

JOSÉ ADINAN SOUZA

**LIXIVIAÇÃO DE NITRATO E VOLATIZAÇÃO DE AMÔNIA EM UM
LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S7291
2012 Souza, José Adinan, 1978-
Lixiviação de nitrato e volatilização de amônia em um
latossolo cultivado com café sob diferentes fontes de
nitrogênio / José Adinan Souza. – Viçosa, MG, 2012.
x, 85f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Genelício Crusoé Rocha.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 57-64

1. Solos - Lixiviação. 2. Nitrogênio. 3. Nitrato. 4. Amônia.
5. Solos - Contaminação. 5. Física do solo. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 631.41

JOSÉ ADINAN SOUZA

**LIXIVIAÇÃO DE NITRATO E VOLATIZAÇÃO DE AMÔNIA EM UM
LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 30 de março de 2012

Paulo Leonel Libardi

Mauro Aparecido Martinez

Genelício Crusoé Rocha
(Orientador)

Ofereço: Aos meus pais, Odélio Silvério de Souza (in – memória) e Luzia Maria de Souza. Do primeiro, a saudade...! Desta, o exemplo, a ternura e a força (coisa de mãe)!

Dedico: A minha esposa: Marina Teixeira de Carvalho e Fonseca, fonte de Amor, Carinho e Paz. A quem me falta palavras para expressar meu amor e gratidão! Saiba que você me fez um ser humano melhor!

Aos meus irmãos: Jusley Maria de Souza Ribeiro, Maria Salete dos Santos, Maria Isabel de Souza e José Márcio de Souza. Pelo carinho, amor, alegria e apoio.

“Somos colocados em um mundo extremamente complexo, seja na natureza ou nas relações que nós homens estabelecemos. Na infância não entendemos sobre o mundo, na vida adulta achamos que sim e na velhice nos tornamos complexos, talvez para retornarmos a algo...”

O autor.

Agradecimentos

Ao Criador, pela vida e oportunidade concedida.

Aos meus pais, irmãos, esposa, sogro, sogra, sobrinhos e cunhados por serem parte da mais sagrada entidade, minha família!

Ao Dr. Adilson Rodrigues Soares, pela amizade e companheirismo. E a minha tia Sandra Soares, por ser minha “segunda mãe” em Viçosa.

A Universidade Federal de Viçosa, por contribuir com minha formação profissional.

Ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, por ter me acolhido e concedido a oportunidade de fazer o Mestrado.

O Professor Genelício Crusoé Rocha pela amizade e orientação.

Aos estagiários, agora amigos, Luiz Rogério e Carlos Henriques, pela dedicação, compromisso e vontade ao contribuírem com este trabalho.

Ao Professor Edson Mattiello pelo exemplo de profissionalismo.

Aos servidores do laboratório de física do solo, Claudio e Carlos, por honrarem o departamento de solos com um serviço de qualidade e celeridade.

Ao Paulinho “da Brahma”, por gentilmente ceder o espaço em sua propriedade para condução deste trabalho.

Ao Adir, colaborador da Fazenda Laje que sempre esteve disposto a contribuir.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram com este estudo.

Sumário

Resumo	V
Abstract.....	VII
Lista de Figuras.....	IX
Lista de quadros	X
1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	4
2.1 O cultivo do cafeeiro e sua importância nacional.....	4
2.2 Movimento da água e fluxo do nitrato.....	5
2.3 Volatilização de amônia.....	8
2.3.1 Tecnologias aplicadas à redução da volatilização de amônia.....	9
3. Material e métodos.....	11
3.1 Área experimental e delineamento experimental.....	11
3.2 Gradiente de potencial total e potencial mátrico da água no solo.....	13
3.3 Condutividade hidráulica do solo em meio saturado e não saturado.....	15
3.4 Fluxo de água e fluxo de nitrato no solo.....	18
3.5 Volatilização de amônia.....	20
3.6 Caracterização física do solo e classificação.....	22
3.7 Caracterização química e fertilização.....	24
4. Resultados e discussão.....	25
4.1 Precipitação e drenagem interna no solo.....	25
4.2 Volatilização de amônia.....	33
4.3 Lixiviação e ascensão capilar de nitrato no solo.....	37
4.4 Eficiência no uso do nitrogênio.....	44
5 Conclusões.....	46
6 Referências bibliográficas.....	47
Anexo A. Equações ajustados pelos modelos de Mualem e van Genuchten, para cada parcela. ..	55
Anexo B. Análise de variância.....	58
Anexo C. Modelos ajustados.....	58
Anexo D. Material utilizado no experimento.....	59
Anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.....	63
Anexo F. Concentração de nitrato da solução extraída do solo (mg L^{-1}).....	73

Resumo

SOUZA, José Adinan, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2012. **Lixiviação de nitrato e volatilização de amônia em um Latossolo cultivado com café sob diferentes fontes de nitrogênio.** Orientador: Genelício Crusoé Rocha. Coorientador: Edson Marcio Mattiello.

Dentre os diversos produtos existentes para reduzir as perdas de fertilizantes nitrogenados destaca-se o uso do inibidor de urease (NBPT). Existem na literatura inúmeros trabalhos que confirmam a eficiência deste inibidor, principalmente para as culturas do milho, cana e arroz. No entanto, estudos que verifiquem os riscos de contaminação do lençol freático promovido pelas perdas por lixiviação de NO_3^- são raros, principalmente para a cultura do cafeeiro sob elevadas doses de N. Diante disso desenvolveu-se este estudo, cujo objetivo foi avaliar as perdas de N por lixiviação de NO_3^- e volatilização de NH_3 . O experimento foi montado em uma lavoura comercial de café de sequeiro. Adotou-se um delineamento em blocos ao acaso, em um fatorial de $(3 \times 2) + 1$, com 4 repetições, sendo três doses de nitrogênio: 200, 400 e 600 kg ha^{-1} , duas formas de ureia: comum e a com inibidor de urease, um tratamento adicional sem aplicação nitrogenada. Para se obter o fluxo de solução no solo foram instalados três tensiômetros em cada parcela, nas profundidades de 0,90; 1,00 e 1,10 m acoplados ao manômetro de mercúrio. Foram instalados ainda, em cada parcela, um extrator de solução do solo na profundidade de 1 m, para se determinar a concentração de NO_3^- na solução no solo. Para se quantificar as perdas por volatilização de NH_3 foram instalados coletores de NH_3 , do tipo semi-aberto. Registrou-se um total de 1172 mm de precipitação, durante o experimento, destes 620 mm foram percolados, correspondente a 52,90 %. Não se observou diferença estatística entre os tratamentos, para a drenagem interna. Os valores relativos de perdas por volatilização de amônia não sofreram influência da dose, em média a ureia com NBPT apresentou perdas de 3,51 % e a ureia comum de 11,21 %. Pode-se concluir que a ureia com NBPT foi estatisticamente mais eficiente em reduzir as perdas por volatilização. Quando se analisa as perdas por lixiviação, pode-se observar que esta sofre forte influência dos fatores climáticos, como a precipitação, principalmente na distribuição temporal das chuvas. Os resultados permitem concluir que as perdas por lixiviação sofreram influência da dose do fertilizante aplicado. Ficou demonstrado que a ureia tratada com inibidor de urease apresenta maior risco de contaminação do lençol freático com NO_3^- . Pode-se concluir que o uso de ureia tratada com inibidor de urease é uma boa alternativa para se

reduzir as perdas por volatilização, porém o uso em doses acima de 200 kg ha⁻¹, pode representar risco considerável de contaminação do lençol freático com NO₃⁻, comparado ao risco proporcionado pelo uso de ureia comum. Além de configurar perdas significativas de fertilizantes. Conclui – se ainda que o uso de elevadas doses de N não acarretou em incrementos de produtividade, nem promoveu aumento no teor de nutrientes nas folhas das plantas.

Abstract

SOUZA, José Adinan, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, March, 2012. **Nitrate leaching, volatilization ammonia in a grown with coffee Latossolo under different sources of nitrogen.** Advisor: Genelicio Crusue Rocha. Co-advisor: Edson Marcio Mattiello.

Among many products that exist to reduce the loss of nitrogen fertilizer we give importance to the use of urea inhibitor (NBPT). There are many studies in the literature history that confirms the efficiency of this inhibitor, mainly for the harvest of corn, sugarcane and rice. However, studies that verify the risk of contamination of the water table that occurs because of the loss by leaching NO_3^- are rare. Mainly for the people that harvest coffee grounds under elevated doses of N. Therefore this study was developed, whose objective was to evaluate the loss of NO_3^- leaching and the volatilization of NO_3^- . The experiment was made in a commercial upland coffee field. They adopted a block division at random, in a division of $(3 \times 2) + 1$, with 4 repetitions being three nitrogen doses: 200, 400, 600 kg ha^{-1} , two kinds of urea: normal and with the urea inhibitor, a additional treatment with no nitrogen doses. To obtain the flow of the solution in the ground it was installed three tension measurement in each layer 0,90; 1,00; 1,10 m fixed to the mercury manometer. Yet it was installed, in each layer a solution extractor from the earth like 1m deep to determine the concentration of NO_3^- in the soil solution. To quantify the loss of NH_3 by volatilization were installed NH_3 collectors, like semi-open. It was registered a total of 1172mm precipitation during the experiment, from all these 620 mm were percolated, that corresponds a 52,90 %. It wasn't observed any statistic difference between the treatments, for an internal drainage. The related numbers of losses by volatilization of ammonia didn't suffer any influence of the dose, in average the urea with NBPT was showed losses of 3,51 % and the normal urea showed 11,21 %. As a result it can be concluded that the urea with NBPT was statistically more effective to reduce the losses by volatilization. When we take into consideration the losses by leaching, it can be observed that this one suffers strong influence by climate factors like the precipitation, mainly in the time distribution of the rains. The results allow us to conclude that the losses by leaching suffered influence of the fertilizer dose used. It was shown that the treated urea with the inhibitor of urea brings the high risk of contamination of the water table with NO_3^- ; we can conclude that the use of treated urea

with urea inhibitor is a good alternative to reduce the losses by volatilization, but the use of that above 200 kg ha⁻¹ can represent reasonable risk of contamination of the water table with NO₃⁻; compared to the proportioned risk by the use of normal urea. Furthermore, it shows meaningful losses of fertilizers. Yet we can conclude that the use of elevated doses of N didn't add amounts of productivity, nor it led to the content increase of nutrients in the leaves of the plants.

Lista de Figuras

Figura 1. Vista da fazenda laje

Figura 2. Detalhe da instalação dos tensiômetros e do extrator de solução

Figura 3. Disposição dos tensiômetros e do extrator de solução do solo

Figura 4: Componentes de um tensiômetro e manômetro de mercúrio

Figura 5. Detalhe do tensiômetro e manômetro de mercúrio no campo

Figura 6. Esquema de um permeâmetro de carga constante

Figura 7. Detalhe ilustrativo do coletor de amônia

Figura 8. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, para o tratamento 1, ou seja, sem aplicação de uréia

Figura 9. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T2, correspondente a 200 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia comum

Figura 10. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T3, correspondentes a 400 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia comum

Figura 11. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T4, correspondente a 600 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia comum

Figura 12. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T5, correspondentes a 200 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT

Figura 13. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T6, correspondente a 400 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT

Figura 14. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T7, correspondente a 600 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a ureia tratada com NBPT

Figura 15. Volatilização de NH_3 , para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7

Figura 16. Volatilização de NH_3 em função da dose de N aplicada

Figura 17. Fluxo de nitrato no solo, ao longo do experimento, T1, T2 e T5, para ureia comum e ureia tratada com NBPT

Figura 18. Fluxo de nitrato no solo, ao longo do experimento. T1, T3 e T6, para ureia comum e ureia tratada com NBPT

Figura 19. Fluxo de nitrato no solo, ao longo do experimento. T1, T4 e T7, para ureia comum e ureia tratada com NBPT

Figura 20. Lixiviação de NO_3^- em função da dose de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT

Figura 21. Ascensão de NO_3^- em função da dose de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT

Lista de quadros

Quadro 1: Granulometria do solo da área experimental

Quadro 2: Condutividade hidráulica, porosidade total, macro e microporosidade, densidade de partícula e densidade do solo.

Quadro 3: Caracterização química do solo da área experimental

Quadro 4: Análise foliar da cultura do cafeeiro, no início do experimento

Quadro 5: Panorama geral das perdas de N e produtividade média do cafeeiro

Quadro 6: Teor de nutrientes foliares do cafeeiro ao final do experimento

1. Introdução.

A produção nacional de café em 2010 foi de 48,1 milhões de sacas, ocupando uma área de 2,1 milhões de hectares, resultando numa produtividade média de 23,2 sacas por hectare. Em termos de participação no agronegócio brasileiro a cultura do café ocupa a quinta posição com 7,2 %, em valores, do total comercializado em 2010. Minas Gerais produziu 25,16 milhões de sacas, com produtividade média de 24,99 sacas por hectare, sendo que a região da Zona da Mata de Minas contribuiu com 6,89 milhões de sacas com produtividade média de 20,57 sacas por hectare, abaixo da média estadual e nacional.

A cafeicultura em regiões montanhosas, como a zona da mata de minas, enfrenta muitos desafios com vistas ao aumento de produtividade, fator preponderante dado ao atendimento das questões de mercado e ambientais. Não obstante, tecnologias de produção como o melhoramento genético, controle eficiente de pragas e doenças, o desenvolvimento de implementos agrícolas específicos para regiões acidentadas e o uso adequado de fertilizantes podem contribuir para sustentabilidade dessa atividade agrícola.

A fim de se obter maior produtividade agrícola, observa – se a aplicação de elevadas doses de fertilizantes, principalmente os nitrogenados. O nitrogênio no solo pode - se apresentar em formas químicas diferenciadas. Agronomicamente, as formas minerais mais importantes no solo são NO_3^- , NH_4^+ e NO_2 , sendo a última tóxica à maioria das culturas. O potássio e o nitrogênio são os elementos mais exigidos por grande parte das culturas agrícolas, e em caso de deficiência, limitam a produtividade. Diversos estudos comprovam a resposta positiva do cafeeiro à adubação nitrogenada. Diante disso, observa – se o uso de doses consideráveis de fertilizantes nitrogenados, principalmente em plantios adensados com número de plantas que superam 5000 plantas por hectare.

O nitrogênio, principalmente na forma de nitrato, tem sido associado à contaminação de lençóis freáticos e aquíferos em todo o planeta, principalmente devido a sua eletronegatividade, tornando o assim um elemento de alta mobilidade nos solos altamente intemperizados, como é o caso da maioria dos solos brasileiro. As altas doses aplicadas de fertilizantes nitrogenados em solos cultivados com café na Região da Zona

da Mata Mineira podem contribuir para a contaminação do lençol freático e aquíferos superficiais e subsuperficiais, além de representarem perdas e aumento nos custos de produção da cultura.

No tocante a questão mercadológica, é de conhecimento geral que grande parte da produção de café brasileira é destinada à exportação. As exigências quanto à adoção da produção integrada, com vistas à certificação de café, traz como aspecto obrigatório o uso eficiente de fertilizantes, levando em consideração todas as perdas ocorridas no ciclo agrícola, objetivando a adoção de técnicas que minimizem as perdas por lixiviação. Além disso, é tratado como proibida a aplicação de fertilizante que possa colocar em risco a qualidade das águas subterrâneas, principalmente a contaminação por nitrato.

Os custos crescentes associado às altas perdas de fertilizantes nitrogenados exigem da agricultura moderna, práticas de manejo que resultem em melhor eficiência de utilização do nitrogênio. Associado a isso o aumento no custo de fertilizantes e a preocupação ambiental são norteadores de linhas de pesquisa envolvendo a lixiviação de nitrogênio.

A dinâmica da água no solo está relacionada às características intrínsecas do solo, como textura, porosidade, estrutura, teor de matéria orgânica, continuidade dos poros, etc. Além das propriedades do solo, a dinâmica da água está relacionada a fatores edafo – climáticos como, por exemplo, a exigência de água pela cultura, estado nutricional da planta, insolação, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar. O entendimento da dinâmica da água no solo, sob uma cultura, traz informações como consumo de água por esta cultura, época do ano em que ocorre deficiência hídrica e qual a sua magnitude, subsidiando tomada de decisão quanto ao uso adequado de fertilizantes, principalmente em cultivos de sequeiro nos quais a água pode ser fator limitante da produção, o que pode vir a não justificar a aplicação de doses maiores de fertilizantes sem a adoção de um sistema de irrigação.

A agricultura moderna também enfrenta o problema da perda de nitrogênio por volatilização de amônia, principalmente quando se usa ureia, a qual quando aplicada ao

solo pode sofrer hidrólise enzimática liberando N amoniacal que é volátil. Trata se de um processo muito específico, que depende das condições do solo e da atmosfera local.

Alguns estudos demonstram que a volatilização de amônia pode representar perdas na ordem de 60 % do total de N aplicado. Diante disso a comunidade científica em conjunto com a indústria de fertilizantes vem desenvolvendo técnicas e produtos que minimizem a volatilização da amônia. Um dos produtos de maior eficiência na redução da volatilização, até então, é o NBPT – (N-(n-butil) tiofosfórico triamida); são vastos os estudos que comprovam tal eficiência, principalmente nas culturas do arroz, milho, cana e pastagem. Porém não se observa estudos que contemplem as perdas por volatilização de amônia e por lixiviação de nitrato, principalmente para a cultura do café de sequeiro sob elevadas doses de N.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas de nitrogênio por lixiviação de nitrato e volatilização de amônia, associadas ao balanço hídrico em um solo típico da zona da mata mineira cultivado com café de alta produtividade. Os objetivos específicos foram: (i) quantificar o fluxo de nitrato em um solo cultivado com café; (ii) quantificar a ascensão capilar e a drenagem interna neste solo; (iii) quantificar a eficiência agrônômica de duas fontes de fertilizantes nitrogenados, bem como seu potencial de perdas por lixiviação e volatilização.

2. Revisão bibliográfica.

2.1 O cultivo do cafeeiro e sua importância nacional.

O cafeeiro é uma planta originária das regiões altas da Etiópia, país do continente Africano. A espécie *Coffea arabica* L. é originária do sudoeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia, sendo esta região restrita e marginal às demais espécies. Atualmente esta espécie distribui-se amplamente em regiões de altitudes mais elevadas e temperaturas mais amenas, entre 18 e 21°C, no continente americano e em algumas regiões da África (GRANER; GODOY JUNIOR, 1967).

Os maiores produtores mundiais de café são Brasil, Colômbia e Vietnã e os maiores importadores são Estados Unidos, Alemanha e Japão (OIC, 2011). O café tem importância histórica no desenvolvimento sócio e econômico do Brasil. Dados do ministério do trabalho e emprego, em 2010 a cadeia produtiva do café foi responsável por mais de oito milhões de empregos, gerando renda e dignidade no campo. Ademais, é um produto que gerou mais de US\$ 3 bilhões em volume de negócios, neste mesmo ano. Sua importância se torna ainda maior quando se considera toda agroindústria como beneficiamento, torrefação e moagem (JUNIOR, 2007).

Durante várias décadas essa planta passou por um processo de domesticação e melhoramento, que a tornou bastante exigente em controle de pragas e doenças, assim como na fertilização do solo (ZAMBOLIM, 2007).

Ainda é controversa a questão da resposta desta cultura a fertilização nitrogenada. Sanzonowicz et al. (2001) trabalhando com doses de N em solo de Cerrado relatam que não ocorreu alteração dos teores foliares deste elemento. O mesmo autor conclui ainda que não foi observado influência na flutuação anual da produtividade. Por outro lado, Viana et al. (1987) e Raij et al. (1996) observaram respostas positivas do cafeeiro à adubação nitrogenada. Prezotti (2004) também conclui que não houve influência da dose de N nos teores deste elemento nas folhas, e ainda observou aumento na demanda de N em anos de baixa produtividade.

2.2 Movimento da água e fluxo do nitrato

Estudos que descrevem o movimento da água no solo geralmente estão relacionados às áreas irrigadas e poucos são aqueles que fazem menção à relação existente entre o movimento da água e o deslocamento de íons no solo.

No sistema solo – planta - atmosfera, a água se move no estado líquido e de vapor, porém, o transporte de íons acontece na fase líquida (REICHARDT, 1985). Nos sistemas naturais assim como em áreas agrícolas o ciclo hidrológico “se inicia” com o processo de infiltração da água no solo, em seguida ocorre seu armazenamento temporário na zona do sistema radicular e termina com sua remoção do solo por meio da drenagem, da evaporação e da absorção pelas raízes (HILLEL, 1970).

O primeiro pesquisador a estabelecer uma equação que quantificasse o movimento de água em material poroso foi Darcy em 1856, todavia a teoria de Darcy se aplica somente em meio saturado. Buckingham em 1907 adaptou a equação de Darcy de forma a proceder sua aplicação em solos não saturados (Libardi, 2005). Dessa forma, tem-se a equação de Darcy- Buckingham, a qual descreve que a água se move de um ponto de maior potencial total de água no solo para outro ponto de menor potencial total de água.

Para o cálculo da drenagem interna e ascensão capilar no limite inferior do volume de solo considerado, necessita-se conhecer profundamente os processos hídricos do solo, ou seja, tem-se que conhecer a condutividade hidráulica em meio não saturado ($K(\theta)$) bem como o gradiente do potencial total da água no solo ($\partial\phi / \partial z$) na profundidade considerada, para então, através da equação de Darcy-Buckingham, quantificar o fluxo da água no solo.

A condutividade hidráulica envolve o conhecimento da permeabilidade intrínseca, relacionada ao volume total e distribuição do tamanho dos poros, além da tortuosidade, e das características do fluido como densidade e viscosidade (LIBARDI, 2005).

O gradiente de potencial total, por sua vez, é avaliado por meio de dois componentes do potencial de água sendo um deles independente da matriz do solo, o componente gravitacional e o outro que envolve as interações entre a água e a matriz do solo, o componente mátrico (LIBARDI, 2005).

Além das características intrínsecas ao solo, a quantidade de água que passa por um determinado ponto em estudo por meio da drenagem interna do solo, sofre influência da cobertura do solo e do tipo de vegetação ali existente (BERTONI, 1976). Este mesmo autor estudando as perdas por percolação, evaporação e escoamento superficial em um Latossolo Roxo, com o uso de lisímetros, encontrou perdas por percolação que variaram de 31,9 a 51,4 % do total precipitado para solo sem e com cobertura morta, respectivamente. Além disso, ficou demonstrado no estudo de Bertoni (1976), que o percentual de perdas por percolação também varia com a época do ano em que se coleta os dados, sendo maior em períodos de maior precipitação.

Pereira et al. (1974), estudou o balanço hídrico em cafeeiro sob duas formas de condução, uma de livre crescimento e outra decepada. Os resultados deste trabalho mostraram que a drenagem interna no solo, no ciclo total de um ano, correspondeu a 30 % do total de “perdas” de água, independentemente da forma de condução.

Outro exemplo é o trabalho de Reichardt et al (1979), que trata do estudo da água em um Latossolo de textura média, durante todo o período de desenvolvimento de uma cultura de milho, com o objetivo de estabelecer um balanço hídrico completo no solo, conhecer a dinâmica da água no solo e determinar a atividade radicular em função do tempo e da profundidade. Durante os 97 dias do ciclo da cultura, $P + I = 634,3$ mm; $D = - 307,0$ mm e $ET = 318,9$ mm, sendo $P =$ Precipitação; $I =$ Irrigação; $D =$ Drenagem Interna e $ET =$ Evapotranspiração. O alto valor de drenagem interna mostra a importância da drenagem neste solo, que pode trazer grandes implicações na lixiviação de fertilizantes, nutrientes do solo e herbicidas.

Gava (2003) estudando a compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na cultura do milho observou valores de drenagem interna de 188 mm para cultivo de milho sob plantio direto e 38 mm sob plantio convencional. Shipitalo e Edwards (1993), observaram maiores valores, quando trabalharam com lisímetros na cultura milho sob plantio direto e convencional, num período de 2 anos consecutivos. Esses autores encontraram valores médios de drenagem interna de 645 a 464 mm (safra 87/88) e 799 a 596 mm (88/89) para os sistemas plantio direto e convencional, respectivamente. Os autores explicam que o sistema plantio direto promove melhor estruturação do solo,

aumentando a porosidade do solo, o que culmina na maior infiltração da água no solo. Castro et al. (2002), trabalhando em um solo argilo - arenoso, sob diferentes condições de manejo, encontraram fluxos máximos de 40 mm dia⁻¹ em solo sob pastagem e cultivo convencional, 25 mm dia⁻¹ sob plantio direto e 180 mm dia⁻¹ sob solo nu. O autor explica que os valores elevados de fluxo de solução do solo se devem ao fato do solo ser de textura arenosa.

No mesmo trabalho de Gava (2003), citado anteriormente, analisando a lixiviação de nitrogênio na cultura de milho em sistema de plantio direto, encontrou lixiviação de nitrogênio máximo de 1,50 kg ha⁻¹ano⁻¹, a 0,50 m, no período de 20 a 128 dias após a emergência, quando se aplicaram 25 kg ha⁻¹ de N em semeadura e 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Gollany et al. (2008) estudando doses de N em solos argilosos, encontraram valores médios de nitrato lixiviado de até 78 kg ha⁻¹ ano⁻¹, quando se aplicaram doses de 20 e 200 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho. Valores discrepantes como estes encontrados por Gava (2003) e Gollany et. al. (2008) mostram que a lixiviação de nitrato no solo é bastante variável o que dificulta a comparação de resultados obtidos em locais diferentes.

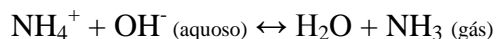
Fernandes et al. (2006), trabalhando com parcelamentos de nitrogênio em milho, na implantação do sistema plantio direto, obtiveram resultados médios de 467 mm de drenagem interna de água no período de cultivo. Fatores como precipitação, evapotranspiração, estado nutricional e fitossanitário da cultura; estrutura, textura e porosidade do solo podem interferir na drenagem interna da água e/ou solução do solo. Segundo Fernandes et al. (2006), a chuva é um fenômeno natural de grande influência na drenagem interna de água no solo.

Dentre os íons lixiviados, o nitrato e o cloreto são os que ocorrem com maior frequência, havendo uma predominância do primeiro. Os íons nitrato e cloreto são fracamente adsorvidos pelos componentes das frações do solo, razão pela qual se deslocam facilmente na solução do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes e translocados às folhas onde se acumulam pela transpiração, ou serem lixiviados aos mananciais subterrâneos (AYRES & WESTCOST, 1991). A lixiviação do NO₃⁻ oriundo das áreas agrícolas vem se tornando um risco à saúde pública, uma vez que, em

concentrações superiores a 10 mg L^{-1} nas águas subterrâneas, pode desenvolver a meta-hemoglobinemia, conhecida também como síndrome do “bebê azul”. Em áreas exploradas com agricultura irrigada, a concentração de NO_3^- nas águas do lençol freático, algumas vezes, excede 200 mg L^{-1} (CHOWDARY et al., 2005). Kaiser (2006) estudando os teores de nitrato na solução do solo em uma bacia hidrográfica encontrou valores de concentração de nitrato na água que variaram de 8 a 226 mg L^{-1} , o autor relata que os pontos de coleta próximo a mata apresentaram valores significativamente menores que aqueles próximo a áreas cultivadas com fumo, atribuindo estes valores a prática de adubação nitrogenada em excesso nesta cultura.

2.3 Volatilização de amônia

O potencial de perdas de nitrogênio por volatilização de amônia (NH_3) pode atingir valores de 17 a 60 % (CANTARELLA et al., 2008). As condições de solo e clima do local afetam diretamente o processo de volatilização de NH_3^- . Sebe se que o pH alcalino do solo próximo ao grânulo do adubo pode favorecer o processo de volatilização, como ilustra a reação abaixo.



Em condições de campo a volatilização de NH_3 ocorre principalmente devido a presença de nitrogênio na matéria orgânica e da aplicação de fertilizantes. É um processo rápido que acontece principalmente nos primeiros cinco dias da adubação (LARA CABEZAS et al., 1997). Inicialmente ocorre a hidrólise da ureia por meio da urease, uma enzima extracelular produzida por bactérias e fungos do solo. Essa enzima também é encontrada em restos vegetais em processo de decomposição no campo. Quantificar as perdas de amônia por volatilização em função da presença dos resíduos culturais é difícil, pois os resíduos podem aumentar a concentração e a atividade da urease, aumentando a volatilização de amônia (NELSON et al., 1980; ECKERT et al., 1986; McINNIS et al., 1986; MELLO, 1987; MOAL et al., 1995; ROS, 2005). Por outro lado, os resíduos culturais na superfície do solo diminuem a temperatura e a perda de umidade por

evaporação (BRAGAGNOLO, 1990), além de aumentar a CTC do solo (FALLEIRO et al., 2003; SOUZA e ALVES, 2003), o que poderia diminuir a volatilização de amônia (CERETTA, 1997).

2.3.1 Tecnologias aplicadas à redução da volatilização de amônia

A ureia é o principal fertilizante nitrogenado utilizado na agricultura, por apresentar menor custo por unidade de N aplicado. No entanto, o seu uso pode provocar elevadas perdas de N por volatilização de amônia. Diante disso, a indústria de fertilizantes, aliadas às instituições de pesquisas, vem buscando formas de minimizarem as perdas por volatilização, evitando prejuízos aos agricultores e problemas ambientais (BARTH, 2009).

Uma das primeiras alternativas encontradas para minimizar os problemas com a volatilização foi a incorporação do fertilizante ao solo. Lara Cabezas et al., (1997a, 1997b e 2000) analisando as perdas por volatilização de amônia de diferentes fertilizantes nitrogenados, encontraram perdas que variaram de 40 a 78 % quando a aplicação se deu na superfície do solo sem a incorporação. Quando se promove a incorporação mecânica até 5 cm de profundidade no solo observa-se redução drástica no processo de volatilização de amônia (ANJOS e TEDESCO, 1974, 1976; CANTARELLA et al., 1999). No entanto a escassez de mão de obra no campo, assim como os métodos modernos de produção como o sistema de plantio direto na palha e o cultivo mínimo, são empecilhos para a adoção desta técnica. Hargrove (1988) considera que precipitações entre 10 e 20 mm são suficientes para promover a incorporação do fertilizante ao solo.

Uma opção é o uso dos fertilizantes revestidos ou fertilizantes de liberação controlada, que apresentam como finalidade a capacidade de disponibilizar os nutrientes para as culturas de forma paulatina, otimizando a absorção pelas plantas e conseqüentemente reduzindo as perdas (MORGAN et al., 2009). De modo geral, estes fertilizantes são classificados em três grupos, peletizados, quimicamente alterados e recobertos, dependendo da forma de liberação do nutriente. O primeiro grupo apresenta baixa solubilidade e depende da ação microbiana para a liberação do nutriente. O segundo grupo, parte do nutriente é modificado quimicamente de forma a se tornar insolúvel em água, que será liberado para o meio de forma controlada. Os fertilizantes

recobertos são solúveis em água, porém recobertos com membrana semipermeável. Barati et. al. (2006) estudando a eficiência de três fontes de N, cloreto de amônia, ureia e ureia revestida com enxofre, observaram que a recuperação de N foi maior quando se usou ureia revestido com enxofre. A maioria dos trabalhos concentra - se na utilização de ureia revestida com enxofre e ureia formaldeído. Inúmeros trabalhos demonstram aumento na eficiência no uso de adubos nitrogenados, quando se empregou a ureia revestida (LEÃO, 2008; MEDINA et. al. 2008, MORGAN, 2009). No entanto os elevados custos destes fertilizantes inviabilizam o uso em larga escala na agricultura comercial (CANTARELLA, 2007).

Recentemente, foi disponibilizada no mercado nacional ureia tratada com o inibidor de urease N-(n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT). Segundo informações do fabricante, esse aditivo pode inibir a degradação enzimática da ureia por um período de até 14 dias, reduzindo as possíveis perdas de amônia, representando assim mais uma opção de manejo do nitrogênio. Em cana-de-açúcar, a eficiência desse inibidor foi comprovada, proporcionando reduções de 15 a 78 % nas perdas por volatilização de amônia da ureia aplicada sobre a palha, dependendo das condições climáticas nos dias subseqüentes à aplicação de nitrogênio (CANTARELLA et al., 2008). Scivittaro et al., (2010), analisando as perdas por volatilização de amônia com o uso do fertilizante ureia encontraram valores de 19,7 e 13,5 kg ha⁻¹, para solo úmido e solo saturado, respectivamente. Enquanto que para a ureia com NBPT esses autores não observaram influência da umidade do solo na redução das perdas por volatilização. Os autores explicam que os baixos valores (2 kg ha⁻¹) de volatilização de amônia, advindos do uso do inibidor de uréase, contribuem para não se observar diferença quanto à umidade do solo no momento da fertilização.

3. Material e métodos.

3.1 Área experimental e delineamento experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Laje, propriedade cafeeira típica da zona da mata de minas gerais, coordenadas geográficas 20°41'S e 42°48'O, cuja distância da cidade de Viçosa – MG é 10,5 km. Apresenta um clima, segundo a classificação de Koppen, do tipo Cwb, ou seja, temperado úmido com inverno seco e verão quente. A propriedade conta com assistência técnica especializada e, portanto, adota bom nível tecnológico.



Figura 1. Vista da fazenda laje.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial (3 x 2) + 1, com 4 repetições, sendo três doses de nitrogênio: 200, 400 e 600 kg ha⁻¹, duas formas de ureia: comum e a com inibidor de urease (NBPT- N-(n-butil) tiossulfônico triamida) e um tratamento adicional sem aplicação de fertilizante nitrogenado, totalizando 28 parcelas. Cada parcela era composta por 18 plantas, sendo que a parcela útil foi

composta por 2 plantas, onde foram instalados três tensiômetros e um extrator de solução do solo (figura 2 e 3).



Figura 2. Detalhe da instalação dos tensiômetros e do extrator de solução.

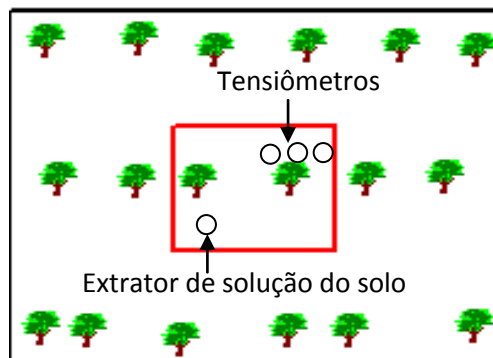


Figura 3. Disposição dos tensiômetros e do extrator de solução do solo.

3.2 Gradiente de potencial total e potencial mátrico da água no solo

O tensiômetro é o equipamento mais indicado para se determinar o potencial mátrico da água no solo, em condições de campo. Esse, quando acoplado a um manômetro de mercúrio apresenta alta sensibilidade, e por isso, é recomendado em trabalhos que se objetiva obter maior confiabilidade dos dados. Os tensiômetros e os manômetros de mercúrio foram adquiridos da empresa Sondaterra. A Figura 4, adaptada de Rocha (2004) apresenta os detalhes de seus componentes.

Para se determinar o potencial mátrico da água no solo, foram instalados três tensiômetros às profundidades de 0,90; 1,00 e 1,10 m. Os tensiômetros foram acoplados a um manômetro de mercúrio, por meio de um tubo de polietileno (espaguete). As leituras foram feitas em intervalos de 2 dias, sempre por volta das 09:00 h, com o auxílio de uma régua graduada, em milímetros, que foi instalada na parte lateral do manômetro de mercúrio.

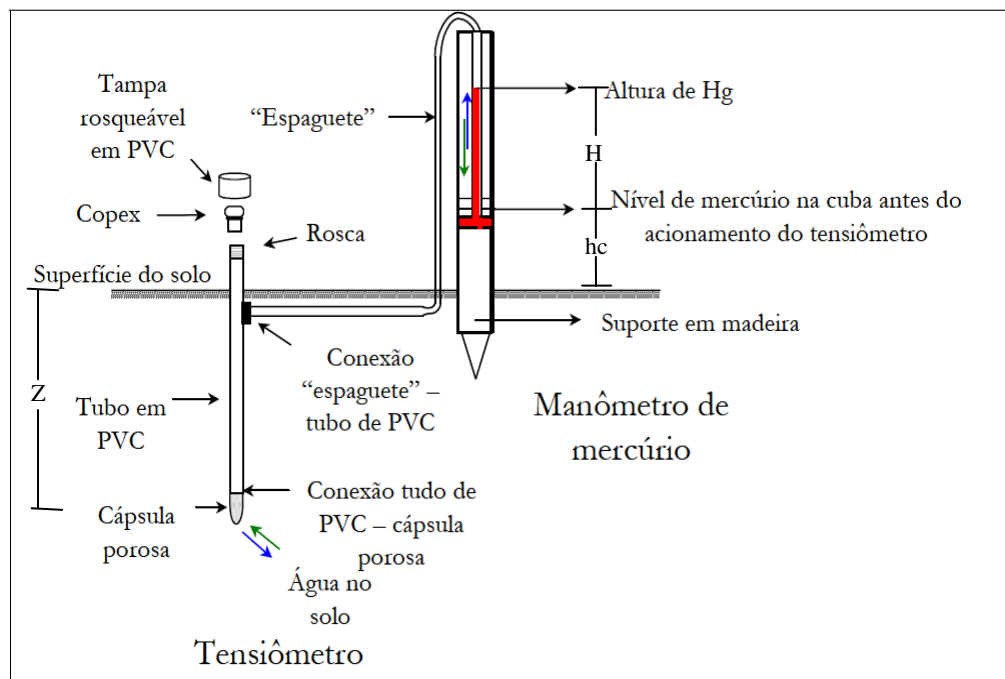


Figura 4. Componentes de um tensiômetro e manômetro de mercúrio, adaptado de Rocha (2004).

O potencial mátrico foi calculado a partir das leituras feitas na altura da coluna de mercúrio (Anexo E) conforme equação 1 (LIBARDI, 2005):

$$\phi_m = -12,6H + hc + z \quad (1)$$

em que, H é a leitura obtida na régua do manômetro (m), hc é a distância entre o nível de mercúrio na cuba e a superfície do solo (m) e z é a distância da cápsula porosa à superfície do solo (m).

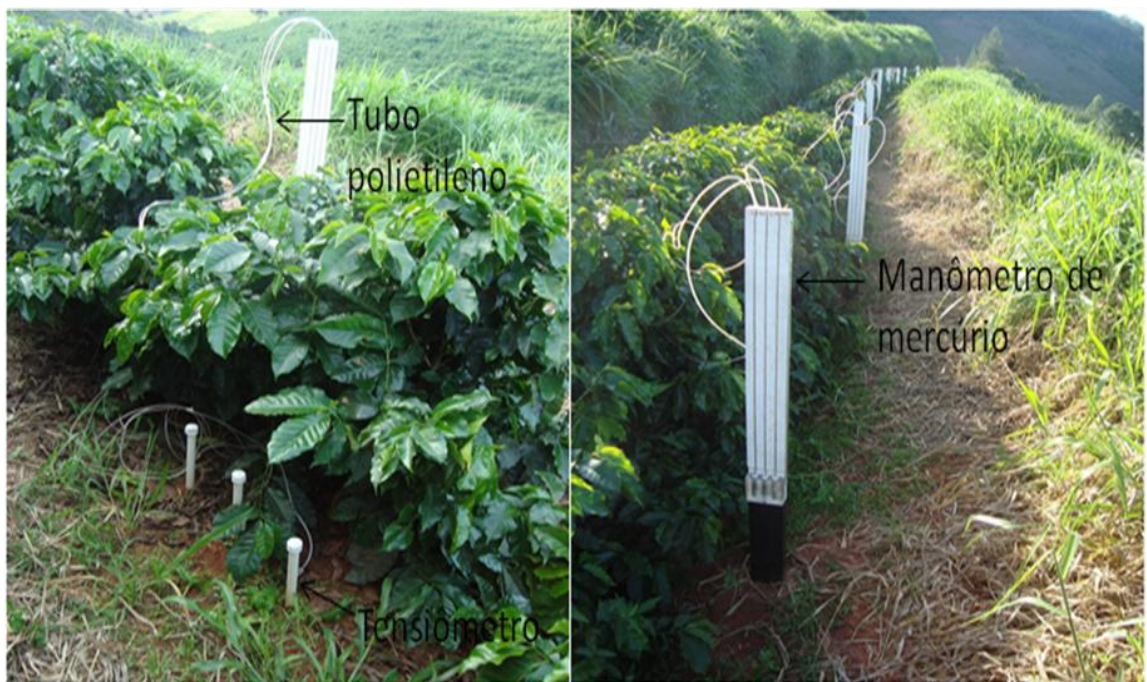


Figura 5. Detalhe dos tensiômetros e manômetro de mercúrio no campo.

O potencial total de água no solo nos pontos “a” (0,90 m) e “b” (1,10 m) foram obtidos pela expressão 2:

$$\phi_t = \phi_m + \phi_g \quad (2)$$

em que ϕ_m é o potencial mátrico (m) e ϕ_g é o potencial gravitacional (m).

O gradiente de potencial total (grad ϕ_t) foi obtido por meio da expressão 3:

$$\text{grad}\phi_t = \frac{\phi_{ta} - \phi_{tb}}{\Delta Z} \quad (3)$$

em que, $\text{grad } \phi_t$ é o gradiente do potencial total de água no solo (m m^{-1}), ϕ_{ta} é o potencial total de água no solo (m) no ponto “a” ou seja, a 0,90 m de profundidade, ϕ_{tb} é o potencial total de água no solo (m) no ponto “b” ou seja, a 1,10 m de profundidade e ΔZ é a distância vertical entre os pontos “a” e “b”.

3.3 Condutividade hidráulica do solo em meio saturado e não saturado

A condutividade hidráulica do solo em meio saturado (K_0) é um dos atributos físicos do solo de maior variabilidade. Para se determinar K_0 em cada parcela, foram coletadas amostras indeformadas de solo na profundidade de 1 m, com o auxílio de uma cavadeira de boca e um trado tipo Uhland, provido de anéis de dimensões conhecidas. Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório de física do solo do Departamento de Solos da UFV, procedendo a seguinte rotina:

Antes da coleta das amostras em campo mediu – se o diâmetro e a altura de cada anel com o auxílio de um paquímetro digital, esses anéis foram devidamente identificados com pincel atômico.

No laboratório o anel contendo a amostra de solo foi acoplado a outro de igual diâmetro por meio de uma fita adesiva e, em seguida, recebeu na parte do anel sem solo, uma pequena camada de lã de vidro, esse conjunto foi saturado de baixo para cima, para eliminar as bolhas de ar. A saturação foi alcançada colocando-se o conjunto dentro de uma bandeja com água até aproximadamente 3/4 da altura do cilindro (L), por um período de 48 horas.

Após a saturação, fixou – se o conjunto num suporte com auxílio de uma garra. Uma lâmina de água de espessura l foi aplicada, utilizando-se o sistema de "frasco de Mariotte" para manutenção de carga constante. Um funil, também preso ao suporte por

uma garra, recolheu a água percolada para uma proveta (figura 5); Assim que se observou que toda a seção da amostra estava contribuindo com a vazão, cronometrou – se o tempo (t) para o recolhimento de um volume de água na proveta (V). Considerou – se válidos os valores de V e t que apresentaram reprodutibilidade em cinco determinações sucessivas;

A condutividade hidráulica em solo saturado na temperatura de trabalho K_e foi calculada pela expressão (4).

$$K_e = -\frac{q}{i} \quad (4)$$

em que, q é o fluxo (m/s) e i, o gradiente hidráulico (m/m)

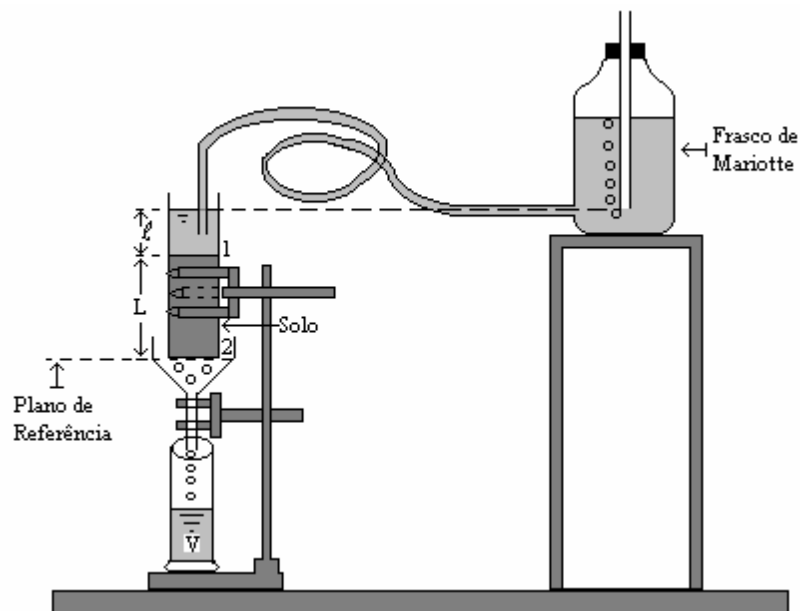


Figura 6. Esquema de um permeômetro de carga constante (Ferreira 2002).

$$q = \frac{4V}{\pi d^2 t} \quad (5)$$

em que, V é o volume coletado (m³); d é diâmetro do anel (m) e t é o tempo (s).

$$i = \frac{l}{L} + 1 \quad (6)$$

em que, l é a lâmina de água (m); L é a altura do anel (m).

$$i = \frac{l}{L} + 1 \quad (7)$$

Obtendo se “q” e “i” é possível, então, calculara K_e , para em seguida calcular K_0 , ou seja, a condutividade hidráulica em meio saturado na temperatura de referência (20 °C), fez se o seguinte ajuste.

$$K_0 = K_e \frac{\eta_e}{\eta_{20}} \quad (8)$$

em que, η_e e η_{20} são a viscosidade dinâmica da água na temperatura ambiente e a 20 °C, respectivamente (centipoise).

Para o cálculo da condutividade hidráulica do solo não saturado $K(\theta)$, o método para condições de campo é o do perfil instantâneo, que é o mais utilizado, no entanto requer mão-de-obra especializada e recursos para a sua execução. Mualem (1976) apresenta um modelo matemático pelo qual se pode obter a condutividade hidráulica do solo não saturado por meio da curva de retenção de água no solo e de K_0 . Este modelo pode ser apresentado da seguinte forma:

$$K(\theta) = K_0 \omega^\ell \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2, \quad (9)$$

em que, K_0 a condutividade hidráulica do solo saturado (m dia⁻¹); ℓ índice empírico proposto por Mualem (1976) cujo valor tido como ótimo é 0,5; m é o índice de ajuste da curva de retenção de água no solo proposto por van Genuchten (1980) e ω é a saturação efetiva do solo, dada pela equação 10.

$$\omega = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (10)$$

em que, θ o teor atual de água no solo, θ_r o teor de água residual e θ_s o teor de água no ponto de saturação, ambas em $m^3 m^{-3}$.

Para se obter $K(\theta)$ a 1 m de profundidade, obteve – se o potencial matricial por meio do tensiômetro instalado a 1 m de profundidade, permitindo o cálculo de θ , conforme a equação (11) de van Genuchten (1980) ajustada para cada parcela.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha|\phi m|)^n\right]^m} \quad (11)$$

em que α e n são índices de ajustes da equação de van Genuchten.

O ajuste dos índices θ_s , θ_r , α , m e n foram obtidos com o auxílio do software Soil Water Retention Curve – SWRC (NETO, 2000), fazendo $m = 1-1/n$, conforme proposto por Mualem (1976).

Para gerar a curva de retenção de água no solo, amostras indeformadas de solo, referentes a cada parcela, foram levadas à mesa de tensão, onde se determinou a umidade de equilíbrio com as tensões de 2, 4, 6 e 8 kPa. Para os demais pontos da curva usou-se amostra deformada no extrator tipo Richards, conforme metodologia proposta pelo Laboratório de Física do Solo da UFV, com as tensões de 10, 30, 100, 500, 1000 e 1500 kPa, totalizando 10 pontos em cada curva.

3.4 Fluxo de água e fluxo de nitrato no solo

O fluxo de água no solo no plano de referência (1 m de profundidade) foi calculado usando se a equação de Darcy-Buckingham.

$$\vec{q}_z = -K(\theta) \frac{d\phi_t}{d_z} \quad (12)$$

em que, q_z é o fluxo de água no solo, em $m dia^{-1}$, ou seja, quantidade de água que atravessa a unidade de área por unidade de tempo; $K(\theta)$ é a condutividade hidráulica do solo em meio não saturado, em $m dia^{-1}$; $d\phi/d_z$ é o gradiente de potencial total da água no

solo, força propulsora que faz a água mover; ϕ é o potencial total da água no solo, em m , z é a coordenada vertical de posição.

De acordo com Fernandes et al (2006), o fluxo de nitrato (lixiviação ou ascensão capilar) em uma determinada profundidade no solo é resultante do produto do fluxo da água no solo pela concentração de nitrato, em kg L^{-1} de solução extraída do solo, conforme equação 13.

$$q_{NO_3^-} = q_z C_{NO_3^-} \quad (13)$$

em que, $q_{NO_3^-}$ é fluxo de nitrato, em $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, q_z é o fluxo de água em $\text{L ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ e $C_{NO_3^-}$ é a concentração de nitrato na solução do solo em kg L^{-1} .

A adubação foi feita calculando se a dose (200, 400 e 600 kg ha^{-1} de N) em relação a área abaixo da copa do cafeeiro, obtendo – se assim a quantidade de fertilizante a ser aplicado por planta. Como a instalação do extrator de solução se deu no solo abaixo da copa do cafeeiro entende – se que a solução do solo obtida no extrato não representa a solução do solo da entre linha. Para que se extrapole o resultado de fluxo de nitrato para $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ Bortolotto (2010), trabalhando com lixiviação de nitrato em cultura de café na região de Luiz Eduardo Magalhães – BA, propôs uma correção nos valores de fluxo com relação a área adubada e a área por planta. No presente estudo fez se o ajuste obtendo-se um fator de correção (f), conforme descrito abaixo:

$$f = \frac{Aap}{Ap} \quad (14)$$

em que, f é o fator de correção ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$); Aap é a área efetivamente adubada (m^2) e Ap é a área decorrente do espaçamento (m^2). A área por planta (Ap) neste trabalho foi $3,5 \times 0,6 = 2,10 \text{ m}^2$. A área efetivamente adubada (Aap) foi calculada medindo-se o diâmetro da projeção da copa das plantas, no momento da adubação e procedendo ao cálculo conforme equação 15.

$$A_{ap} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (15)$$

em que D é o diâmetro médio das plantas da parcela (m).

Dessa forma podemos reescrever a equação de Fernandes et al (2006) para os casos em que não ocorre adubação em área total da seguinte forma:

$$q_{NO_3^-} = q_z C_{NO_3^-} f \quad (16)$$

Para se retirar a solução do solo instalou-se a 1 m de profundidade e em cada parcela um extrator de solução do solo, ao lado oposto da planta onde estão os três tensiômetros, distando do conjunto de tensiômetros em 0,60 m. A distância entre a bateria de tensiômetros e o extrator de solução do solo justifica-se para que a atividade dos tensiômetros não seja influenciada pela extração da solução do solo. A metodologia detalhada pode ser encontrada em Fernandes et al. (2006).

A solução no solo foi coletada com o auxílio de uma seringa e um tubo de polietileno, como descrito em Fernandes (2006). As coletas foram feitas após ocorrência de chuvas superiores a 2 mm, em no máximo 24 h após o evento pluvial. A solução coletada foi transferida para recipientes plásticos inertes e mantidos em geladeira até a análise de N-NO₃⁻. Esse foi obtido com a adição de liga devarda e basificação da alíquota com solução 400 g L⁻¹ de NaOH. A NH₃ volatilizada foi capturada em solução de H₃BO₃. O N-NH₃ foi determinado por meio de titulação da solução indicadora com 0,01 mol L⁻¹ de HCl padronizado.

3.5 Volatilização de amônia

A fim de quantificar as perdas por volatilização de amônia, instalou-se em cada parcela um coletor de amônia do tipo semi - aberto (Lara Cabeza et. al, 1990). Este é

constituído por um cilindro de PVC com 0,20 m de diâmetro e 0,40 m de altura (Figura 7). A unidade de captura de NH_3 foi um disco de espuma de nylon ($d = 2,4 \text{ kg m}^{-3}$) de 0,15 m de diâmetro, embebida com 25 mL de solução 1 mol L^{-1} de H_2SO_4 e $0,03 \text{ kg L}^{-1}$ de glicerina. A unidade de captura de NH_3 foi instalada no interior do coletor, apoiada em um suporte de PVC a 0,15 m acima do solo. A 0,10 m abaixo da extremidade superior do coletor foi instalado outro disco da mesma espuma de nylon de 0,20 m de diâmetro, também embebida na solução de H_2SO_4 e glicerina, para evitar a contaminação da unidade coletora com o N da atmosfera externa. Sobre os coletores foram instaladas tampas suspensas por hastes de arame, de modo que possibilite a circulação de ar e evite a lavagem das espumas pela precipitação pluvial. O coletor foi instalado em uma base constituída por um anel de PVC de igual diâmetro e 0,15 m de altura, que foi introduzido ao solo até 0,05 m de profundidade.

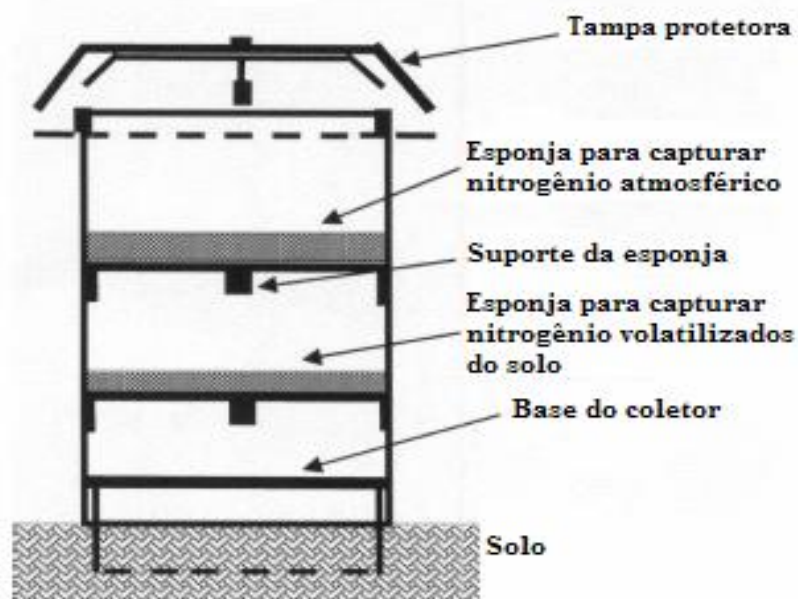


Figura 7. Detalhe ilustrativo do coletor de amônia.

Para a determinação do N as espumas foram lavadas em solução de KCl 1 mol L^{-1} e depois cortadas em pequenos pedaços. A solução obtida e os pedaços de espumas foram transferidos para tubos de ensaio. Os tubos de ensaio foram acoplados ao

destilador Kjeldhal no qual procedeu se a destilação. Utilizou se solução de 400 g L⁻¹ de NaOH para alcalinizar a amostra e vapor d'água para o araste da NH₃ volatilizada, esta foi capturada em solução de H₃BO₃ com indicadores mistos. O N-NH₃ foi determinado por meio de titulação da solução indicadora com HCl 0,01 mol L⁻¹ padronizado.

A retirada das espumas para a análise de amônia volatilizada seguiu o seguinte esquema: a primeira retirada foi feita no quarto dia após a adubação, a segunda retirada sete dias após a primeira retirada, a terceira sete dias após a segunda retirada e a quarta sete dias após a terceira, encerrando com isso o ciclo da primeira adubação. As outras duas adubações seguiram o mesmo procedimento já descrito.

3.6 Caracterização física do solo e classificação

Para as análises de textura do solo foram coletadas amostras a cada 0,10 m até a profundidade de 1,10 m em cada parcela a fim de averiguar a ocorrência de perfis do solo com textura que pudesse interferir significativamente no processo de drenagem interna. Os procedimentos para essa determinação seguiram a metodologia descrita pela Embrapa (1997), com modificações propostas por Ruiz (2005). No Quadro 1 são apresentados os valores médios de textura do solo para as 28 parcelas. O solo se mostrou bastante homogêneo, sem a presença de variações texturais que pudessem interferir na drenagem interna.

Quadro 1. Granulometria do solo da área experimental

Profundidade (m)	AG	AF	Argila	Silte
	dag/kg			
0 - 0,1	20,84	13,15	51,37	14,65
0,1 - 0,2	19,56	13,62	52,40	14,43
0,2 - 0,3	19,79	12,89	53,57	13,76
0,3 - 0,4	19,59	12,65	53,31	14,46
0,4 - 0,5	19,22	11,88	54,89	14,00
0,5 - 0,6	18,93	12,28	55,20	13,60
0,6 - 0,7	19,00	12,60	54,48	13,93
0,7 - 0,8	18,19	12,48	55,21	14,12
0,8 - 0,9	18,70	13,08	54,02	14,20
0,9 - 1,0	18,54	13,17	53,79	14,51
1,0 - 1,1	18,83	13,20	54,73	13,25
1,1 - 1,2	18,57	13,26	54,34	13,83
Média	19.15	12.85	53.94	14.06
CV	3.74	3.80	2.15	2.95

Procedeu-se também a caracterização hídrica do solo nas profundidades de 0,1; 0,3 e 0,5 m a fim de observar variações no comportamento hídrico do solo acima do plano em estudo (1 m). Os resultados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Condutividade hidráulica, porosidade total, macro e microporosidade, densidade de partícula e densidade do solo.

Profundidade (m)	K_0 (mm/h)	PT	Macroporosidade (m ³ /m ³)	Microporosidade	Dp (kg/m ³)	Ds
0,1	121	0,56	0,19	0,37	2670	1180
0,3	94	0,57	0,17	0,40	2680	1150
0,5	106	0,56	0,14	0,42	2580	1130

Não foram observadas grandes variações nas características hídricas do solo ao longo do perfil, como K_0 , porosidade total (PT) e relação macro e micro poros. A condutividade hidráulica (K_0) a 1 m de profundidade para cada parcela é apresentada nas

equações ajustadas do anexo A. O solo em estudo foi classificado como LVe, ou seja, latossolo vermelho eutrófico típico (Embrapa, 1997).

3.7 Caracterização química e fertilização

Para a caracterização química do solo da área experimental, amostras de solo foram coletadas no início do experimento das camadas de 0 – 0,2 m; 0,2 – 0,4 m e 0,4 – 0,6 m. Estas foram encaminhadas ao laboratório de fertilidade do solo do Departamento de Solos da UFV para análise. O resultado da análise é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Caracterização química do solo da área experimental.

Profundidade (m)	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
		mg/dm ³		cmolc/dm ³							%		dag/Kg
0-20	5,70	105,40	115,00	3,90	0,20	0,00	2,31	4,39	4,39	6,70	66,00	0	2,30
20-40	6,50	78,35	285,50	3,17	0,42	0,00	1,75	4,31	4,31	6,06	71,25	0	2,70
40-60	5,73	17,15	193,75	2,30	0,28	0,00	1,90	3,08	3,08	4,98	63,38	0	2,60

pH em água relação 1:2,5; P, K extrator Mehlich 1; Ca, Mg Al extrator KCl 1 mol L⁻¹; MO Welkley – Black.

Amostras foliares também foram coletadas e enviadas ao laboratório de fertilidade para análise, os resultados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Análise foliar da cultura do cafeeiro, no início do experimento.

N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
dag/Kg						mg/Kg				
3.39	0.19	2.04	1.4	0.23	0.18	8	77	103	8	50

N Kjeldahl; B Mufla; Teores totais determinados no extrato ácido (Ácido nítrico com ácido perclórico)

Diante dos resultados apresentados nos quadros 3 e 4 foram definidas as seguintes recomendações de adubação segundo Ribeiro 1999: zero de P, pois o nível de P no solo foi considerado muito bom, não sendo recomendado a aplicação deste elemento

para a produtividade esperada (30 sc ha^{-1}). Para K fez-se uma aplicação de 125 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio, em uma única aplicação em janeiro de 2011.

A aplicação do fertilizante nitrogenado, nas doses de 200, 400 e 600 kg ha^{-1} de N foi dividida em três aplicações, sendo que a primeira foi feita dia 10 de dezembro de 2010, a segunda em dia 09 de janeiro de 2011 e a terceira dia 12 fevereiro de 2011. Dessa forma, obteve-se uma bateria de amostras de solução extraída do solo antes da primeira adubação, uma entre a primeira e segunda adubação, outra entre a segunda e a terceira e uma última após a terceira adubação, totalizando quatro baterias de amostras.

4. Resultados e discussão

4.1 Precipitação e drenagem interna no solo

Durante os 170 dias de condução do experimento foram coletados, em um pluviômetro localizado ao lado da área experimental, um total de 1172 mm de precipitação. Observaram-se pequenos veranicos de 4 a 5 dias do 1º ao dia 47º (30/11/2010 a 15/01/2011), e ainda, um veranico de 33 dias do dia 47º ao 80º dia (16/01/2011 a 19/02/2011).

As figuras 8 a 14 mostram o comportamento da drenagem interna no solo ao longo do experimento para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7. É possível observar que não ocorreu diferença no comportamento da drenagem interna ao longo do tempo para os tratamentos em estudo.

A figura 8 demonstra a influência da precipitação na drenagem interna do solo para o T1 (0 kg ha^{-1} de N) ao longo do experimento. Pode se observar que incrementos na precipitação acumulada geram incrementos na drenagem interna do solo, demonstrando boa sensibilidade dos tensiômetros. Este tratamento apresentou uma drenagem interna total de 573 mm, ou seja 48,9 % do total precipitado na área.

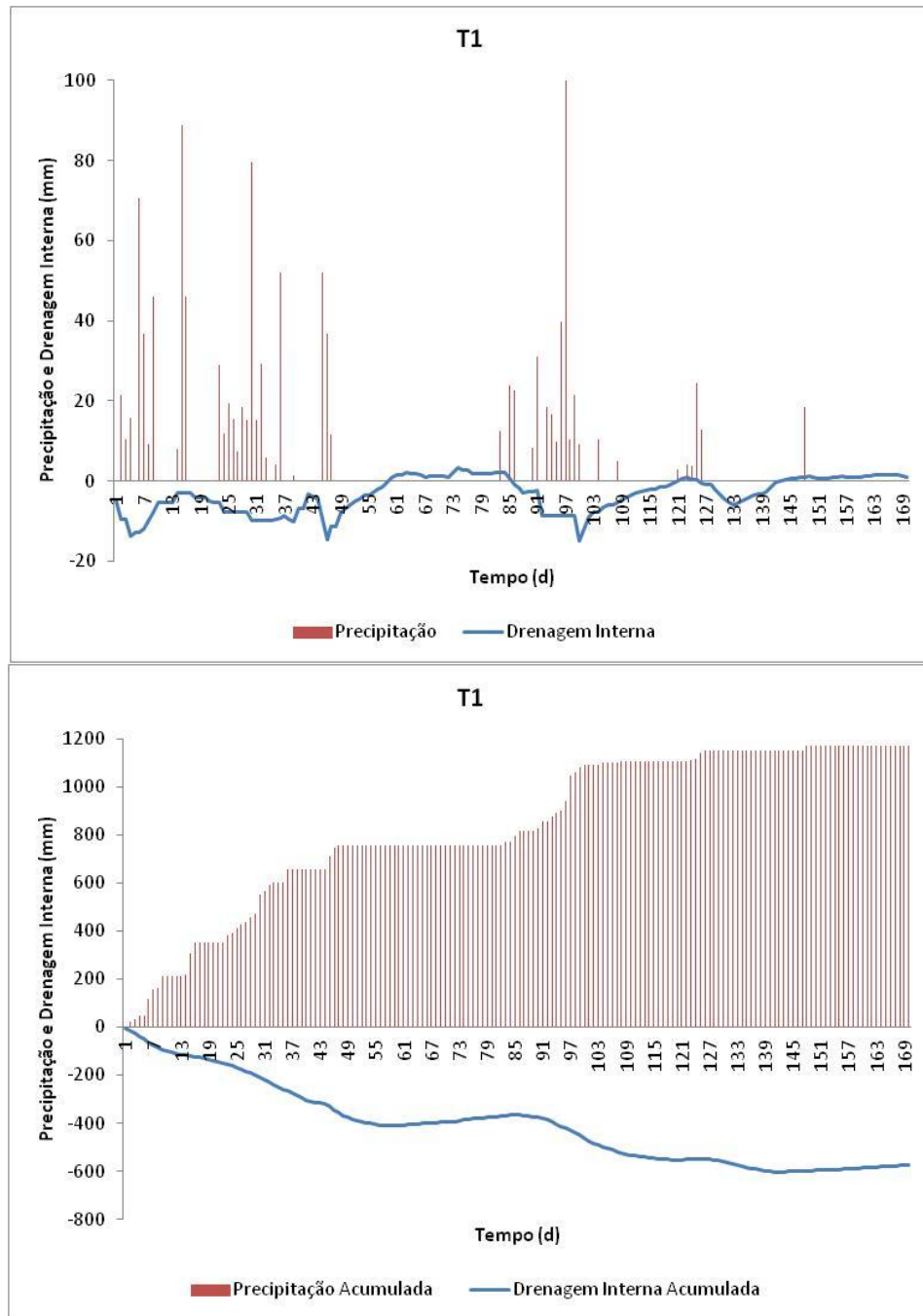


Figura 8. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, para o tratamento 1, ou seja, sem aplicação de ureia.

A figura 9 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 2 (200 kg ha^{-1} de N). Nota se uma drenagem interna total de 794 mm, correspondente a 67,7 % do total

precipitado. Este foi o tratamento que apresentou maior valor de drenagem interna, apesar dos resultados não serem estatisticamente diferentes pelo teste F a 0,1 % de probabilidade.

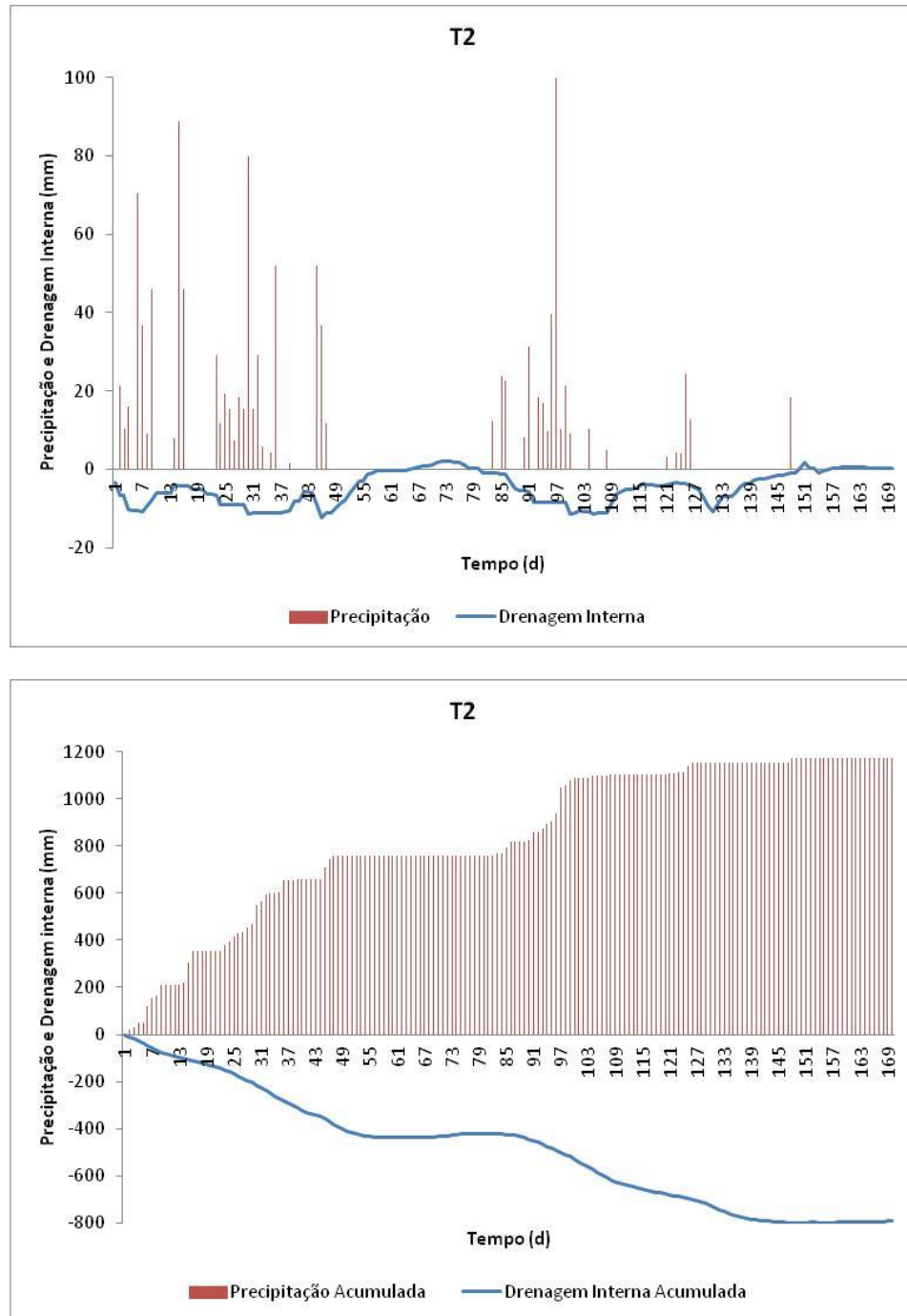


Figura 9. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T2, correspondente a 200 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia comum.

A Figura 10 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 3 (400 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia comum). Nota-se drenagem interna total de 725 mm, correspondente a 61,9 % do total precipitado.

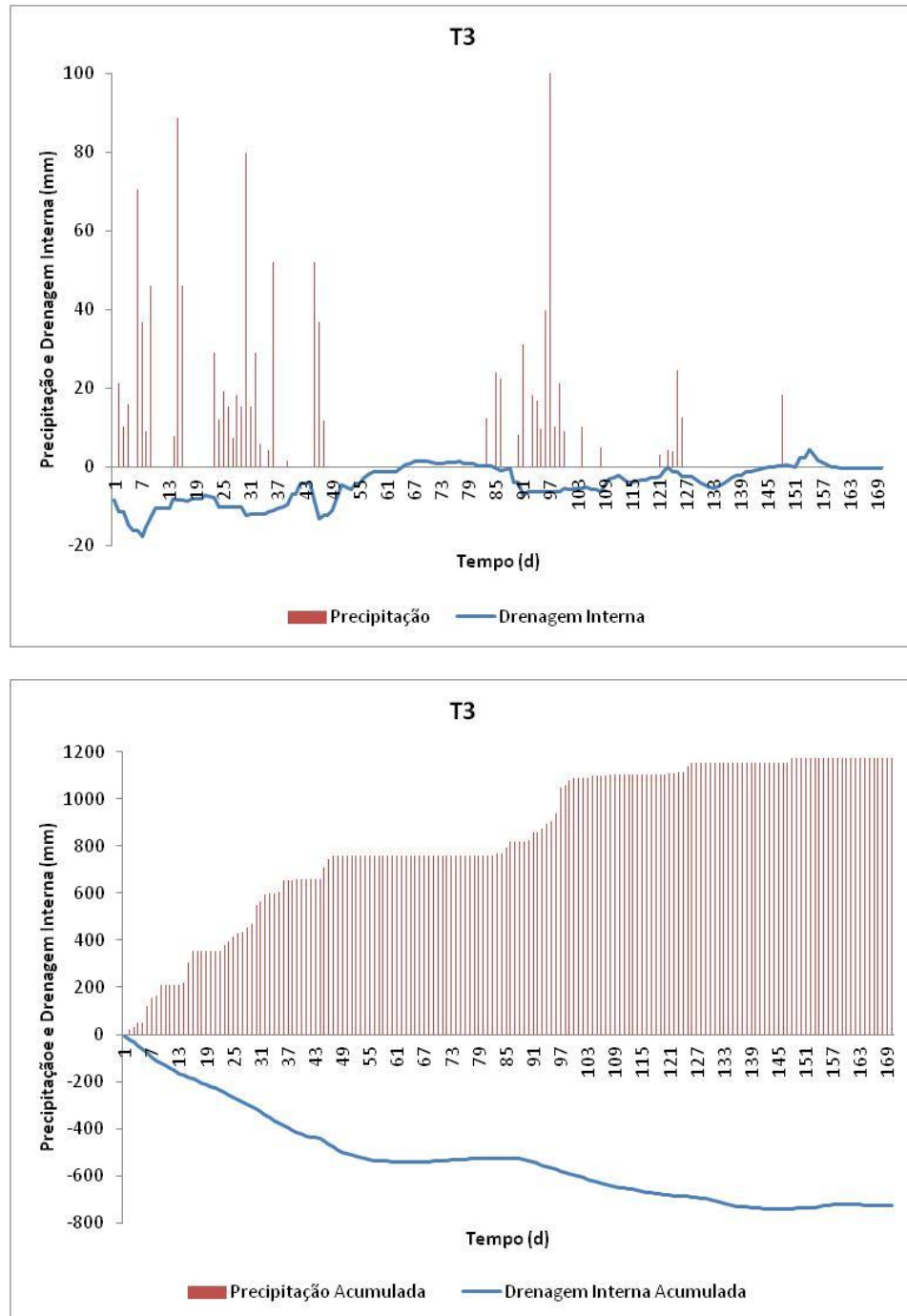


Figura 10. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T3, correspondentes a 400 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia comum

A figura 11 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 4 (600 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia comum). Nota-se drenagem interna total de 535 mm, correspondente a 45,7 % do total precipitado.

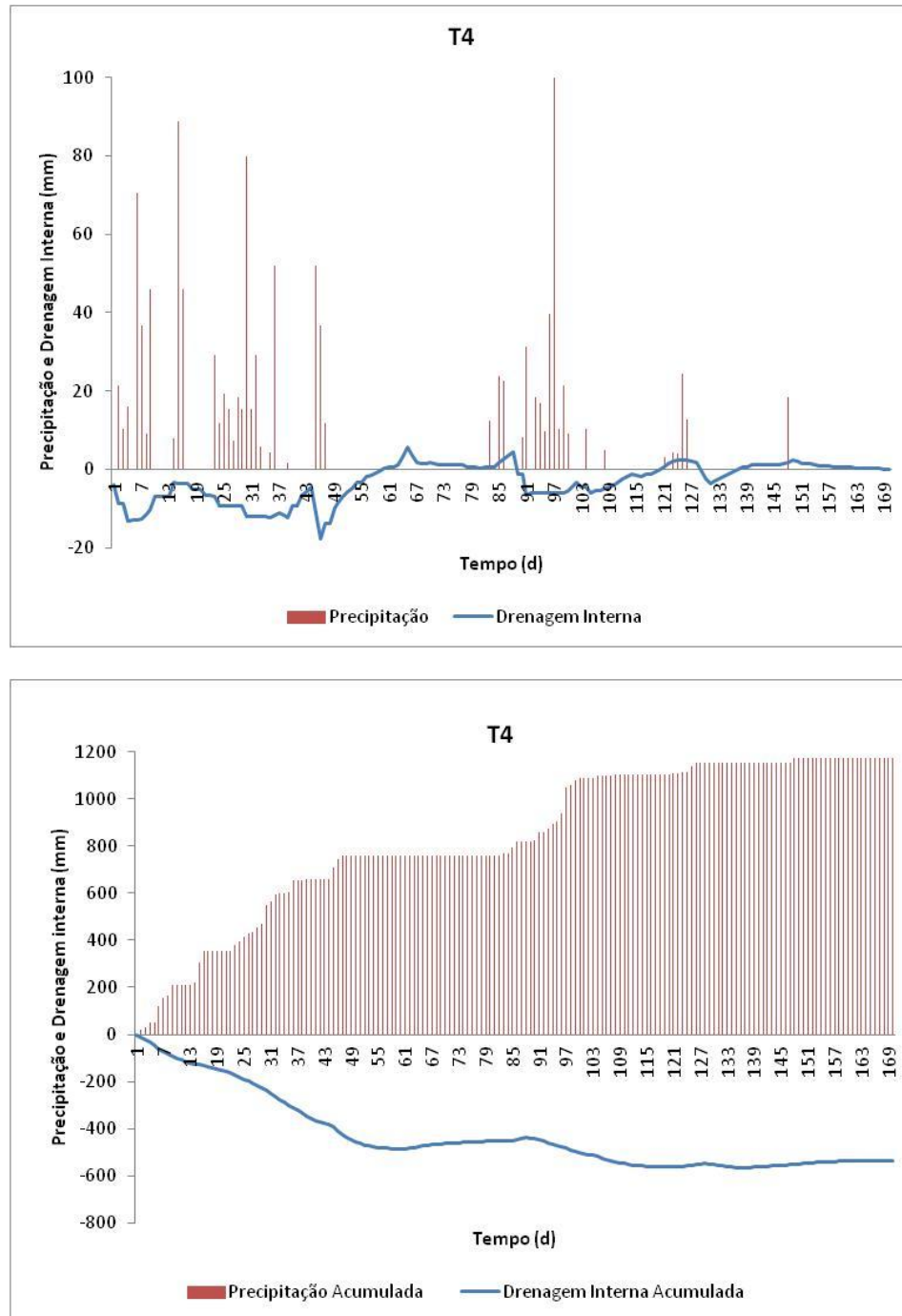


Figura 11. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T4, correspondente a 600 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia comum.

A Figura 12 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 5 (200 kg ha⁻¹ de N, uréia tratada com NBPT). Nota-se drenagem interna total de 615 mm, correspondente a 52,5 % do total precipitado.

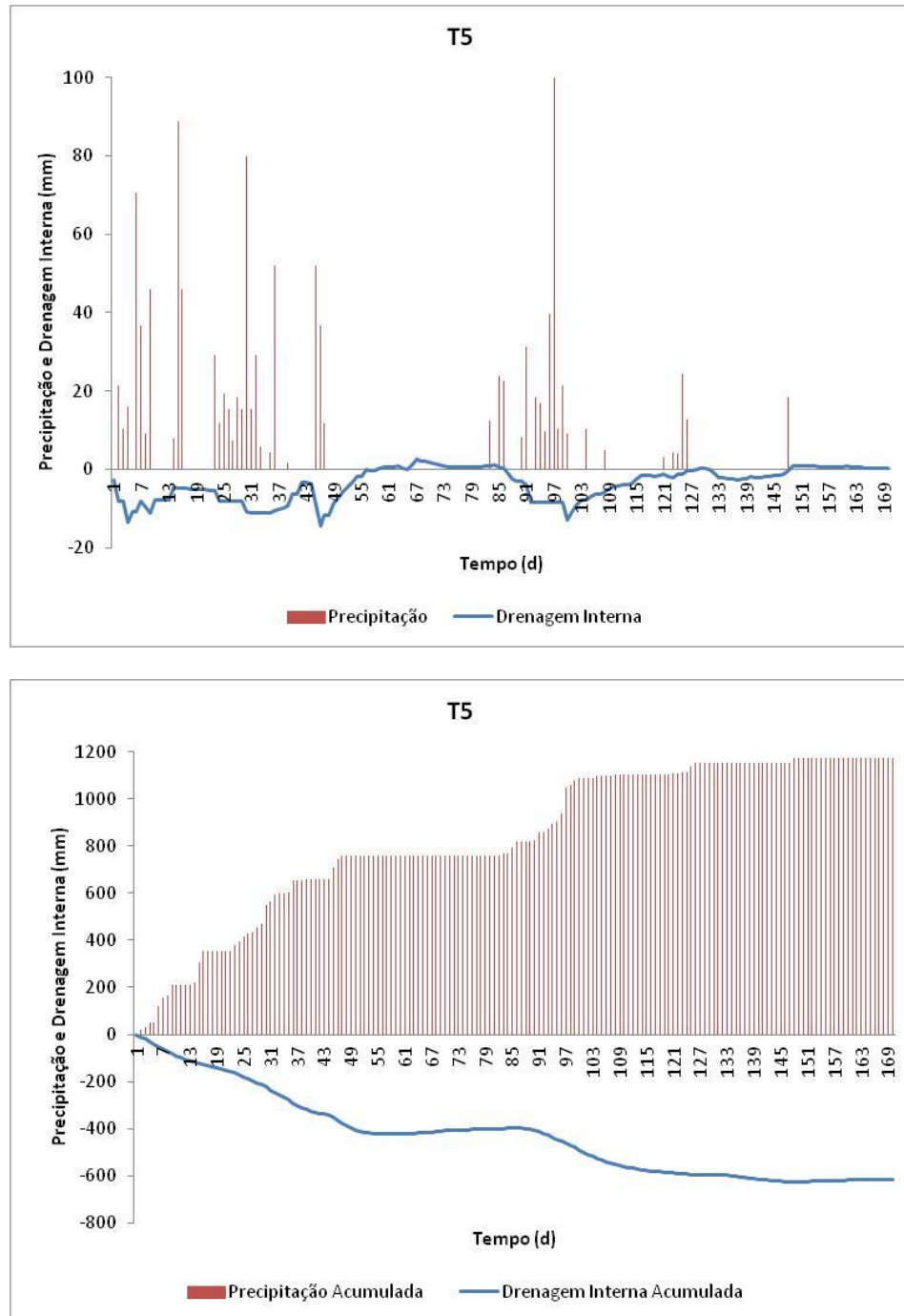


Figura 12. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T5, correspondentes a 200 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT.

A Figura 13 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 6 (400 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT). Nota-se drenagem interna total de 533 mm, correspondente a 45,5 % do total precipitado.

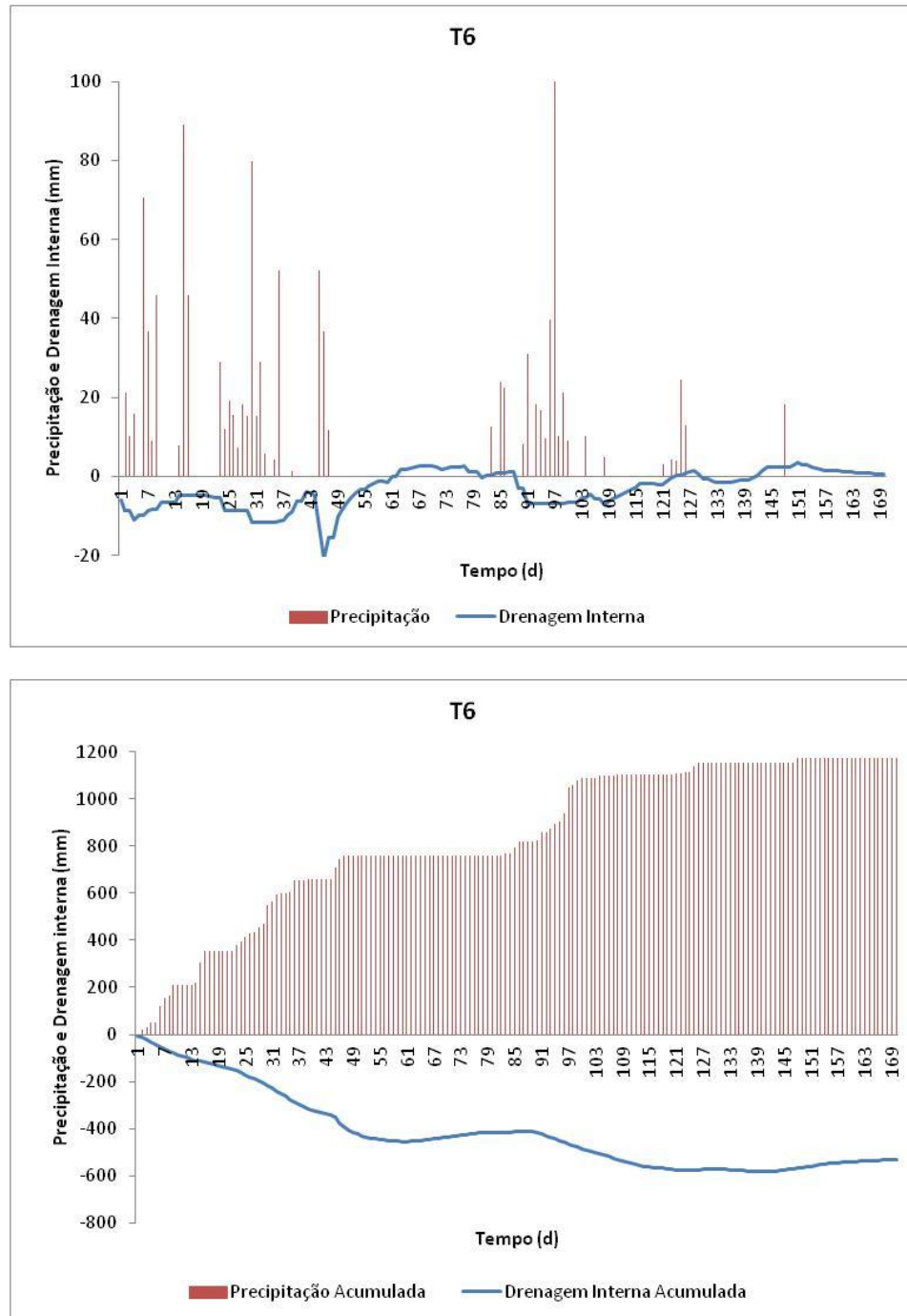


Figura 13. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T6, correspondente a 400 kg ha^{-1} de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT.

A Figura 14 representa o processo de drenagem interna para o tratamento 7 (600 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia tratada com NBPT). Nota-se drenagem interna total de 679 mm, correspondente a 58 % do total precipitado.

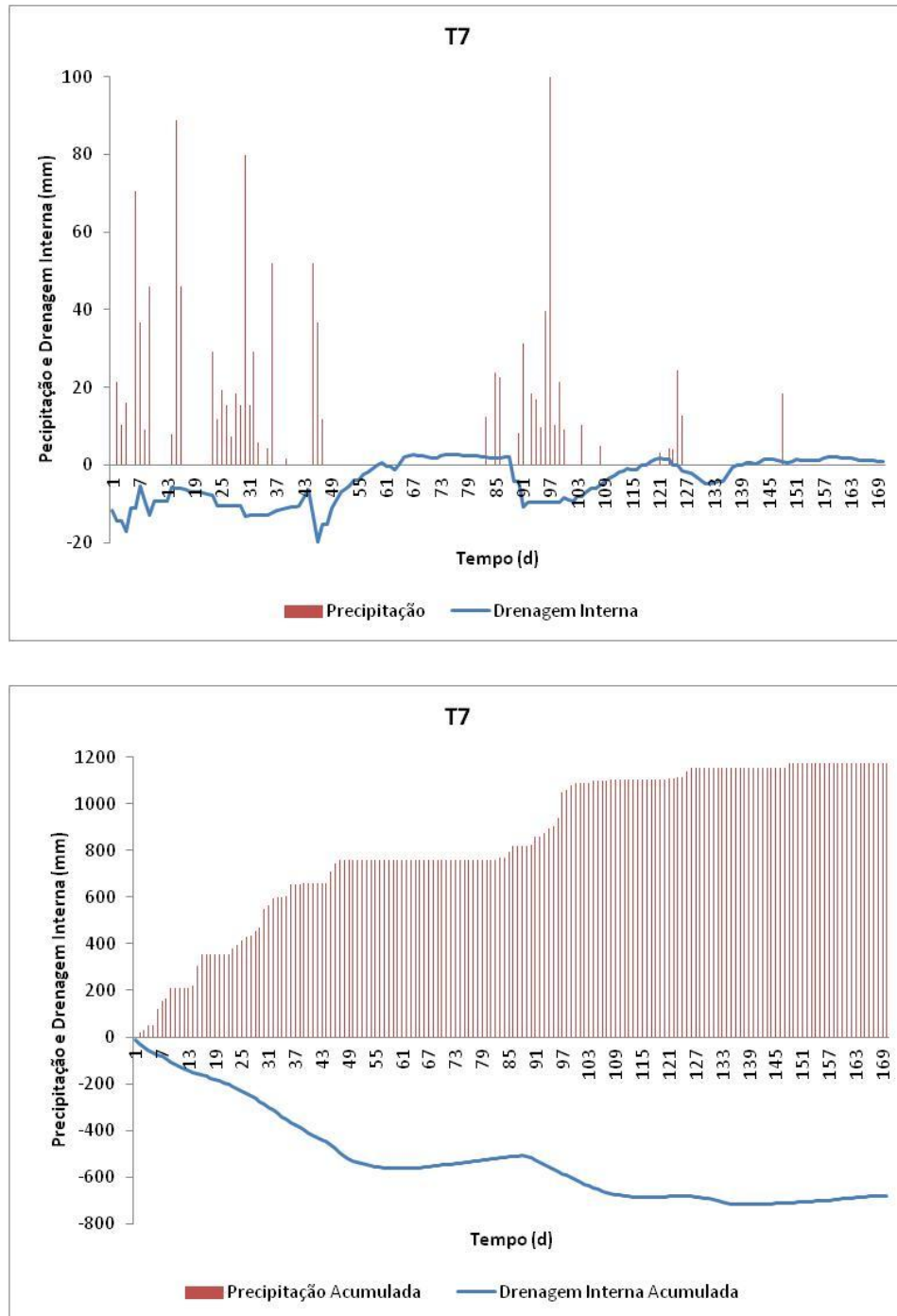


Figura 14. Comportamento da precipitação e drenagem interna; precipitação

acumulada e drenagem interna acumulada no solo, T7, correspondente a 600 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte a ureia tratada com NBPT.

Os valores de drenagem interna do solo para cada tratamento não diferiram entre si na análise de variância para 0,01 % de probabilidade. Demonstrando que a drenagem interna não sofreu influência das doses de N aplicadas. Resultados semelhantes foram observados por Bortolotto (2010). No entanto, é importante ressaltar que em estudos de longo prazo pode se observar influência da dose na drenagem interna do solo, pois a maior disponibilidade de nutrientes influencia o desenvolvimento da vegetação e da microbiota do solo que podem modificar a cobertura vegetal, a estruturação do solo e o processo de drenagem interna (GUADAGNIM et al., 2005; PELLEGRINI, 2006).

A drenagem interna média acumulada foi de 620 mm, correspondendo a 52,9 % do total precipitado. Estes valores, aparentemente elevados, podem ser explicados pelo fato de não ter ocorrido escoamento superficial na área experimental, devido ao sistema de terraço que foi implantado quando se procedeu ao plantio da lavoura. Outro fato importante que corrobora para elevados valores de drenagem interna é a elevada macroporosidade do solo em estudo. Bertoni (1976) estudando as perdas por percolação, evaporação e escoamento superficial em um Latossolo Roxo, com o uso de lisímetros, encontrou perdas por percolação que variaram de 31,9 a 51,4 % do total precipitado para solo sem e com cobertura morta, respectivamente. Além disso, ficou demonstrado no estudo de Bertoni (1976) que o percentual de perdas por percolação também varia com a época do ano em que se coleta os dados, sendo maior em períodos de maior precipitação, podendo atingir valores de 91 % do total precipitado.

4.2 Volatilização de amônia

Na Figura 15 são apresentados os resultados das perdas por volatilização de NH₃ para ureia e ureia tratada com inibidor de urease (NBPT). As perdas de NH₃ da ureia comum apresentam maiores valores de volatilização, principalmente para os tratamentos T3 e T4. Lara Cabezas et al (1997a) analisando o padrão de perdas por volatilização de NH₃ da ureia comum, observaram que os picos de volatilização ocorrem até o quarto dia

após a adubação. Entretanto, os autores relatam que é um fenômeno bastante variável, e que depende das condições climáticas, do pH e umidade do solo.

Pode-se observar ainda que os tratamentos com ureia tratada com inibidor de urease apresentam menor valor de volatilização (T5, T6 e T7), comparados àqueles da ureia comum. Observa-se que o T1 também apresenta volatilização de NH_3 , porém com menor intensidade quando comparados aos demais tratamentos. NELSON et al., (1980) analisando o fenômeno de volatilização de amônia em solos com cobertura vegetal relatam que existe, ainda que em pequena magnitude, volatilização da amônia decorrente do N advindos do processo de decomposição de resíduos orgânicos da vegetação existente na área.

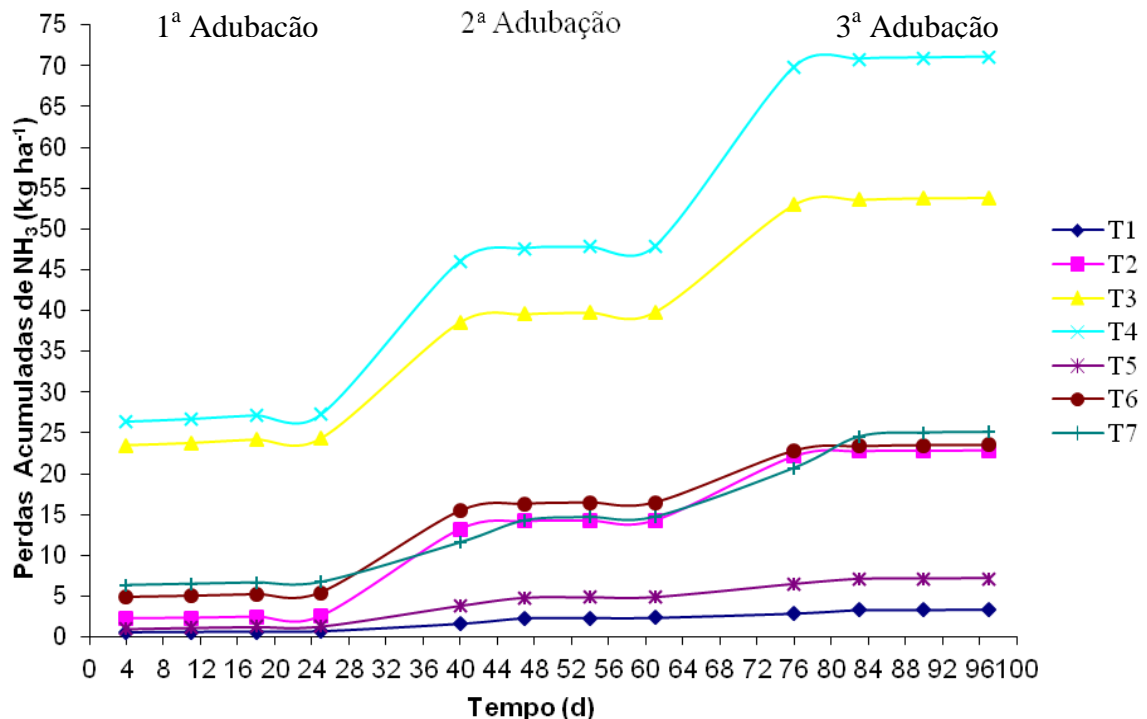


Figura 15. Volatilização de NH_3 , para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7. Sendo T1 a testemunha (0 kg ha^{-1} de N), T2, T3 e T4 ($200, 400$ e 600 kg ha^{-1} de N ureia, respectivamente) e T5, T6 e T7 ($200, 400$ e 600 kg ha^{-1} de Ureia - NBPT, respectivamente)

A volatilização de amônia é influenciada pela umidade do solo (LARA CABEZAS et. al., 1997b). O solo em estudo encontrava-se com umidade de 0,34; 0,33 e 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, na primeira, segunda e terceira adubação, respectivamente. Valores estes próximos à capacidade de campo que, para este solo, foi estimada, no laboratório, em 0,36 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Foram registradas precipitações de 90 mm no quinto dia após a primeira adubação, de 54 mm no quarto dia após a segunda adubação e de 10 mm e 20 mm no primeiro e nono dias após terceira adubação, respectivamente. Para o T3 e T4 observa-se maior volatilização de amônia até o 4º dia, (23,50 e 26,40 kg ha^{-1} , respectivamente), mostrando que doses elevadas de ureia comum provocam maiores perdas por volatilização quando comparados com os tratamentos T6 e T7 da ureia - NBPT. É importante notar que na primeira adubação o solo se apresentava com maior umidade 0,34 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Lara Cabezas et al (1997b) relatam que o umedecimento do solo, imediatamente após a aplicação da ureia, é mais importante na redução das perdas de amônia que a condição de umidade do solo no momento da aplicação, principalmente quando a ureia é aplicada na superfície e sem incorporação ao solo. Analisando as curvas dos tratamentos T5, T6 e T7 (Figura 15), observa-se que houve pouca influência da umidade do solo nas perdas por volatilização de amônia, assim como o tempo de exposição do fertilizante até a ocorrência da precipitação. Isso evidencia que a umidade do solo foi suficiente para converter o NBPT a sua forma oxigênio análoga [N-(n-butil) triamida fosfórica] ou (NBPTO), que é a sua forma efetivamente ativa (CREASON et al., 1990; QUI-XIANG et al., 1994).

A Figura 16 apresenta os dados de volatilização de NH_3 em função da dose aplicada de ureia comum e a ureia – NBPT. Os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático para ambos fertilizantes. Pode se afirmar que as perdas por volatilização de NH_3 são maiores na ureia comum que aquelas ocorridas com a ureia tratada com NBPT, a 1 % de probabilidade pelo teste F. Scivittaro (2010) estudando as perdas por volatilização de amônia na cultura do arroz observou percentuais de perdas variando de 15 a 22 %, com uso da ureia comum, e 2,55 a 9,55 % para ureia tratada com NBPT. Já Contin (2007) estudando as perdas por volatilização de amônia na cultura da cana obteve perdas médias de 16 % e 5,90 % para ureia comum e ureia tratada, respectivamente. O autor relata que as perdas apresentadas pela ureia tratada foram significativamente inferiores àquelas

ocorridas com o uso da ureia comum apenas nos primeiros dias após a adubação, e não se observou diferença significativa nas perdas acumuladas, provavelmente devido à falta de precipitação nos dias que sucederam a adubação. Como relatado anteriormente, as chuvas que ocorreram nos dias que sucederam as adubações contribuíram para a redução da volatilização, principalmente para os tratamentos com a ureia – NBPT, pois conforme especificação do fabricante, este produto é capaz de evitar a hidrólise da ureia por um período de até 14 dias, até que se ocorra o evento pluviométrico.

As curvas de perdas por volatilização de amônia apresentam sinal negativo, ou seja, existe uma leve tendência de estabilização da taxa de volatilização com o aumento da dose. A estabilização da taxa de volatilização fica evidenciada na curva de volatilização da ureia – NBPT, posto que o coeficiente angular associado a variável de primeiro grau é de 0,049, menor que o de 0,125 da ureia comum.

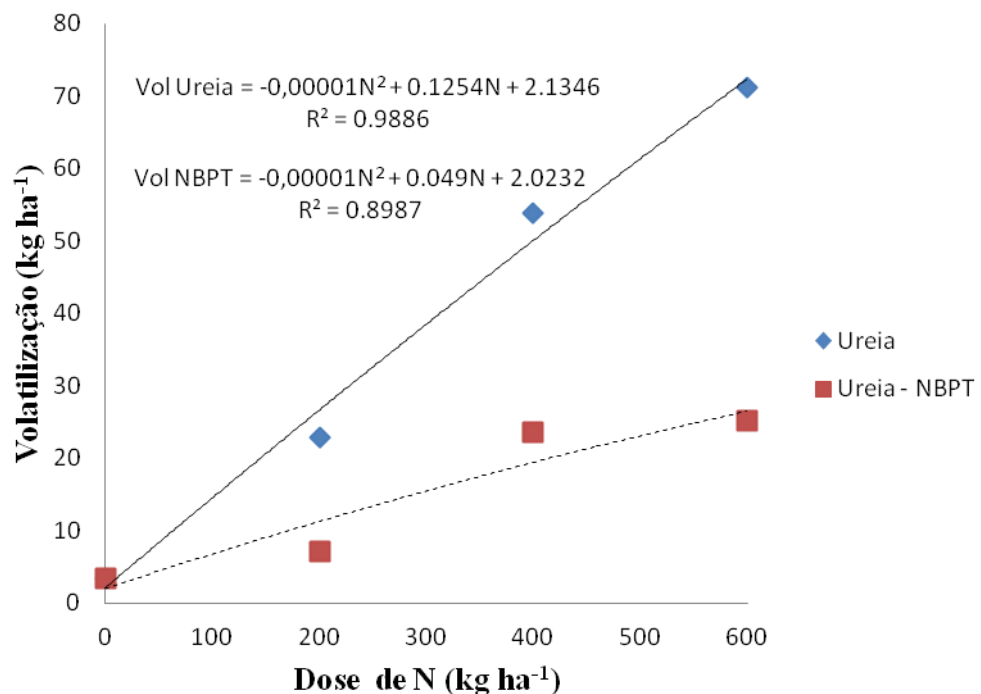
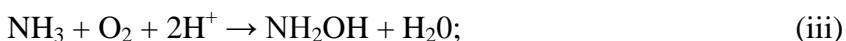
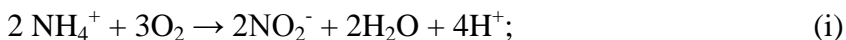


Figura 16. Volatilização de NH_3 em função da dose de N aplicada, tendo como fonte ureia e ureia tratada com NBPT.

A estabilização da taxa de volatilização com o aumento da dose pode ser explicada pelo fato de haver uma saturação da enzima urease. Mesmo havendo uma grande quantidade desta enzima no solo o elevado aporte de N promovido pela adubação pode promover a saturação desta enzima, diminuindo assim a taxa de volatilização (LARA CABEZAS et. al., 1992).

4.3 Lixiviação e ascensão capilar de nitrato no solo

As figuras 17, 18 e 19 trazem o comportamento do fluxo de nitrato no solo e as precipitações ocorridas ao longo do experimento. Para efeito de comparação e melhor entendimento do fenômeno, apresenta-se em uma mesma figura o comportamento dos dois fertilizantes para uma mesma dose de N, além da testemunha. Pode-se observar que o fluxo de nitrato no solo sofre forte influência da precipitação, e esse fato também foi constatado por Fernandes et al (2006). É possível inferir também que a intensificação do fenômeno de lixiviação de nitrato não está associada apenas à intensidade das chuvas, mas também a períodos de veranicos, como os que ocorreram entre os dias 28^o a 35^o e 47^o a 80^o, nos quais observam - se picos abruptos no fluxo de nitrato logo após o início do veranico, e que se manteve por 5 dias. No solo saturado a atividade de oxigênio é baixa, o que mantém o nitrogênio no solo preferencialmente na forma de NH₄⁺ (reações i a v), que não lixívia com facilidade em solos tropicais devido ao predomínio de cargas negativas. Por outro lado a secagem do solo favorece o processo de nitrificação, devido ao aumento da atividade de oxigênio convertendo os íons NH₄⁺ em NO₃⁻ essa ultima forma não encontra resistência para fluir no interior de solos com balanço de carga negativo (BARTON et al., 2006; RODRIGUES et al., 2007).



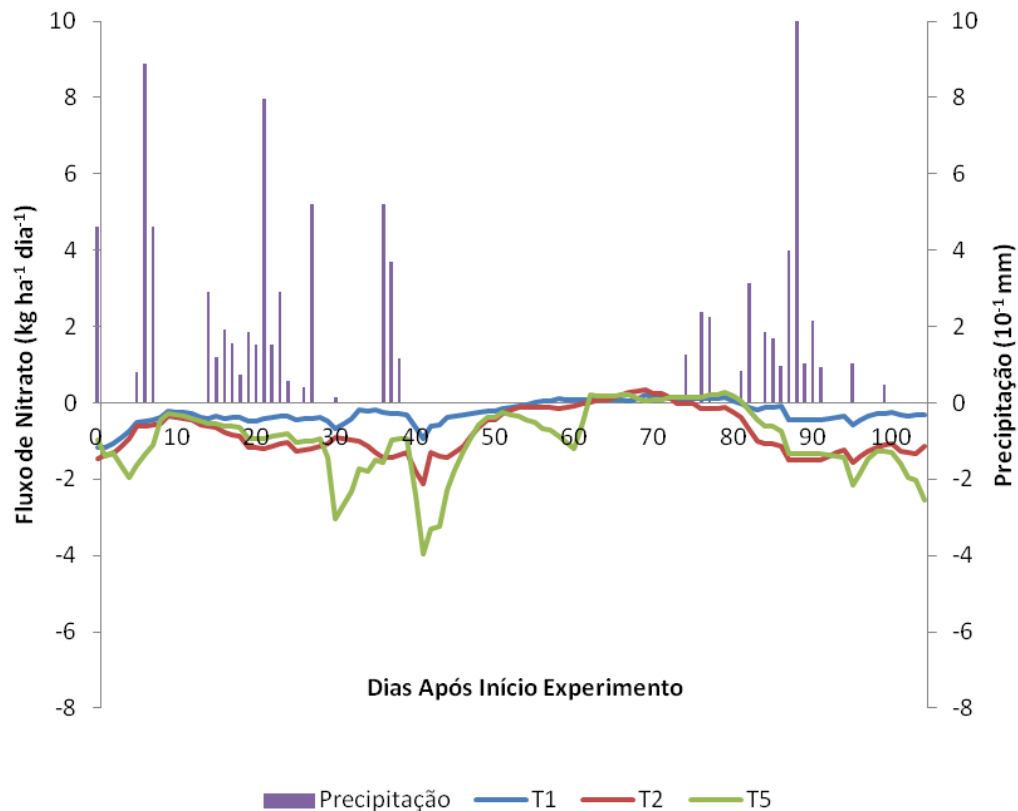


Figura 17. Fluxo de nitrato no solo, ao longo do experimento. T1 = 0 kg ha⁻¹ de N, T2 e T5 = 200 kg ha⁻¹ de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT, respectivamente.

Não obstante, observa-se (Figuras 17, 18 e 19) que após um período de 4 dias sem chuvas (dias 32 - 36 e 43 - 47) o fluxo diminui de magnitude, provavelmente promovida pela evapotranspiração da cultura. A evapotranspiração da cultura promove a diminuição da umidade do solo nas camadas superficiais, acarretando em uma inversão do gradiente do potencial total de água no solo (LIBARDI, 2005).

De maneira geral, o comportamento do fluxo de NO₃⁻, ao longo do experimento, foi semelhante para as doses aplicadas, apresentando maior intensidade para as maiores doses (Figuras 17, 18 e 19).

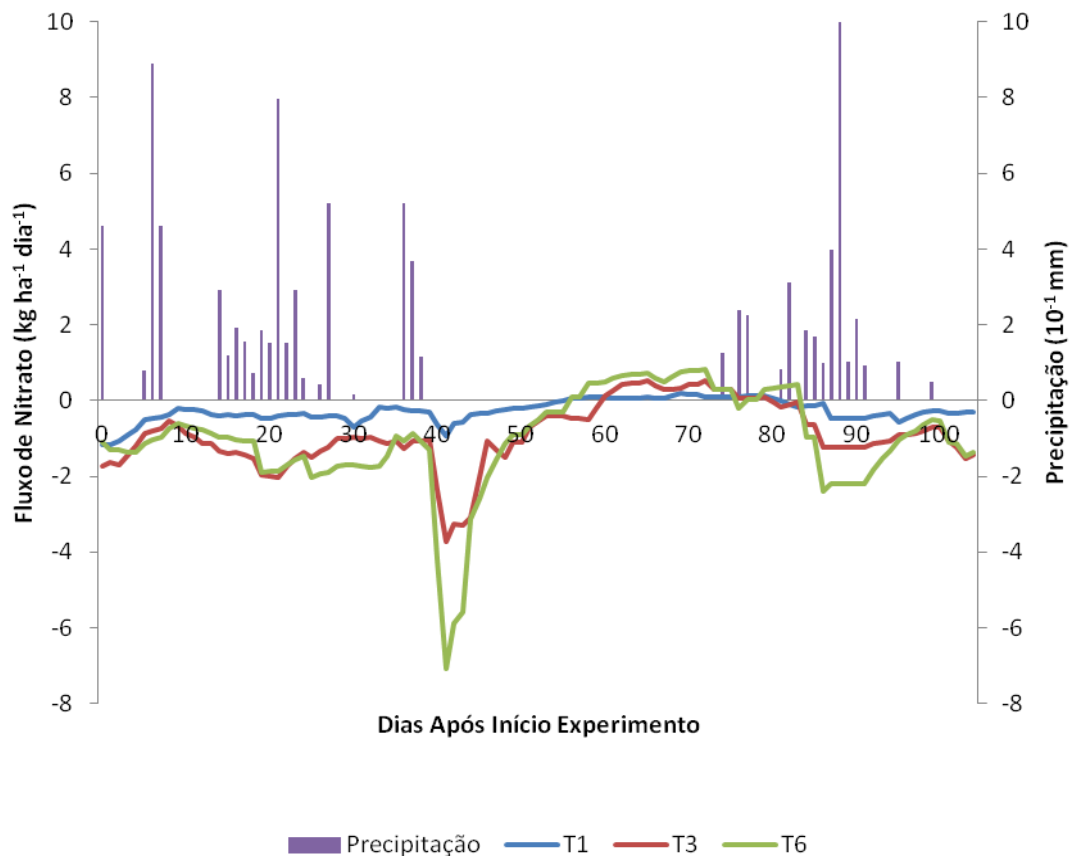


Figura 18. Fluxo de nitrato no solo ao longo do experimento. T1 = 0 kg ha^{-1} de N, T3 e T6 = 400 kg ha^{-1} de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT, respectivamente.

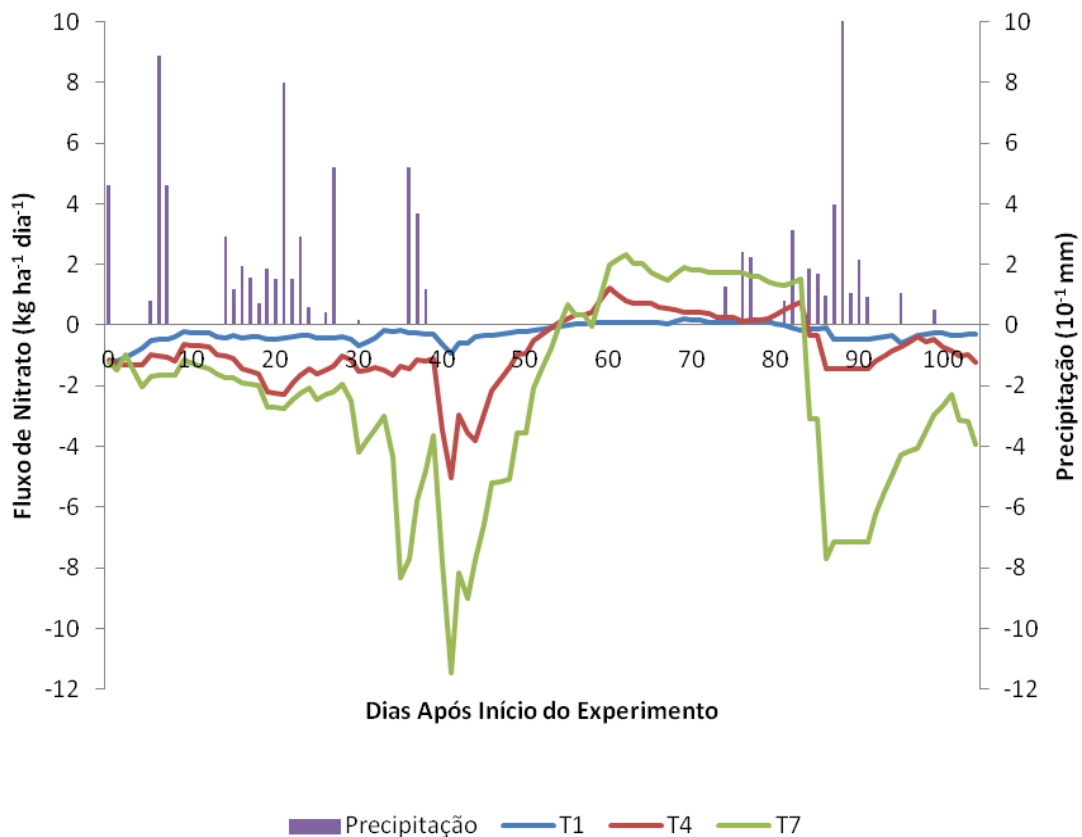


Figura 19. Fluxo de nitrato no solo ao longo do experimento. T1 = 0 kg ha⁻¹ de N, T4 e T7 = 600 kg ha⁻¹ de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT, respectivamente.

O T1 apresentou perdas acumuladas por lixiviação de 31 kg ha⁻¹ de N, lembrando que este valor pode parecer um pouco elevado, porém trata-se de lavoura comercial que passou por adubações nitrogenadas, logo é possível haver efeito residual. Os tratamentos com ureia, T2, T3 e T4 apresentaram perdas totais de 86,46; 100,99 e 105,85 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Em fim, quanto maior a dose, maior o potencial de perdas por lixiviação e contaminação das águas subterrâneas. Os tratamentos com NBPT, T5, T6 e T7 apresentaram perdas totais de 104,55; 120,36 e 288,59 kg ha⁻¹ de N. Como o NBPT foi eficiente para reduzir as perdas por volatilização, ocorreu um maior aporte de N que potencializou as perdas por lixiviação quando comparados aos tratamentos com ureia.

Observou – se uma pequena ascensão de NO_3^- para o T1 ($2,84 \text{ kg ha}^{-1}$), curva do fluxo de NO_3^- acima do eixo das abscissas (Figuras 17, 18 e 19), e que a ascensão foi pequena para a dose de 200 kg ha^{-1} , sendo que o acumulado foi de $5,04$ e $4,82 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, para ureia e ureia – NBPT, respectivamente; apresenta valores moderados para a dose de 400 kg ha^{-1} , sendo que o acumulado foi de $7,13$ e $13,99 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, para ureia e ureia – NBPT, respectivamente e atinge valores consideráveis para a dose de 600 kg ha^{-1} , sendo que o acumulado foi de $17,25$ e $49,14 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, para ureia e ureia – NBPT, respectivamente (Figura 20). Provavelmente isso ocorre devido às maiores perdas por lixiviação para as maiores doses, que aumenta a concentração de NO_3^- na solução do solo. Maiores concentrações de NO_3^- promovem influência direta no fluxo NO_3^- , conforme elucidada a equação 13. A Figura 20 apresenta os modelos ajustados para a lixiviação de NO_3^- em função da dose para a ureia comum e a ureia - NBPT. O modelo quadrático foi os que melhor se ajustou aos dados de lixiviação, para ambos os fertilizantes.

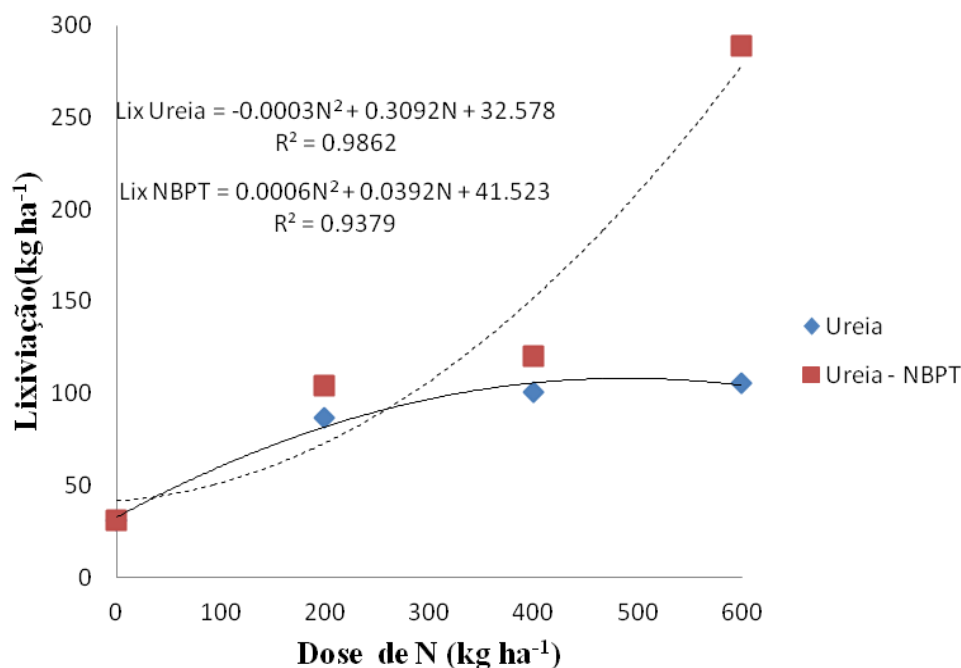


Figura 20. Lixiviação de NO_3^- em função da dose de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT.

Pode-se afirmar que as perdas por lixiviação de NO_3^- foram significativamente superiores na ureia tratada com NBPT em comparação com a ureia comum, a 1 % de probabilidade pelo teste F. Comparando os modelos ajustados para as perdas de NO_3^- por lixiviação em função da fonte (Figura 20), observa-se que aquele apresentado pela ureia comum é negativo, ou seja, apresenta curva com concavidade para baixo, o que indica uma estabilização das perdas por lixiviação com o aumento da dose aplicada. Essa estabilização pode ser explicada pelo fato dos tratamentos com ureia terem apresentado maiores perdas por volatilização (Figura 16), o que diminuiu o aporte de N ao solo. Foi observado o oposto para o modelo apresentado pela ureia - NBPT, indicando que com o aumento da dose de N as perdas por lixiviação aumentam de forma quadrática. Analisando as curvas de lixiviação da ureia e ureia - NBPT, observamos que as perdas serão semelhantes até a dose de 200 kg ha^{-1} , e a partir daí as perdas da ureia comum tendem a se estabilizarem enquanto as perdas da ureia - NBPT continuam aumentando de forma quadrática.

De acordo com Moreira e Siqueira (2002), a desnitrificação e a lixiviação são os principais processos de perda de N do solo e, juntos, contribuem com 72 % dessa perda. Sexton et al. (1996) observaram que o NO_3^- lixiviado aumentou rapidamente quando as doses de N excederam 100 kg ha^{-1} , para crescimento de milho sob um solo arenoso, e que, para doses de N acima de 250 kg ha^{-1} o NO_3^- lixiviado aumentou exponencialmente.

Segundo Hoefl (2003), a dose, a época e o método de aplicação de fertilizantes nitrogenados têm efeito marcante tanto sobre a produtividade das culturas como sobre o potencial de contaminação dos mananciais de água subterrânea pelos nutrientes. Quanto mais cedo o N for aplicado, antes da época na qual a cultura precisa dele, e quanto maior for a dose aplicada, maior será a quantidade de N perdida. Entretanto, a quantidade de N que se perde por lixiviação também varia grandemente em função da velocidade de mineralização e imobilização por plantas e microrganismos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002), da precipitação pluvial (FERNANDES et al., 2006) e das propriedades do solo que influenciam a capacidade de retenção de água, ou seja, a textura, a estrutura e a porosidade (KIEHL, 1987).

A Figura 21 apresenta os modelos ajustados para a ascensão de NO_3^- em função da dose para a ureia comum e a ureia tratada com o NBPT. O modelo que melhor se ajustou aos dados de ascensão foi o quadrático. O “retorno” de NO_3^- por ascensão foi significativamente superiores na ureia – NBPT em comparação com a ureia comum, a 1 % de probabilidade pelo teste F. É possível inferir que existe um retorno de nutrientes, neste caso NO_3^- , quando se observa uma inversão no fluxo da solução do solo.

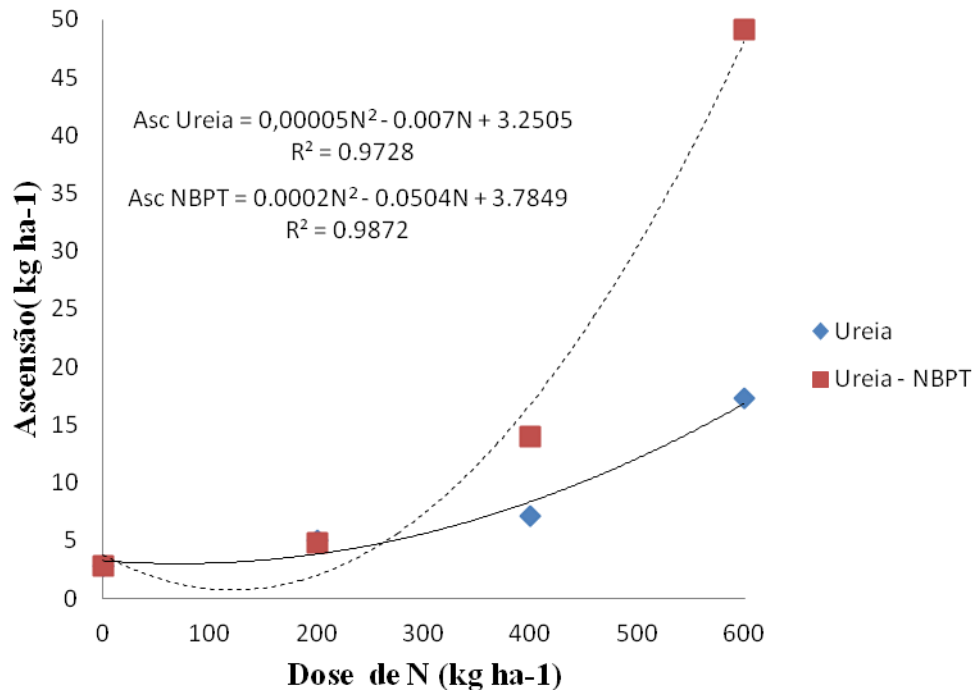


Figura 19. Ascensão de NO_3^- em função da dose de N, para ureia comum e ureia tratada com NBPT.

As curvas de ascensão de NO_3^- são positivas, ou seja, ocorre maior retorno de NO_3^- , quando se aplica maiores doses. Obviamente não é vantajoso aplicar elevadas doses de N na expectativa de maior retorno por ascensão. Pois observando o intercepto das curvas de lixiviação e de ascensão percebemos que o da ascensão é cerca de dez vezes menor que aquele apresentado pela lixiviação. Ademais, esse nutriente ao retornar para as camadas superiores, pode não estar acessível às plantas,

pois a ascensão ocorre em períodos secos, nos quais existe uma dificuldade de absorção de nutrientes devido à baixa umidade do solo.

4.4 Eficiência no uso do nitrogênio

No Quadro 5 é apresentado um resumo com os valores de perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização e a soma de perdas, assim como o percentual de perdas com relação à dose aplicada, e ainda a produtividade da cultura por tratamento.

Quadro 5. Panorama geral das perdas de N e produtividade média do cafeeiro.

Tratamento	Lixiviação (kg ha ⁻¹)*	Volatilização (kg ha ⁻¹)*	Total ((kg ha ⁻¹)*	% do aplicado	Produtividade Sc ha ⁻¹
T2	55,45	22,88	78,33	39,17	31,79
T3	69,98	53,83	123,81	30,95	29,25
T4	74,84	71,08	145,91	24,32	34,83
T5	73,54	7,16	80,7	40,35	36,52
T6	89,35	23,53	112,88	28,22	38,35
T7	257,57	25,1	282,68	47,11	44,16

*análise estatística conforme descrito nos subitens anteriores; para os valores de % do aplicado e produtividade não se observou diferença estatística pela ANOVA.

Não foi observada diferença estatística na produtividade do cafeeiro, pela análise de variância a 1 % de probabilidade. O fato de o cafeeiro ser uma planta com característica de bi anuidade na produção pode ter contribuído para que não houvesse diferença entre os tratamentos apenas com um ano de coleta de dados, é recomendável a condução do experimento por um período maior de tempo para que seja possível aferir a eficiência no uso do N. O mesmo pode ser dito quanto ao teor de nutrientes nas folhas ao final do experimento (Quadro 6), uma vez que não se observou diferença estatística pela análise de variância a 1 % de probabilidade.

Quadro 6. Teor de nutrientes foliares do cafeeiro ao final do experimento.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	dag kg						mg kg				
T1	3,11	0,22	1,67	1,95	0,17	0,15	27,10	71,23	85,03	9,43	74,15
T2	2,69	0,17	1,94	1,55	0,16	0,14	17,30	70,40	84,98	4,90	60,88
T3	3,03	0,19	1,83	2,00	0,18	0,14	17,85	68,93	83,30	4,93	74,75
T4	2,82	0,16	2,09	1,77	0,16	0,13	17,80	51,50	80,60	4,90	72,53
T5	3,04	0,18	2,16	1,89	0,17	0,13	18,15	70,38	110,75	6,38	67,78
T6	3,00	0,19	1,88	1,74	0,18	0,16	15,65	75,58	109,95	6,03	66,25
T7	3,00	0,18	2,00	1,87	0,17	0,14	16,38	60,43	88,25	5,45	67,35

N Kjeldahl; B Mufila; Teores totais determinados no extrato ácido (Ácido nítrico com ácido perclórico). Não se observou diferença estatística para todos os nutrientes avaliados, pela análise de variância a 1 % de probabilidade.

Os resultados obtidos estão em consonância com Sanzonowicz et al. (2001), que trabalhando com doses de N em solo de Cerrado, por período superior a duas safras, relatam que não ocorreu alteração dos teores foliares deste elemento em função das doses. Os mesmos autores concluíram ainda que não existiu influência na flutuação anual da produtividade. Prezotti (2004) também conclui que não houve influência de diferentes doses de N nos teores deste elemento nas folhas, e ainda observou aumento na demanda de N em anos de baixa produtividade. Por outro lado, Viana et al. (1987) e Raij et. al. (1996) observaram respostas positivas do cafeeiro à aplicação nitrogenada.

5 Conclusões

Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos, na estimativa da drenagem interna do solo em estudo. E em média, a drenagem interna foi de 620 mm, correspondendo a 52 % da precipitação registrada na área durante o período do experimento.

O uso de ureia tratada com inibidor de uréase NBPT foi eficiente para prolongar o tempo de permanência da ureia no solo sem ocorrer perdas significativas por volatilização, quando comparado com o uso da ureia comum.

O uso de ureia tratada com NBPT apresentou perdas por lixiviação significativamente superiores comparadas à ureia comum, principalmente quando se usou dose de 600 kg ha⁻¹.

O uso de doses elevadas de N não contribuiu para o aumento de produtividade do cafeeiro. Assim como não representou aumento dos teores de nutrientes nas folhas da planta.

6 Referências bibliográficas.

- ANJOS, J.T. & TEDESCO, M.J. Volatilização de amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. *Científica*, 4:49-55, 1976.
- AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Traduzido por H.R. GheyI, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB/FAO, 1991. 218 p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29).
- BARTH, G. Inibidores de urease e de nitrificação na eficiência do uso de adubos nitrogenados. 2009. p.79 (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BARTON, L. et al. Turfgrass (*Cynodon dactylon* L.) sod production on sandy soils: II. Effects of irrigation and fertiliser regimes on N leaching. *Plant and Soil*, v.284, p.147-164, 2006.
- BERTONI, J; NETO, F. L.; JÚNIOR, R. B. Estudo, em lisímetros monolíticos, de perdas de água e evapotranspiração em três tipos de solos sob diferentes condições de uso. *Bragantia*, Campinas, v.35, n.12, p.123-145, 1976.
- BORTOLOTTI, R. P. Perdas de nitrogênio por lixiviação em café fertirrigado no oeste baiano. 2010. p. 106 (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.91-98, 1990.
- CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R. ; BARBOSA, W. ; PENNA, M. J; RESENDE, L.C.L. . Perdas de N por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada em sistema de colheita de cana sem queima prévia. In: 7. CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1999, Londrina. Anais do VII Congresso Nacional da STAB. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999. p. 82-87.

- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). Fertilidade dos solos. Viçosa, MG: SBCS/UFV, 2007. p.376-470.
- CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilization from ureaseinhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.65, p.397-401, 2008.
- CASTRO, L.G.; LIBARDI, P.L. & Jong van LIER, Q. Soil water dynamics in a Brazilian infiltration terrace under different management practices. In: PAGLIAI, M. & JONES, R., orgs. Sustainable land management. Environmental protection: A soil physical approach. Reiskirchen, ISSDS, 2002. v.35. p.191-198. (Advances in GeoEcology, 35)
- CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria : Pallotti, 1997. Cap.5, p.112-124.
- CHOWDARY, N.H. et al. Decision support framework for assessment of non-point-source pollution of groundwater in large irrigation projects. *Agricultural Water Management*, v.75 p. 94-225, 2005.
- CONTIN, T. L. M. Uréia tratada com o inibidor da Urease NBPT na adubação de cana de – Açúcar colhida sem despalha a Fogo. 2007. p.72. Campinas. Dissertação de mestrado Instituto Agrônômico.
- CREASON, G.L. et al. Urease inhibitory associated with N-(nbutyl) thiophosphoric triamide is due to formation of its oxon analog. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.22, n.2, p.209-211, 1990.
- DOURADO NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). *Scientia Agricola*, v. 57, p.191-192, 2000.

- ECKERT, D.J. et al. Response of no-tillage grown in corn and soybean residues to several nitrogen fertilizer sources. *Agronomy Journal*, v.78, p.231-235, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- FALLEIRO, R.M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1097- 1104, 2003.
- FERNANDES, F.C.S., LIBARDI, P.L., CARVALHO, L.A. Internal Drainage and nitrate leaching in corn-black oat-corn succession with two split nitrogen applications. *Scientia Agricola*, v. 63, n.5, p.483-492, 2006.
- GAVA, G.J.C. Compartimentalização do nitrogênio no sistema solo-planta na implantação na implantação e semeadura direta no ciclo da cultura do milho. 2003. 125p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- GOLLANY, H.; MOLINA, J.A.; CLAPP, C.; ALLMARAS, R.; LAYESE, M.; BAKER, J.; CHENG, H. Nitrogen Leaching and denitrification in continuous corn as related to residue management and nitrogen fertilization.
- GRANER, E. A . e GODOY JUNIOR, C. Manual do cafeicultor. Ed. Universidade de São Paulo. SP. 320p. 1967.
- GUADAGNIN, J.C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 277-286, 2005.
- HARGROVE, W.L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions In: BOCK, B.R. & KISSEL, D.E., (ed.)

- Ammonia volatilization from urea fertilizers. Natl. Fert. Dev. Center. Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, 1988. p.17-36. (Bull. Y-206).
- HILLEL, D. Solo e Água: Fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1970.231 p.
- HILLEL, D.A.; KRENTOS, V.K. & STILIANOV, Y. Procedure an test an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. Soil Sci., 114:395-400, 1972.
- HOEFT, R.G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. Piracicaba, Potafos, 2003. p.1-4. (Informações Agrônômicas, 104).
- JUNIOR, T.J.T; VERZON, M. 101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte. EPAMIG, 2007. 800p.
- KAISER, .D.R. Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo. 2006. 114f. Dissertação Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor simi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da ureia aplicada ao solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v14, p345-352, 1990.
- LARA-CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.. Efeito do tamanho do grânulo e relação N/S da uréia aplicada em superfície na volatilização de amônia sob diferentes umidades iniciais do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.409-413, 1992.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G H ; MOTTA, S A . Volatilização de amônia na cultura de milho: I Efeito da irrigação e substituição parcial de uréia por sulfato de amônio. Revista Brasileira de Ciência do Solo,v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997a.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G H ; MOTTA, S A . Volatilização de amônia na cultura do milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional.. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, n. 3, p. 489-496, 1997b.

- LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, p.363- 376, 2000.
- LEÃO, A. F. Volatilização de amônia resultante da aplicação de ureia na cultura do milho. Jataí, 2008. 8p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás – Campos Jataí.
- LIBARD, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. Ed. Piracicaba, 2000, p.509.
- LIBARDI, P.L. 2005. Dinâmica da Água no solo. Editora Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. 335p.
- McINNES, K.J. et al. Ammonia los fron applications of ureaammonium nitrate solution to straw residue. *Soil Science American Journal*, v.50, p.969-974, 1986.
- MEDINA, L.C; Obreza, T. A; Sartain, J. B.; Rouse, R.E. Nitrogen release patterns of a mixed controlled – release fertilizer and its components. *Horttechnology*, Alexandria, v. 18, n. 3 p. 475 – 480, 2008.
- MELLO, F.A.F. Ureia fertilizante. Campinas : Fundação Cargil, 1987. 192p.
- MOAL, J.F. et al. Ammonia volatilization following surfaceapplied pig and cattle slurry in France. *Journal of Agricultural Science*, v.25, p.245-252, 1995.
- MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.
- MORGAN, K.T.; CUSHMAN, K.E.; SATO, S. Release mechanisms for slow – and controlled release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. *Horttechnology*, Alexandria, v. 19, n. 1 p. 10 – 12, 2009.
- MUALEM, Y. A new model for prediction the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, Washington, v. 12, n.3 p 513 – 522.

- NELSON, K.E. et al. Thatch influence on mobility and transformation of nitrogen carries applied to turf. *Agronomy Journal*, v.72, p.487-492, 1980.
- PELLEGRINI, A. Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.
- PEREIRA, A.R.; FERRAZ, E.S.B.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados de Lins e Marília. Piracicaba: CENA, 1974. 28p.
- PREZOTTI, L. C, ROCHA, A. C.da. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. *Bragantia*, Campinas, v.63, n.2, p.239-251, 2004.
- QUI-XIANG, L. et al. Inhibition of urease activity in flooded soils by phenylphosphorodiamidate and N-(n-butyl)thiophosphoric triamide. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.26, n.8, p.1059-1065, 1994.
- RAIJ, B. van.; COSTA, V. M.; IGUE, T.; SERRA, J.R.M. ; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. *Bragantia*, Campinas, v.55, n.2, p.347-355, 1996.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U.; CADIMA, Z. Dinâmica da água em cultura de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.3,p.1-5, 1979.
- REICHARDT, K Processos de transferência no sistema solo – planta – atmosfera. Campinas, Fundação Cargil, 1985. p. 445.
- ROCHA, G.C. Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem, do gradiente de potencial total e do potencial mátrico da água, em um solo cultivado com citros. 2004. 131p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004

- RODRIGUES, J.O. et al. Modelos da concentração iônica em águas subterrâneas no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú, Revista Ciência Agronômica, v.38, n.4, p.360-365, 2007.
- ROS, O. da; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n. 4, p.799 – 805, julho 2005.
- RUIZ, H. A. Métodos de análise física do solo. 2005. p 23. Apostila de física do solo.
- SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, F.B.R.; NAZARENO, R.B.; TOLEDO, P.M.R.; SILVA, D.T.M. Fonte, doses e modos de aplicação de nitrogênio na produção do cafeeiro em solo de cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Anais... Brasília: EMBRAPA, 2001. p.169-170.
- SCIVITTARO, W. B; GONÇALVES, D. R. N; VALE, M. L. C. RICORDI, V. G. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n. 6, p.1283 – 1289, junho, 2010.
- SEXTON, B.T.; MONCRIEF, J.F.; ROSEN, C.J.; GUPTA, S.C. & CHENG, H.H. Optimizing nitrogen and irrigation inputs for corn based on nitrate leaching and yield on a coarse-textured soil. J. Environ. Quality, 25:983-992, 1996.
- SHIPITALO, M.J.; EDWARDS, W.M. Seasonal patterns of water and chemical movement in tilled and no-till column lysimeters. *Soil Sci. Soc. A. J.*, Madison, v.57, p.18-223, 1993.
- SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos de manejos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.133-139, 1995.
- VAN GENUCHTEN, M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. A. J.*, Madison, Wisconsin (USA) v.44, n.4, p.892-898, 1980.

VIANA, A.S.; GARCIA, W.R.; LACERDA, M.P. ; MATTA, J.M.Níveis e relação de N/K em cafezais plantados em espaçamento 2 x 1 m. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas. Anais... Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1987. p.170-174.

Zambolim L. Boas Práticas Agrícolas na produção de café. Viçosa. xv, 234p.:Il 22 cm, 2007.

www.ico.org acesso em 23/01/2012 as 20:00 h.

www.mte.gov.br acesso em 19/10/2011 as 18:30 h.

Anexo A. Equações ajustados pelos modelos de Mualem e van Genuchten, para cada parcela.

Parcela	Equações Ajustadas (Mualem, 1976)	Equações Ajustadas (van Genuchten, 1980)
1	$K(\theta) = 57,11\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2885}} \right)^{0,2885} \right]^2$	$\theta = 0,221 + \frac{(0,59 - 0,221)}{\left[1 + (0,8966 \Psi_m)^{1,4054} \right]^{0,2885}}$
2	$K(\theta) = 152,56\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2894}} \right)^{0,2894} \right]^2$	$\theta = 0,216 + \frac{(0,616 - 0,216)}{\left[1 + (1,0364 \Psi_m)^{1,4072} \right]^{0,2894}}$
3	$K(\theta) = 145,34\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3223}} \right)^{0,3223} \right]^2$	$\theta = 0,202 + \frac{(0,596 - 0,202)}{\left[1 + (0,5728 \Psi_m)^{1,4756} \right]^{0,3223}}$
4	$K(\theta) = 53,91\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2262}} \right)^{0,2262} \right]^2$	$\theta = 0,207 + \frac{(0,608 - 0,207)}{\left[1 + (1,619 \Psi_m)^{1,3557} \right]^{0,2262}}$
5	$K(\theta) = 122,79\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2581}} \right)^{0,2581} \right]^2$	$\theta = 0,215 + \frac{(0,586 - 0,215)}{\left[1 + (1,409 \Psi_m)^{1,379} \right]^{0,2581}}$
6	$K(\theta) = 35,93\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2830}} \right)^{0,2830} \right]^2$	$\theta = 0,212 + \frac{(0,581 - 0,212)}{\left[1 + (0,7006 \Psi_m)^{1,395} \right]^{0,283}}$
7	$K(\theta) = 122,52\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2688}} \right)^{0,2688} \right]^2$	$\theta = 0,221 + \frac{(0,559 - 0,221)}{\left[1 + (0,5910 \Psi_m)^{1,367} \right]^{0,2688}}$
8	$K(\theta) = 65,89\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3078}} \right)^{0,3078} \right]^2$	$\theta = 0,240 + \frac{(0,534 - 0,240)}{\left[1 + (0,2622 \Psi_m)^{1,4448} \right]^{0,3078}}$
9	$K(\theta) = 91,37\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3319}} \right)^{0,3319} \right]^2$	$\theta = 0,235 + \frac{(0,551 - 0,235)}{\left[1 + (0,2154 \Psi_m)^{1,4967} \right]^{0,3319}}$
10	$K(\theta) = 37,44\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3488}} \right)^{0,3488} \right]^2$	$\theta = 0,231 + \frac{(0,550 - 0,231)}{\left[1 + (0,1821 \Psi_m)^{1,5355} \right]^{0,3488}}$

11	$K(\theta) = 65,89 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3728}} \right)^{0,3728} \right]^2$	$\theta = 0,241 + \frac{(0,561 - 0,241)}{\left[1 + (0,1709 \Psi_m)^{1,5945} \right]^{0,3728}}$
12	$K(\theta) = 91,37 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3167}} \right)^{0,3167} \right]^2$	$\theta = 0,259 + \frac{(0,548 - 0,259)}{\left[1 + (0,2053 \Psi_m)^{1,4635} \right]^{0,3167}}$
13	$K(\theta) = 100,46 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3077}} \right)^{0,3077} \right]^2$	$\theta = 0,236 + \frac{(0,566 - 0,236)}{\left[1 + (0,2671 \Psi_m)^{1,4445} \right]^{0,3077}}$
14	$K(\theta) = 100,47 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2843}} \right)^{0,2843} \right]^2$	$\theta = 0,244 + \frac{(0,548 - 0,244)}{\left[1 + (0,4282 \Psi_m)^{1,3972} \right]^{0,2843}}$
15	$K(\theta) = 51,22 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2799}} \right)^{0,2799} \right]^2$	$\theta = 0,262 + \frac{(0,556 - 0,262)}{\left[1 + (0,3731 \Psi_m)^{1,3887} \right]^{0,2799}}$
16	$K(\theta) = 107,82 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2786}} \right)^{0,2786} \right]^2$	$\theta = 0,235 + \frac{(0,573 - 0,235)}{\left[1 + (0,544 \Psi_m)^{1,3862} \right]^{0,2786}}$
17	$K(\theta) = 127,42 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2936}} \right)^{0,2936} \right]^2$	$\theta = 0,237 + \frac{(0,591 - 0,237)}{\left[1 + (0,729 \Psi_m)^{1,4156} \right]^{0,2936}}$
18	$K(\theta) = 49,00 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2626}} \right)^{0,2626} \right]^2$	$\theta = 0,239 + \frac{(0,557 - 0,239)}{\left[1 + (0,790 \Psi_m)^{1,3562} \right]^{0,2626}}$
19	$K(\theta) = 96,26 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2854}} \right)^{0,2854} \right]^2$	$\theta = 0,257 + \frac{(0,558 - 0,257)}{\left[1 + (0,3905 \Psi_m)^{1,3993} \right]^{0,2854}}$
20	$K(\theta) = 126,35 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2945}} \right)^{0,2945} \right]^2$	$\theta = 0,220 + \frac{(0,598 - 0,220)}{\left[1 + (0,6078 \Psi_m)^{1,4174} \right]^{0,2945}}$
21	$K(\theta) = 161,72 \omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2595}} \right)^{0,2595} \right]^2$	$\theta = 0,230 + \frac{(0,591 - 0,230)}{\left[1 + (1,3317 \Psi_m)^{1,3504} \right]^{0,2595}}$

22	$K(\theta) = 137,64\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2696}} \right)^{0,2696} \right]^2$	$\theta = 0,236 + \frac{(0,573 - 0,236)}{\left[1 + (0,5603 \Psi_m) \right]^{1,3691}}^{0,2696}$
23	$K(\theta) = 60,22\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3266}} \right)^{0,3266} \right]^2$	$\theta = 0,242 + \frac{(0,561 - 0,242)}{\left[1 + (0,2121 \Psi_m) \right]^{1,4851}}^{0,3266}$
24	$K(\theta) = 53,91\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2743}} \right)^{0,2743} \right]^2$	$\theta = 0,233 + \frac{(0,596 - 0,233)}{\left[1 + (0,7092 \Psi_m) \right]^{1,3779}}^{0,2743}$
25	$K(\theta) = 112,31\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2505}} \right)^{0,2505} \right]^2$	$\theta = 0,247 + \frac{(0,591 - 0,247)}{\left[1 + (1,118 \Psi_m) \right]^{1,3342}}^{0,2505}$
26	$K(\theta) = 87,89\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3021}} \right)^{0,3021} \right]^2$	$\theta = 0,288 + \frac{(0,551 - 0,288)}{\left[1 + (0,2781 \Psi_m) \right]^{1,433}}^{0,3021}$
27	$K(\theta) = 94,34\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,2508}} \right)^{0,2508} \right]^2$	$\theta = 0,225 + \frac{(0,591 - 0,225)}{\left[1 + (1,349 \Psi_m) \right]^{1,3347}}^{0,2508}$
28	$K(\theta) = 25,92\omega^{0,5} \left[1 - \left(1 - \omega^{\frac{1}{0,3458}} \right)^{0,3458} \right]^2$	$\theta = 0,249 + \frac{(0,561 - 0,249)}{\left[1 + (0,1949 \Psi_m) \right]^{1,5286}}^{0,3458}$

* K_0 em mm h^{-1} ; Ψ_m em m.

Anexo B. Análise de variância

FV	Volatilização		Lixiviação		Ascensão		Produtividade	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco	3	31,74	3	5146,69	3	162,86	3	41,99
Fert A	3	4305,62**	3	3634,87	3	256,05	3	315,41
Fert B	3	494,53**	3	47386,58**	3	1851,78**	3	134,11
Resíduo	18	47,03	18	2457,4921	18	88,63	18	117,15
CV (%)		23,19		41,41		65,74		31,21

* e **, significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Anexo C. Modelos ajustados.

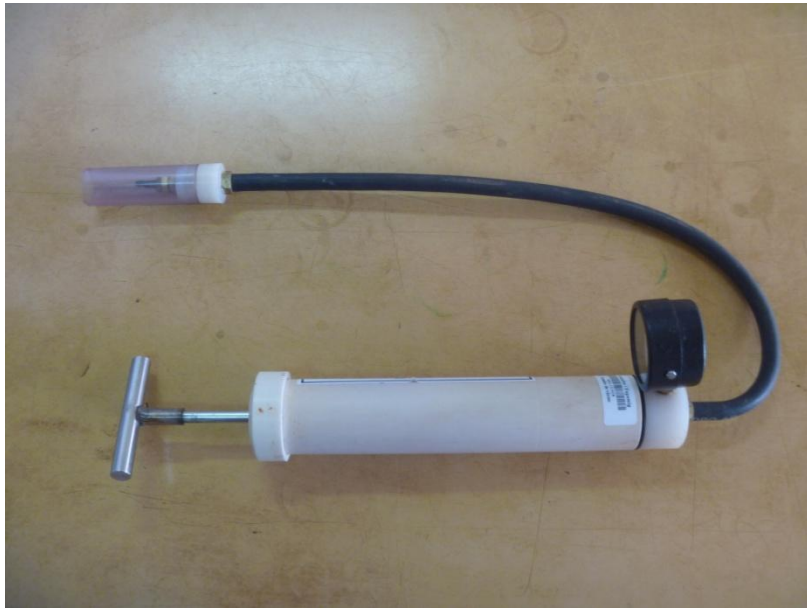
Variável	Modelo	R ²
Ureia volatilização	$Y = -0,00001N^2 + 0.1254N + 2.1346$	0,988
NBPT volatilização	$Y = -0,00001N^2 + 0.049N + 2.0232$	0,898
Ureia lixiviação	$Y = -0.0003N^2 + 0.3092N + 32.578$	0,986
NBPT lixiviação	$Y = 0.0006N^2 + 0.0392N + 41.523$	0,938
Ureia Ascensão	$Y = 0,00005N^2 - 0.007N + 3.2505$	0,973
NBPT Ascensão	$Y = 0.0002N^2 - 0.0504N + 3.7849$	0,987

Anexo D. Material utilizado no experimento

Trados e bastão para instalação dos tensiômetros e extrator de solução



Bomba de vácuo



Extrator de solução do solo



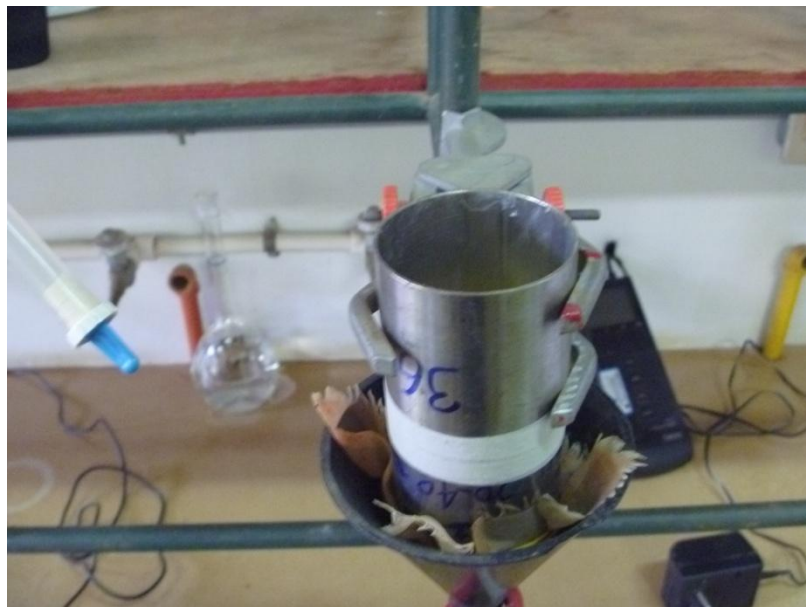
Mesa de tensão



Anéis tipo Uhland e bandejas



Permeâmetro de carga constante



Extrator de Richard



Freezer para acondicionar amostras de solução do solo



Anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 30/11/2010			data : 03/12/2010			data : 06/12/2010			data: 08/12/10			data: 13/12/10			data: 16/12/10			data: 18/12/10		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	160	171	178	152	168	178	133	142	147	143	155	160	171	181	184	167	177	180	166	174	178
2	185	183	185	152	159	180	140	145	154	150	155	163	196	191	190	192	187	186	188	185	186
3	181	189	192	152	157	177	145	151	155	156	165	174	194	200	203	190	196	199	186	192	196
4	171	174	183	150	154	166	137	141	114	154	156	167	181	183	194	177	179	190	173	175	186
5	166	171	181	141	149	161	134	139	146	146	156	159	173	181	191	169	177	187	165	173	183
6	179	185	193	154	166	172	143	149	153	158	165	173	187	193	199	183	189	195	180	186	191
7	172	176	182	148	161	174	136	141	152	156	161	164	179	184	189	175	180	185	172	178	183
8	167	170	175	144	150	156	139	145	149	148	154	162	176	178	186	172	174	182	166	171	177
9	169	171	179	141	153	163	134	146	148	149	159	165	181	183	186	177	179	182	171	176	180
10	176	178	181	147	157	167	141	145	152	152	163	172	183	186	191	179	182	187	173	178	184
11	176	181	185	146	158	170	143	145	155	154	163	171	181	186	190	177	182	186	172	177	183
12	165	167	171	142	152	160	135	142	147	148	154	160	171	176	179	167	172	175	164	169	173
13	163	168	176	143	152	161	138	143	149	148	153	158	170	172	178	166	168	174	163	165	172
14	162	167	170	140	150	151	136	143	148	148	154	158	170	173	176	166	169	172	162	166	169
15	154	156	166	132	137	154	130	133	143	134	137	152	159	162	171	155	158	167	151	155	162
16	157	160	161	132	151	146	125	130	134	138	141	146	161	164	167	157	160	163	152	156	160
17	166	169	171	146	151	159	136	140	148	151	156	160	171	174	176	167	170	172	168	170	172
18	162	167	171	143	149	155	134	139	143	145	149	155	171	172	175	167	168	171	163	165	169
19	159	161	164	140	147	144	135	139	136	150	154	161	166	171	177	162	167	173	160	164	169
20	165	166	169	143	148	155	136	138	142	146	152	157	170	173	176	166	169	172	164	166	169
21	166	171	175	144	151	159	134	141	149	150	158	161	177	178	181	173	174	177	168	172	176
22	169	176	171	155	165	178	138	143	154	149	154	168	182	185	192	178	181	188	172	176	184
23	143	130	165	139	148	160	131	138	145	140	144	155	167	169	179	163	165	175	159	163	172
24	168	140	199	149	158	186	139	144	179	153	160	188	175	187	208	171	183	204	168	177	190
25	165	162	176	145	159	162	139	146	147	150	153	162	176	180	182	172	176	178	168	174	177
26	125	159	129	138	150	162	129	136	142	136	146	152	162	166	175	158	162	171	155	160	165
27	168	188	162	144	168	155	137	157	140	149	172	159	178	192	187	174	188	183	171	181	178
28	140	159	145	112	153	161	118	145	151	115	156	161	166	176	182	162	172	178	159	170	176

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 20/12/2010			data : 22/12/2010			data : 25/12/2010			data: 29/12/10			data: 3/01/11			data: 5/01/11			data: 7/01/11		
	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	Profundidade (m)	
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	164	171	175	161	168	172	149	156	161	136	144	150	135	145	151	139	149	155	151	158	167
2	184	182	186	181	179	183	163	164	170	145	148	156	145	149	155	149	153	159	158	164	171
3	181	187	192	178	184	189	161	169	173	144	153	157	144	152	158	148	156	162	160	168	176
4	168	171	182	165	168	179	153	155	165	140	142	151	141	142	151	145	146	155	156	161	169
5	160	169	178	157	166	175	148	153	164	138	140	152	139	140	152	143	144	156	149	158	167
6	176	182	187	173	179	184	161	166	172	148	153	159	147	153	159	151	157	163	161	172	188
7	168	175	181	165	172	178	153	159	165	140	145	151	141	145	151	145	149	155	152	161	172
8	159	168	172	156	165	169	148	156	161	140	146	152	139	146	152	143	150	156	154	161	169
9	165	173	178	162	170	175	151	158	164	139	146	152	139	146	152	143	150	156	156	168	172
10	166	173	180	163	170	177	153	160	167	143	150	156	143	150	156	147	154	160	156	167	174
11	167	172	180	164	169	177	154	160	167	144	150	156	144	150	156	148	154	160	156	166	171
12	161	165	170	158	162	167	148	153	158	137	144	149	137	144	149	141	148	153	151	158	166
13	160	161	169	157	158	166	149	150	157	140	142	148	140	142	148	144	146	152	151	159	167
14	158	163	166	155	160	163	146	153	157	136	145	150	136	145	150	140	149	154	151	161	166
15	147	152	157	144	149	154	137	141	147	130	132	140	130	132	140	134	136	144	139	149	156
16	147	152	156	144	149	153	137	142	147	129	135	141	129	135	141	133	139	145	140	145	154
17	169	169	171	166	166	168	153	155	159	140	144	150	140	144	150	144	148	154	151	160	166
18	159	162	166	156	159	163	144	150	156	132	141	149	132	141	149	136	145	153	150	156	161
19	157	161	165	154	158	162	146	150	155	137	142	147	137	142	147	141	146	151	149	157	162
20	161	163	166	158	160	163	150	152	156	142	143	149	142	143	149	146	147	153	154	156	161
21	162	169	175	159	166	172	149	157	162	138	147	152	138	147	152	142	151	156	149	161	169
22	165	171	179	162	168	176	151	157	168	140	145	159	140	145	159	144	149	163	151	161	171
23	155	160	168	152	157	165	142	149	157	131	140	148	131	140	148	135	144	152	146	151	161
24	165	171	176	162	168	173	151	158	163	140	148	153	140	148	153	144	152	157	154	161	169
25	164	171	175	161	168	172	152	156	162	142	144	151	142	144	151	146	148	155	151	161	166
26	151	158	159	148	155	156	140	147	151	132	139	146	132	139	146	136	143	150	144	150	157
27	168	173	172	165	170	169	152	159	160	139	148	150	138	148	150	142	152	154	151	161	161
28	155	168	173	152	165	170	142	155	161	132	145	151	133	144	152	137	148	156	146	156	166

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 10/01/11			data : 12/01/11			data : 14/01/11			data: 17/01/11			data: 19/01/11			data: 21/01/11			data: 24/01/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	169	176	182	178	185	191	131	148	166	148	156	163	160	168	173	169	180	184	194	198	204
2	193	190	192	192	206	206	136	140	150	158	161	169	175	178	185	190	192	194	266	245	225
3	186	193	197	199	207	215	140	147	152	161	169	174	175	186	195	188	192	200	230	228	231
4	171	174	184	184	190	199	135	140	149	150	156	165	170	176	183	175	180	185	201	206	204
5	166	173	179	179	191	197	135	137	149	150	156	164	161	175	184	170	180	186	190	198	204
6	185	189	220	192	199	208	140	150	155	159	165	171	173	184	191	184	194	201	213	217	222
7	173	176	177	182	191	198	135	141	150	152	159	168	166	176	181	178	183	191	200	208	211
8	172	175	183	179	183	189	133	148	153	150	158	164	160	170	176	172	180	185	189	191	194
9	168	175	177	180	188	190	136	145	149	153	160	164	163	171	175	178	182	187	190	194	198
10	178	179	180	188	190	194	135	145	154	152	160	168	170	174	181	186	187	191	206	198	201
11	174	177	183	182	191	195	135	143	153	154	161	170	169	180	183	181	185	190	193	199	204
12	163	166	181	171	174	180	134	141	151	150	155	161	160	163	173	171	172	176	184	180	190
13	164	165	170	169	173	179	136	146	152	147	151	160	160	166	172	168	172	180	184	186	188
14	168	168	169	176	176	175	131	141	148	151	155	160	169	172	168	167	171	175	191	190	185
15	151	153	172	156	165	171	121	129	139	135	140	145	150	154	159	151	160	166	171	174	176
16	152	159	159	161	165	169	130	133	140	136	143	161	152	155	162	153	160	165	174	176	178
17	164	167	161	171	175	178	135	138	150	151	153	160	162	166	167	168	173	175	181	186	188
18	166	168	170	171	175	180	130	140	150	145	150	160	161	161	171	168	169	171	180	181	186
19	154	162	164	167	172	175	133	143	150	145	151	157	160	164	167	162	166	168	175	178	180
20	162	163	170	170	172	178	133	143	150	150	152	157	160	165	166	170	165	171	180	181	187
21	167	170	175	176	181	186	133	143	153	150	156	165	161	170	175	171	176	181	197	193	194
22	170	175	179	181	186	191	141	147	165	152	161	170	169	172	180	172	178	182	205	205	198
23	154	159	168	169	171	181	125	134	144	141	150	159	160	161	170	163	167	172	180	178	188
24	172	175	180	181	186	191	135	145	152	153	161	167	170	174	180	180	185	186	191	195	199
25	159	170	174	174	181	185	131	136	146	151	156	161	160	169	173	171	176	180	185	192	192
26	157	164	162	166	170	174	124	134	137	141	148	152	155	160	164	162	170	171	182	180	175
27	166	173	173	175	186	186	132	141	151	150	156	161	162	171	176	170	188	176	198	200	190
28	158	171	177	168	182	189	130	142	146	145	155	161	154	166	172	164	171	178	178	188	192

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 26/01/11			data : 28/01/11			data : 31/01/11			data: 2/02/11			data: 4/02/11			data: 7/02/11			data: 9/02/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	214	210	222	245	240	242	350	300	290	352	395	356	481	560	471	432	640	635	x	665	650
2	365	315	254	563	450	293	630	617	465	613	651	623	665	664	663	660	660	660	x	x	665
3	261	254	250	313	300	278	530	462	360	660	615	484	666	660	627	655	645	656	650	650	655
4	220	223	211	230	232	222	265	258	248	293	280	270	333	312	292	436	377	347	530	470	420
5	200	212	221	210	219	222	229	239	242	250	250	253	273	268	268	305	297	296	350	330	335
6	230	235	245	250	253	258	316	300	301	354	330	114	234	390	405	285	493	500	320	560	562
7	220	225	226	240	128	236	320	290	275	422	350	312	310	364	321	301	333	301	370	375	330
8	204	206	208	213	214	215	240	238	237	270	258	252	295	272	275	303	292	278	360	310	305
9	200	203	209	205	205	209	230	220	220	232	228	230	255	240	243	265	254	250	320	310	308
10	225	215	216	243	224	222	295	250	240	360	280	252	424	309	276	540	360	300	590	420	340
11	209	214	217	216	221	226	245	250	250	271	280	269	304	300	280	370	373	340	435	445	415
12	191	189	194	200	195	200	230	220	270	240	225	177	260	245	133	304	270	135	380	350	x
13	194	187	192	203	197	192	235	277	215	254	230	224	290	254	234	364	286	260	460	340	280
14	195	195	190	210	206	200	250	235	222	295	264	243	374	305	270	534	403	328	610	500	395
15	182	183	184	196	195	190	240	237	220	300	285	251	371	340	290	524	476	365	605	585	470
16	191	186	182	190	192	186	210	222	205	234	250	223	250	271	237	275	324	264	330	390	300
17	191	194	190	200	201	195	215	217	210	235	233	227	255	253	238	285	275	254	330	310	300
18	193	191	196	200	198	198	235	270	215	250	244	225	271	256	232	293	284	240	340	325	310
19	180	186	187	187	196	191	210	215	205	218	237	210	228	250	224	245	282	234	280	340	260
20	189	192	195	196	200	203	220	222	230	239	242	255	260	261	273	197	230	282	x	290	310
21	210	209	206	230	223	213	280	268	240	350	321	265	413	240	280	480	135	284	500	x	360
22	230	220	210	255	238	213	343	299	235	449	353	254	550	412	267	630	540	295	655	605	330
23	200	190	195	204	195	197	235	219	210	254	232	221	282	245	230	320	264	240	350	290	270
24	204	202	209	213	210	217	235	228	232	265	250	259	294	268	272	360	308	303	410	350	350
25	194	204	199	202	215	209	230	250	225	254	290	247	290	350	278	335	430	315	370	490	370
26	195	193	189	206	203	190	260	245	218	314	280	230	398	333	245	565	460	284	630	570	330
27	208	215	203	223	221	208	280	255	234	333	290	250	412	333	272	585	450	320	635	550	380
28	189	200	205	193	205	205	215	220	219	240	245	237	255	250	240	300	280	262	360	320	290

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 11/02/11			data: 14/02/11			data: 18/02/11			data: 21/02/11			data: 23/02/11			data: 25/02/11			data: 28/02/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	610	655	650	649	643	635	X	655	653	655	660	658	629	650	655	556	645	663	535	639	654
2	668	659	661	632	636	660	X	x	x	655	642	668	652	641	656	655	638	660	637	635	652
3	635	660	634	644	634	645	X	653	x	655	653	655	653	655	648	646	658	627	626	655	342
4	580	505	490	638	605	574	641	631	627	652	658	659	655	652	655	656	652	642	650	655	638
5	380	350	350	420	393	386	510	470	473	610	565	565	335	377	379	181	254	527	538	621	582
6	310	550	520	560	645	626	608	622	631	630	628	642	634	430	378	600	282	450	180	150	215
7	430	400	370	490	442	395	604	535	481	636	591	578	631	601	611	644	618	627	202	535	615
8	390	345	330	410	365	350	262	416	406	250	490	487	580	530	535	x	440	635	x	x	x
9	320	290	220	315	295	287	349	311	295	422	340	315	435	361	332	220	302	331	150	170	242
10	600	470	360	619	525	409	640	612	488	660	638	555	655	635	598	660	647	581	660	630	532
11	510	500	460	570	571	544	636	628	623	654	625	602	649	632	338	650	540	540	184	225	275
12	420	350	320	472	380	205	566	438	374	635	527	418	632	365	309	600	324	375	164	166	192
13	490	370	300	532	400	321	624	460	365	640	649	368	633	563	357	640	495	430	182	252	345
14	590	560	465	635	290	523	622	650	600	650	635	642	649	647	634	647	653	635	634	645	622
15	610	560	530	631	608	576	623	624	597	645	588	612	645	646	637	655	657	621	643	646	639
16	330	420	305	290	403	331	360	510	369	448	456	390	370	601	620	240	608	426	161	201	263
17	330	340	290	358	344	298	390	403	312	460	440	346	252	290	352	298	372	365	172	183	194
18	370	345	284	335	333	271	140	405	275	462	590	292	397	485	308	230	228	200	161	163	166
19	274	342	268	290	390	278	300	520	304	365	250	340	358	317	359	180	278	285	140	162	171
20	280	334	252	195	199	229	210	220	260	240	551	280	215	268	302	201	227	272	143	156	160
21	530	325	310	535	337	295	570	x	342	651	655	369	604	592	402	368	582	267	158	175	172
22	660	621	379	660	658	415	651	638	493	658	655	576	656	650	604	656	655	615	654	651	593
23	384	318	281	343	321	292	503	360	319	571	438	365	596	475	398	561	384	365	161	180	218
24	482	381	372	546	422	431	601	530	569	639	614	618	633	625	628	647	636	642	630	541	626
25	420	545	394	480	600	446	561	612	549	610	640	608	610	642	608	630	652	628	513	642	618
26	650	626	372	644	659	431	650	648	553	658	656	632	661	653	640	651	637	640	563	588	591
27	640	605	440	643	426	554	652	631	611	658	470	635	651	637	635	648	651	640	608	614	631
28	398	350	308	474	402	343	554	499	403	600	580	489	618	609	540	637	624	505	340	440	392

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 2/03/11			data: 4/03/11			data: 9/03/11			data: 11/03/11			data: 14/03/11			data: 17/03/11			data: 19/03/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	649	643	635	432	640	635	103	186	187	123	200	195	145	208	206	150	211	206	158	221	216
2	632	636	660	660	660	660	136	160	172	141	172	181	170	182	196	169	185	200	194	206	211
3	644	634	645	655	645	656	115	184	124	126	191	146	150	198	171	160	201	180	173	217	189
4	638	605	574	436	377	347	165	174	164	177	180	178	190	197	200	192	198	203	204	208	209
5	420	393	386	305	297	296	129	138	144	151	157	172	161	176	191	178	188	194	181	189	194
6	560	645	626	285	493	500	177	145	176	184	164	190	205	178	224	198	182	215	207	193	224
7	490	442	395	301	333	301	151	152	163	152	157	166	175	194	190	180	192	193	189	200	199
8	410	365	350	303	292	278	85	150	156	95	155	164	112	176	181	117	180	184	126	185	189
9	315	295	287	265	254	250	140	150	161	150	160	169	168	180	191	172	181	189	179	185	192
10	619	525	409	540	360	300	171	162	166	185	165	171	200	191	204	195	189	200	212	197	202
11	570	571	544	370	373	340	151	148	162	158	162	160	180	184	190	180	182	190	188	192	200
12	472	380	205	304	270	135	140	148	157	145	153	160	170	167	182	170	174	181	175	178	184
13	532	400	321	364	286	260	148	154	158	154	157	163	170	176	175	170	175	176	174	178	181
14	635	290	523	534	403	328	177	170	170	152	181	158	200	190	180	205	192	176	212	200	182
15	631	608	576	524	476	365	168	171	180	177	174	192	184	184	204	185	187	202	196	193	204
16	290	403	331	275	324	264	120	142	136	138	146	154	160	166	168	160	166	170	168	173	176
17	358	344	298	285	275	254	126	144	160	152	161	164	166	175	181	169	177	181	175	181	185
18	335	333	271	293	284	240	141	146	152	150	155	162	164	170	173	163	167	172	169	175	176
19	290	390	278	245	282	234	128	138	154	145	162	158	158	171	173	159	167	174	165	174	177
20	195	199	229	197	230	282	140	154	152	151	154	158	160	168	165	165	171	173	172	176	179
21	535	337	295	480	135	284	141	150	158	153	160	168	162	165	175	166	178	183	178	186	189
22	660	658	415	630	540	295	165	184	165	174	194	170	180	197	188	183	201	183	193	211	191
23	343	321	292	320	264	240	138	142	150	140	144	158	156	162	171	166	168	174	173	173	181
24	546	422	431	360	308	303	157	159	164	165	168	171	181	180	196	182	190	195	191	194	202
25	480	600	446	335	430	315	148	193	162	151	200	170	176	210	192	174	212	191	179	218	195
26	644	659	431	565	460	284	129	148	151	141	147	155	152	167	175	160	171	175	168	176	178
27	643	426	554	585	450	320	148	160	157	150	161	160	171	180	180	170	180	183	179	188	187
28	474	402	343	300	280	262	135	150	156	148	157	165	151	164	174	158	170	177	164	175	183

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcel a	data: 21/03/11			data: 23/03/11			data: 25/03/11			data: 28/03/11			data: 30/03/11			data: 1/04/11			data: 4/04/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	166	230	225	181	240	234	195	242	240	230	262	255	273	301	290	330	351	322	294	374	384
2	218	226	221	250	251	235	295	278	245	422	390	289	522	485	375	569	550	465	554	572	561
3	185	232	198	208	247	217	237	259	234	311	308	280	384	393	339	440	498	400	493	341	307
4	215	218	215	225	222	221	232	230	230	254	253	248	277	274	265	311	304	284	331	315	294
5	184	190	194	190	198	213	202	211	231	213	222	238	231	245	262	245	254	264	171	208	240
6	215	203	232	228	219	245	232	230	259	257	256	282	305	286	316	350	315	349	245	224	261
7	198	207	205	210	220	216	225	235	227	251	254	248	282	280	270	325	300	293	302	294	331
8	135	190	193	140	198	201	141	203	207	165	218	225	178	236	244	190	254	260	205	274	271
9	185	189	194	193	196	201	201	205	211	215	216	221	230	228	232	240	235	237	248	241	241
10	228	205	204	239	213	211	247	227	230	271	236	235	301	259	254	348	281	257	374	301	238
11	195	202	210	208	212	218	219	224	228	235	236	238	251	256	254	304	272	266	275	241	236
12	179	181	186	185	187	191	192	191	200	208	204	210	224	215	221	235	226	225	204	221	235
13	178	180	185	186	181	190	199	200	200	216	212	206	241	228	215	271	238	230	290	261	240
14	218	207	187	225	210	195	228	215	205	241	231	215	260	247	231	292	278	244	320	304	270
15	206	199	206	215	210	215	206	213	217	229	228	226	256	259	240	330	322	294	354	331	300
16	176	180	181	177	182	188	191	197	194	203	211	205	215	228	211	238	265	231	235	300	241
17	180	185	189	185	191	194	197	205	206	205	208	209	214	213	210	227	235	220	224	238	225
18	174	182	180	180	190	187	195	194	194	206	215	203	223	226	210	245	255	220	251	271	229
19	170	180	180	176	187	186	189	197	196	197	208	202	200	215	204	215	246	217	193	249	222
20	178	181	184	186	190	192	190	196	198	208	211	216	217	219	230	240	240	262	175	221	212
21	190	193	194	202	201	200	215	217	213	251	242	225	287	266	240	261	x	268	431	143	285
22	202	220	198	210	129	204	218	230	220	244	246	222	319	280	235	413	347	251	487	394	281
23	180	177	188	187	185	192	201	200	199	225	215	210	249	217	212	285	234	224	255	241	274
24	200	197	208	208	202	212	220	195	225	232	225	236	231	225	241	256	246	264	280	264	231
25	184	224	199	193	230	204	209	235	222	217	241	228	225	241	230	245	272	249	261	291	264
26	176	180	181	182	190	189	205	260	211	213	232	219	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	188	195	190	197	203	198	215	270	217	240	235	224	270	250	228	333	287	250	370	319	270
28	170	180	188	175	186	194	185	205	200	195	204	210	205	215	218	230	235	230	224	241	228

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 6/04/11			data: 8/04/11			data: 9/04/11			data: 11/04/11			data: 13/04/11			data: 15/04/11			data: 18/04/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	296	379	389	406	453	436	321	382	404	253	295	336	259	291	334	335	361	385	411	431	435
2	569	576	560	590	589	584	594	600	590	535	643	532	575	650	571	604	651	596	632	652	621
3	498	343	311	515	513	448	475	515	466	335	458	467	360	488	482	487	564	550	613	639	618
4	336	319	295	241	240	262	222	231	242	200	208	219	207	211	221	234	234	240	261	257	258
5	167	212	241	165	190	248	180	192	231	174	183	210	182	191	212	201	210	232	220	229	251
6	242	225	266	256	270	335	241	270	320	248	258	300	261	271	306	316	314	344	370	356	382
7	301	294	339	332	348	364	289	351	364	235	276	320	241	274	320	289	312	338	337	349	355
8	210	275	277	181	228	261	150	210	235	197	197	210	200	200	215	227	219	233	254	237	250
9	252	247	247	219	239	258	210	230	249	191	210	220	195	210	218	208	217	224	221	224	229
10	381	306	241	370	315	289	342	295	287	286	260	266	298	262	266	346	286	279	393	309	291
11	280	248	241	235	271	286	225	254	276	204	220	242	218	232	248	244	253	267	270	274	286
12	216	222	237	210	208	235	198	195	220	182	186	196	190	192	200	210	207	213	229	221	226
13	293	262	241	300	280	256	264	270	258	233	232	235	235	233	236	275	254	249	315	274	262
14	321	309	271	297	310	288	271	282	275	220	232	230	222	231	230	257	256	249	292	281	268
15	361	334	303	330	259	320	262	314	297	240	290	307	234	282	287	313	338	329	391	394	371
16	240	305	246	212	275	254	205	256	245	200	250	229	210	252	236	231	291	254	252	329	272
17	226	241	231	194	196	207	188	192	198	185	190	191	194	196	194	209	213	228	224	229	261
18	252	279	224	205	207	200	197	200	194	192	198	190	198	208	198	224	237	214	249	266	229
19	193	250	215	168	190	189	170	191	186	178	195	188	180	196	191	194	221	204	208	246	216
20	185	226	290	176	200	260	178	192	236	188	192	228	192	198	232	216	220	262	239	242	291
21	430	145	285	240	185	230	215	178	221	220	218	218	228	225	221	283	262	242	337	299	262
22	498	396	276	520	355	275	394	312	260	384	304	248	399	309	255	475	369	274	551	429	292
23	260	242	235	200	205	220	195	195	210	202	192	205	221	206	208	261	223	221	301	240	233
24	281	269	305	235	227	255	220	222	236	215	216	236	220	219	237	244	238	255	267	256	272
25	266	292	270	245	370	272	230	282	266	217	268	255	221	270	255	241	291	270	261	312	285
26	x	x	x	290	294	270	x	x	x	x	x	x	222	222	222	221	264	237	265	306	251
27	372	321	272	290	294	270	246	264	242	222	231	218	222	231	218	269	262	233	316	292	248
28	230	246	234	175	200	220	177	192	203	175	187	197	174	190	201	191	204	211	207	218	221

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 20/04/11			data: 22/04/11			data: 25/04/11			data: 27/04/11			data: 29/04/11			data: 2/05/11			data: 4/05/11		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	508	501	496	542	549	541	576	597	585	610	645	630	654	651	653	651	650	655	649	651	650
2	635	651	633	640	654	640	646	657	647	651	660	654	551	561	592	605	615	621	623	630	632
3	630	643	632	636	644	638	641	646	644	647	647	650	600	606	614	635	639	641	643	646	647
4	290	281	278	321	303	295	353	326	311	384	348	328	404	372	338	451	400	366	498	446	401
5	230	241	262	248	257	278	266	272	294	284	288	310	285	304	327	605	322	352	473	340	373
6	405	371	406	414	354	402	422	336	399	431	319	395	574	506	545	630	608	603	637	617	610
7	376	378	383	426	417	419	476	457	454	526	496	490	547	463	471	590	526	518	604	547	541
8	281	268	277	299	283	293	318	299	310	336	314	326	371	326	337	374	355	373	435	380	398
9	231	232	236	244	242	244	257	253	251	270	263	259	268	267	265	275	271	270	305	282	281
10	421	323	296	477	355	318	533	388	340	589	420	362	528	428	370	570	475	406	596	518	439
11	293	295	301	327	322	316	360	348	330	394	375	345	397	390	381	450	452	440	496	493	485
12	240	236	237	260	249	247	279	262	256	299	275	266	311	290	279	323	313	302	366	339	320
13	321	296	273	366	318	290	410	340	308	455	362	325	518	400	344	586	464	382	608	519	423
14	323	301	284	372	336	311	421	371	337	470	406	364	512	436	384	578	499	428	601	543	474
15	459	448	411	510	493	458	561	538	506	612	583	553	632	520	530	649	599	611	642	612	618
16	281	371	296	314	404	314	348	438	332	381	471	350	401	530	408	464	604	472	527	624	524
17	238	249	229	255	255	238	271	262	247	288	268	256	288	298	264	314	310	281	337	350	302
18	266	294	232	283	305	241	301	316	251	318	327	260	326	361	265	360	355	281	395	424	298
19	226	278	229	241	284	235	255	290	241	270	296	247	274	370	266	290	391	286	323	477	310
20	261	264	317	281	277	335	301	289	352	321	302	370	324	329	400	366	370	444	444	419	500
21	394	333	294	447	370	313	501	406	333	554	443	352	579	460	376	620	526	404	625	552	460
22	601	476	303	619	514	324	637	552	344	655	590	365	658	612	379	649	641	418	645	638	456
23	341	252	239	386	268	249	430	284	260	475	300	270	490	308	274	580	338	291	608	372	316
24	284	274	298	306	289	307	328	305	317	350	320	326	355	333	356	396	359	371	438	401	434
25	276	328	293	292	345	305	308	361	318	324	378	330	325	390	341	358	446	370	392	489	401
26	x	338	261	x	373	281	x	407	302	x	442	322	51	371	330	x	539	464	x	575	458
27	371	321	269	402	354	289	432	387	309	463	420	329	484	439	340	550	494	378	579	525	406
28	224	236	238	237	247	247	251	259	256	264	270	265	371	280	275	296	302	294	323	325	311

Continuação do anexo E: Leituras dos manômetros (H) em mmHg.

Parcela	data: 6/05/11			data: 9/05/11			data: 11/05/11			data: 13/05/11			data: 16/05/11			data: 18/05/11			data:		
	Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)			Profundidade (m)		
	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1
1	649	653	649	647	652	645	650	656	651	652	660	657	660	663	661	667	666	665			
2	632	638	639	640	644	643	651	652	649	662	660	655	664	662	660	666	664	665			
3	648	650	651	651	652	653	657	657	658	663	662	662	666	666	665	669	670	668			
4	523	469	419	545	491	435	585	542	475	625	593	515	638	614	563	650	635	610			
5	407	349	385	340	357	394	375	390	430	410	423	465	450	464	505	490	505	545			
6	642	622	614	644	625	616	652	628	626	660	630	635	660	645	648	660	660	660			
7	611	558	554	617	567	564	637	585	582	656	603	600	658	614	618	660	625	635			
8	466	393	411	495	404	422	523	448	469	551	491	515	591	536	557	630	581	598			
9	321	288	287	335	292	291	363	316	311	390	340	331	418	358	335	445	375	338			
10	610	541	457	622	561	472	634	594	525	645	627	578	638	634	607	631	641	636			
11	520	514	509	542	533	530	584	573	569	625	612	608	640	631	624	655	650	640			
12	388	353	330	408	365	338	456	394	362	504	423	385	550	470	421	596	517	456			
13	620	547	445	630	573	464	647	602	514	664	631	564	663	641	605	662	651	646			
14	613	565	498	623	586	520	647	610	566	670	634	611	658	645	624	645	656	636			
15	639	620	622	634	625	624	644	633	633	653	640	642	648	642	641	643	643	640			
16	560	634	550	590	643	575	614	647	603	638	650	631	641	656	639	643	662	647			
17	350	371	313	360	390	322	403	411	338	445	432	354	502	489	388	558	546	421			
18	414	459	308	430	492	315	477	510	335	524	528	355	568	577	379	612	625	402			
19	340	521	323	355	563	334	408	592	377	460	620	420	516	620	470	571	620	520			
20	484	444	528	522	467	555	576	526	591	630	585	627	588	601	629	546	617	630			
21	629	566	488	630	578	515	637	605	565	644	632	614	638	634	625	631	635	635			
22	643	637	475	640	634	493	652	643	538	663	652	582	664	656	610	665	660	637			
23	622	389	329	635	405	340	642	462	373	648	518	405	657	554	449	665	590	492			
24	460	422	467	480	442	497	525	482	529	570	522	560	598	575	599	625	628	637			
25	409	512	417	425	532	431	470	567	467	515	601	503	558	611	547	600	620	590			
26	305	593	456	607	610	452	626	630	495	645	650	538	644	646	575	642	642	611			
27	594	541	421	607	555	434	626	590	476	645	625	518	645	630	562	645	635	605			
28	338	338	320	350	348	327	405	393	373	460	438	419	471	451	421	481	464	422			

Anexo F. Concentração de nitrato da solução extraída do solo (mg L⁻¹).

Parcela	8/12/2011	13/12/2011	16/12/2011	22/12/2011	26/12/2011	29/12/2011	2/1/2012	5/1/2011	7/1/2011	10/1/2011	12/1/2011	14/1/2011	17/1/2011	19/1/2011
1	12.73	30.28	23.04	29.62	23.32	20.41	20.86	21.07	13.17	29.41	29.41	31.60	28.97	35.02
2	17.99	13.17	15.14	11.19	12.99	13.82	12.47	11.85	0.00	7.81	9.66	16.33	18.43	14.48
3	14.04	40.82	10.40	17.77	21.38	23.04	10.89	5.27	52.67	22.03	20.72	35.55	28.44	27.12
4	12.73	14.85	16.46	44.11	28.81	21.72	22.17	22.38	31.60	31.60	65.75	47.40	42.13	34.23
5	19.31	9.90	13.82	17.77	24.08	26.99	15.74	10.53	1.32	12.55	25.46	26.33	35.55	31.60
6	9.83	7.43	32.26	32.26	38.56	41.47	16.72	5.27	11.85	7.02	8.34	18.43	45.56	21.07
7	4.83	12.11	7.24	17.77	11.47	8.56	3.61	1.32	11.85	2.28	1.49	6.58	7.90	3.95
8	21.00	13.43	10.93	24.36	22.56	21.72	13.17	9.22	6.58	11.76	20.72	18.43	32.92	21.07
9	15.36	8.66	9.87	9.35	7.91	7.24	5.89	5.27	10.01	2.55	4.65	6.58	12.38	7.90
10	11.41	17.12	12.24	16.19	16.37	16.46	12.41	10.53	13.17	20.72	20.19	31.60	38.97	50.03
11	15.10	21.07	8.82	21.99	29.01	32.26	14.17	5.79	7.05	7.02	13.61	23.70	28.97	31.60
12	10.09	9.90	14.61	19.09	26.29	29.62	19.63	15.01	13.17	7.29	24.14	32.92	30.28	69.78
13	14.04	13.61	12.77	13.56	18.24	20.41	11.14	6.85	11.85	14.66	9.66	26.33	34.23	40.82
14	9.00	9.90	5.49	15.14	16.04	16.46	8.81	5.27	0.00	2.28	6.23	32.92	42.92	52.67
15	12.73	14.60	15.14	16.19	23.58	26.99	21.50	18.96	76.37	57.06	174.24	101.38	119.82	94.80
16	15.36	17.33	8.56	32.26	32.26	32.26	15.61	7.90	15.80	13.61	13.61	30.28	26.07	19.75
17	11.41	7.90	0.03	4.34	5.43	5.92	7.28	7.90	2.63	2.55	4.92	6.58	5.27	6.58
18	14.57	32.39	7.50	45.42	43.62	42.79	32.98	28.44	21.86	20.45	20.98	34.23	67.15	64.52
19	15.10	1.24	1.97	12.51	11.61	11.19	7.14	5.27	32.92	23.88	43.89	46.08	33.44	31.60
20	17.99	9.90	8.82	12.51	15.57	16.98	11.67	9.22	18.43	13.08	18.87	26.33	26.33	20.28
21	9.04	2.48	23.04	24.36	28.86	30.94	16.09	9.22	22.91	32.04	30.72	21.59	43.98	23.70
22	8.78	31.60	17.77	19.09	19.09	19.09	16.66	15.54	14.48	11.24	18.87	23.70	31.60	26.33
23	16.94	43.32	36.21	42.79	42.79	42.79	25.06	16.85	36.87	29.14	71.54	59.25	76.37	51.35
24	12.73	8.66	3.29	19.09	21.79	23.04	19.89	18.43	23.70	24.14	30.46	35.55	26.33	25.02
25	14.04	15.80	13.82	9.87	5.37	3.29	4.74	5.41	8.43	2.02	2.28	11.85	6.58	7.64
26	7.46	32.92	3.29	7.24	6.34	5.92	13.14	16.49	30.28	18.35	28.09	22.38	26.86	23.17
27	9.00	7.90	7.24	15.67	13.51	12.51	6.84	4.21	18.96	17.54	10.97	19.75	28.97	41.61
28	8.78	13.61	7.50	7.77	12.39	14.53	15.40	15.80	17.12	13.61	24.14	42.13	23.70	5.27

Continuação do anexo F. Concentração de nitrato da solução extraída do solo (mg L⁻¹).

Parcela	Tratamento*	21/1/2011	25/1/2011	30/1/2011	5/2/2011	12/2/2011	20/2/2011	1/3/2011	9/3/2011	17/3/2011	19/3/2011	22/3/2011
1	T6	24.09	35.00	30.22	30.63	34.00	30.72	25.00	34.00	16.15	22.21	23.26
2	T2	18.83	17.06	14.00	19.00	16.24	18.00	16.24	13.00	15.10	18.78	11.41
3	T5	33.31	14.04	7.24	5.50	10.00	5.13	4.00	5.12	8.78	16.94	29.84
4	T7	57.01	61.54	63.14	63.55	59.00	69.00	63.64	70.00	55.12	38.01	65.39
5	T3	15.40	24.98	28.35	29.22	29.38	32.00	29.41	30.00	9.04	18.78	27.21
6	T4	31.99	23.02	19.86	19.05	18.90	18.00	21.00	18.87	16.94	21.68	29.84
7	T1	5.92	4.87	4.50	4.41	6.00	4.39	4.39	3.00	5.62	5.62	8.78
8	T2	24.09	17.82	15.61	17.00	14.94	20.00	14.92	10.00	8.78	9.44	11.41
9	T1	5.66	7.49	8.14	14.00	12.00	8.34	6.00	8.34	4.56	4.30	7.68
10	T5	33.31	51.34	57.71	59.34	55.00	65.00	50.00	59.69	19.57	68.29	95.68
11	T4	45.16	29.89	24.50	23.12	29.00	21.00	25.00	20.00	7.46	14.83	31.16
12	T7	55.69	63.83	66.70	67.43	67.57	71.00	64.00	67.59	56.44	71.98	143.08
13	T6	30.68	37.01	44.00	42.00	35.00	49.00	31.00	39.94	15.62	24.84	23.26
14	T3	43.84	46.57	47.54	44.00	52.00	47.84	52.00	47.84	20.89	17.20	49.59
15	T7	186.04	162.67	154.42	152.31	168.00	145.00	150.00	151.85	49.86	16.94	135.18
16	T3	33.57	24.42	21.19	20.37	18.00	22.00	25.00	20.19	18.52	29.05	39.06
17	T1	4.34	5.28	5.60	4.00	5.00	5.71	10.00	5.71	2.46	11.67	7.46
18	T6	43.84	46.57	47.54	44.00	52.00	56.00	39.00	47.84	3.77	11.94	10.09
19	T5	29.89	25.57	24.04	29.00	23.00	23.57	20.00	23.57	22.21	17.47	83.83
20	T2	27.25	30.53	31.68	35.00	28.00	36.00	27.00	32.04	19.31	22.21	29.84
21	T4	44.37	38.64	36.62	36.10	39.00	40.00	30.00	35.99	9.57	12.73	37.74
22	T4	57.01	53.04	51.64	51.28	54.00	57.00	45.00	51.20	16.15	46.96	41.69
23	T7	54.38	85.46	96.43	99.24	110.00	105.00	97.00	91.00	27.47	49.86	73.29
24	T3	30.68	36.11	38.03	38.52	38.00	42.00	36.00	38.62	8.78	27.47	27.21
25	T1	5.66	9.29	10.57	12.00	9.00	13.00	10.97	10.97	2.98	4.56	6.14
26	T5	27.25	11.62	6.11	4.69	4.43	4.39	6.00	4.39	23.52	42.22	48.28
27	T6	51.27	25.97	17.04	14.76	14.33	16.00	13.00	14.26	12.20	36.43	54.86
28	T2	5.66	13.79	16.66	17.40	17.53	22.00	16.00	17.56	6.41	9.63	19.31

*Referência para média dos tratamentos