidade de 20-60 cm do solo nas colunas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Na profundidade de 60-80 cm não ocorreu variação significativa de N-NH_4^+, comparando-se o Ajifer L40 e o Mineral (Tabela 18). Nessa profundidade não houve

diferença entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral com relação aos teores de $N\text{-}NO_3^-$ (Tabela 18). Observou-se ainda um aumento linear nos teores de $N\text{-}NO_3^-$ para ambos os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), significativo a 5% (Figura 20).

Tabela 18. Teste de Tukey para as médias de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ na camada de 60-80 cm das no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, média dos tratamentos sem calcário (V_1) e médias dos tratamentos com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	6,82[a]	34,75[a]
Mineral (V_1)	0,78[a]	22,49[a]
Ajifer (V_2)	2,90[a]	27,63[a]
Mineral (V_2)	4,32[a]	36,49[a]
Ajifer (V_1)	6,82[a]	34,75[a]
Ajifer (V_2)	2,90[a]	27,63[a]
Mineral (V_1)	0,78[a]	22,49[a]
Mineral (V_2)	4,32[a]	36,49[a]

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nivel de 5%

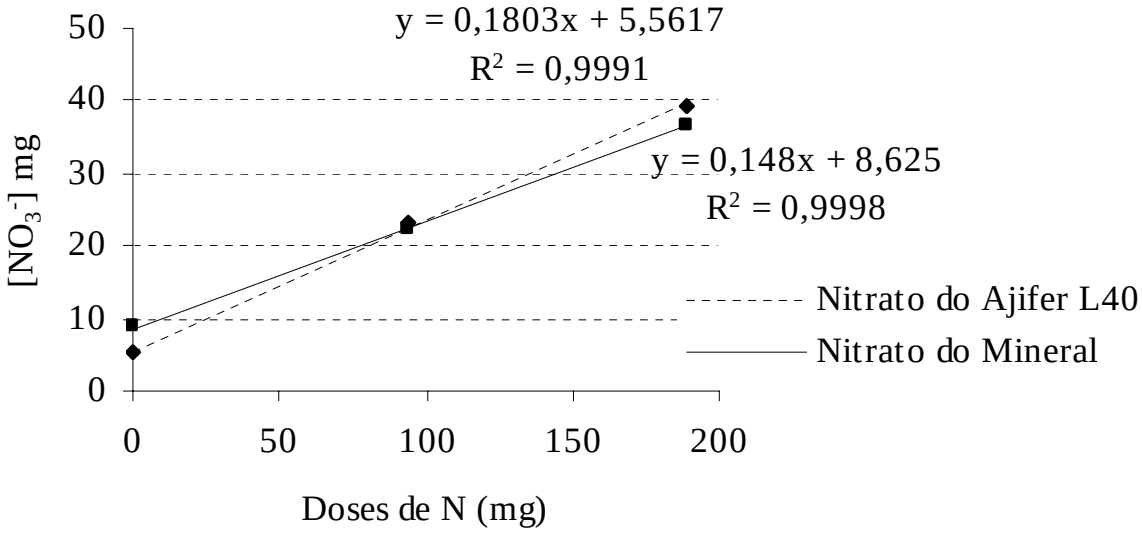

Figura 20. Concentração de $N\text{-}NO_3^-$, nas diferentes doses de Ajifer L40 e Mineral, na profundidade de 60-80 cm do solo das colunas do NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Verificou-se que para ambos os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), o $N\text{-}NH_4^+$ ficou em torno de 90% na camada de 0-20 cm de profundidade do solo na coluna e, o $N\text{-}NO_3^-$ em torno de 60%, também para os dois tratamentos após as três lixiviações (Figuras 21 e 22).

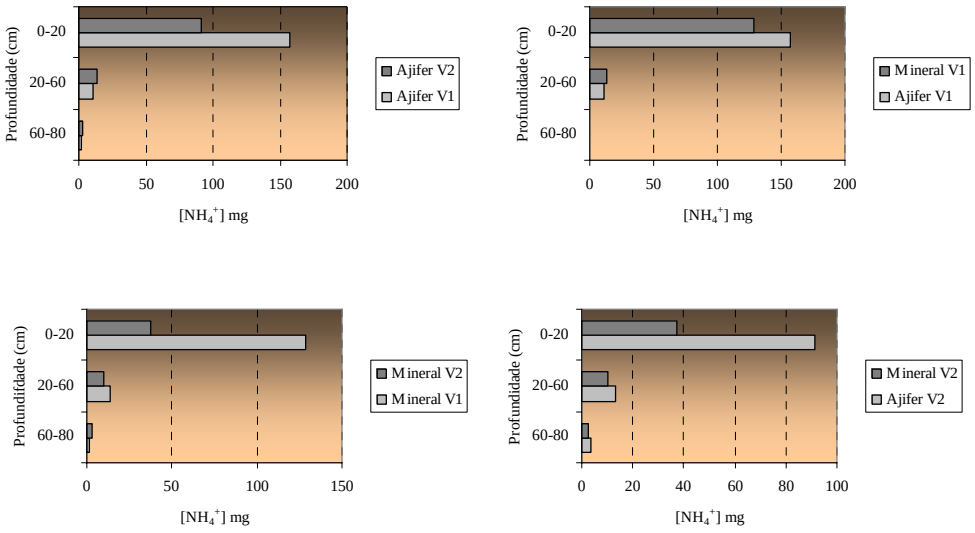

Figura 21. Concentração de $N\text{-}NH_4^+$ no solo das colunas nos tratamentos Ajifer L40 e Mineral com saturação por bases original do solo (V_1) e elevada a 70% (V_2), em três profundidades (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO).

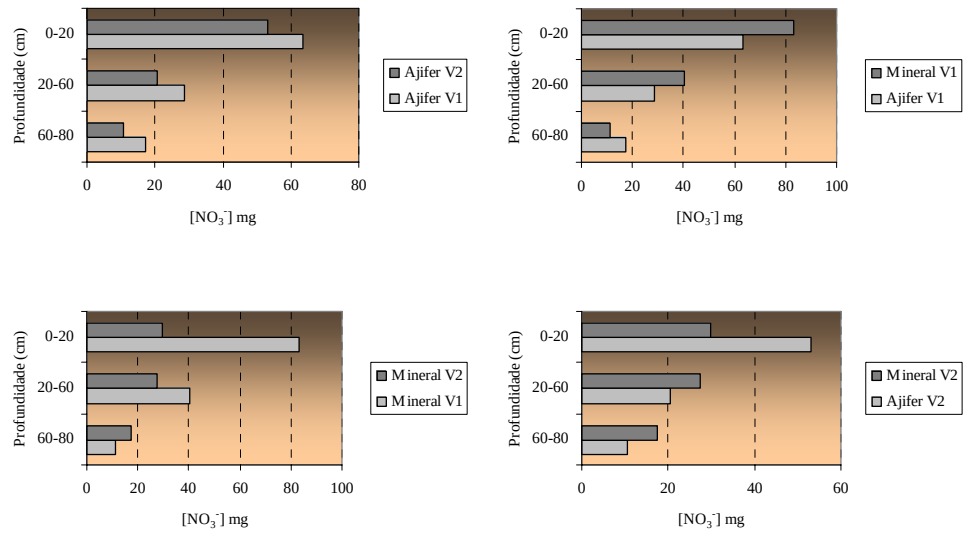

Figura 22. Concentração de $N\text{-}NO_3^-$ no solo das colunas nos tratamentos Ajifer L40 e Mineral com saturação por bases original do solo (V_1) e elevada a 70% (V_2), em três profundidades (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO).

4.2.2.2 Potássio, Cálcio, Magnésio, Cloreto e Sulfato

Na profundidade de 0-20 cm das colunas com NESSOLO QUARTZARÊNICO, apenas os teores de sulfato no solo variaram significativamente entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral, ambos sem o calcário (Tabela 19). Sendo que com a aplicação do calcário, os teores de sulfato se igualaram para ambas as fontes nitrogenadas (Ajifer L40 ou sulfato de amônio). Entre os tratamentos com e sem calcário do tratamento Mineral, os teores desse elemento no sem calcário foi significativamente superior que no com calcário.

Ainda na profundidade de 0-20 cm, observou-se que os teores de cálcio e magnésio foram significativamente superiores nos tratamentos com calcário. Também os teores de cloreto foram maiores nos tratamentos com calcário, no entanto apenas na fonte Ajifer L40. Ressalta-se que o coeficiente de variação foi elevado para esse elemento (90,4%), assim, não se detectou variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral, mesmo os teores tendo sido muito superiores para o último.

Na profundidade de 20-60 cm das colunas, verificou-se que o tratamento Mineral apresentou maiores teores de magnésio em relação ao Ajifer L40, tanto no tratamento com calcário como no sem calcário. Verificou-se ainda nessa profundidade que o tratamento Ajifer L40 com calcário apresentou mais cloreto no solo que o Mineral também com calcário e, no Ajifer L40 com calcário os teores desse elemento foram maiores do que no solo que receberam essa fonte nitrogenada sem o calcário.

Detectou-se que na profundidade de 60-80 cm do solo das colunas, com relação ao cloreto, ocorreu o mesmo que na profundidade de 20-60 cm. Observou-se ainda que os teores de sulfato no solo foram maiores nos tratamentos com calcário para ambas as fontes nitrogenadas.

As colunas apresentaram diminuição significativa nos teores do elemento magnésio no solo com o aumento das doses das fontes nitrogenadas. Sendo os teores no solo de 146,27 mg; 89,04 mg e 76,32 mg para as doses 0, 1 e 2 de Ajifer L40, respectivamente e, 146,27 mg; 101,76 mg e 76,32 mg para as doses 0, 1 e 2 de sulfato de amônio, respectivamente. Nas demais profundidades não ocorreram variação significativa nos teores de magnésio entre os tratamentos com as fontes nitrogenadas.

Na profundidade de 0-20 cm do solo das colunas ocorreu um aumento significativo com o aumento das doses de Ajifer L40 nos teores de cloreto, 19,28 mg; 22,31 mg e 95,32 mg, respectivamente para a testemunha, dose 1 e dose 2. Esse efeito não foi observado para o tratamento que recebeu sulfato de amônio mais cloreto de potássio (Mineral). No entanto, na profundidade de 20-60 cm, ambos os tratamentos apresentaram o aumento de cloreto com aumento das doses. Sendo os teores no solo de 37,1 mg; 53,20 mg e 77,31 mg para as doses 0, 1 e 2 de Ajifer L40, respectivamente e, 33,06 mg; 41,36 mg e 69,13 mg para as doses 0, 1 e 2 de sulfato de amônio, respectivamente.

Ocorreu ainda um acréscimo linear em função das doses das fontes nitrogenadas nos teores de sulfato no solo, para ambos os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral). Esse efeito foi observado nas três profundidades do solo das colunas com exceção na de 20-60 cm quando apenas o Mineral apresentou variação significativa com o aumento das doses. Sendo, 2,99 mg; 11,65 mg e 31,71 mg e, 4,14 mg; 30,92 mg e 40,97 mg para as doses 0, 1 e 2 de Ajifer L40 e Mineral respectivamente, na profundidade de 0-20 cm das colunas. 36,30 mg; 62,12 mg e 43,12 mg para as doses 0, 1 e 2 de Mineral respectivamente, na profundidade de 20-60 cm das colunas. 16,85 mg; 27,41 mg e 43,12 mg e, 16,58 mg; 32,99 mg e 48,39 mg para as doses 0, 1 e 2 de Ajifer L40 e Mineral respectivamente na profundidade de 60-80 cm do solo das colunas.

Tabela 19. Teores de Mg^{2+}, Ca^{2+}, K^{+}, Cl^{-} e SO_4^{2-} nas diferentes profundidades do solo das colunas, médias das doses 1 e 2

Profundidade no solo da coluna (cm)	Tratamento(1)	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
		mg				
0-20	AjV_1	31,8ª	104,87ª	29,2ª	8,42ª	19,91b
	MiV_1	38,16ª	125,84ª	23,8ª	43,77ª	53,27ª*
	AjV_2	133,56ª	377,53ª	34,57ª	71,39ª	23,44ª
	MiV_2	139,92ª	408,99ª	24,6ª	39,57ª	18,62ª
	AjV_1	31,8b	104,87b	29,2ª	8,42b	19,91ª
	AjV_2	133,56ª*	377,53ª*	34,57ª	71,39ª*	23,44ª
	MiV_1	38,16b	125,84b	23,8ª	43,77ª	53,27ª*
	MiV_2	139,92ª*	408,99ª*	24,6ª	39,57ª	18,62b
20-60	AjV_1	139,92ª	419,48b	67,61ª	20,02ª	46,07ª
	MiV_1	152,64ª	566,3ª*	81,42ª	25,4ª	69,49ª
	AjV_2	89,04ª	461,4b	63,01ª	75,29ª*	48,32ª
	MiV_2	89,04ª	524,35ª*	58,41ª	27,88b	60,13ª
	AjV_1	139,92ª	419,48ª	67,61ª	20,02b	46,07ª
	AjV_2	152,64ª	461,4ª	63,01ª	75,29ª*	48,32ª
	MiV_1	152,64ª	566,3ª	81,42ª	25,4ª	69,49ª
	MiV_2	152,64ª	524,35ª	58,41ª	27,88ª	60,13ª
60-80	AjV_1	82,68ª	241,2ª	36,97ª	12,28ª	27,62ª
	MiV_1	89,04ª	283,15ª	37,64ª	21,79ª	33,11ª
	AjV_2	89,04ª	283,15ª	36,11ª	42,47ª*	42,91ª
	MiV_2	89,04ª	304,12ª	34,57ª	9,71b	48,27ª
	AjV_1	82,68ª	241,2ª	36,97ª	12,28b	27,62b
	AjV_2	89,04ª	283,15ª	36,11ª	42,47ª*	42,91ª*
	MiV_1	89,04ª	283,15ª	37,64ª	21,79ª	33,11b
	MiV_2	89,04ª	304,12ª	34,57ª	9,71ª	48,27ª*

(1) Aj= Ajifer; Mi =Mineral; (2) Médias para o mesmo tratamento seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância indicado (*5%).

4.2.2.3 pH e H+Al (acidez potencial)

O pH do solo não apresentou variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral, na camada de 0-20 cm do solo das colunas (Tabela 20). No entanto, seu valor médio foi de 4,1 para 4,8 quando se adicionou calcário, dessa forma, alterando significativamente, considerando as duas fontes de N conjuntamente. Houve ainda, um decréscimo linear, com o aumento das doses, para ambas as fontes de N.

Na profundidade de 20-60 cm, o tratamento Mineral apresentou valores menores de pH em relação ao Ajifer L40, ambos sem a aplicação de calcário (4,2 e 4,4, respectivamente). Quando se procedeu a aplicação, essa variação não ocorreu. Da mesma forma, nessa profundidade houve um decréscimo do pH com o aumento das doses para ambos tratamentos (Ajifer L40 e Mineral).

Entretanto, na profundidade de 60-80 cm não se verificou alteração no pH do solo.

Com relação à acidez potencial, na profundidade de 0-20 cm do solo das colunas, não houve variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral (Tabela 20). Nessa profundidade, considerando-se as duas fontes de N conjuntamente, verificou-se que houve uma diminuição do componente acidez potencial (significativa ao nível de 5% para o teste de Tukey), quando se promoveu a correção do solo com calcário. Ainda, houve um aumento linear, significativo ao nível de 5%, da acidez potencial, com o aumento das doses tanto de Ajifer L40 como de Mineral.

Na profundidade de 20-60 cm, o tratamento Ajifer L40 apresentou maior valor de H+Al (27 $mmol_c\ dm^{-3}$) em relação ao Mineral (25 $mmol_c\ dm^{-3}$), significativo ao nível de 5%, quando se promoveu o aumento da saturação por bases. Nessa profundidade, somente o tratamento Ajifer L40 apresentou um aumento linear significativo com o aumento das doses.

O tratamento Ajifer L40 apresentou maior H+Al na profundidade de 60-80 cm em relação ao Mineral (21 e 20 $mmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente), somente na saturação por bases original do solo (24%), desaparecendo esse efeito, quando a elevou para 70%.

Tabela 20. pH e H+Al (acidez potencial) do solo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO nas três profundidades das colunas após as três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

	profundidade (cm)	**AjV_1D_0** [(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
pH							
	0-20	4,2	4,0	4,0	5,3	4,7	4,4
	20-60	4,6	4,4	4,2	4,3	4,3	4,2
	60-80	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	média	4,4	4,2	4,1	4,6	4,4	4,3
H+Al							
	0-20	25	31	32	18	19	24
	20-60	24	24	29	26	26	29
	60-80	23	21	21	20	21	21
	média	23	26	31	22	23	25
	profundidade (cm)	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
pH							
	0-20	4,3	4,1	4,0	5,4	4,7	4,5
	20-60	4,3	4,2	4,1	4,3	4,3	4,2
	60-80	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	média	4,3	4,2	4,2	4,7	4,5	4,3
H+Al							
	0-20	29	34	35	17	20	25
	20-60	25	26	28	26	24	25
	60-80	20	20	20	22	20	20
	média	25	26	27	21	21	23

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

4.3 LATOSSOLO VERMELHO distrófico

4.3.1 Lixiviado

Os resultados das análises do líquido percolado através das colunas podem ser observados nas tabelas 21 a 24 e nas figuras 23 a 26.

4.3.1.1 Nitrogênio inorgânico

Na tabela 21 são apresentados os teores de N-nítrico e N- amoniacal.

Os teores médios de $N\text{-}NH_4^+$ nos lixiviados não apresentaram diferença significativa, entre os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), como verificado na tabela 21.

Os teores médios de $N\text{-}NO_3^-$ nos lixiviados também não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral (Tabela 21).

Observa-se nas figuras 23 e 24 que apenas o tratamento com Ajifer L40 apresentou acréscimo significativo nos teores de nitrogênio lixiviado com o aumento das doses desse fertilizante.

Tabela 21. Médias das concentrações de N-amoniacal e N-nítrico no líquido percolado pelo LATOSSOLO (somatório das três lixiviações), dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

Tratament	Fator[(1)]	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_3^-$
		——— mg L^{-1}	
Ajifer L40	Sem calcário	1,17a	40,27a
Mineral		1,15a	34,63a
Ajifer L40	Com calcário	1,01a	36,82a
Mineral		0,86a	29,99a
Ajifer L40	Sem calcário	1,17a	40,27a
	Com calcário	1,01a	36,82a
Mineral	Sem calcário	1,15a	34,63a
	Com calcário	0,86a	29,99a

[(1)]Saturação por bases do solo: V_1= 13% e V_2=70%; Médias, nas colunas, para o mesmo fator, seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indic ado (* 5%).

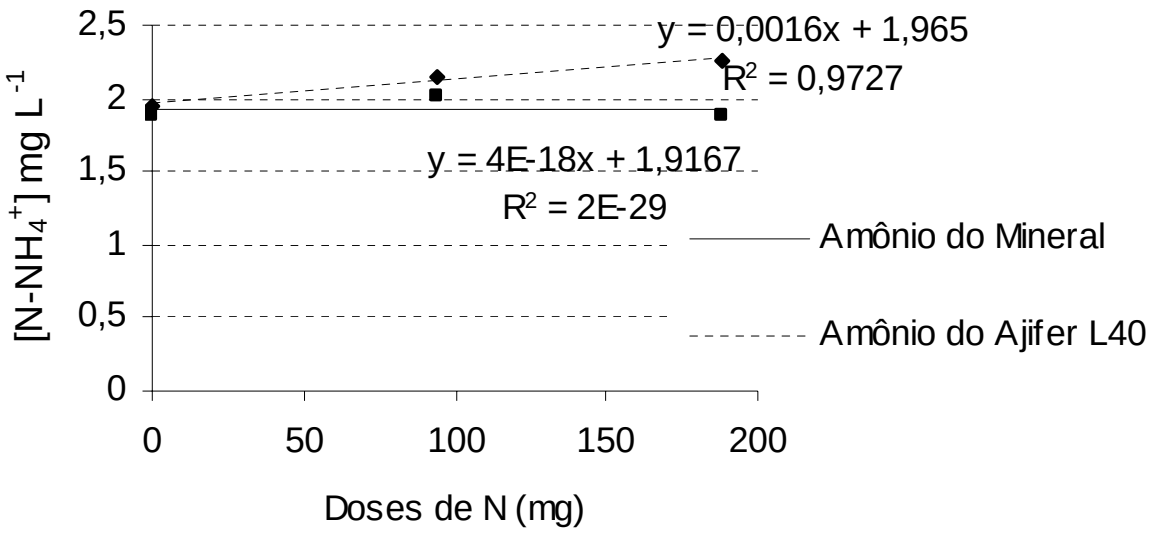

Figura 23. Concentrações de $N\text{-}NH_4^+$ no líquido percolado pelo LATOSSOLO, nas diferentes doses de Ajifer L40 ou Sulfato de amônio.

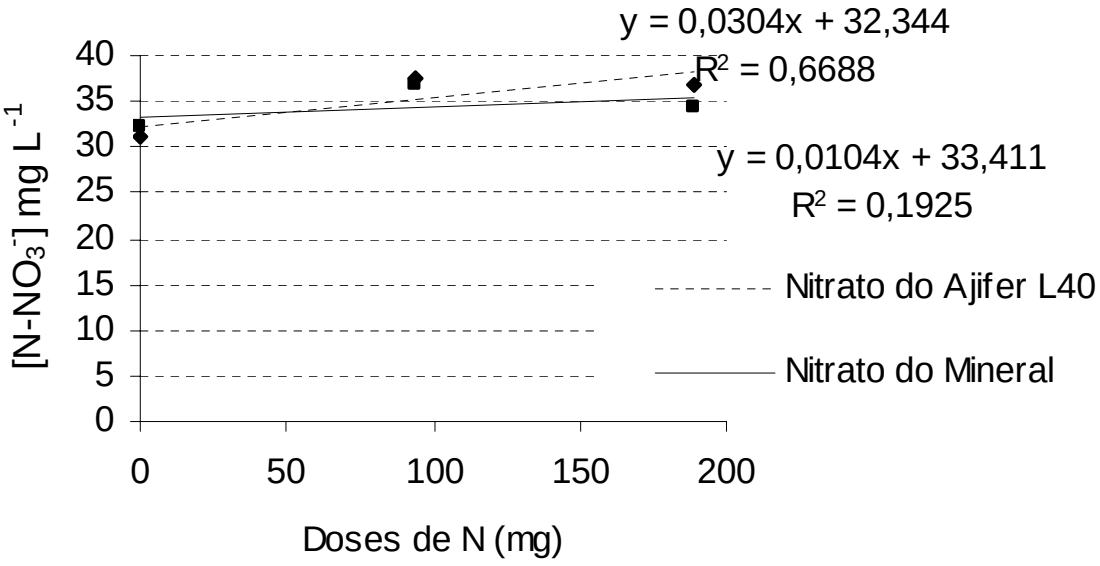

Figura 24. Concentrações de $N\text{-}NO_3^-$ no líquido percolado pelo LATOSSOLO, nas diferentes doses de Ajifer L40 ou Sulfato de amônio.

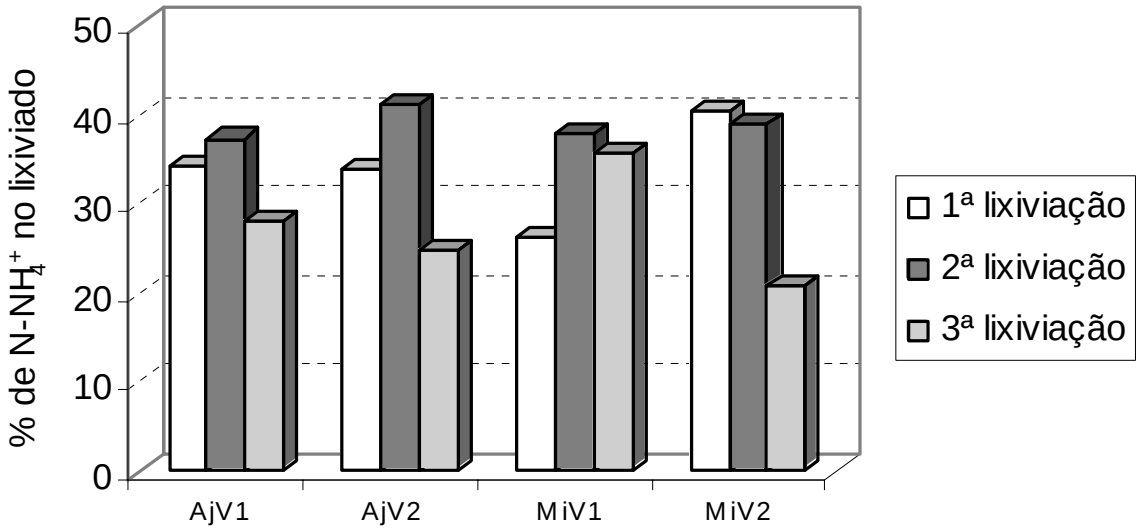

Figura 25. Porcentagem de $N\text{-}NH_4^+$ em cada lixiviação (LATOSSOLO VERMELHO) média das doses 1 e 2.

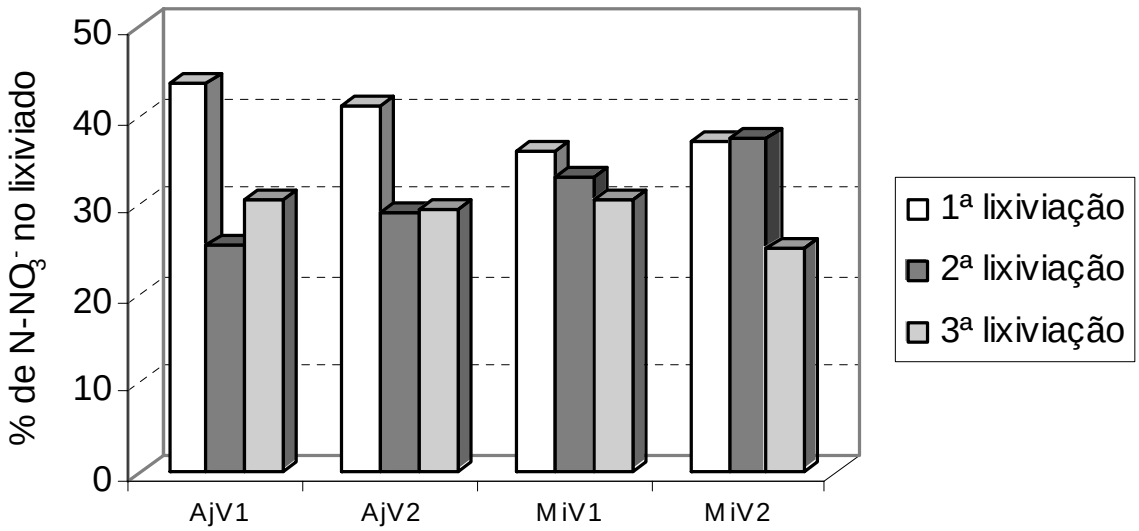

Figura 26. Porcentagem de $N\text{-}NO_3^-$ em cada lixiviação (LATOSSOLO VERMELHO), média das doses 1 e 2.

4.3.1.2 Cálcio, Magnésio e Potássio

Na tabela 22 pode-se observar os teores de Ca, Mg e K.

Não se verificou variação significativa nos teores de cálcio lixiviados para ambos os tratamentos (Ajifer L40 e Mineral). Observa-se que houve uma tendência de diminuição dos teores desse cátion no lixiviado com o aumento das doses, porém não se detectou variação significativa.

Verifica-se também uma tendência de diminuição dos teores de magnésio com as doses, tanto de Ajifer L40 como de Mineral, porém não significativa, da mesma forma não houve uma variação significativa com relação às fontes nitrogenadas (Ajifer L40 ou Sulfato de amônio).

Os teores de potássio lixiviados, no tratamento Mineral, foram sempre maiores que no Ajifer L40, porém essa diferença não foi significativa. Não se detectou variação nos tratamentos com e sem calcário, nem mesmo efeito de doses.

Tabela 22. Concentração de Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+} no líquido percolado nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

	lixiviação	AjV_1D_0[(1)]	AjV_1D_1	AjV_1D_2	AjV_2D_0	AjV_2D_1	AjV_2D_2
Ca^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	30,56	16,83	11,81	29,21	22,98	28,14
	II	66,91	41,79	23,05	32,08	61,28	45,30
	III	32,47	34,01	27,44	29,20	22,25	13,87
	total	**129,94**	**92,63**	**62,30**	**90,49**	**106,51**	**87,31**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
Mg^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	11,08	5,92	4,09	10,56	8,16	9,73
	II	23,69	14,30	7,89	11,16	21,41	14,91
	III	10,87	11,52	9,23	9,91	8,02	4,71
	total	**45,64**	**31,74**	**21,21**	**31,63**	**37,59**	**29,35**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
K^{+}							
$mg.L^{-1}$	I	12,74	9,03	7,11	16,17	11,96	15,27
	II	29,21	21,83	13,27	17,67	27,09	20,87
	III	17,82	16,81	16,81	18,01	13,60	8,86
	total	**59,77**	**47,67**	**37,19**	**51,85**	**52,65**	**45,00**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**

	lixiviação	MiV_1D_0	MiV_1D_1	MiV_1D_2	MiV_2D_0	MiV_2D_1	MiV_2D_2
Ca^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	15,39	13,87	42,73	37,52	29,63	26,77
	II	43,08	34,07	64,54	62,54	54,62	24,13
	III	53,95	15,45	80,56	30,91	18,36	26,87
	total	**112,42**	**63,39**	**187,83**	**130,97**	**102,61**	**77,77**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
Mg^{2+}							
$mg.L^{-1}$	I	5,27	4,64	15,44	13,80	10,86	9,85
	II	14,21	11,70	23,20	23,43	20,22	8,75
	III	17,33	4,90	27,80	11,41	6,81	10,95
	total	**36,813**	**21,24**	**66,44**	**48,64**	**37,89**	**29,55**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
K^{+}							
$mg.L^{-1}$	I	9,45	8,36	21,68	19,09	18,76	17,78
	II	25,95	19,85	23,83	33,22	32,46	19,93
	III	28,54	10,87	41,13	17,20	13,21	16,86
	total	**63,94**	**39,08**	**86,64**	**69,51**	**64,43**	**54,57**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x M); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses.

4.3.1.3 Sódio, Cloreto e Sulfato

Não houve variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral com relação ao sódio (Tabela 23).

Com relação ao cloreto lixiviado, o tratamento Mineral apresentou maiores teores do que o Ajifer L40, porém essa diferença não foi significativa e, os tratamentos que receberam calcário sempre apresentaram maiores teores de cloreto no lixiviado, mas essa variação também não foi significativa (Tabela 23).

Os teores de sulfato lixiviados tenderam a serem menores no tratamento Ajifer L40 do que no Mineral, porém essa variação não foi significativa (Tabela 23).

Tabela 23. Concentrações de Na^+, Cl^- e SO_4^{2-} no líquido percolado nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

	lixiviação	AjV_1D_0[(1)]	AjV_1D_1	AjV_1D_2	AjV_2D_0	AjV_2D_1	AjV_2D_2
Na^+							
$mg.L^{-1}$	I	1,25	0,88	0,74	1,25	1,18	1,55
	II	2,43	1,55	1,18	0,74	1,55	1,55
	III	0,66	1,11	1,33	0,37	0,52	0,44
	total	**4,35**	**3,54**	**3,25**	**2,36**	**3,25**	**3,54**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
Cl^-							
$mg.L^{-1}$	I	10,71	9,86	10,62	9,60	9,80	8,73
	II	16,56	14,06	17,04	14,98	17,94	17,08
	III	9,41	11,33	12,98	11,43	12,98	15,16
	total	**36,68**	**35,25**	**40,64**	**36,01**	**40,72**	**40,97**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
SO_4^{2-}							
$mg.L^{-1}$	I	0,39	0,20	0,17	0,36	0,27	0,26
	II	0,62	0,39	0,24	0,35	0,39	0,34
	III	0,25	0,25	0,18	0,22	0,16	0,08
	total	**1,26**	**0,84**	**0,59**	**0,93**	**0,82**	**0,68**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**

	lixiviação	MiV_1D_0	MiV_1D_1	MiV_1D_2	MiV_2D_0	MiV_2D_1	MiV_2D_2
Na^+							
$mg.L^{-1}$	I	1,40	1,03	1,69	3,46	1,40	1,25
	II	2,43	1,47	1,99	2,21	1,55	0,66
	III	1,62	0,52	1,33	0,59	0,37	0,59
	total	**5,45**	**3,02**	**5,01**	**6,26**	**3,32**	**2,50**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
Cl^-							
$mg.L^{-1}$	I	9,23	8,24	9,64	16,26	12,76	13,77
	II	15,36	13,59	14,91	13,05	15,86	15,95
	III	14,26	15,30	13,12	14,03	15,45	13,86
	total	**38,85**	**37,13**	**37,67**	**43,34**	**44,07**	**43,58**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**
SO_4^{2-}							
$mg.L^{-1}$	I	0,19	0,16	0,70	0,34	0,37	0,52
	II	0,42	0,27	0,57	0,47	0,43	0,23
	III	0,40	0,09	0,58	0,16	0,15	0,19
	total	**1,01**	**0,52**	**1,85**	**0,97**	**0,95**	**0,94**
		a	**aA**	**aA**	**a**	**aA**	**aA**

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x M); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses.

4.3.1.4 pH e Condutividade Elétrica

Os valores do pH do lixiviado (Tabela 24), médias das três lixiviações, variaram de 4,1 a 4,6. O pH do lixiviado das colunas que receberam o tratamento Mineral foi superior ao nível de 5% de significância em relação às colunas que receberam o Ajifer L40. Porém não houve diferença significativa entre os mesmos tratamentos para as colunas que receberam calcário.

Verificou-se um aumento linear nos valores de condutividade elétrica com o aumento das doses dos dois tratamentos (Ajifer L40 e Mineral), significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 24. Condutividade elétrica e pH do líquido percolado nas três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

	lixiviação	AjV_1D_0 [(1)]	AjV_1D_1	AjV_1D_2	AjV_2D_0	AjV_2D_1	AjV_2D_2
C.E.							
$mS.cm^{-1}$	I	0,85	0,88	0,94	0,93	0,92	0,90
	II	0,89	0,94	0,99	0,91	0,98	0,97
	III	0,86	0,96	1,04	0,88	0,99	1,09
		c	**b A***	**a* A***	**c**	**b B**	**a* B**
pH	I	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	II	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
	III	3,8	3,8	3,8	4,1	4,5	4,5
	Médias	**4,2**	**4,2**	**4,2**	**4,3**	**4,4**	**4,4**
			B	**B**	**b**	**a* A**	**a* A**

	lixiviação	MiV_1D_0	MiV_1D_1	MiV_1D_2	MiV_2D_0	MiV_2D_1	MiV_2D_2
C.E.							
$mS.cm^{-1}$	I	0,85	0,80	0,89	0,85	0,89	0,85
	II	0,88	0,84	0,92	0,93	1,03	1,01
	III	0,79	0,77	0,88	0,99	1,16	1,45
		b	bB	a* B	c	b A*	a* A*
pH	I	4,9	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8
	II	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
	III	4,8	4,8	4,7	4,4	4,4	4,4
	Médias	**4,5**	**4,5**	**4,5**	**4,4**	**4,4**	**4,4**
			A*	**A***		**A**	**A**

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna indicam diferença significativa entre fontes de N (Aj x M); Letras minúsculas distintas na mesma linha indicam diferença significativa entre as doses (*5%).

4.3.2 Solo

Os resultados das análises do solo das colunas podem ser observados nas tabelas 25 a 30.

4.3.2.1 Nitrogênio inorgânico

Tabela 25. Nitrogênio inorgânico no solo das colunas que receberam tratamentos com AJIFER L40 ou Mineral (sulfato amônio + cloreto de potássio), em três profundidades

	profundidade (cm)	**AjV_1D_0**[(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
NH_4^+ (mg)							
	0-20	0,78	0,92	1,31	1,61	0,79	1,04
	20-60	0,53	0,63	1,18	0,93	0,68	0,68
	60-80	0,59	0,54	0,81	0,73	0,47	0,59
	total	**1,90**	**2,09**	**3,31**	**3,26**	**1,93**	**2,31**
NO_3^- (mg)							
	0-20	0,50	1,24	1,16	0,67	1,48	1,34
	20-60	0,48	0,97	1,45	0,46	0,74	0,82
	60-80	0,80	1,02	1,58	1,04	1,38	1,60
	total	**1,79**	**3,23**	**4,19**	**2,17**	**3,60**	**3,77**
	profundidade (cm)	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
NH_4^+ (mg)							
	0-20	1,06	1,46	1,41	0,38	0,44	0,45
	20-60	0,68	1,27	0,35	0,24	0,22	0,25
	60-80	0,58	0,49	0,22	0,20	0,21	0,23
	total	**2,33**	**3,23**	**1,97**	**0,82**	**0,87**	**0,93**
NO_3^- (mg)							
	0-20	-0,77	0,03	1,16	-0,86	-0,67	-0,66
	20-60	-0,41	0,29	1,01	-0,36	-0,19	0,17
	60-80	0,06	0,22	0,80	0,68	1,10	1,88
	total	**-1,12**	**0,54**	**2,96**	**-0,54**	**0,25**	**1,39**

(1) Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Na profundidade de 0-20 cm da coluna o tratamento Ajifer L40 apresentou menor concentração de $N\text{-}NH_4^+$ do que o tratamento Mineral, considerando-se os tratamentos (Tabela 26). No entanto, quando se elevou o pH do solo com calcário, mais nitrogênio foi detectado nessa profundidade do solo que recebeu Ajifer L40.

Observou-se ainda, que o tratamento com fertilizante Mineral apresentou variação significativa entre as colunas, que receberam ou não calcário, com relação ao teor de $N\text{-}NH_4^+$ na profundidade de 0-20 cm.

Nas profundidades de 20-60 cm e 60-80 cm da coluna, não ocorreu variação significativa nos teores de $N\text{-}NH_4^+$ entre os tratamentos (Tabelas 27 e 28).

Com relação aos teores de nitrato no solo, na profundidade de 0-20 cm, o tratamento Ajifer L40 apresentou maiores teores que o Mineral apenas nos tratamentos com calcário (Tabela 26). Observa-se ainda, que o tratamento Mineral apresentou variação nos teores de nitrato entre os solos com e sem calcário.

Na profundidade de 20-60 cm não houve diferença entre Mineral e Ajifer L40 (Tabela 27).

Na profundidade de 60-80 cm o tratamento Mineral apresentou menos nitrato no solo do que o Ajifer L40 considerando-se o tratamento sem calcário. O tratamento Mineral apresentou variação significativa entre as colunas com e sem calcário (Tabela 28).

Tabela 26. Teste de Tukey para as médias de N-NH_4^+ e N-NO_3^- na camada de 0-20 cm das colunas com LATOSSOLO VERMELHO, média dos tratamentos sem calcário (V_1), e com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	2,03[b]	2,19[a]
Mineral (V_1)	2,61[a]*	1,08[a]
Ajifer (V_2)	1,66[a]*	2,57[a]*
Mineral (V_2)	0,81[b]	-1,20[b]
Ajifer (V_1)	2,03[a]	2,19[a]
Ajifer (V_2)	1,66[a]	2,57[a]
Mineral (V_1)	2,61[a]*	1,08[a]*
Mineral (V_2)	0,81[b]	-1,20[b]

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (*)

Tabela 27. Teste de Tukey para as médias de N-NH_4^+ e N-NO_3^- na camada de 20-60 cm das colunas com LATOSSOLO VERMELHO, média dos tratamentos sem calcário (V_1) e com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	3,30[a]	4,4[a]
Mineral (V_1)	2,94[a]	2,35[a]
Ajifer (V_2)	2,47[a]	2,85[a]
Mineral (V_2)	0,86[a]	-0,04[a]
Ajifer (V_1)	3,30[a]	4,4[a]
Ajifer (V_2)	2,47[a]	2,85[a]
Mineral (V_1)	6,16[a]	16,36[a]
Mineral (V_2)	0,86[a]	-0,04[a]

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% .

Tabela 28. Teste de Tukey para as médias de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ na camada de 60-80 cm das colunas com LATOSSOLO VERMELHO, média dos tratamentos sem calcário (V_1) e com calcário (V_2)

	Médias (mg)	
Tratamento	NH_4^+	NO_3^-
Ajifer (V_1)	1,23[a]	2,34[a]*
Mineral (V_1)	0,65[a]	0,93[b]
Ajifer (V_2)	0,96[a]	2,71[a]
Mineral (V_2)	0,40[a]	2,71[a]
Ajifer (V_1)	1,23[a]	2,34[a]
Ajifer (V_2)	0,96[a]	2,71[a]
Mineral (V_1)	0,65[a]	0,93[b]
Mineral (V_2)	0,40[a]	2,71[a]*

Medias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% (*)

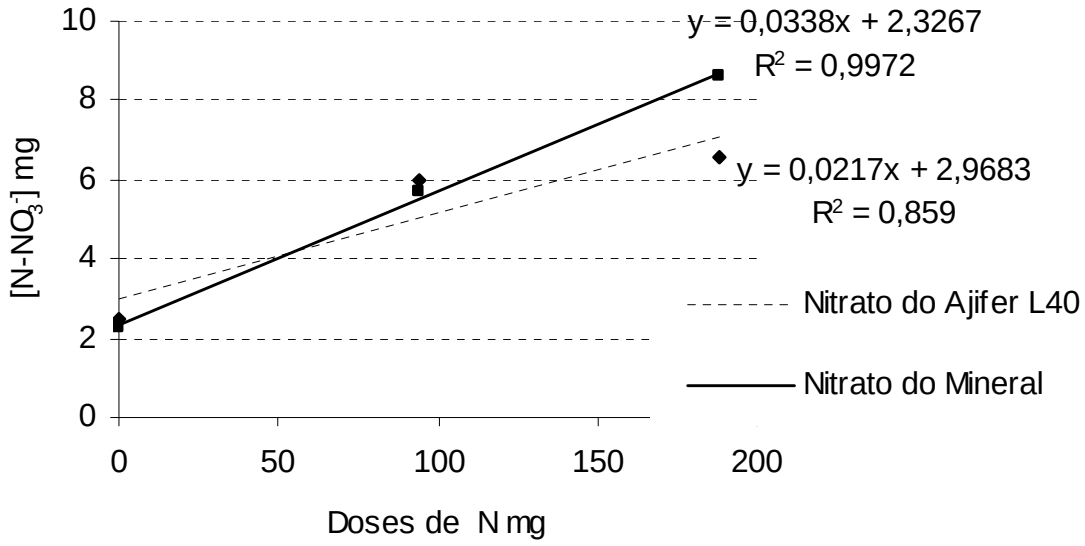

Figura 27. **Concentração de $N\text{-}NO_3^-$, nas diferentes doses de Ajifer L40 e Mineral, na profundidade de 0-20 cm do solo nas colunas do LATOSSOLO VERMELHO.**

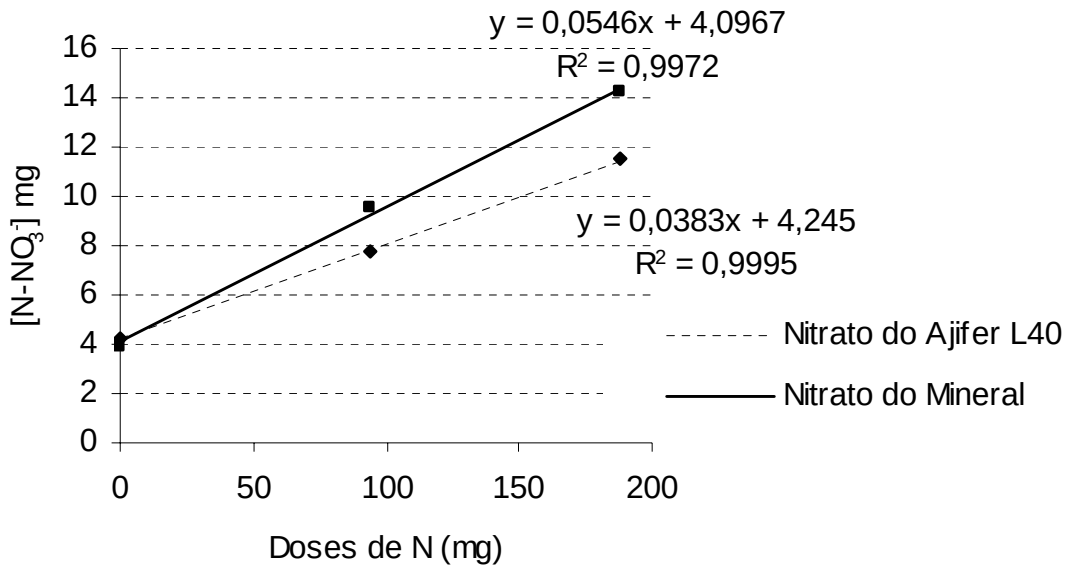

Figura 28. **Concentração de $N\text{-}NO_3^-$, nas diferentes doses de Ajifer L40 e Mineral, na profundidade de 20-60 cm do solo nas colunas do LATOSSOLO VERMELHO.**

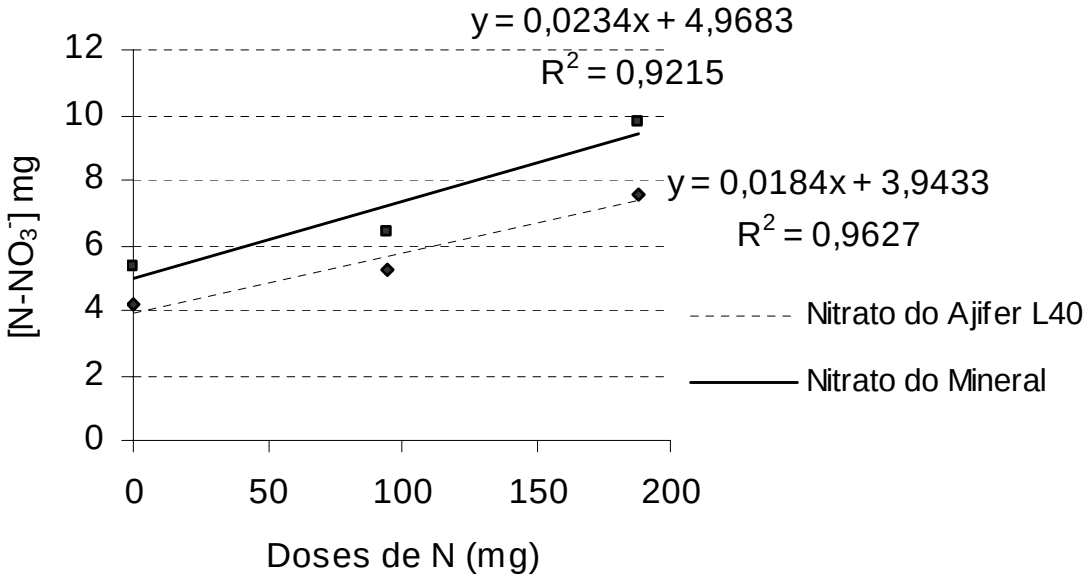

Figura 29. **Concentração de $N\text{-}NO_3^-$, nas diferentes doses de Ajifer L40 e Mineral, na profundidade de 60-80 cm do solo nas colunas do LATOSSOLO VERMELHO.**

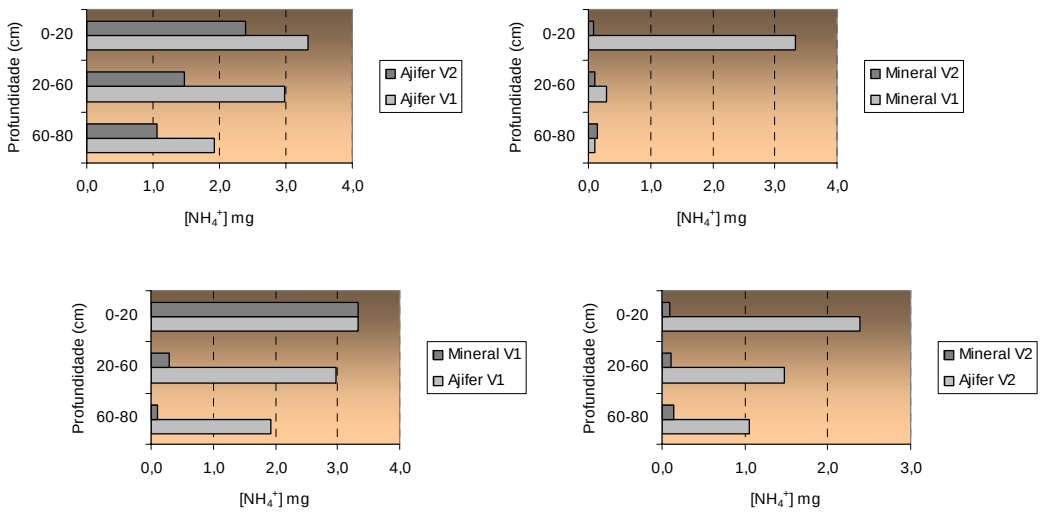

Figura 30. Concentração de N-NH_4^+ no solo das colunas nos tratamentos Ajifer L40 e Mineral com saturação por bases original do solo (V_1) e elevada a 70% (V_2), em três profundidades (LATOSSOLO VERMELHO).

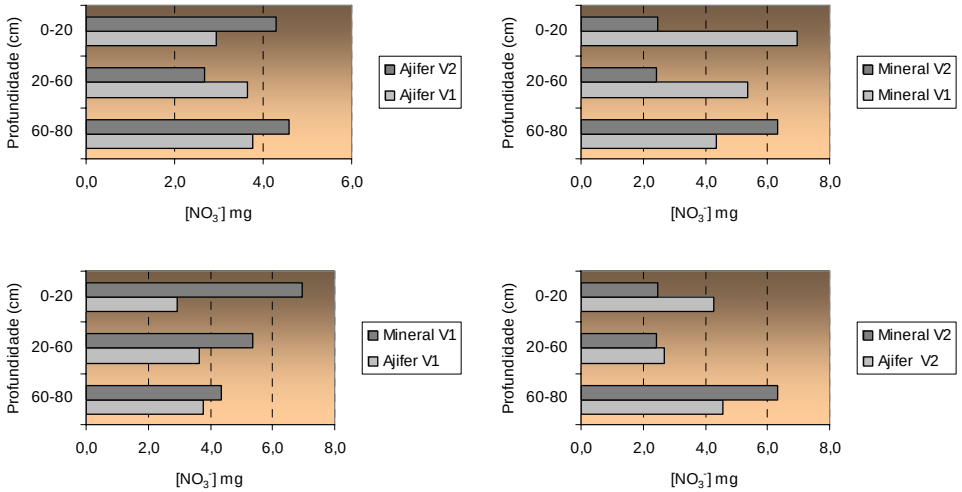

Figura 31. Concentração de N-NO_3^- no solo das colunas nos tratamentos Ajifer L40 e Mineral com saturação por bases original do solo (V_1) e elevada a 70% (V_2), em três profundidades (LATOSSOLO VERMELHO).

4.3.2.2 Potássio, Cálcio, Magnésio, Cloreto e Sulfato

Na profundidade de 0-20 cm do solo das colunas, ocorreu variação significativa entre os tratamentos com e sem calcário para os elementos cálcio e magnésio (Tabela 29). Não se detectando nessa profundidade variação entre as fontes nitrogenadas. Ainda nessa profundidade do solo das colunas, verificou-se que os teores de potássio foram significativamente superiores no tratamento Ajifer L40 com calcário do que no Mineral também com calcário. Com relação aos teores de cloreto no solo, ocorreu uma variação significativa entre os tratamentos Ajifer L40 e Mineral somente sem a aplicação do calcário. Ocorrendo ainda, diferença significativa nos teores desse elemento no solo entre os tratamentos com e sem calcário da fonte Mineral.

Na profundidade de 20-60 cm do solo das colunas também se verificou diferenças nos teores de cálcio e magnésio com relação aos tratamentos com e sem calcário (Tabela 29). Observando também que os teores de sulfato foram sempre maiores nos tratamentos com calcário.

Na profundidade de 60-80 cm do solo, os teores de cálcio foram sempre menores nos tratamentos com a fonte Mineral (Tabela 29). Enquanto que o teor de magnésio foi maior no Ajifer L40 sem calcário e maior no Mineral com calcário.

Observou-se que ocorreu um decréscimo nos teores de cálcio e magnésio na profundidade de 0-20 cm do solo com o aumento das doses das fontes nitrogenadas Ajifer L40 e Mineral. Sendo 5,67 $mmol_c\ dm^{-3}$; 4,17 $mmol_c\ dm^{-3}$ e 2,5 $mmol_c\ dm^{-3}$ os teores de cálcio nas doses 0, 1 e 2 respectivamente da fonte Ajifer L40 e, 6,00 $mmol_c\ dm^{-3}$; 4,17 $mmol_c\ dm^{-3}$ e 2,83 $mmol_c\ dm^{-3}$ da fonte Mineral. Os teores de magnésio nas doses 0, 1 e 2 respectivamente foram 4,67 $mmol_c\ dm^{-3}$; 2,83 $mmol_c\ dm^{-3}$ e 1,67 $mmol_c\ dm^{-3}$ para a fonte Ajifer L40 e 5,00 $mmol_c\ dm^{-3}$; 2,5 $mmol_c\ dm^{-3}$ e 1,5 $mmol_c\ dm^{-3}$ para a fonte Mineral.

Tabela 29. Teores de Mg^{2+}, Ca^{2+}, K^{+}, Cl^{-} e SO_4^{2-} nas diferentes profundidades do solo das colunas, médias das doses 1 e 2

Profundidade no solo da coluna (cm)	Tratamento[(1)]	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
		$mmol_c\ dm^{-3}$			mg	
0-20	AjV_1	0,11[a]	0,00[a]	0,43[a]	103,56[a]*	99,7b
	MiV_1	0,11[a]	0,00[a]	0,43[a]	38,07b	202,33[a]*
	AjV_2	6,00[a]	8,22[a]	0,55[a]*	96,32[a]	79,7[a]*
	MiV_2	5,88[a]	8,66[a]	0,45b	57,52[a]	63,33b
	AjV_1	0,11b	0,00b	0,43b	103,56[a]	99,7[a]*
	AjV_2	6,00[a*]	8,22[a]*	0,55[a]*	57,52[a]	79,7b
	MiV_1	0,11b	0,00b	0,43[a]	96,32[a]*	202,33[a]*
	MiV_2	5,88[a]*	8,66[a]*	0,45[a]	38,07b	63,33b
20-60	AjV_1	0,11[a]	0,00[a]	0,67[a]	94,12[a]	199,0[a]
	MiV_1	0,11[a]	0,00[a]	0,64[a]	49,57[a]	188,0[a]
	AjV_2	3,11[a]	1,77[a]	0,55[a]	74,5[a]	361,0[a]
	MiV_2	3,22[a]	2,44[a]	0,56[a]	81,21[a]	383,5[a]
	AjV_1	0,11b	0,00b	0,67[a]	94,12[a]	199,0 b
	AjV_2	3,11[a]*	1,77[a]*	0,55[a]	74,5[a]	361,0[a*]
	MiV_1	0,11b	0,00b	0,64[a]	49,57[a]	188,0b
	MiV_2	3,22[a]*	2,44[a]*	0,56[a]	81,21[a]	383,5[a]*
60-80	AjV_1	1,00[a*]	0,00a	0,80[a]	107,09[a]	40,7[a]
	MiV_1	0,55b	0,22[a]	0,78[a]	64,38[a]	38,7[a]
	AjV_2	1,22b	0,00b	0,74b	131,81[a]	47,0[a]
	MiV_2	1,55[a]*	0,77[a]*	0,88[a]*	86,76[a]	50,33[a]
	AjV_1	1,00a	0,00a	0,80[a]	107,09[a]	40,7b
	AjV_2	1,22[a]	0,00a	0,74[a]	131,81[a]	47,0[a*]
	MiV_1	0,55b	0,22b	0,78b	64,38[a]	38,7b
	MiV_2	1,55[a]*	0,77[a]*	0,88[a]*	86,76[a]	50,3[a]*

(1) Aj= Ajifer; Mi =Mineral; (2) Médias para o mesmo tratamento seguidas por letras distintas diferem ao nível de significância indicado (*5%).

4.3.2.3 pH e H+Al (acidez potencial)

Verificou-se que ocorreu um decréscimo no pH do solo das colunas com o aumento das doses das fontes nitrogenadas Ajifer L40 e Mineral (Tabela 30). No entanto, essa tendência foi detectada apenas na profundidade de 0-20 cm das colunas. Não se observou diferença no pH do solo entre as fontes de N.

Tabela 30. pH e H+Al (acidez potencial) do solo LATOSSOLO VERMELHO nas três profundidades das colunas após as três lixiviações, dos tratamentos Ajifer L40 e Mineral (sulfato de amônio + cloreto de potássio)

	profundidade (cm)	**AjV_1D_0** [(1)]	**AjV_1D_1**	**AjV_1D_2**	**AjV_2D_0**	**AjV_2D_1**	**AjV_2D_2**
pH							
	0-20	4,0	3,9	3,9	5,5	4,9	4,6
	20-60	4,0	4,0	3,9	4,2	4,3	4,4
	60-80	4,0	4,1	4,0	4,1	4,2	4,3
	média	**4,0**	**4,0**	**4,0**	**4,6**	**4,5**	**4,4**
H+Al							
	0-20	50	57	58	20	26	33
	20-60	43	46	54	41	38	39
	60-80	47	42	43	42	42	41
	média	**47**	**48**	**52**	**34**	**35**	**38**
	profundidade (cm)	**MiV_1D_0**	**MiV_1D_1**	**MiV_1D_2**	**MiV_2D_0**	**MiV_2D_1**	**MiV_2D_2**
pH							
	0-20	4,2	4,0	3,8	5,5	4,7	4,4
	20-60	4,2	4,1	3,9	4,2	4,2	4,1
	60-80	4,2	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0
	média	**4,2**	**4,1**	**3,9**	**4,6**	**4,3**	**4,2**
H+Al							
	0-20	46	58	67	22	29	34
	20-60	42	45	56	41	39	44
	60-80	41	39	45	43	44	45
	média	**43**	**47**	**56**	**35**	**37**	**41**

[(1)] Aj = Ajifer; Mi = Mineral; V_1 = saturação por bases original do solo; V_2 = saturação por bases de 70%; D_0= Testemunha; D_1= dose equivalente a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio; D_2= dose equivalente a 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

5 Conclusões

a) O tratamento com Ajifer L40 em ambos os solos apresentou valores semelhantes ao tratamento com o Sulfato de amônio em relação aos teores de $N\text{-}NH_4^+$ e $N\text{-}NO_3^-$ no lixiviado;

b) Maior teor de nitrato foi extraído das colunas com NEOSSOLO QUARTZARÊNICO em relação ao LATOSSOLO VERMELHO.

c) Ambos as fontes de nitrogênio apresentaram uma rápida nitrificação, sendo que aos 28 dias de incubação todo o nitrogênio já estava na forma nítrica.

d) No NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, maior quantidade de nitrato foi arrastado pelo líquido percolado na segunda lixiviação, enquanto no LATOSSOLO VERMELHO, as mesmas porções foram arrastadas em cada lixiviação; e,

e) Observou-se que no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO a maior parte do nitrato ficou na profundidade de 0-20 cm do solo das colunas, enquanto que no LATOSSOLO VERMELHO, os teores de nitrato distribuíram-se mais uniformemente por todo o perfil do solo.

6 Referências Bibliográficas

ANJOS, A. R. M. & MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. R. bras. Ci. Solo, 24:927-938, 2000.

BYRNES, B. H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. Fertilizer Manual. Alabama: Klumer Academic, 2000. cap. 2, p. 20-44.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 94p. 1986. (Boletim Técnico nº106).

CARTRON, J. M. & WEIL, R. R. Seasonal trends in soil nitrogen from injected or surface-incorporateds sewage sludge applied to corn. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 29:121-139, 1998.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação. São Paulo: CETESB, 1999. 32P.

DAL BÓ, M. A. Movimentação de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de solo, em função da adição de diferentes sais de cálcio. Viçosa, UFV-Impr. Univ., 1985. 62p. (Tese de Mestrado)

DIAS, I. E.; FERREIRA, F. A. S.; RIBEIRO, A. C. & COSTA, L. M. Moviemtação de cálcio em colunas de solo tratadas com carbonato e sulfato de cálcio. R. Ceres, Viçosa, 31(178):407-414, 1984.

DROUINEAU, G. Influence of irrigation on the distribuition of fertilizer elements in the soil profile. In: COLLOQUIM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, Israel, 1969. Anais, Bern. International Potash Institute, 1969. p.96-105.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. **Standards methods for the examination of water and wasterwater**. American Health Association. 19ed. 1995.

EIRA, P. A.; ALMEIDA, D. L. & ALVAHYDO, R. Movimento do íon nitrato em solo da série Itaguaí, nas condições naturais de campo. Pesq. Agr. Bras., 3:267-273, 1968.

EPA. **Test methods for evaluation solid waste**. Physical/Chemical Methods. 3ed. Washington, DC. Environmental protection Agency, Office of solid waste and Emergency Response, U.S. Government Printing Office, 1986.n.p. SW-846.

GAVI, F.; RAUN, W. R.; BASTA, N. T. & JOHNSON, G. V. Effect of sewage sludge and ammonium nitrate on wheat yield and soil profile inorganic nitrogen accumulation. J. Plant Nutr., 20:203-218, 1997.

HINGSTON, F. J.; ATKINSON, R. J.; POSNER, A. M. & QUIRK, J. P. Specific adsorption of anion. Nature, 215-1459-1461, 1967.

KINJO, T. & PRATT, P. F. Nitrate adsortion: I. In some acid soils of Mexico and South America. Spoil Sci. Soc. Am. Proc., 35:722-725, 1971.

KINJO, T.; KIEHL, E. J. & PRATT, P. F Movimento do nitrato em colunas de terra de um Latossolo. R. bras. Ci. Solo 2:106-109, 1978.

KÜPPER, A.; GROHMANN, F. & GARGANTINI, H. Movimento de íons NO_3^-, NH_4^+, K^+ e PO_4^{3-} em solos Massapé, Roxa Misturada e Arenito Bauru. Campinas, Inst. Agron., 1953. (Bol. 34).

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL- LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Brasília: LANARV, 1988. 104p.

LEAL, J. R. & ALVAHYDO, R. Transformação e deslocamento do íon amônio em solo da série Itaguaí. Pesq. agrop. bras., 6:129-135,1971.

LEON, L. A. & PRATT, P. F. Efectos agronômicos de la retención y lixiviácion de nitratos em dos Andepts de Colômbia. Turriaçlba, 24:408-413, 1974.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIGUEROA, M.M. Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Buenos Aires : Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 1999. p. 13-25.

MATTIAZZO, M. E. Caracterização do produto denominado AJIFER L40 gerado pela Ajinomoto Biolatina Ind. E Com. LTDA e avaliação da degradabilidade de sua fração orgânica e taxa de mineralização do nitrogênio. Relatório apresentado à ESALQ/USP Química Ambiental, 2003.

MELO, W. J. **Matéria orgânica, nitrogênio e enxofre**: curso de atualização em fertilidade do solo. Jaboticabal: ANDA, 1978, 66p.

MONESMITH, F. L. Mercado de fertilizantes nitrogenados: tendências internacionais e nacionais/ Apresentado ao Workshop sobre Manejo de Fertilizantes Nitrogenados e Sulfatados na agricultura, Piracicaba, 2001.

PAVAN, M. A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: IAPAR, Curso de atualização em fertilidade do solo. Londrina, PR, 1983. p.47-63.

PAVAN, M. A. BINGHAM, F. T. & PRATT, P. F. Redistribuition of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 48(1):33-38, 1984.

PLEYSIER, J. L. & JUO, A. S. R. Leaching of fertilizer ions in a Ultisol from the high rainfall tropics: leaching trhough undisturbed soil columns. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 45:754-760, 1981.

QUAGGIO, J. A. Reação do solo e seu controle. In:SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, Piracicaba, 1986. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p53-59.

RAIJ, B. van & CAMARGO, O. A. Nitrate elution from soil columns of three Oxisols and one alfilsol. In: International Congress of Soil Science, 10º Moscow, 1974. Transactions, Moscow, International Society of Soil Science, volume II. 384-391, 1974.

RAIJ, B van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba : Instituto Internacional da Potassa, 142p., 1981.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P. DE & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaios de calagem. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 6:33-37, 1982.

RAIJ, B van.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.

REEVE, N. G. & SUMMER, M. E. Ameliration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface-spplied amendments. Agrochemophysica, Pretoria, 4:1-6, 1972.

REICHARDT, K. Dinâmica de íons no solo. In:SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE4 DO SOLO, Piracicaba, 1986. anais. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p43-52.

RITCHEY, K. D. SILVA, J. B. & SOUZA, D. M. G. Lixiviação de cálcio e magnésio em solo. In: SIMPÓSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM. Campinas, SP, 1982. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, SP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.109-125.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M G. LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. Agron. J., Madison, 72:40-44, 1980.

SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico, características y manejo. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 660p.

SHEPHERD, M. A. Factors affecting nitrate leaching from sewage sludges a sandy soil in arable agriculture. Agric. Ecosyst. Environ., 58:171-185, 1996.

SHOEMACKER, H. E.; MACLEAN, E. O. & PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requeriment of soils with appreciable amounts of exchangeable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.25, p274-277, 1961.

SINGH, B. R. & KANEHIRO, Y. Adsorption of nitrate in amorphous and kaolinitic Hawaiian soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33:681-683, 1969.

SOPRANO, E. Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo. Viçosa, UFV, Imp. Unv., 1986. 92p. (Tese de Mestrado)

SOPRANO, E. & ALVAREZ, V. H. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. R. bras. Ci. Solo. 13:25-29, 1989.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York : MacMillan, 1993. 635p.

THOMAS, G. W. Effects of electrolyte imbebition upon cátion exchange behavior of soils. Soil Sci. Soc. Am;. Proc., 24:329-332, 1960.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. 40 CFR Parts 257, 403 and 503. Final rules:standarts for the use of sewage sludge. Federal Register, 58:9248-9415, 1993.

VERDADE, F. C. Estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo Terra Roxa Misturada. Bragantia, 11:269-276, 1951.

960.