

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRA: PERDAS
E MINERALIZAÇÃO DO NITROGÊNIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Felipe Lorensini

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

PPGCS/UFSM, RS

LORENSINI, Felipe

Mestre

2011

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRA: PERDAS E MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO

Felipe Lorensini

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRA: PERDAS E
MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO**

elaborado por
Felipe Lorensini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência do Solo

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta
(Presidente/orientador) - CCR – UFSM



Dr. Eduardo Giroto
CCR – UFSM



Prof. Dr. Pedro Alexandre Varella Escosteguy
UPF

Santa Maria, 29 de julho de 2011.

Aos meus pais Lauro Lorensini e
Almira Lorensini, pelo amor,
educação, ensinamentos, apoio e
por terem sido exemplo de
honestidade e dignidade.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por sempre guiar meus passos e colocar pessoas especiais no meu caminho.

Em especial, aos meus pais Lauro Lorensini e Almira Lorensini, que sempre me apoiaram e incentivaram a seguir em frente e alcançar meus objetivos. A vocês só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim, por me ensinarem a importância da honestidade e a construir os meus próprios valores como pessoa. Obrigado pelo amor, pela compreensão e confiança em mim depositada.

Ao meus irmãos Raquel, Simone e Vinicius pelo apoio e incentivo.

À Gerusa, minha namorada, com quem tenho dividido minhas alegrias, expectativas e apreensões nos últimos anos. Obrigado por caminhar sempre a meu lado. Amo Você!

Ao professor Carlos Alberto Ceretta, que sempre foi mais do que um orientador, é um amigo com quem sempre posso contar. Um exemplo de dedicação, competência, honestidade e caráter. Obrigado por acreditar em mim.

Ao professor Gustavo Brunetto, pela orientação e pela ajuda para realização deste trabalho, mesmo estando longe sempre se mostrou disposto a ajudar e, principalmente, pela amizade e exemplo de dedicação e competência.

Ao Mestrando Jackson, que ajudou muito na execução do trabalho.

Ao Pós-Doutorando Eduardo Giroto e aos Doutorandos Cledimar (meu conterrâneo) e Alcione pela amizade e conhecimentos compartilhados.

Aos bolsistas de iniciação científica Lessandro, Tadeu, Mateus e Dênis, pela amizade e pelo auxílio na execução das coletas e análises laboratoriais.

Aos colegas de pós-graduação pelas conversas e parceria.

Ao Luiz Francisco Finamor sempre bem humorado e disposto a ajudar.

Aos professores do Departamento de Solos João Kaminski, Danilo Rheinheimer dos Santos, Celso Aita, Leandro Souza da Silva, Sandro Giacomini, Ricardo Dalmolin, Jean Minella, Dalvan J. Reinert, José Miguel Reichert, Zaida Antonioli, Fabrício Pedron, Rodrigo Jacques e Thomé Lovato, pelas conversas e pelo aprendizado durante o curso.

Aos colegas de laboratório pela convivência e pela amizade criada ao longo desses anos. Agradeço-os pelo convívio e conhecimento compartilhado ao longo desse período.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Universidade Federal de Santa Maria

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRA: PERDAS E MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO

Autor: Felipe Lorensini

Orientador: Carlos Alberto Ceretta

Data: Santa Maria, 29 de julho de 2011.

No Rio Grande do Sul (RS), a partir da década de 80, campos nativos da Campanha Gaúcha foram incorporados ao sistema de produção de uvas. Nesta região as videiras são cultivadas em solos com textura arenosa e com baixo teor de matéria orgânica. Isso lhes confere baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N) e torna-se necessário a aplicação de fertilizantes nitrogenados de fontes minerais e/ou orgânicas. Porém, parte do N aplicado pode ser perdido por volatilização ou lixiviação. Além disso, a quantidade do nutriente mineralizado ao longo do ciclo das videiras é desconhecida. O trabalho objetivou avaliar as perdas de N por volatilização e lixiviação e a taxa de mineralização de N em solo cultivado com videira e submetido à adubação nitrogenada. Para avaliação das perdas foram instalados dois experimentos em um vinhedo comercial de Cabernet Sauvignon, em Rosário do Sul (RS). O experimento 1 recebeu doses de 0, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia e foram instalados lisímetros nas linhas de plantio das videiras para a coleta da solução e análise da concentração de N mineral. No experimento 2 foram instaladas câmaras coletoras no solo, nas linhas de plantio, que receberam aplicações de 0, 20, 40, e 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de uréia, 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de composto orgânico e 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de uréia revestida com polímeros, para avaliar a volatilização de N-NH₃. Para avaliar a taxa de mineralização foi realizada uma incubação em laboratório durante 141 dias com as amostras coletadas na camada de 0-20 cm de um solo Argissolo Vermelho com histórico de cultivo de videiras. Ao serem incubados, os solos receberam a adição de composto orgânico, uréia revestida com polímeros e uréia, na dose de 40 Kg ha⁻¹, para todos os tratamentos. Amostras de uma área de campo nativo foram coletadas e utilizadas como referência. As concentrações de N mineral na solução percolada, especialmente ao longo do estágio de brotação das videiras, aumentaram com a dose do fertilizante mineral aplicado no início deste período. Os fluxos e perdas de N-NH₃ do solo para a atmosfera em áreas cultivadas com videira aumentaram com a dose de N mineral aplicado. A aplicação de uréia revestida com polímeros e a aplicação de composto orgânico promoveram as menores perdas de N-NH₃ por volatilização. No solo de vinhedo submetido à aplicação de uréia revestida com polímeros e uréia na superfície do solo, a maior mineralização de N aconteceu até os 38 dias de incubação. A liberação de N do composto orgânico aplicado no solo de vinhedo tem um maior sincronismo com a necessidade da videira pelo nutriente, quando comparado à uréia revestida e uréia. As reservas de N total, potencialmente mineralizáveis, dos solos de campo nativo e de vinhedos, são suficientes para suprir a demanda da videira.

Palavras-chave: Nitrogênio mineral, composto orgânico, uréia, *Vitis vinifera*.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Soil Science
Federal University of Santa Maria

NITROGEN FERTILIZATION ON VINE: LOSSES AND MINERALIZATION OF NITROGEN

Author: Felipe Lorensini
Advisor: Carlos Alberto Ceretta
Date: Santa Maria, 29-07-2011

Since 1980, native fields of the Campanha Gaúcha from Rio Grande do Sul State (RS) have been incorporated into the grape production. In this region, vines has been cultivated under sandy soils with low organic matter content; therefore they have a low nitrogen (N) supply capacity and inputs of N through organic or mineral sources are necessary. Although, some N may be lose by volatilization or leaching. In addition, the amount of N mineralized along the plant's cycle is unknown. The objective was to evaluate N loses by volatilization and leaching, such as to quantify the N mineralization rates in soils cultivated with vines and fertilized with different sources of N. In order to evaluate the loses, two experiments were carried out in Cabernet Sauvignon vines in Rosário do Sul (RS). The experiment 1 consisted on the installation of lysimeters on the rows and application of 0, 40, 80 and 120 kg N ha⁻¹, as urea, to collect and analyze the mineral N leached. On the experiment 2, urea was applied in amounts of 0, 20, 40, and 80 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Also, application of 40 kg N ha⁻¹ year⁻¹ of organic compost and 40 kg N ha⁻¹ year⁻¹ as polymer coated urea were used to evaluate the N volatilization as N-NH₃. To evaluate the mineralization rates, incubations were carried out at the laboratory during 141 days, using Sandy Typic Hapludalf soils, collected from 0-20 cm layer. In the moment of incubation, an amount of 40 Kg N ha⁻¹ of organic compost, polymer coated urea and urea were added on the soils. One sample was collected from a native field as reference treatment. Mineral N concentration in the leached solution, especially along the vine sprouting, increased according to the fertilizers rates applied on the sprouting beginning. The fluxes and loses of N-NH₃ from vine soils to the atmosphere had increased according to the mineral N rate. Polymer coated urea and organic compost showed the lowest loses of N-NH₃ by volatilization. A higher mineralization was observed up to the 38th day of incubation when polymer coated urea and urea was distributed on soil surface. The N releasing of compost applied on vine soils has a better synchronism to the plant requirements, comparing to polymer coated urea or urea. The N storage in the soil, which may be mineralized of native or vine fields, is able to supply the vine requirements.

Keywords: mineral nitrogen, organic compost, urea, *Vitis vinifera*.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Caracterização do composto orgânico aplicado nos anos de 2008, 2009 e 2010.	20
--	----

ARTIGO II

Tabela 1- Atributos do solo Argissolo Vermelho sob campo natural e cultivado com videira.	36
--	----

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1. Concentração de N-NO_3^- (a) e N-NH_4^+ (b) na solução coletada em lisímetros, na profundidade de 20 cm, com a aplicação de 0, 40, 80 e 120 kg de N ha^{-1} , no início da brotação das videiras.....23
- Figura 2. Teor de N mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) no solo, na camada de 20 cm, depois da colheita da uva, em solo submetido à aplicação de doses de fertilizante nitrogenado mineral.....24
- Figura 3. Fluxo de emissão de N-NH_3 ($\text{mg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$) (a) e perdas de N-NH_3 (kg ha^{-1}) (b), em solo submetido a aplicação de fertilizante nitrogenado mineral e cultivado com videira.....26
- Figura 4. Fluxo de emissão de N-NH_3 ($\text{mg ha}^{-1} \text{h}^{-1}$) (a) e perdas de N-NH_3 (kg ha^{-1}) (b), em solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio e cultivado com videira.27

ARTIGO II

- Figura 1. Teores de N-NH_4^+ (a) e N-NO_3^- (mg kg^{-1}) (b) durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.41
- Figura 2. Mineralização líquida (mg kg^{-1}) durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.42
- Figura 3. Nitrogênio mineralizado em relação ao total (%), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.....43
- Figura 4. Nitrogênio mineralizado acumulado durante a incubação de solo submetido à aplicação de fontes de nitrogênio.44
- Figura 5. Curvas de N mineralizado acumulado, ajustadas pelo modelo de Stanford & Smith(1972), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.....45
- Figura 6. Variação líquida de N inorgânico (Nm) e quantidade de N potencialmente mineralizável disponível à mineralização ($\text{No} - \text{Nm}$), com o ajuste dos dados ao modelo exponencial simples (Stanford & Smith, 1972), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.....47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. ARTIGO I – LIXIVIAÇÃO E VOLATILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO EM ARGISSOLO CULTIVADO COM VIDEIRA E SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA	15
2.1. RESUMO.....	15
2.2. ABSTRACT	15
2.3. INTRODUÇÃO	16
2.4. MATERIAL E MÉTODOS	18
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
2.6. CONCLUSÃO.....	29
2.7. REFERÊNCIAS	29
3. ARTIGO II – MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE FONTES MINERAIS E ORGÂNICA APLICADAS NA SUPERFÍCIE DE UM SOLO CULTIVADO COM VINHEDO	33
3.1. RESUMO.....	33
3.2. ABSTRACT	33
3.3. INTRODUÇÃO	34
3.4. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.6. CONCLUSÃO.....	48
3.7. REFERÊNCIAS	48
4. DISCUSSÃO	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
6. ANEXOS	57

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Rio Grande do Sul (RS), localizado na Região Sul do Brasil, possui a maior área cultivada com a videira do país. Os vinhedos são localizados em cerca de 13 mil propriedades, na sua maioria com mão-de-obra familiar, que ocupam, aproximadamente, 50,5 mil hectares, sendo a uva produzida usada para a elaboração de 95% do vinho nacional (MELLO, 2010). No Estado, a Serra Gaúcha é a maior e mais importante região vitivinícola, porém a partir da década de 70, os solos sob campo natural da Campanha Gaúcha, localizada no Sudeste do RS foram incorporados ao sistema de produção de uvas. Esses solos, na sua maioria, apresentam textura arenosa e baixo ou médio teor de matéria orgânica, lhes conferindo baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N) (BRUNETTO et al., 2008). Com isso, se espera teores insuficientes (<0,4 %) ou abaixo do normal (0,4-0,65 %) (CQFS-RS/SC, 2004) de N na folha completa ou pecíolo e, por isso, torna-se necessário a aplicação de fontes de fertilizantes minerais e/ou orgânicas.

A videira absorve o N da solução do solo na forma mineral, como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). Depois de absorvido, parte do N é incorporado às estruturas carbonadas e redistribuído para os pontos de crescimento (GLAD et al., 1994). A outra parte é acumulada na forma de compostos nitrogenados de baixo peso molecular, nos órgãos perenes, especialmente nas raízes (ZAPATA et al., 2004; BRUNETTO et al., 2005), sendo mobilizadas e redistribuídas para os órgãos anuais no crescimento do próximo ciclo vegetativo (CONRADIE, 1990). Assim, a quantidade de N absorvido deve suprir a necessidade fisiológica e a formação de reservas nitrogenadas remobilizáveis.

Diferentemente das plantas anuais a videira possui uma absorção gradual de nutrientes, embora apresente um período de maior demanda nos estádios fenológicos de início da brotação, brotação, floração, e crescimento das bagas. Desta forma a manejo da adubação nitrogenada deve ser realizado de maneira que atenda a demanda da videira durante este período (CONRADIE, 1980; PEACOCK et al., 1989).

Na região da Campanha em função do baixo teor de MO do solo e com isso a premissa da baixa capacidade de fornecimento de N pelo solo, o produtores de maneira geral tem utilizado dose de $40 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, normalmente são aplicadas anualmente na superfície do solo, sem incorporação, para evitar o dano mecânico às raízes das plantas e, por conseqüência, a ocorrência de doenças fúngicas; em faixas e na linha de plantio, o que coincide com a projeção da copa das videiras (CQFS-RS/SC, 2004). No entanto, ao longo dos anos se tem verificado, usando uréia enriquecidas com ^{15}N , o que permite o rastreamento do

destino do N aplicado no solo e na planta, que as videiras aproveitam pequena quantidade de N do fertilizante aplicado (BRUNETTO et al., 2006a; BRUNETTO et al., 2006b; BRUNETTO, 2008).

Foram formuladas para presente trabalho três hipóteses para explicar a baixa recuperação do N do fertilizante pela videira.

O solo arenoso propicia a percolação de N para profundidades fora do alcance do sistema radicular. Este fenômeno é comum em pomares de frutíferas (TAGLIAVINI et al., 1996; VENTURA et al., 2005) e provável em vinhedos (PEACOCK et al., 1989; BARLOW et al., 2009). Isso pode acontecer porque o N-NO_3^- forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas reativas do solo, onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido e, com isso, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas do solo é pequena (YU, 1997). Porém, a quantidade de N lixiviado é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, do tipo de solo e do volume de precipitação (NIELSEN et al., 1982).

Ocorrem perdas excessivas de N por volatilização já que os fertilizantes nitrogenados são aplicados em superfície. Depois da aplicação de fontes de fertilizantes nitrogenados, como as minerais (ex.: uréia), na superfície do solo, elas são rapidamente hidrolisadas pelas enzimas extracelulares urease, produzidas por microrganismos, como as bactérias, os actinomicetos e os fungos do solo. Com isso, é formado carbonato de amônio $(\text{NH}_4^+)_2\text{CO}_3$ que não é estável e se desdobra em amônia (N-NH₃), CO₂ e água (CANTARELLA et al., 2007). Assim, a N-NH₃ é emitida na forma de gás para a atmosfera, especialmente, em maior intensidade logo depois da aplicação do fertilizante (AL-KANANI et al., 1991; SENGIK & KIEHL, 1995; SANGOI et al., 2003). No entanto, a quantidade de N-NH₃ volatilizada é dependente, especialmente, das condições climáticas, como a velocidade do vento, da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação; e de atributos do solo, como a capacidade de troca cations, a umidade, a temperatura, a quantidade de matéria orgânica, o potencial de nitrificação, dos valores de pH e das concentração de N-NH₄⁺ na solução do solo (SENGIK et al., 2001; ROCHETTE et al., 2008).

As taxas de mineralização do solo aliado a absorção contínua de N do solo pela videira suprem as necessidades das videiras, o quê diminui a quantidade de N recuperada do fertilizante e aumenta a possibilidade de perdas. Pois tem sido uma pratica freqüente a manutenção do campo nativo, composto por uma grande variedades de espécies, muitas destas leguminosas, nas entrelinhas dos vinhedos sendo submetido a roçadas sucessivas durante todo ciclo da videira e o dessecamento nas linhas de plantio. Os resíduos culturais de

plantas de cobertura, nas linhas e/ou entrelinhas das videiras, podem representar uma importante fonte de nutrientes para o solo, especialmente de N, durante o ciclo vegetativo e produtivo das plantas (PATRICK et al., 2004). Há trabalhos mostrando que a recuperação do N do fertilizante pela videira é pequena, e isso pode estar associado à absorção deste proveniente da matéria orgânica do solo e dos resíduos vegetais em decomposição (BRUNETTO, 2004; BRUNETTO et al., 2006b), principalmente em solos onde são mantidas as plantas de cobertura, as quais de maneira contínua fornecem matéria prima para o processo de mineralização.

Como estratégia para minimizar a transferência de N-NO_3^- via lixiviação no perfil do solo e de N-NH_3 pela volatilização para a atmosfera e, aumentar o sincronismo entre a liberação de N do fertilizante e a sua absorção pela planta, o que aumenta o seu aproveitamento, têm sido usado, alternativamente ao fertilizante nitrogenado mineral, geralmente a uréia, fontes de N orgânicas com liberação mais lenta do nutriente, como os compostos orgânicos e fertilizantes nitrogenados minerais revestidos, como a uréia revestida (ALMEIDA et al., 2005; AZEVEDO et al., 2009).

Atualmente, no Brasil são escassas ou inexistentes as informações sobre a transferência de N via lixiviação e volatilização, bem como informações sobre a capacidade de fornecimento de N pelo solo em vinhedos em solos com textura arenosa cultivados com videiras e submetidos à aplicação de fontes de N aplicadas na superfície do solo.

Os objetivos do presente trabalho foram (a) avaliar as transferências do N por lixiviação e volatilização em um Argissolo submetido à aplicação de doses de fertilizante nitrogenado mineral e cultivado com videira e (b) determinar a capacidade de fornecimento de N do solo e dos fertilizantes orgânicos e minerais e verificar se as taxas suprem e estão em sincronismo com as necessidades das videiras, afim de melhor entender a baixa recuperação do N aplicado pelos produtores.

2. ARTIGO I – LIXIVIAÇÃO E VOLATILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO EM ARGISSOLO CULTIVADO COM Videira E SUBMETIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA¹

2.1. RESUMO

As videiras cultivadas em solos com textura arenosa, com baixo ou médio teor de matéria orgânica, normalmente são submetidos à adubação nitrogenada, mas parte do N pode ser perdido por volatilização ou lixiviação. O trabalho objetivou avaliar as perdas de N por volatilização e lixiviação em solo cultivado com videira e submetido à adubação nitrogenada. Foram instalados dois experimentos em um vinhedo comercial de Cabernet Sauvignon, em Rosário do Sul (RS), Brasil. No experimento 1, foram instalados lisímetros na linha de plantio das videiras que receberam doses de 0, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia e durante o período de agosto a dezembro de 2009 foi coletada solução para a análise da concentração de N mineral. No experimento 2, em agosto de 2010 foram instaladas câmeras coletoras no solo da linha de plantio que recebeu a aplicação de 0, 20, 40, e 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia, 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de composto orgânico e 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ de uréia revestida com polímeros, para avaliar a volatilização de N-NH₃ do momento da aplicação até 80 horas depois da aplicação. As concentrações de N mineral na solução percolada, especialmente ao longo da brotação das videiras, aumentaram com a dose do fertilizante mineral aplicado no início da brotação. Os fluxos e perdas de N-NH₃ do solo cultivado com videira para a atmosfera aumentaram com a dose de N mineral aplicado, especialmente, depois de 44 horas da sua aplicação e a aplicação de uréia revestida com polímeros e composto orgânico até 80 horas depois da sua aplicação promoveram as menores perdas de N-NH₃ por volatilização.

Palavras-chave: Perdas de nitrogênio, nitrato, amônia, *Vitis vinifera*.

2.2. ABSTRACT

Lixiviation and volatilization of nitrogen in Sandy Typic Hapludalf soil cultivated with grapevine and submitted to the nitrogen fertilization

¹ Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Ciência Rural.

Grapevines cultivated in soils with sandy texture, with low or medium content of organic matter are submitted the N fertilization, but part of the N can be lost for volatilization or lixiviation. Two experiments were carried to evaluate the N losses for volatilization or lixiviation in vineyard of Cabernet Sauvignon grapevines submitted the N fertilization, at Sandy Typic Hapludalf soil in Southern Brazil, Rosario do Sul city. In the experiment 1, the treatments were 0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ N in the urea form and in the soil solution collected of lysimeter during the cycle of the grapevines was analyzed the N concentration. In the experiment 2, the treatments were 0, 20, 40, and 80 kg ha⁻¹ N in the urea form, 40 kg ha⁻¹ N in the composed organic form and 40 kg ha⁻¹ N in the urea covered with polymeric form and ammonia volatilization were evaluate until 80 hours after the N fertilization. The N concentration in the soil solution, especially during grapevine sprouting, increase with the rate of urea applied in the beginning of the sprouting. The flow and losses of ammonia of the soil cultivated with grapevine for the atmosphere increase with the rate of urea, especially, after 44 hours of your application and the urea covered with polymeric and composed organic until 80 hours after your application promoted the smallest losses of ammonia for volatilization.

Key words: nitrogen, nitrate, ammonia, *Vitis vinifera*.

2.3. INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior área cultivada com videira encontra-se no Rio Grande do Sul (RS). Nesse Estado existe cerca de 13.000 propriedades, na sua maioria com mão-de-obra familiar, que ocupam, aproximadamente, 50.500 hectares, sendo responsável por 95% da elaboração do vinho nacional (MELLO, 2010). No RS, a partir da década de 80, os solos sob campo natural da Campanha Gaúcha, localizada no Sudeste do estado e próxima ao Uruguai foram incorporados ao sistema de produção de uvas. Os solos, na sua maioria, apresentam textura arenosa, baixo ou médio teor de matéria orgânica e, conseqüentemente uma baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N) (BRUNETTO, 2008). Com isso, se espera que o teor de N na folha completa seja abaixo do normal (<16 g kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2004), tornando-se necessária a aplicação de fertilizantes nitrogenados.

O N, normalmente é aplicado na superfície do solo, na linha de plantio, em faixas que coincidem com a projeção da copa das videiras e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2004). Entretanto, tem-se observado, usando uréia enriquecida com isótopos de ¹⁵N, que as videiras aproveitam pequena quantidade de N do fertilizante aplicado (BRUNETTO et al., 2006a;

BRUNETTO et al., 2006b; BRUNETTO, 2008). Isso tem sido atribuído em parte a lixiviação de N do fertilizante no perfil do solo na forma de nitrato (N-NO_3^-), fenômeno comum em pomares de frutíferas (TAGLIAVINI et al., 1996; VENTURA et al., 2005) e provável em vinhedos (PEACOCK et al., 1989, 1991; BARLOW et al., 2009). Isso pode acontecer porque o N-NO_3^- forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas reativas do solo, onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido e, com isso, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas é pequena (YU, 1997). Porém, a quantidade de N lixiviada é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, do tipo de solo e do volume de precipitação (NIELSEN et al., 1982).

O pequeno aproveitamento pela videira do N aplicado também pode estar associado à transferência do nutriente do solo para a atmosfera. Depois da aplicação de fontes de fertilizantes nitrogenados, como as minerais (ex.: uréia), na superfície do solo, elas são rapidamente hidrolisadas pelas enzimas extracelulares ureases, produzidas por microrganismos, como as bactérias, os actinomicetos e os fungos do solo. Com isso é formado carbonato de amônio $(\text{NH}_4^+)_2\text{CO}_3$ que não é estável e se desdobra em amônia (N-NH_3), CO_2 e água (CANTARELLA et al., 2007). Assim, a N-NH_3 é emitida na forma de gás para a atmosfera, especialmente, em maior intensidade logo depois da aplicação do fertilizante (AL-KANANI et al., 1991; SENGIK & KIEHL, 1995b; SANGOI et al., 2003). No entanto, a quantidade de N-NH_3 volatilizada é dependente, especialmente, das condições climáticas, como a velocidade do vento, da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação; e de atributos do solo, como a capacidade de troca cations, a umidade, a temperatura, a quantidade de matéria orgânica, o potencial de nitrificação, dos valores de pH e das concentração de N-NH_4^+ na solução do solo (SENGIK et al., 2001; ROCHETTE et al., 2008).

Como estratégia para minimizar a transferência de N-NO_3^- via lixiviação no perfil do solo e de N-NH_3 pela volatilização tem sido utilizadas fontes orgânicas com liberação mais lenta de N, como os compostos orgânicos e fertilizantes nitrogenados minerais revestidos, como a uréia revestida, a partir dos quais é talvez seja possível aumentar o sincronismo entre a liberação de N do fertilizante e a sua absorção pela planta, quando comparado com o uso de uréia (ALMEIDA ET AL., 2005; AZEVEDO ET AL., 2009). Os compostos orgânicos podem ser obtidos pela compostagem aeróbica de resíduos orgânicos, como as borras de suco, a serragem, entre outros resíduos do processo de vinificação (BERTRAN et al., 2004). Já os fertilizantes minerais revestidos podem ser protegidos com alguns materiais, como os polímeros, onde é criada uma barreira física ao redor do grânulo do fertilizante, o que pode

diminuir a velocidade de liberação do N, comparativamente aos fertilizantes não revestidos (MORGAN et al., 2009).

Os objetivos do trabalho foram de (a) avaliar a lixiviação de N mineral no perfil do solo submetido à aplicação de doses de fertilizante nitrogenado mineral e cultivado com videira e (b) a volatilização de N-NH₃ em solo adubado com fontes de N e cultivados com a videira.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

Localização dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos em um vinhedo comercial de viníferas, localizado no município de Rosário do Sul (RS), região da Campanha Gaúcha Central (Latitude 30°15' 26.75"S; Longitude 54°58'43.72"W). O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa 2, conforme a classificação de KOTTEK et al. (2006). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 2006) e na camada de 0-20 cm, antes da implantação dos experimentos, apresentava os seguintes atributos: argila 70 g kg⁻¹; matéria orgânica 10 g kg⁻¹; pH em água 5,3; Índice SMP 6,4; Al trocável 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca trocável 0,9 cmol_c dm⁻³ (extraído por KCl 1 mol L⁻¹); Mg trocável 0,6 cmol_c dm⁻³ (extraído por KCl 1 mol L⁻¹); P disponível 30 mg dm⁻³ (extraído por Mehlich 1) e K trocável 48 mg dm⁻³ (extraído por Mehlich 1). A cultivar foi a Cabernet Sauvignon, enxertada sobre porta-enxerto SO₄, plantada na densidade de 3.704 plantas por hectare (1,0 m entre plantas e 2,7 m entre linhas) e conduzidas em sistema de condução espaldeira.

Experimento 1 - Lixiviação de nitrogênio mineral no perfil do solo da linha de plantio de videiras submetidas à adubação com fertilizante nitrogenado mineral

No experimento 1 foram avaliadas as perdas por lixiviação de N mineral no perfil do solo da linha de plantio de videiras submetidas à adubação com fertilizante nitrogenado mineral. Para isso, em agosto de 2008 e 2009, durante a brotação, as videiras foram submetidas à aplicação de 0, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, totalizando ao longo de dois anos 0, 80, 160 e 240 kg de N ha⁻¹. O N foi aplicado manualmente, na forma de uréia (45% de

N), na superfície do solo, sem incorporação e em faixas de 0,5 m de largura na projeção da copa, a partir do caule. Logo depois da aplicação do N, a faixa onde o nutriente foi aplicado foi submetida à aplicação de herbicida Glifosato, para evitar a incidência de plantas daninhas. O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela formada por cinco plantas.

Em agosto de 2009, foram instalados lisímetros nas três plantas centrais de cada parcela, em todos os tratamentos, na profundidade de 20 cm, na linha de plantio das videiras, onde anualmente o N foi aplicado, distantes, aproximadamente, 25 cm do caule de cada planta. Em 01/09/2009, 07/09/2009, 11/09/2009, 04/10/2009, 09/10/2009, 21/10/2009, 29/10/2009, 07/11/2009, 16/12/2009, 20/12/2009 e 24/12/2009, o que corresponde aos eventos ocorridos a 10, 16, 20, 43, 48, 60, 68, 77, 116, 120 e 124 dias após a aplicação do fertilizante respectivamente, foi aplicado vácuo (25 kgf), usando uma bomba manual e a solução retida no interior dos lisímetros foi retirada com o auxílio de uma seringa acoplada a uma mangueira. Em seguida, as amostras de solução foram armazenadas em potes plásticos com capacidade de 300 mL e mantidas em freezer a 4 °C. Posteriormente no laboratório, na solução coletada em cada repetição foi determinado os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , seguindo a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), descrita resumidamente: 20 mL da solução foram adicionados em tubos de destilação com capacidade de 100 mL. Em seguida, foi adicionado 0,2 g de MgO e imediatamente conectado no destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, para a destilação de N-NH_4^+ até recolher 35 mL de destilado, em 5 mL de indicador ácido bórico. Logo depois, esse extrato foi titulado com H_2SO_4 0,0125 mol L⁻¹. Posteriormente, a amostra foi resfriada e adicionada 0,2 g de liga de Devarda sendo o tubo novamente acoplado ao destilador, para destilação do N-NO_3^- , como descrito logo acima para a determinação de N-NH_4^+ .

Os dados de precipitação foram obtidos através de um pluviômetro instalado nas proximidades da área experimental, onde eram realizadas leituras diárias.

Em março de 2010, logo após a colheita da uva, foi realizada a coleta do solo na camada de 0-20 cm, na linha de plantio ao lado das três plantas centrais de cada parcela distantes, aproximadamente, 25 cm do caule de cada planta. Em seguida, o solo foi colocado em sacos plásticos, armazenado em caixas de isopor com gelo com temperatura de, aproximadamente, 4°C e conduzidos ao laboratório, onde foi preparado e submetido a análise de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , seguindo metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), descrita resumidamente: 20 g de solo úmido (umidade que o solo continha no momento da coleta) foi adicionada em vidro “snap-cap” de 100 mL. Em seguida, foi adicionado 80 mL da solução

KCl 1 mol L⁻¹ e submetidos a agitação em agitador horizontal por 30 minutos. Posteriormente, as amostras permaneceram em repouso por 30 minutos, sendo então retirada uma alíquota de 20 mL para a determinação dos teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, seguindo a mesma metodologia descrita para determinação de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ da água. Parte da amostra de cada solo foi utilizada para a determinação do teor de umidade, com isso os teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ foram calculados em mg de N por kg⁻¹ de solo seco.

Experimento 2 - Volatilização de amônia na linha de plantio de videiras submetidas à aplicação de fontes de nitrogênio

No experimento 2 foi realizado trabalho sobre a volatilização de amônia na linha de plantio de videiras submetidas à aplicação de fontes de nitrogênio. Para isso, em agosto de 2010, nos tratamentos onde foram aplicadas as doses de 0, 20, 40, e 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de uréia, do experimento 1, e mais em dois tratamentos: 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de composto orgânico (produzido com resíduos do processo de vinificação) (Tabela 1) e 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia revestida com polímeros (fornecida pela Embrapa) foram instaladas câmaras coletoras de N-NH₃ do tipo semi-aberta (NÔMMIK, 1973). O N na forma de uréia, dos tratamentos com aplicação de 0, 20, 40 e 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e com 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de composto orgânico foram aplicados nos meses de agosto de 2008, 2009 e 2010, o que coincidiu com a brotação das videiras. O N na forma de uréia revestida foi aplicado somente em agosto de 2010. O procedimento de aplicação de N foi o mesmo descrito no experimento 1. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela formada por cinco plantas.

Tabela 1. Caracterização do composto orgânico aplicado nos meses de agosto de 2008, 2009 e 2010.

Atributo	Valor
Matéria seca, % ⁽¹⁾	84,1
pH em água ⁽¹⁾	9,0
N-total, % ⁽¹⁾	1,9
N-NH ₄ ⁺ , % ⁽²⁾	0,40
N-NO ₃ ⁻ , % ⁽²⁾	0,46
P-total, % ⁽¹⁾	0,26
K-total, % ⁽¹⁾	3,2
Ca-total, % ⁽¹⁾	2,5
Mg-total, % ⁽¹⁾	0,2
C-total % ⁽¹⁾	19,9
Relação C/N	10,5

⁽¹⁾Determinado segundo Tedesco et al. (2005); ⁽²⁾ extraído com KCl 1 mo L⁻¹ (Tedesco et al., 2005).

As câmaras coletoras de N-NH₃ foram instaladas na faixa de aplicação das fontes de N, distantes, 35 cm das plantas. Elas foram construídas a partir de tubo de PVC (cloropolivinil) de 300 mm de diâmetro e 400 mm de altura. Cada câmara foi assentada em uma base de PVC com 298 mm de diâmetro e 50 mm de altura, que foi introduzida no solo até uma profundidade de 30 mm. Na superfície dos tubos foi acoplada uma tampa protetora, para impedir a incidência de raios solares no interior da câmara, bem como possíveis precipitações durante a coleta. Em cada câmara coletora foram colocados, sobre as estruturas metálicas, dois discos de espuma (tipo comercial) de 15 mm de espessura e com densidade de 28, saturadas com uma solução contendo 5% de H₃PO₄ e 4% de glicerina. O primeiro disco de espuma foi instalado a uma altura de 150 mm do solo, para a captura do N-NH₃ volatilizado a partir do solo e o segundo disco a 300 mm de altura, para captar o N-NH₃ proveniente da atmosfera, impedindo a contaminação da esponja no primeiro disco.

Em agosto de 2010, após o período de 4, 8, 20, 32, 44, 56, 68 e 80 horas da aplicação das fontes de N, os discos de espuma foram coletados e submetidos a dez lavagens sucessivas com a solução de KCl 1 mol L⁻¹ para a extração do fosfato de amônio, sendo o volume final ajustado para 1000 mL, com a mesma solução de KCl 1 mol L⁻¹. Posteriormente, em laboratório uma alíquota de 20 mL de cada amostra foi colocada em um frasco de destilação e adicionado 0,2 g de MgO e, em seguida, acoplado ao destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, para a destilação de N-NH₄⁺ até o recolhimento de 35 mL de destilado, em 5 mL de indicador ácido bórico. Posteriormente, o extrato coletado foi titulado com H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹.

Os dados horários de temperatura e umidade do ar foram obtidos de uma estação meteorológica automática localizado próximo a área experimental.

Análise estatística

Na análise dos resultados, a falta de “independência” entre as observações ao longo do período de avaliação inviabiliza uma análise de regressão dos dados de transferências de N por lixiviação e volatilização. Além disso, a impossibilidade de se controlar experimentalmente algumas variáveis tais como o volume e o intervalo das precipitações implica na não satisfação de todos os pressupostos da análise de variância. Por isso, se optou por apresentar as médias dos resultados obtidos nos dois experimentos com seus respectivos desvios padrões, conforme adotado por BASSO et al. (2005).

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1 - Lixiviação de nitrogênio mineral no perfil do solo da linha de plantio de videiras submetidas à adubação com fertilizante nitrogenado mineral

No experimento 1, as maiores concentrações de N-NO_3^- na solução coletada na profundidade de 20 cm na linha de plantio das videiras tenderam a ser encontradas na dose de 120 kg de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, especialmente, entre 20 e 77 dias após a aplicação dos fertilizantes (Figura 1a). Nesse mesmo período, as concentrações de N-NO_3^- encontradas na solução da dose 80 kg de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ tenderam a ser menores que as encontradas na dose de 120 kg de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, porém foram maiores que as obtidas na dose de 40 kg de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Com base nesses dados, se pode inferir que a lixiviação de N-NO_3^- tende a aumentar com o aumento da dose do fertilizante mineral aplicado na superfície do solo. Também, essas maiores transferências de N-NO_3^- no perfil do solo observadas entre 20 e 77 dias aconteceram ao longo da brotação das videiras, antecedendo o início do florescimento, quando da aplicação do fertilizante nitrogenado mineral no início da brotação. Com isso, se pode inferir que parte do N aplicado via fertilizante mineral provavelmente será aproveitado em menor quantidade pelas videiras, uma vez que, parte do N, na forma de N-NO_3^- foi encontrada na profundidade de 20 cm e, em geral, para a maioria das cultivares e porta-enxertos, a maior parte das raízes finais responsáveis pela absorção de água e também nutrientes, entre eles o N são localizadas em camadas mais superficiais do solo, normalmente, na camada de 0-10 cm (SOARES & NASCIMENTO, 1998). Essa pode ser uma das possíveis explicações para o pequeno aproveitamento pelas viníferas Cabernet Sauvignon do N derivado da uréia, quando aplicada na linha de plantio e sobre a superfície de um solo Argissolo Vermelho, encontrado por BRUNETTO (2008), na região da Campanha Gaúcha do RS.

Do ponto de vista ambiental, os resultados também mostraram que pode haver comprometimento da qualidade da água, porque entre 20 e 60 dias após a aplicação do fertilizante, as concentrações de N-NO_3^- na solução lixiviada no solo, submetido à aplicação de 40, 80 e 120 kg de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram maiores que 10 mg L^{-1} (Figura 1a), considerada a quantidade máxima permitida para classificar as águas como próprias para o consumo humano (Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004). Assim, a água lixiviada nesse período, 20 a 60 dias, nos solos submetidos à aplicação de fertilizante nitrogenado mineral podem

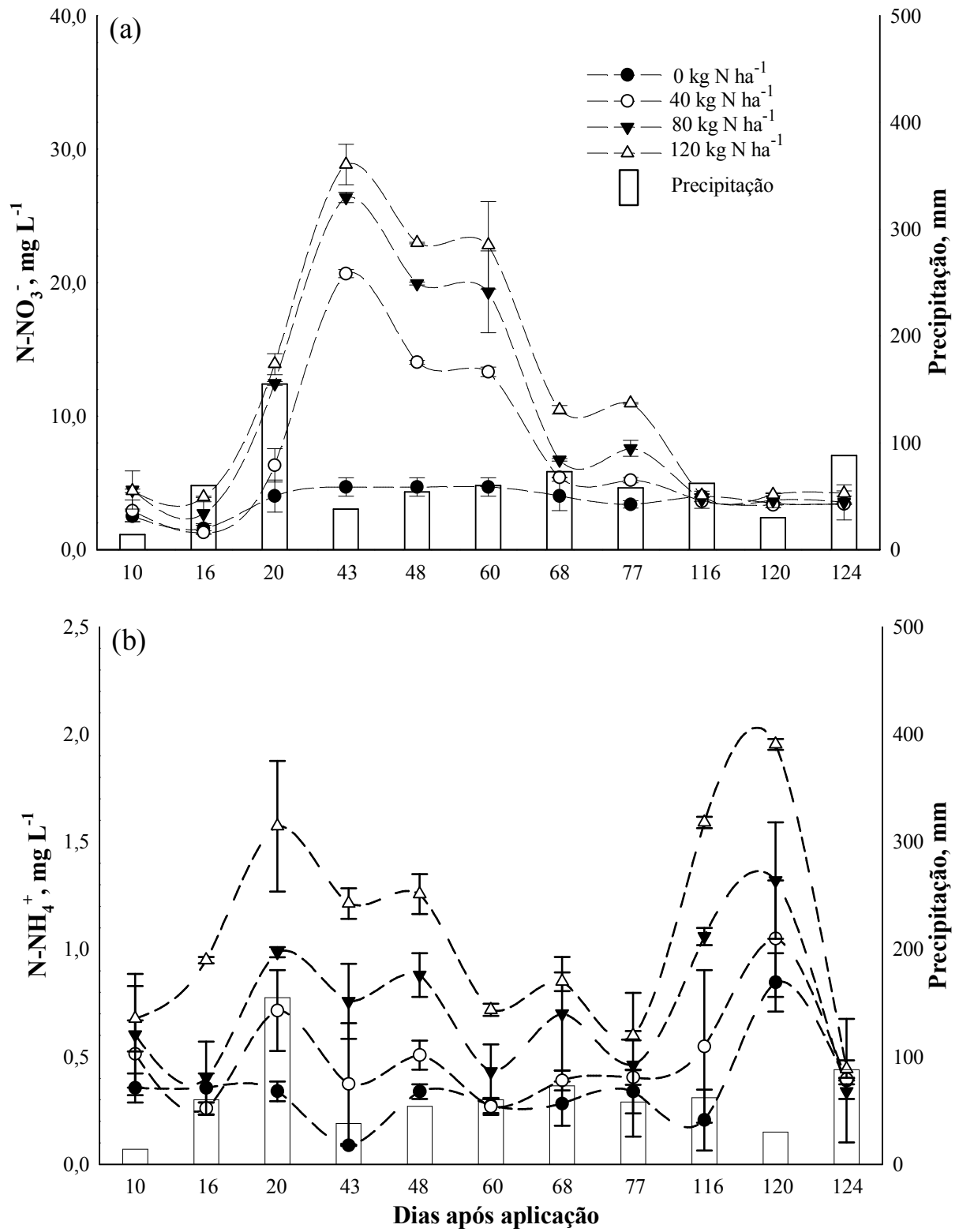


Figura 1. Concentração de N-NO₃⁻ (a) e N-NH₄⁺ (b) na solução coletada em lisímetros, na profundidade de 20 cm, com a aplicação de 0, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹, no início da brotação das videiras.

potencializar a contaminação de águas subsuperficiais, especialmente em solos com textura arenosa, como o Argissolo do presente trabalho cultivado com videira (SCHALLER, 2000; WANG et al., 2010).

Nos eventos ocorridos 116, 120 e 124 dias após a aplicação, a concentração de N-NO_3^- encontrada na solução lixiviada no solo submetido à aplicação das doses de 0, 40, 80 e 120 $\text{kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram similares (Figura 1a). Isso pode ser atribuído a lixiviação de N-NO_3^- no perfil do solo no período anterior, mas também a maior absorção pela videira de formas de N do solo, inclusive o N-NO_3^- , que pode também ser derivado do fertilizante aplicado, uma vez que esse período coincidiu com o florescimento, que é um dos períodos de maior demanda de nutrientes pelas plantas, inclusive o N (VOS et al., 2004; SCHREINER & SCAGEL, 2006). No entanto, convém ressaltar que nesse mesmo período (116, 120 e 124 dias) as concentrações de N-NH_4^+ na solução do solo, mesmo sendo menores que os de N-NO_3^- (Figura 1a), em todos os tratamentos com a aplicação de uréia, tenderam a aumentar (Figura 1b), indicando uma possível maior adsorção de N-NH_4^+ pelos grupos funcionais de partículas reativas do solo e, por conseqüência, menor nitrificação.

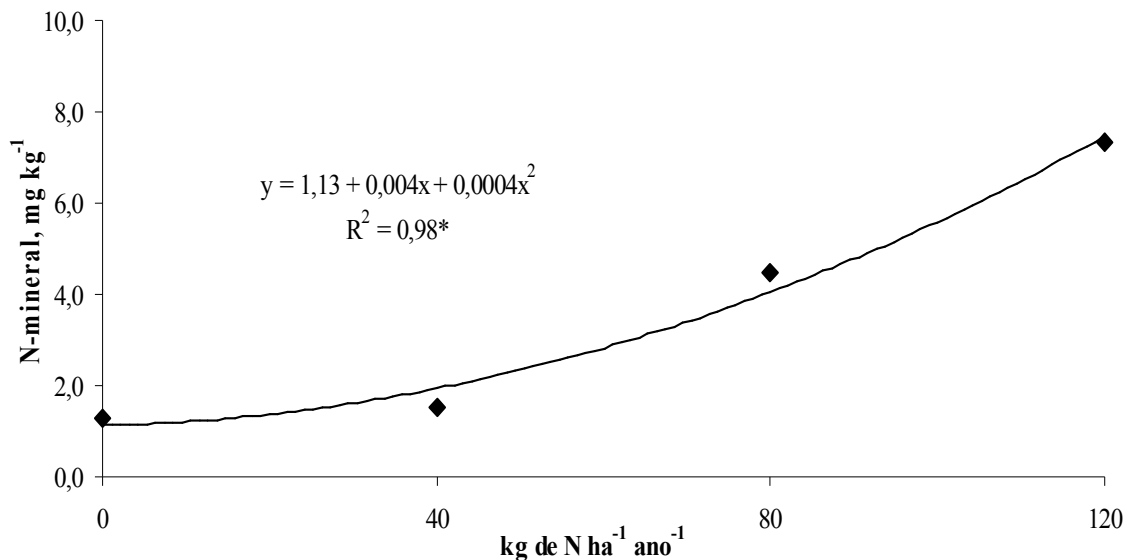


Figura 2. Teor de N mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) no solo, na camada de 20 cm, depois da colheita da uva, em solo submetido à aplicação de doses de fertilizante nitrogenado mineral (* = significativo a 5% de probabilidade de erro).

Em todo período avaliado as maiores concentrações de N-NH_4^+ na solução lixiviada no perfil do solo tenderam a ser encontradas no tratamento 120 $\text{kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 1b),

similar ao observado com a lixiviação de N-NO_3^- (Figura 1a). Nesse período, a concentração de N-NH_4^+ na solução extraída do solo submetido à aplicação de $80 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ tendeu a ser menor que a obtida na dose de $120 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, porém tendenciou a ser maior que as encontradas na solução lixiviada coletada no solo submetido a aplicação de $40 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esses dados mostram que a concentração de N-NH_4^+ na solução tende a aumentar com o aumento da dose de N aplicada, como observado com a concentração de N-NO_3^- . Porém, convém relatar que as concentrações de N-NH_4^+ encontradas na solução em todo período foram menores que as de N-NO_3^- (Figura 1a).

Os teores de N mineral no solo, na camada de 20 cm, na linha de plantio das videiras, logo depois da colheita da uva, aumentaram de forma quadrática com a dose de N aplicada (0, 40, 80 e $120 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) no início da brotação (Figura 2). Essa pode ser uma das explicações para a tendência das maiores concentrações de N-NO_3^- e N-NH_4^+ na solução do solo submetido à aplicação das maiores doses de N. Além disso, convém ressaltar que mesmo depois de 7 meses da aplicação superficial de N, mais as transferências de formas de N no perfil e a possível absorção delas pelas videiras foi possível detectar o incremento do teor de N no solo, causado pela aplicação do nutriente no início da brotação das plantas. No entanto, esse aumento foi pequeno, $1,28 \text{ mg de N kg}^{-1}$ na testemunha e $7,32 \text{ mg de N kg}^{-1}$ no tratamento com aplicação de $120 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, indicando que mesmo com a adição de grandes doses de N, o elemento não tende a permanecer no solo na forma mineral, sendo transferido ou imobilizado pela videira e as plantas que coabitam o vinhedo bem como pelos microrganismos do solo.

Experimento 2 - Volatilização de amônia na linha de plantio de videiras submetidas à aplicação de fontes de nitrogênio

No experimento 2, o fluxo de emissão de N-NH_3 ($\text{mg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) foi similar nas doses 0, 20, 40 e $80 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 4 e 8 horas depois da aplicação do N mineral na superfície do solo (Figura 3a). No entanto, a partir de 20 horas após a aplicação das doses de N, o fluxo de emissão de N-NH_3 tendeu a ser maior na dose de $80 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, comparativamente, a dose 0, 20 e $40 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo em 56, 68 e 80 horas depois da aplicação do N, verificado os maiores picos de emissão, que foram correspondentes a, 211,97; 211,35 e $217,20 \text{ mg de N ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. No período de 44 até 80 horas da aplicação do N, a

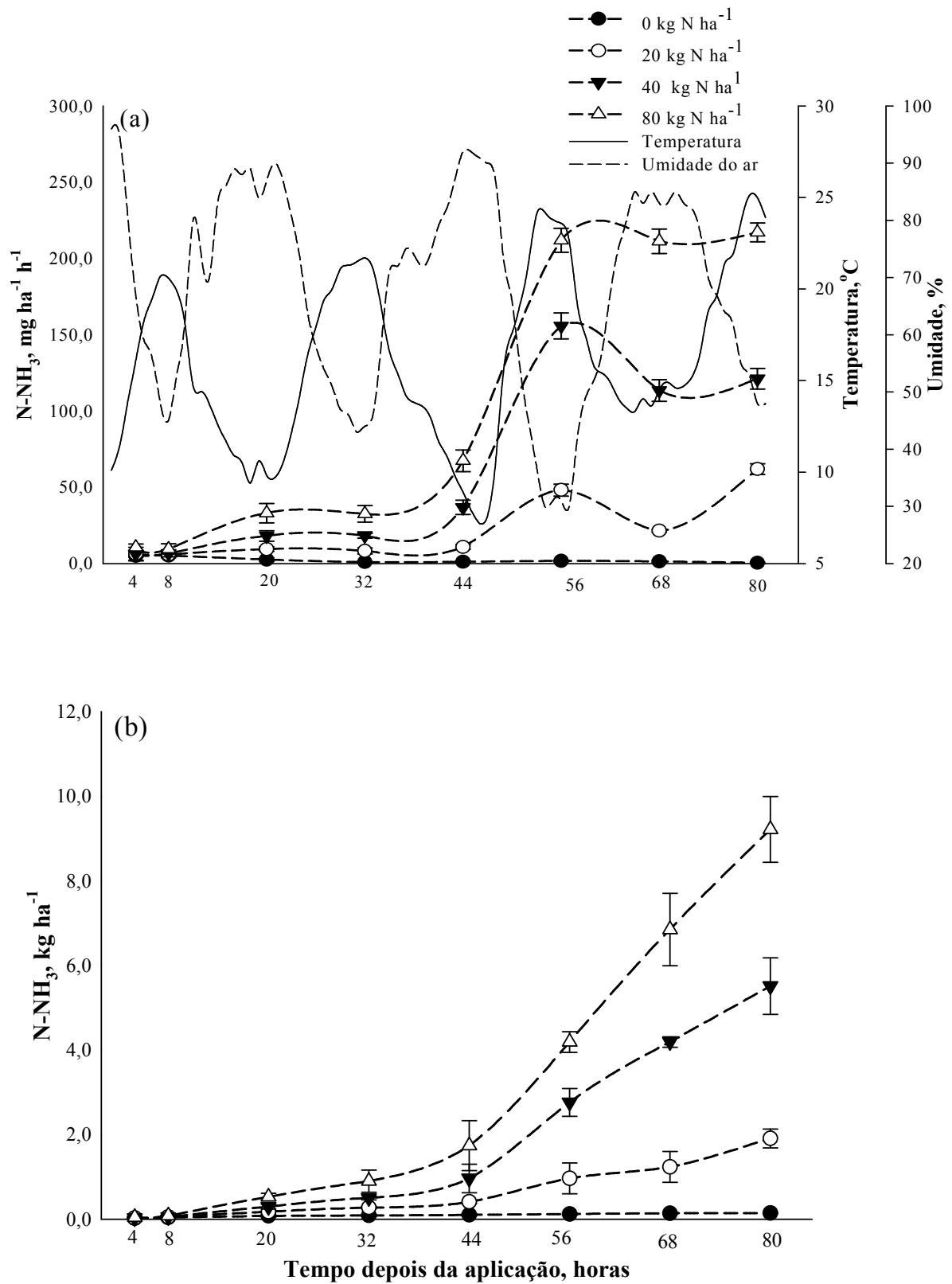


Figura 3. Fluxo de emissão de N-NH₃ (mg ha⁻¹ h⁻¹) (a) e perdas de N-NH₃ (kg ha⁻¹) (b), em solo submetido a aplicação de fertilizante nitrogenado mineral e cultivado com videira.

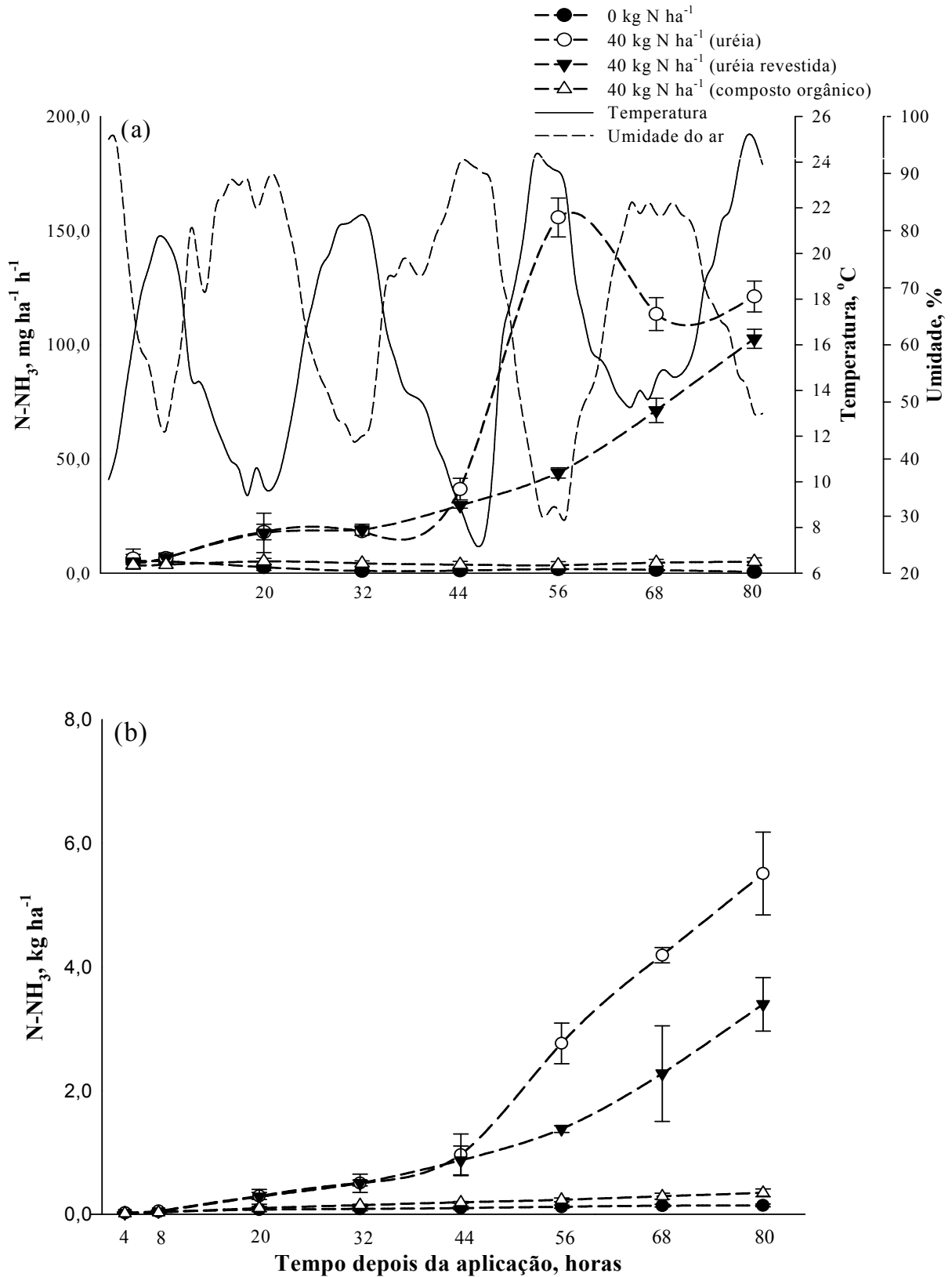


Figura 4. Fluxo de emissão de N-NH₃ (mg ha⁻¹ h⁻¹) (a) e perdas de N-NH₃ (kg ha⁻¹) (b), em solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio e cultivado com videira.

emissão de N-NH₃ na dose de 40 kg de N ha⁻¹ foi menor que a observada na dose de 80 kg de N ha⁻¹, porém maior que a encontrada na dose de 20 kg de N ha⁻¹ (Figura 3b)

A maior emissão de N-NH₃ (217,20 mg ha⁻¹ h⁻¹) do solo para atmosfera, o que se reflete na sua quantidade perdida (kg ha⁻¹), em doses maiores de N aplicadas na superfície do solo, como 80 kg de N ha⁻¹, pode ser atribuído a maior quantidade e sobreposição de grânulos do fertilizante nitrogenado aplicado, comparativamente as menores doses, como 20 e 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Com isso, nas maiores doses de N aplicadas, se espera reações de dissolução com maior elevação do valor de pH do sítio, favorecendo a formação e, por consequência, a emissão de N-NH₃ (VILLAS BOAS et al., 2005). Essa emissão pode colaborar para diminuir o aproveitamento pela videira do N aplicado na forma de fertilizante mineral e sobre a superfície do solo (MATOS JUNIOR et al., 2002; CANTARELLA et al., 2003). De acordo com BRUNETTO (2008), aplicando 21,42 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia marcada com ¹⁵N, durante a brotação de Cabernet Sauvignon, cultivadas em um solo Argissolo Vermelho na mesma região do presente trabalho, as plantas aproveitaram 5,12 kg ha⁻¹ do N aplicado, sendo detectado na camada de 0-40 cm do solo, 3,85 kg ha⁻¹ de N do fertilizante. Assim, a quantidade aproveitada pelas plantas e detectada no solo totalizou 8,97 kg de N ha⁻¹, correspondendo a 41,82% do N aplicado. Os resultados do presente trabalho mostram que parte do N aplicado e não recuperado na parte aérea da planta e no solo pode ter sido perdido para a atmosfera na forma de N-NH₃, ou lixiviado em profundidades que dificultam a absorção pelas raízes.

O fluxo de emissão de N-NH₃, em 4 e 8 horas depois da aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia, uréia revestida e composto orgânico foi similar entre as fontes (Figura 4 a). A partir de 20 horas após a aplicação das fontes de N, o fluxo de emissão de N-NH₃ tendeu a ser maior na fonte uréia e uréia revestida, comparativamente ao composto orgânico, que apresentou emissão de N-NH₃ similar ao tratamento testemunha. Já, no período de 56 até 80 horas após a aplicação das fontes de N, as maiores emissões de N-NH₃ foram encontradas quando da aplicação de uréia. Nesse mesmo período as emissões de N-NH₃ com a aplicação de uréia revestida foram menores que as encontradas no tratamento uréia, porém maiores que as observadas com a aplicação de composto orgânico. Convém destacar que o fluxo de emissão de N-NH₃ com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia revestida com polímeros e composto orgânico é menos sensível às variações de umidade e temperatura do ambiente, comparativamente a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia (Figura 4a).

As maiores perdas acumuladas de N-NH₃ (kg ha⁻¹), depois de 56 horas da aplicação das fontes de N, foram encontradas com a aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia (Figura 4b), comparativamente a aplicação de uréia revestida e composto orgânico. Assim, em 80 horas depois da aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia, uréia revestida e composto orgânico, as perdas acumuladas foram de 5,51; 3,39 e 0,35 kg de N ha⁻¹, respectivamente. Os menores fluxos de emissão de N-NH₃ (mg ha⁻¹ h⁻¹) e, por consequência, as suas perdas (kg ha⁻¹), quando aplicado o N na forma de uréia revestida, pode ser atribuído a difusão mais lenta do N contido no seu grânulo. Isso ocorre porque, o grânulo da uréia é revestido por uma camada de polímeros. Por causa disso, se espera um melhor sincronismo entre a liberação do N contido no grânulo e a absorção do nutriente pela videira, o que pode aumentar o aproveitamento pela planta do N aplicado (BLAYLOCK, 2007; PEREIRA et al., 2009).

As baixas emissões de N-NH₃ no solo submetido à aplicação de 40 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de composto orgânico, comparativamente, a uréia e uréia revestida com polímeros, especialmente, depois de 56 horas da sua aplicação, pode ser explicada pela menor área de contato do composto com a superfície do solo, o que retarda a sua decomposição e, por consequência, a liberação de N (NENDEL et al., 2007), mas a quantidade de N liberada talvez não seja suficiente para suprir a demanda da planta pelo nutriente.

2.6. CONCLUSÃO

A concentração de nitrogênio mineral na solução percolada aumentou com a dose do fertilizante mineral aplicado no início da brotação da videira, especialmente, ao longo da brotação e florescimento, onde foram encontradas as maiores perdas. Os fluxos e perdas de amônia do solo cultivado com videira para a atmosfera aumentaram com a dose de nitrogênio mineral aplicado, especialmente, depois de 44 horas da sua aplicação sobre a superfície do solo, e a aplicação de uréia revestida com polímeros e composto orgânico até 80 dias depois da sua aplicação promoveram as menores perdas de amônia por volatilização, mostrando que sua adição é uma pratica eficiente para evitar perdas por esse processo.

2.7. REFERÊNCIAS

- AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A. F.; BARTHAKUR, N. N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.55, p.1761-1766, 1991.
- AMEIDA, T. R. P. et al. Formação do pomar de tangerina 'Poncã', em função da adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n. 2, 2005.
- AZEVEDO, E. B. et al. Substratos fertilizados com uréia revestida e o crescimento e estado nutricional da muda de citros. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 31, n. 1, p. 129-137, 2009.
- BARLOW, K. et al. Nitrogen concentrations in soil solution and surface run-off on irrigated vineyards in Austrália. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 15, p.131-143, 2009.
- BASSO, C. J. et al. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.34, n. 6, p. 1773-1778, 2004.
- BASSO, C. J. et al. Dejetos líquidos de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.35, n. 6, p. 1305-1312, 2005.
- BASSOI, L. H. et al. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a Coarse texture soil of the São Francisco valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 035-038, abril 2002.
- BERTRAN, E. et al. Composting winery waste: sludges and grape stalks. **Bioresource Technology**, v.95, p. 203-208, 2004.
- BLAYLOCK, A. Novos Fertilizantes Nitrogenados: O Futuro dos Fertilizantes Nitrogenados de Liberação Controlada. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 120, p. 8-10, dez. 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 de março de 2004.
- BRUNETTO, G. et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1299-1304, 2006a.
- BRUNETTO, G. et al. K. Destino do nitrogênio em videiras 'chardonnay' e 'riesling renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 497-500, Dezembro 2006b.

- BRUNETTO, G. 2008. Nitrogênio em videira: Recuperação, acumulação e alterações na produtividade e na composição da uva. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.
- CANTARELLA, H. et al. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, p.215-223, 2003.
- CANTARELLA, H. et al. **Fertilidade do solo: Nitrogênio**, 2 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375- 470.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 374p.
- KOTTEK M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift** , v 15, p. 259-263, 2006.
- MATTOS JUNIOR, D. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Laranja**, v.23, p.263-270, 2002.
- MELLO, R. L. M. Vitivinicultura brasileira: panorama 2009. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2010.(artigo técnico).
- MORGAN, K.T.; SINCLAIR, T.R. Release mechanisms for slow- and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. **Hortechology**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 10-12, 2009.
- NELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W.; WIERENGA, P. J. Nitrogen transport process in soil. In: STEVENSON, P.J., (Ed) Nitrogen in agriculture soils., **American Society of Agronomy**, Madison, p.423-448, 1982.
- NENDEL, C. et al. Nitrogen mineralization from mature bio-waste compost in vineyard soils III Simulation of soil mineral-nitrogen dynamics. **J. Plant Nutrition. Soil Science**. v. 170, p.598–607. 2007.
- NÔMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, v. 39, n.2 p. 309-318, 1973.
- PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; BROADBENT, F. E. Uptake, storage, and utilization of soil-applied nitrogen by Thompson Seedless as affected by time of application. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, p. 16-20, 1989.

- PEREIRA, H. S. et al. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.1685-1694, 2009.
- ROCHETTE, P. et al. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 84, p. 71-80, 2008.
- SANGOI, L. et al.. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.687-692, jul-ago, 2003.
- SCHALLER, K. Intensive Viticulture and its Environmental Impacts; Nitrogen as a Case Study. **Acta Horticulturae**, v. 512, p. 39-46, 2000.
- SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot Noir' vineyard. **HortScience**, Alexandria, v. 41, p. 336-345, 2006.
- SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.455-461, 1995b.
- SENGIK, E. et al. Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com uréia. **Acta scientiarum**, v.23, n.5, p. 1099-1105, 2001.
- SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Distribuição do sistema radicular da videira em vertissolo sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.142-147, 1998.
- TAGLIAVINI, M. et al. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 93-102, 1996.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- VENTURA, M. et al. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.
- VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; GODOY, L. J. G. Nitrogen recovery of urea - Ammonium Sulphate Mixtures by Corn Plants. **Bragantia**, vol.64, n. 2, p.263-272, 2005.
- VOS, R. J.; ZABADAL, T. J.; HANSON, E. J. Effect of nitrogen application timing on N uptake by *Vitis labrusca* in a short-season region. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, p. 246-252, 2004
- WANG L. et al. Effects of alley crop planting on soil and nutrient losses in the citrus orchards of the Three Gorges Region. **Soil & Tillage Research**, v. 110, p. 243-250, 2010
- YU, T.R. **Chemistry of variable charge soils**.NewYork: Oxford University Press, 1997.

3. ARTIGO II – MINERALIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE FONTES MINERAIS E ORGÂNICA APLICADAS NA SUPERFÍCIE DE UM SOLO CULTIVADO COM VINHEDO ⁽²⁾

3.1. RESUMO

As videiras cultivadas em solos com textura arenosa são submetidas à aplicação de fontes minerais ou orgânicas de nitrogênio (N), mas a quantidade do nutriente mineralizada ao longo do ciclo é desconhecida. O trabalho objetivou avaliar a taxa de mineralização de N de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um solo cultivado com videira. Em Outubro de 2010 foram coletadas amostras na camada 0-20 cm de um solo Argissolo Vermelho cultivado com videira e em uma área de campo nativo. Os tratamentos foram: solo de campo nativo; solo de vinhedo; solo de vinhedo + composto orgânico; solo de vinhedo + uréia revestida com polímeros e solo de vinhedo + uréia. Os solos foram incubados, coletados após 0, 38, 70, 102 e 141 dias de incubação, submetidos à análise de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , e calculou-se a mineralização líquida, o N mineralizado em relação ao total e o N mineral acumulado. No solo de vinhedo com a aplicação de uréia revestida com polímeros e uréia, a maior mineralização de N aconteceu no período inicial (até os 38 dias de incubação). A liberação de N do composto orgânico aplicado no solo do vinhedo tem um maior sincronismo com a necessidade da videira pelo nutriente, quando comparado a uréia revestida e uréia. As reservas de N total potencialmente mineralizável do solo do campo nativo e do solo do vinhedo são suficientes para suprir a demanda da videira pelo N.

Palavras-chave: Composto orgânico, uréia, uréia revestida com polímero, *Vitis vinifera*

3.2. ABSTRACT

Nitrogen mineralization of organic and mineral sources applied in Sandy Typic Hapludalf soil cultivated with grapevine

Grapevines cultivated in soils with sandy texture are submitted to N fertilization with mineral or organic sources, but the amount of N mineralized along the cycle is unknown. An

² Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Ciência Rural

experiment of incubation soil was carried out at Soil Chemistry and Fertility Laboratory of the Federal University of Santa Maria to evaluate the N mineralization of mineral and organic sources applied at Sandy Typic Hapludalf soil, in Southern Brazil cultivated with grapevine. Soil samples were collected in October 2010 in a vineyard with eight years and on natural pasture without fertilization, where the results were used as reference. The treatments were: natural pasture soil; vineyard soil; vineyard soil + organic compost; vineyard soil + polymer coated urea and vineyard soil + urea. The soils were incubated, after 0, 38, 70, 102 and 141 days of incubation the soils was collected and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ were analyzed. Liquid mineralization, N mineralized in relation to the total N and mineral N accumulated was calculated. In vineyards soil with polymer coated urea and urea application, the largest N mineralization was in the initial period of incubation (until 38 days). The N release of organic compost in vineyard soil has a larger synchronism with the need of N for grapevine, when compared with vineyard soil with polymer coated urea and urea application. The N mineralized in the natural pasture and vineyard soil supply the demand of the grapevine for N.

Index terms: Organic compost, urea, polymer coated urea, *Vitis vinifera*.

3.3. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) possui a maior área cultivada com a videira do Brasil e a Serra Gaúcha é a maior e mais importante região vitivinícola do Estado e do país. No entanto, a partir da década de 80, parte dos solos cultivados com campo natural da região Sudeste do Estado, a Campanha Gaúcha foram incorporados ao sistema de produção de uvas. Esses solos, na sua maioria, apresentam textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica, o que lhes confere baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N). Por isso, anualmente, as videiras são submetidas à adubação nitrogenada com fontes minerais ou orgânicas.

No entanto, as videiras em produção cultivadas em solos com textura arenosa tendem a aproveitar pequena quantidade de N derivado do fertilizante mineral (BRUNETTO et al., 2006b; BRUNETTO, 2008). Isso tem sido atribuído, especialmente, mas não só, à mineralização do N contido na matéria orgânica do solo que pode aumentar a disponibilidade de N mineral na solução e se absorvido pelas raízes das videiras, pode suprir parte da demanda das plantas pelo nutriente. Por outro lado, o baixo aproveitamento do N derivado de fertilizantes minerais pode ocorrer por causa da rápida liberação do nutriente de fertilizantes, como a uréia, o que contribui para diminuir o sincronismo entre a liberação e a sua absorção

pelas plantas (BRUNETTO et al., 2009). Assim, o uso de fertilizantes orgânicos, como o composto orgânico (BERTRAN et al., 2004), bem como os fertilizantes nitrogenados revestidos com polímeros, como a uréia revestida (ALMEIDA et al., 2005; AZEVEDO et al., 2009), pode ser uma estratégia mais adequada para promover a liberação gradual de N, o que tende a aumentar o seu aproveitamento pela videira, mas a quantidade mineralizada pode ser inferior a demanda da planta.

O composto orgânico, que pode ser obtido pela compostagem aeróbica de resíduos como a borra de suco, o engaço de uva, serragem, entre outros materiais (BERTRAN et al., 2004), quando aplicado na superfície do solo, apresenta pequena área de contato com o solo, o que retarda a atuação da biomassa microbiana e, por consequência, a sua decomposição e liberação de nutrientes, como o N (LEIFELD et al., 1998; FARES et al., 2005; TOSELLI et al., 2010), mas ao longo do tempo poderá melhorar os atributos físicos do solo (AGGELIDES & LONDRA, 2000; BRESSON et al., 2001) e até a retenção de água (AGGELIDES & LONDRA, 2000; LYNCH et al., 2005; WEINDORF et al., 2006). Por outro lado, os fertilizantes nitrogenados, como a uréia, podem ser revestidos com polímeros e, com isso, é criada uma barreira física ao redor do grânulo do fertilizante, que pode estimular a liberação mais lenta do N, comparativamente aos fertilizantes minerais nitrogenados não revestidos (MORGAN et al., 2009). A taxa de mineralização de N de fontes minerais ou orgânicos de nutrientes em solos tem sido estimada usando o método da incubação (STANFORD & SMITH, 1972; SALCEDO et al., 1985; CAMARGO et al., 1997; GONÇALVES et al., 2001). A interpretação dos dados pode ser melhorada, utilizando-se modelos de simulação que consideram um único reservatório de N mineralizável no solo (STANFORD & SMITH, 1972), que possibilitam determinar a fração do N orgânico (N_{org}) potencialmente mineralizável e a constante de mineralização (CAMARGO et al., 1997). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de mineralização de N do solo, e de fontes minerais e orgânicas aplicadas na superfície de um Argissolo Vermelho com histórico de cultivo com videiras.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria (RS). Em outubro de 2010, na camada de 0-20 cm foram coletadas amostras de um solo Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), cultivado durante 8 anos com videira e em uma área de campo natural, adjacente ao

vinhedo e seus resultados foram usados como referência. Os atributos do solo cultivado com a videira e com campo natural são encontrados na Tabela 1.

Tabela 1- Atributos do solo Argissolo Vermelho sob campo natural e cultivado com videira.

Atributos	Campo nativo	Vinhedo
Argila, g kg ⁻¹ (1)	71	94
Silte, g kg ⁻¹ (1)	104	251
Areia, g kg ⁻¹ (1)	825	655
Matéria orgânica, g kg ⁻¹ (2)	13	12
pH em H ₂ O (3)	4,4	6,4
Índice SMP (3)	6,4	7,1
N-NH ₄ ⁺ , mg kg ⁻¹ (3)	1,5	0,8
N-NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹ (3)	9,3	9,4
N total, mg kg ⁻¹ (3)	613,1	507,8
P disponível, mg dm ⁻³ (4)	3,8	96,4
K trocável, mg dm ⁻³ (4)	44,0	82,0
Ca trocável cmolc dm ⁻³ (5)	0,4	1,0
Mg trocável cmolc dm ⁻³ (5)	0,2	0,5
Al trocável cmolc dm ⁻³ (5)	0,4	0,0
H+Al (3)	2,9	1,2
CTC _{pH 7,0} (6)	3,6	2,9
CTC _{efetiva} (6)	1,1	1,7
Saturação por bases (3)	19,7	58,8
Saturação por alumínio (3)	34,4	0,0

(1) Método da pipeta (EMBRAPA, 1997); (2) Determinado segundo EMBRAPA (1999); (3) Determinado segundo Tedesco et al. (1995); (4) Extraído por Mehlich 1 (Tedesco et al., 1995); (5) Extraído por KCl 1 mol L⁻¹ (Tedesco et al., 1995); (6) calculado de acordo com CQFS-RS/SC (2004).

O vinhedo era da cultivar Cabernet Sauvignon, enxertada sobre o porta-enxerto SO₄, com densidade de 3.704 plantas por hectare (1,0 m entre plantas x 2,7 m entre linhas), conduzido em sistema de condução espaldeira e instalado em uma propriedade vitivinícola no município de Rosário do Sul (RS) (Latitude 30°15' 26.75"S; Longitude 54°58'43.72"W). O campo nativo não possuía histórico de adubação e era composto, especialmente, por grama forquilha (*Paspalum notatum*), paspalum (*Paspalum plicatulum*), caraguatá (*Eryngium ciliatum*), stylosanthes (*Stylosanthes montevidensis*) e pega-pega (*Desmodium incanum*). O

clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa 2 (KOTTEK et al., 2006), com temperatura média anual de 17,5 °C e precipitação média anual de 1450 mm.

O solo foi coletado no vinhedo ao longo das linhas de plantio das videiras e aleatoriamente no campo nativo, usando pá-de-corte e, em seguida, estes foram armazenados em sacos plásticos fechados, com intuito de manter a umidade do solo. Posteriormente, no laboratório os dois solos foram passados em peneira com malha de 4 mm e corrigido a umidade a 80 % da capacidade de campo. Logo depois, 157,5 g de solo foram adicionados em recipientes de acrílico com capacidade de 110 mL, que correspondem às unidades experimentais e submetido a duas compactações (para maior uniformização da densidade), onde o volume final foi de 100 mL e, com isso, se obteve a densidade de 1,575 g cm⁻³, semelhante a encontrada no solo do vinhedo e campo nativo.

Os tratamentos foram T1- solo do campo nativo; T2- solo do vinhedo; T3- solo do vinhedo + composto orgânico; T4- solo do vinhedo + uréia revestida com polímeros e T5- solo do vinhedo + uréia. O composto orgânico foi obtido pela compostagem aeróbica de resíduos orgânicos, provenientes do processo de vinificação, apresentando ao final do processo: matéria seca de 84,1%; pH em água 9,6; N na forma de amônio (N-NH₄⁺) 0,46%; N na forma de nitrato (N-NO₃⁻) 0,40%; N total (N_{tot}) 1,9%; P total 1,73%; K total 3,2%; Ca total 2,5%; Mg total 0,2% e carbono orgânico total de 19,9%. A uréia possuía 45% de N_{tot} e a uréia revestida com polímero 41,33%. A quantidade de cada fonte de N adicionada no solo adicionado em cada frasco de acrílico, correspondeu a 40 kg de N total ha⁻¹, equivalendo a 1224,3 mg de composto; 51,3 mg de uréia revestida com polímero e 47,10 mg de uréia. Os tratamentos foram adicionados na superfície do solo simulando a aplicação superficial de fontes de N, normalmente realizada nos solos cultivados com videira. Em seguida, quatro frascos de acrílicos, que representam as quatro repetições de cada tratamento, foram adicionados em frascos de 1500 mL, para evitar a perda excessiva de umidade, que foram armazenados em câmara de incubação, com temperatura constante de 25±1 °C. O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. A cada 3 dias os recipientes contendo as unidades experimentais foram abertos durante 15 minutos em local arejado, para evitar a saturação de gases no interior dos recipientes. A umidade de cada unidade experimental foi monitorada diariamente e quando necessário foi adicionado água destilada para manter a capacidade de campo a 80%.

Aos 0, 38, 70, 102 e 141 dias depois do início da incubação, equivalente aos períodos da videira: brotação, florescimento, bagas tamanho chumbinho, mudança de cor e colheita da uva, respectivamente, o solo foi retirado dos frascos, homogeneizado e separado em duas

porções. Logo depois, uma porção dos solos foi submetida à análise de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$, seguindo a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), que é descrita resumidamente: 20 g de solo úmido foi adicionado em frascos “snap-cap” de 90 mL. Em seguida, foi adicionado 80 mL da solução KCl 1 mol L⁻¹ e, logo depois, os frascos contendo o solo mais a solução de KCl foram agitados durante 30 minutos, usando agitador horizontal. Posteriormente, a solução mais o solo permaneceram em repouso durante 30 minutos. Em seguida, uma alíquota de 20 mL foi retirada e adicionada em tubos de destilação com capacidade de 100 mL. Posteriormente, foi adicionado em cada tubo 0,2 g de MgO e imediatamente conectado no destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, para a destilação de $N-NH_4^+$ até recolher 35 mL de destilado, em 5 mL de indicador ácido bórico. Em seguida, esse extrato foi titulado com H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹. Posteriormente, a amostra foi resfriada e adicionado 0,2 g de liga de devarda, sendo novamente o tubo acoplado ao destilador, para a destilação do $N-NO_3^-$, como descrito logo acima para a determinação de $N-NH_4^+$. A segunda porção do solo foi utilizada para a determinação de umidade, seguindo a metodologia descrita resumidamente: foram pesadas latas de alumínio com capacidade de 100 mL, pré-secas em estufa a 105 °C e resfriadas em panela de dessecação. Em seguida, em cada lata foi adicionado 40 g de solo úmido e, logo depois, as latas+solo foram pesadas novamente. Posteriormente, as latas contendo o solo úmido foram mantidas por 24 horas em estufa a 105 °C onde atingiram peso constante e, em seguida, elas foram resfriadas em panela de dessecação e, novamente pesadas (lata+solo seco). Pela diferença de massa entre o solo úmido e o solo seco foi obtida a umidade do solo para cada unidade experimental. Com isso, os valores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ obtidos foram expressos em mg de N kg⁻¹ de solo seco.

O N na forma de nitrito ($N-NO_2^-$) nas amostras de solos foi desprezado porque seus teores foram muito pequenos nos solos estudados. Com os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ foram obtidos os valores de N mineral (N_{min}) (Equação 1):

$$N_{min} = N-NH_4^+ + N-NO_3^- \quad \text{Equação 1}$$

A evolução da taxa de mineralização de N dos diferentes tratamentos ao longo da incubação foi avaliada através da mineralização líquida (N_{liq}) (Equação 2):

$$N_{liq} = N_{min} \text{ solo com fertilizante} - N_{min} \text{ do solo testemunha} \quad \text{Equação 2}$$

onde: N_{liq} = mineralização líquida (mg de N kg⁻¹); N_{min} = teores de $N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$ em cada tempo avaliado (mg de N kg⁻¹).

A N_{liq} indica se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou da imobilização do N (valor negativo), a cada tempo de coleta e para cada combinação solo-material orgânico (GIACOMINI, 2005).

Também foi calculado o % N_{min} sobre o N total (N_{tot}) (Equação 3):

$$\% N_{min} = N_{min} \times 100/N_{tot} \quad \text{Equação 3}$$

onde: % N_{min} = percentagem de N mineralizado em relação ao N_{tot} (%); N_{min} = teores de N- NH_4^+ + N- NO_3^- em cada tempo avaliado (mg de N kg^{-1}); N_{tot} = N adicionada via fertilizante mais o N nativo (orgânico + mineral) do solo determinado segundo TEDESCO et al. (1995) (mg de N kg^{-1}).

A cinética de mineralização, os potenciais de mineralização (N_o) e a constante de mineralização (k) de N foram obtidos a partir dos valores acumulados de N_{min} durante o período de incubação e foram ajustados pelo modelo matemático de progressão não linear. O modelo empregado, proposto por STANFORD & SMITH (1972) que considera apenas uma fração do N_{org} do solo é potencialmente mineralizável e que o processo de mineralização segue uma cinética de primeira ordem, sendo definido pela equação exponencial simples (Equação 4):

$$Nm = N_o (1 - e^{-kt}) \quad \text{Equação 4}$$

onde: Nm = N mineralizado acumulado em um período de tempo (mg de N kg^{-1}); N_o = potencial de mineralização do N (mg de N kg^{-1}); k = constante de mineralização (dia^{-1}); e t = o tempo (dias). A redução do N_o , função da mineralização ($N_o - Nm$) em cada evento foi determinada com os dados obtidos ajustados no modelo proposto por Stanford & Smith (1972). Para os dados relativos aos teores de N- NH_4^+ e N- NO_3^- foi calculado o erro padrão da média, em cada data de avaliação.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo do campo nativo, a partir de 70 dias de incubação, apresentou teores de N- NH_4^+ maiores que os obtidos nos solos derivados do vinhedo, sem a aplicação de fonte de N e com a aplicação de composto orgânico, uréia revestida com polímeros e uréia (Figura 1a). Isso pode ser atribuído a mineralização, especialmente, de compostos orgânicos de fácil degradação (aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos, proteínas) (WOLF & WAGNER, 2005), presentes no solo do campo nativo. Convém destacar que os teores de N- NH_4^+ no solo do vinhedo sem a aplicação de N, nas diferentes épocas de coleta ao longo da incubação, tenderam a ser menores que os encontrados no solo coletado no campo nativo e de vinhedos com a adição de fonte de N (composto orgânico, uréia revestida e uréia). Isso pode estar associado à menor quantidade de compostos orgânicos de fácil degradação no solo, como

comentado anteriormente, causado provavelmente pelo cultivo consecutivo de videira durante oito anos.

No solo do vinhedo mais uréia revestida e solo de vinhedo mais uréia foram encontrados os maiores teores de N-NH_4^+ no início da incubação (tempo zero) e aos 38 dias após o início da incubação (Figura 1a). Esse comportamento era esperado e ocorreu devido a rápida solubilização das duas destas fontes de N mineral, quando aplicadas na superfície do solo e na presença de umidade. Por outro lado, os teores de N-NH_4^+ no solo do vinhedo com a adição de composto orgânico no tempo zero da incubação e aos 38 dias após o início da incubação foram menores que os encontrados no tratamento solo do vinhedo mais uréia revestida e solo do vinhedo mais uréia. Isso pode ser explicado pela aplicação dos fertilizantes na superfície do solo, que faz com que diminua a área de contato solo-fertilizante orgânico e, por conseqüência, retarda a atividade da biomassa microbiana. Soma-se a isso o fato de que do total de N adicionado via composto, apenas 45,3% está na forma mineral, enquanto que o N adicionado via uréia revestida e uréia está 100% na forma mineral. Convém destacar que a avaliação da mineralização de N aos 38 dias de incubação, impossibilitou detectar, onde foi aplicado uréia revestida e uréia, o aumento dos teores de N-NH_4^+ , que ocorre nos primeiros dias após o início da incubação, como normalmente é encontrado nos trabalhos de incubação de solo submetidos à aplicação de fonte de N (CANTARELLA et al., 2007). No entanto, a primeira coleta do solo incubado foi realizada aos 38 dias, para simular a coincidência com o estágio fenológico de florescimento da videira, onde ela demanda grande quantidade de N (VOS et al, 2004; SCHREINER & SCAGEL, 2006).

Os maiores teores de N-NO_3^- aos 38, 70 102 e 141 dias após o início da incubação foram encontrados no solo do vinhedo com aplicação de uréia revestida e solo do vinhedo com a aplicação de uréia, por causa da rápida solubilização dos fertilizantes, que liberam N-NH_4^+ e quando o carbono é limitante no meio, ele é consumido pelos organismos nitrificadores, sendo oxidado à N-NO_2^- e, posteriormente, a N-NO_3^- (CANTARELLA et al., 2007) (Figura 1b). Com isso, se pode inferir que em solos de textura arenosa submetidos à aplicação de uréia e uréia revestida, a disponibilidade de N-NO_3^- no solo aumenta entre a adição dos fertilizantes e os 38 dias após sua adição. Isso indica que caso fossem utilizadas estas fontes de N e aplicado o total ou mesmo metade da dose de N, como proposto pela CQFS-RS/SC (2004), e durante o início da brotação da videira, parte do N aplicado pode ser potencialmente transferido por lixiviação na forma de N-NO_3^- , uma vez que a videira apresenta maior absorção de N durante o período de florescimento (VOS et al., 2004; SCHREINER & SCAGEL, 2006), , que é posterior a brotação e que, normalmente, coincide

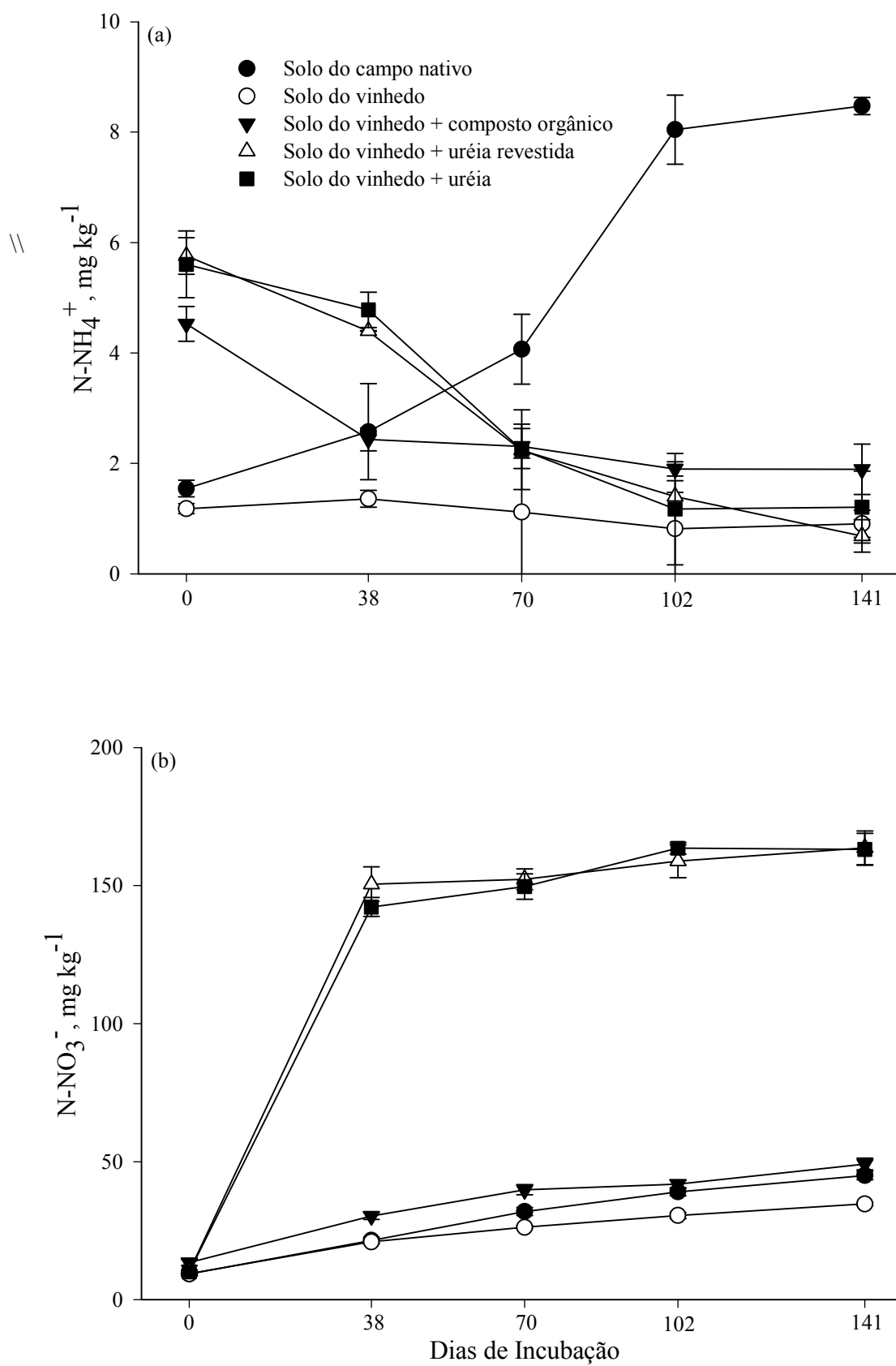


Figura 1. Teores de N-NH₄⁺ (a) e N-NO₃⁻ (mg kg⁻¹) (b) durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.

com os 38 dias depois da aplicação do N. Em todas as épocas de coleta do solo incubado, os teores de N-NO_3^- no solo do campo nativo, no solo do vinhedo e no solo de vinhedo mais o composto orgânico foram similares e menores que os encontrados nos tratamentos solo do vinhedo mais uréia revestida e solo do vinhedo mais uréia (Figura 1b). Os menores teores de N-NO_3^- no solo do vinhedo submetido à aplicação de composto orgânico, comparativamente ao solo do vinhedo com uréia ou uréia revestida pode ser atribuído a baixa taxa de liberação do N contido no composto orgânico.

Em todos os períodos avaliados o solo de vinhedo e submetido à aplicação de composto orgânico, uréia e uréia revestida, os valores de mineralização líquida (N_{liq}) foram positivos (Figura 2), indicando que houve predomínio do processo de mineralização sobre o processo de imobilização (GIACOMINI, 2005).

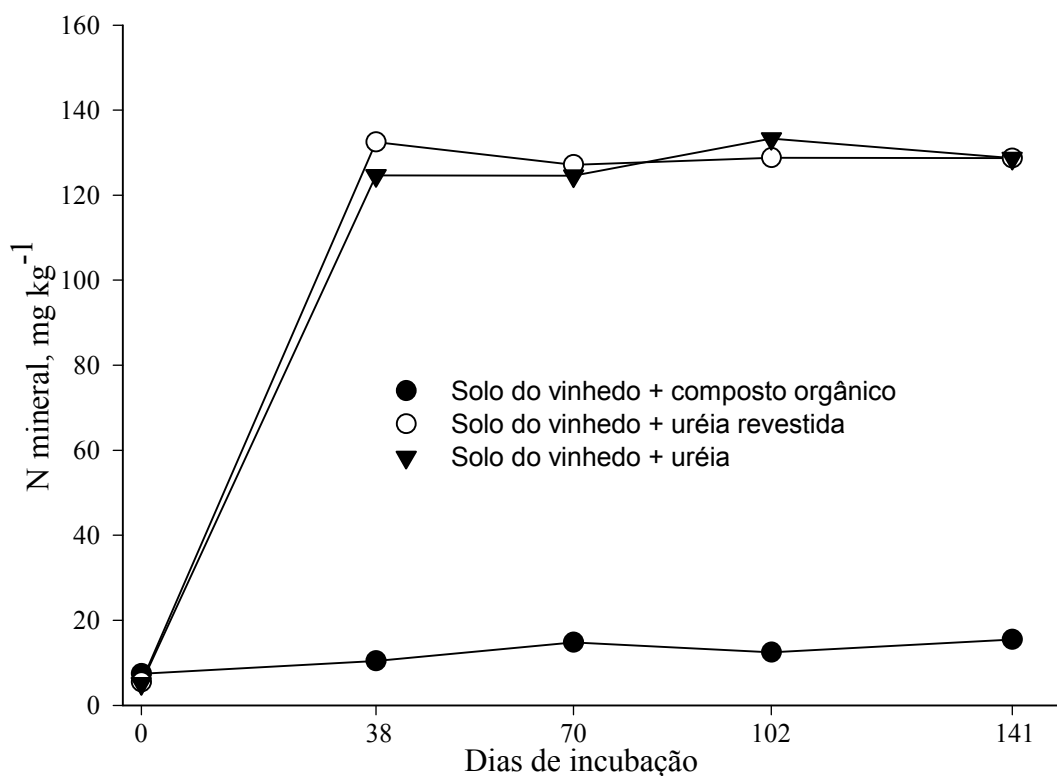


Figura 2. Mineralização líquida (mg kg^{-1}) durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.

Isso ocorreu porque o teor de matéria orgânica natural do solo do vinhedo era 12 g kg^{-1} , interpretado como baixo ($\leq 25 \text{ g kg}^{-1}$) (CQFS-RS/SC, 2004) e apresenta uma relação C/N inferior a 10. Os valores de N_{liq} nos solos do vinhedo + uréia e no solo do vinhedo + uréia revestida foram similares em todas as épocas de coleta a partir de 38 dias após o início da

incubação e maiores que os obtidos no solo do vinhedo + composto orgânico, provavelmente, por causa dos maiores teores de N_{min} (Figura 4).

Os resultados de percentagem de N mineralizado em relação ao N_{tot} ($\%N_{min}$) mostram que, aproximadamente, 8% do N_{tot} do solo do campo nativo e do solo do vinhedo sem a aplicação de fonte de N foi mineralizado aos 141 dias, comportamento similar ao encontrado no solo do vinhedo + composto orgânico (Figura 3).

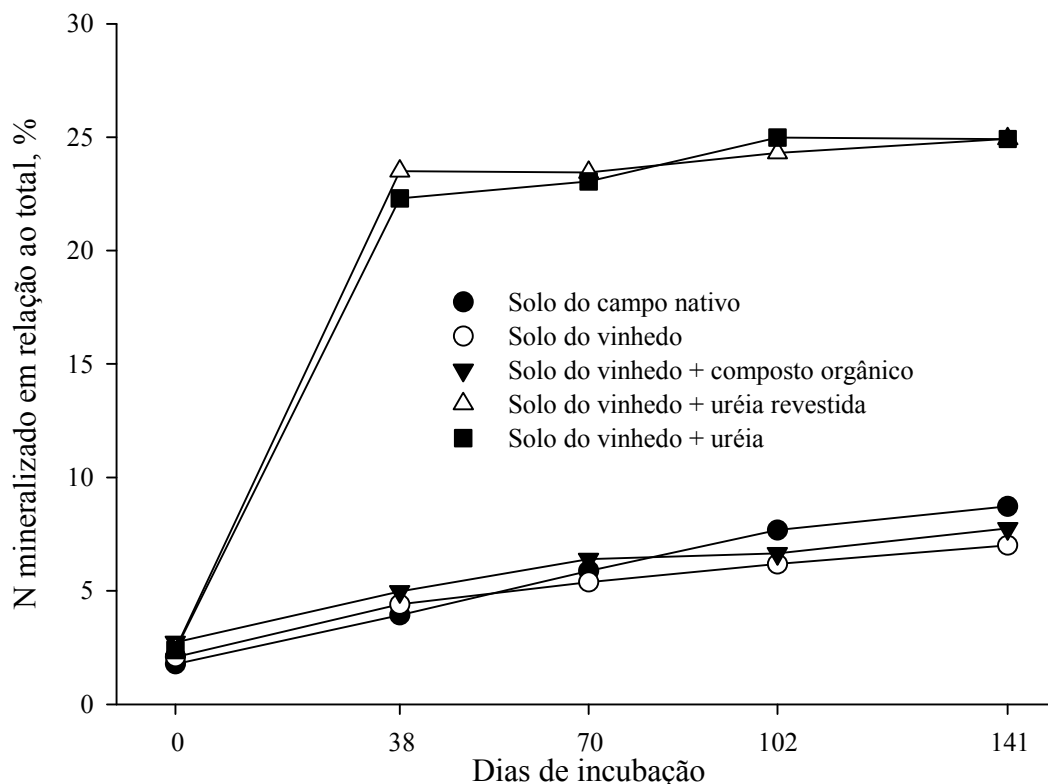


Figura 3. Nitrogênio mineralizado em relação ao total (%), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.

Por sua vez, no solo do vinhedo que recebeu a adição de uréia e uréia revestida, também aos 141 dias de incubação, os valores de $\%N_{min}$ encontrados foram em torno de 24%. Esse valor é maior que o encontrado nos solos de campo nativo e de vinhedo sem a adição de fertilizantes (8% do N_{tot}), porque ocorreu a mineralização do N contido no próprio fertilizante. Isso fica evidenciado quando se subtrai o N_{liq} do N_{min} acumulado (Figura 2 e 4).

A mineralização acumulada de N nos tratamentos solo do vinhedo + uréia revestida e solo do vinhedo + uréia, incubados durante 141 dias, foi exponencial e a queda na inclinação da curva aos 38 dias foi abrupta (Figura 4), sendo que a partir de 38 dias de mineralização o processo atingiu valores mais estáveis, com menores acréscimos da quantidade de N mineralizado em função do tempo. Resultados semelhantes foram observados por

CAMARGO et al. (1997), que em dez tipos de solos do RS encontraram maior velocidade de mineralização de N até 28 dias depois do início da incubação. Por outro lado, a mineralização acumulada no solo do campo nativo, solo do vinhedo e solo do vinhedo + composto orgânico foi linear ao longo dos 141 dias de incubação. Aos 38 dias de incubação, onde foi utilizado uréia revestida e uréia, observou-se que, respectivamente, do total de N mineralizado, 94 e 89% ocorreu até 38 dias da incubação. Por outro lado, no campo nativo, solo do vinhedo e solo do vinhedo + composto orgânico, respectivamente, 45, 63 e 64%, havia sido mineralizado até 38 dias da incubação.

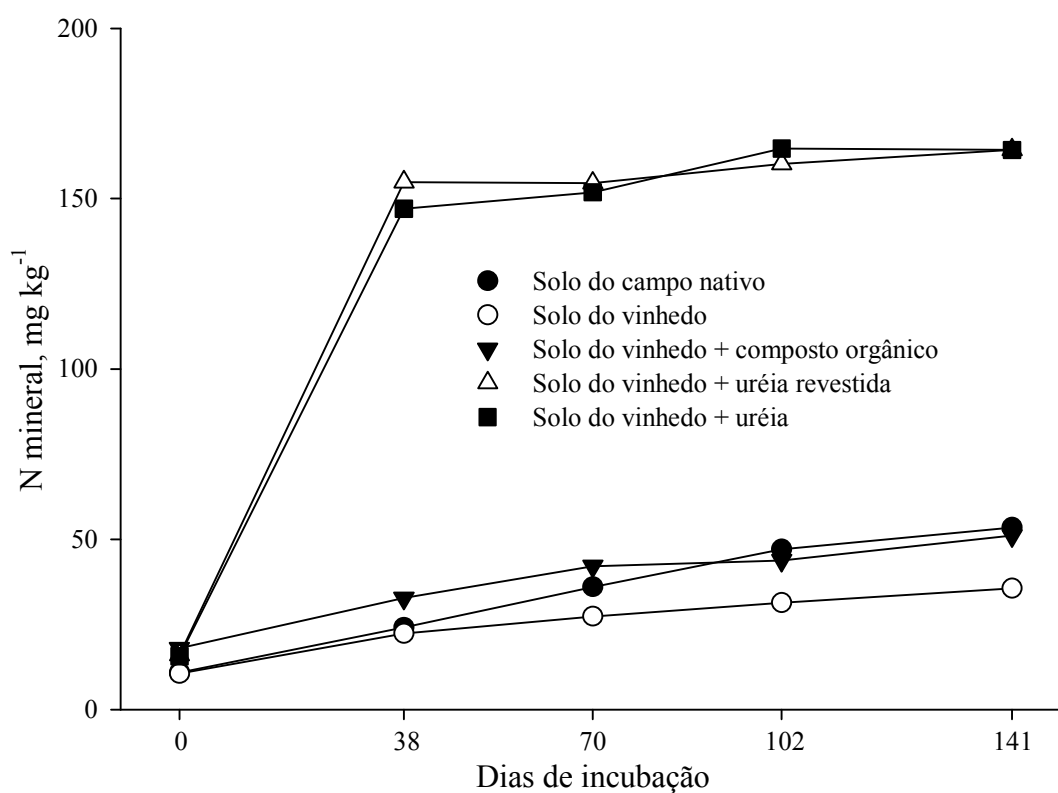


Figura 4. Nitrogênio mineralizado acumulado durante a incubação de solo submetido à aplicação de fontes de nitrogênio.

O modelo exponencial simples proposto por STANFORD & SMITH (1972) (Figura 5) ajustou adequadamente os resultados de N_m , em geral, similares os de N_{min} no tempo zero e aos 38, 70, 102 e 141 dias e estimou valores de N_o similares ao N_{min} aos 141 dias (Figura 4). De acordo com GONÇALVES et al. (2001), em um solo Argissolo Amarelo cultivado por 1, 2, 5 e 13 anos com eucalipto, o mesmo modelo superestimou os valores de N_o . Já ARAÚJO et al. (2001) no mesmo tipo de solo, mas cultivado por 10 anos com cana-de-açúcar sem a adição de N e com a adição de $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na forma de uréia, o modelo proposto por STANFORD & SMITH (1972) subestimou o valor de N_o . Por outro lado, CAMARGO et al.

(1997), em 10 solos representativos do RS incubados durante 224 dias sem aplicação de N relatam que o modelo estimou adequadamente os valores de N_o , com os valores de N_o ligeiramente inferiores aos de N_{min} acumulado aos 224 dias. Também CAMARGO et al. (2002) relatam que os modelos exponenciais simples descrevem adequadamente a mineralização do N_{org} nos solos, concordando com os relatos de GIANELLO & BREMNER (1986, 1988).

O valor de N_o maior no solo do campo nativo (67,1 mg de N kg⁻¹) em relação ao solo do vinhedo (35,7 mg de N kg⁻¹) pode ser atribuído ao seu maior teor de N_{tot} (Figura 5). O solo do vinhedo + composto orgânico apresentou N_o de 50,1 mg de N kg⁻¹, valor 40,3% maior que o encontrado no solo do vinhedo sem a aplicação de fonte de N (35,7 mg de N kg⁻¹).

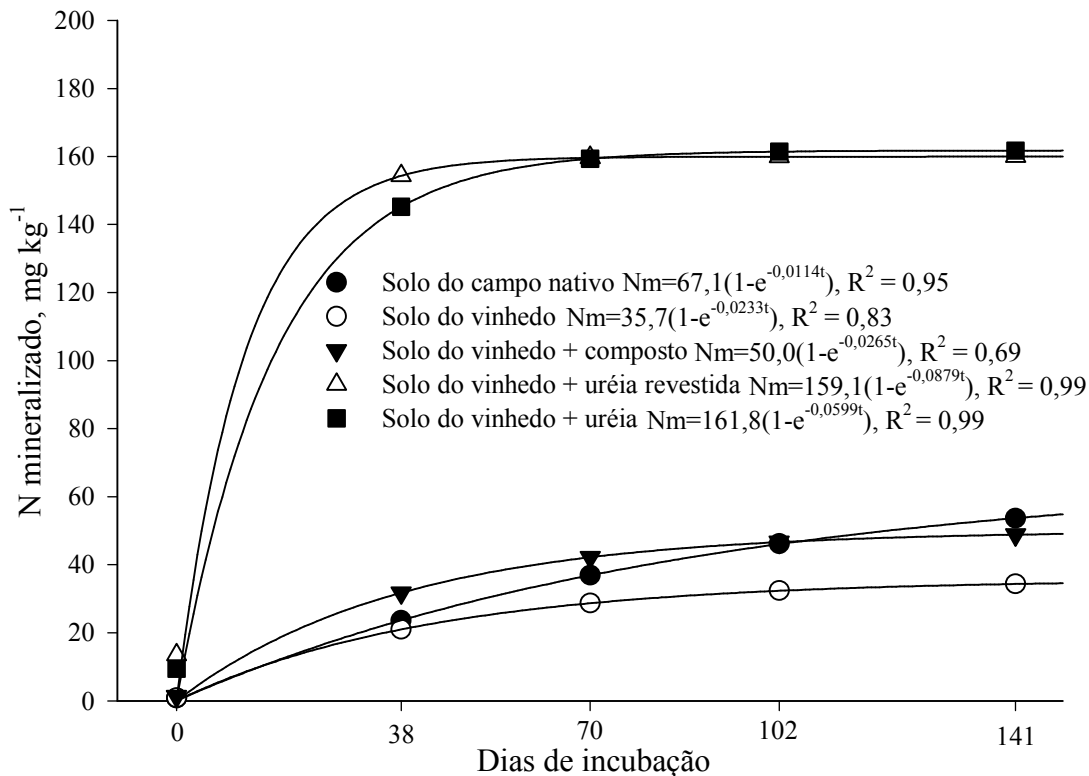


Figura 5. Curvas de N mineralizado acumulado, ajustadas pelo modelo de Stanford & Smith(1972), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.

Entretanto, no solo do vinhedo com a adição de uréia e uréia revestida os valores de N_o foram de, aproximadamente, 161,8 e 159,1 mg de N kg⁻¹, respectivamente. Esses resultados demonstram que cerca de 7,0% do reservatório de N_{tot} do solo do campo nativo e do solo do vinhedo é potencialmente mineralizado no período entre a brotação, que seria o tempo zero no presente trabalho e a colheita da uva (141 dias depois do início da incubação), valores

superiores aos 5% ano⁻¹ encontrados por MOREIRA & SIQUEIRA (2002) e por CAMARGO et al. (2008).

O solo do campo nativo, do vinhedo sem a aplicação de fontes de N, do vinhedo + composto orgânico, do vinhedo + uréia revestida e do vinhedo + uréia apresentaram k de 0,0114; 0,0233; 0,0265; 0,0879 e 0,0599, respectivamente (Figura 5). Os maiores valores de k nos solos do vinhedo + uréia revestida e uréia pode ser atribuído a maior solubilidade do N, enquanto a variação dos valores de k entre os dois solos sugere que os solos podem diferir não somente com relação à fração de N_{org} potencialmente mineralizado, mas também em relação a atividade microbiana (BENBI & RICHER, 2002).

Considerando que os solos do campo nativo e do vinhedo sem a aplicação de fontes de N apresentaram valores de N_o de 67,1 e 35,1 mg de N kg⁻¹, respectivamente, e que foram coletados na camada de 0-20 cm e possuem uma densidade de 1,575 g cm⁻³ (3.150.000 kg de solo ha⁻¹), se pode estimar que 211 kg de N ha⁻¹ poderia ser mineralizado no solo do campo nativo e 110,5 kg de N ha⁻¹ no solo do vinhedo, ao longo de 141 dias de cultivo da videira.

Segundo BRUNETTO (2008), as videiras Cabernet Sauvignon cultivadas em um solo Argissolo na Campanha Gaúcha do RS, acumulam 24,5 g de N total planta⁻¹, desconsiderando a quantidade de N acumulada nas raízes. Com isso, espera-se que no vinhedo onde foi coletado o solo para a realização do presente trabalho, que possui 3704 plantas ha⁻¹, o acúmulo total de N seja de 90,7 kg de N ha⁻¹, quantidade menor que a mineralizada no solo. Isso pode ser uma das possíveis explicações para o pequeno aproveitamento de N da uréia aplicada em videiras Cabernet Sauvignon cultivadas em solo com textura arenosa na Campanha Gaúcha do RS (BRUNETTO, 2008), mas também em solo com textura média da região da Serra Gaúcha do RS (BRUNETTO, 2004; BRUNETTO et al. 2006b). Além disso, esses dados também podem explicar em parte a pequena quantidade de N derivado da decomposição de resíduos de plantas de cobertura na superfície do solo aproveitada pelas videiras (BRUNETTO, 2008; BRUNETTO et al., 2011). Para atender uma demanda de absorção média de 90,7 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ pelas videiras, sem considerar as perdas do N_{min} , uma mineralização de 28,78 mg de N kg⁻¹ ano⁻¹ seria suficiente.

O valor de N_o refere-se a quantidade do N_{tot} do solo que é potencialmente mineralizável entre o período da brotação (tempo de incubação zero) e a colheita da uva (141 dias) e, extrapolando os valores de N_o do período de 141 dias para um ano, pode-se deduzir que os estoques de N da camada de 0-20 cm do solo seriam suficientes para suprir a demanda da planta por 3,6 anos quando cultivada no solo do campo nativo ($N_o = 67,1$ mg de N kg⁻¹) e por 5,2 anos se cultivada no solo do vinhedo ($N_o = 35,7$ mg de N kg⁻¹), demonstrando que a

mineralização representa uma grande fonte de N e deve ser considerada na tomada de decisão na adubação nitrogenada.

A variação líquida de Nm e a quantidade de No disponível à mineralização ($No - Nm$), obtida pelo modelo exponencial simples proposto por STANFORD & SMITH (1972) é apresentada na Figura 6.

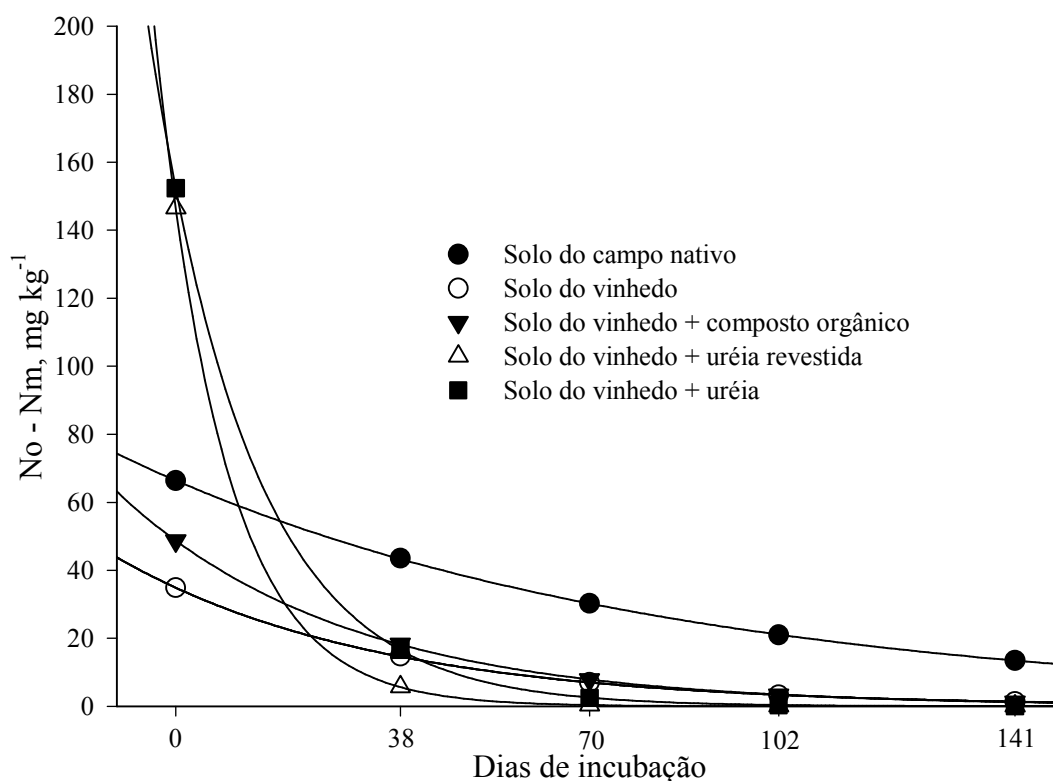


Figura 6. Variação líquida de N inorgânico (Nm) e quantidade de N potencialmente mineralizável disponível à mineralização ($No - Nm$), com o ajuste dos dados ao modelo exponencial simples (Stanford & Smith, 1972), durante a incubação de solo submetido a aplicação de fontes de nitrogênio.

Verifica-se que no solo do campo nativo, do vinhedo sem a aplicação de fontes de N e do vinhedo + composto orgânico, durante 141 dias, a redução do No em função da mineralização ($No - Nm$) é gradual. Embora apenas 10,2% do N adicionado via composto tenha sido mineralizado durante os 141 dias de incubação, o que é equivalente a 4,0 kg de N ha⁻¹, comparativamente ao solo do vinhedo que recebeu a adição de uréia revestida e uréia que mineralizou 85% do N adicionado via fertilizantes, o que é equivalente a 34 kg de N ha⁻¹, a mineralização gradual do N contido no composto impede que o N mineralizado seja transferido para fora do sistema, principalmente pelo processo de lixiviação, bem como, melhora o sincronismo entre a liberação do N e a absorção pela videira ao longo dos anos.

Além disso, repõe as reversas de N do solo impedindo uma depleção em função da mineralização.

3.6. CONCLUSÃO

No solo de vinhedo submetido a aplicação de uréia revestida com polímeros e uréia na superfície do solo, a maior mineralização de nitrogênio aconteceu no período inicial, compreendido até os 38 dias de incubação.

A liberação de nitrogênio do composto orgânico aplicado no solo do vinhedo tem um maior sincronismo com a necessidade da videira pelo nutriente, quando comparado a uréia revestida e uréia.

Em condições controladas as reservas de nitrogênio total potencialmente mineralizável do solo do campo nativo e do solo do vinhedo seriam suficientes para suprir a demanda da videira por nitrogênio.

3.7. REFERÊNCIAS

- AGGELIDES, S. M.; LONDRA, P. A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. **Biores. Technol**, v. 71, p. 253–259, 2000.
- ALMEIDA, T. R. P. et al. Formação do pomar de tangerina 'Poncã', em função da adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 288-291, 2005.
- ARAÚJO, A. M. S. et al. Mineralização de carbono e nitrogênio em amostras armazenadas de solo cultivado com cana-de-açúcar, ao longo de dez anos, com e sem fertilização nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 43-53, 2001.
- AZEVEDO, E. B. et al. Substratos fertilizados com uréia revestida e o crescimento e estado nutricional da muda de citros. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 129-137, 2009.
- BALDI, E. et al. Organic fertilization leads to increased peach root production and lifespan. **Tree Physiology**, v. 0, p. 1-10, 2010.
- BENBI, D.; RICHER, J. A. critical review of some approaches to modeling nitrogen mineralization. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 168-183, 2002.
- BERTRAN, E. et al. Composting winery waste: sludges and grape stalks. **Bioresource Technology**, v. 95, p. 203-208, 2004.

- BRESSON, L. M. et al. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1804-1811, 2001.
- BRUNETTO, G. **Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira**. 2004. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.
- BRUNETTO, G. et al. Destino do nitrogênio em videiras ‘Chardonnay’ e ‘Riesling Renano’ quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 497-500, 2006b
- BRUNETTO, G. **Nitrogênio em videira: Recuperação, acumulação e alterações na produtividade e na composição da uva**. 2008. 163p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.
- BRUNETTO, G. et al. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, 2009.
- BRUNETTO, G. et al. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 1, p. 1-10, 2011.
- CAMARGO, F. A. O. et al. Potencial de mineralização de nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 575-579, 1997.
- CAMARGO, F. A. O. et al. Empirical models to predict soil nitrogen mineralization. **Ciência Rural**, v. 12, p. 393-399, 2002.
- CAMARGO, F. A. O. et al.. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A. et al. eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.87-100.
- CANTARELLA, H. et al. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo** 2 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375- 470.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 374p.
- FARES, F. et al. Physicochemical characteristics of animal and municipal wastes decomposed in arid soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, p. 1392-1403, 2005.

- GONÇALVES, J. L. M. et al. Mineralização de nitrogênio e carbono em ecossistemas florestais naturais e implantados no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. :601-616, 2001.
- GIACOMINI, S. J. **A avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 2005. 247p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.
- GIANELLO, C.; BREMNER, J. Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 17, p. 215-236, 1986.
- GIANELLO, C.; BREMNER, J. A rapid steam distillation method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. **Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1551-1568, 1988.
- KOTTEK M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol**, v. 15, p. 259-263, 2006.
- LEIFELD, J. et al. Humuschemische Parameter von Böden nach mehrjähriger Kompostanwendung im Feldversuch. **Z. Kulturtechnik Landentw**, v. 39, p. 64–68, 1998.
- LYNCH, D. H. et al. Soil physical properties and organic matter fractions under forages receiving composts, manure or fertilizer. **Compost Science & Utilization**, v. 13, p. 252–261, 2005.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 626p.
- MORGAN, K. T.; SINCLAIR, T. R. Release mechanisms for solw- and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. **Hortecchnology**, v. 19, n. 1, p. 10-12, 2009.
- SALCEDO, I. H. et al. Mineralização do C e do N em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 33-38, 1985.
- SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F. Nutrient uptake and distribution in a mature ‘Pinot Noir’ vineyard. **HortScience**, v. 41, p. 336-345, 2006. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/person/4947/PDFs/2007/2006SchreinerNutrientBudgetHS.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2011.
- STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, p. 465-472, 1972.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VOS, R. J. et al. Effect of nitrogen application timing on N uptake by *Vitis labrusca* in a short-season region. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 55, p. 246-252, 2004.

WEINDORF, D. C. et al. Effect of compost on soil properties in Dallas, Texas. **Compost Science & Utilization**, v. 14, p. 59-67, 2006.

WOLF, D. C.; WAGNER, G. H. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. et al. **Principles and applications of soil microbiology**. 2 ed. New Jersey, Pearson Education, 2005. p 285-3329.

4. DISCUSSÃO

As transferências de N por lixiviação e volatilização (Artigo I) e as taxas de mineralização do solo e dos fertilizantes nitrogenados (Artigo II) demonstram ser de grande importância na tomada de decisão sobre a adubação nitrogenada, principalmente na Região da Campanha Gaúcha, que recentemente foi introduzida no cenário da vitivinicultura e que possui características de solo bem distintas da Serra Gaúcha, região tradicional na produção de uvas do estado do RS.

As avaliações de N na solução coletada a 20 cm de profundidade, através de lisímetros, permitiu constatar que ainda em um período de grande demanda de N pela videira, as concentrações de N mineral mesmo com a aplicação de doses altas como a de 120 kg de ha⁻¹ ano⁻¹, apresentou teores similares ao tratamento testemunha. Isso indica que as transferências de N pelo processo de lixiviação são significativas nesse sistema, o qual tem consequências econômicas, bem como ambientais já que a concentração de N na água lixiviada apresentou teores acima do considerado tolerável (10 mg de N L⁻¹) em vários dos eventos avaliados, o que potencializa a contaminação dos mananciais de água.

Além das transferências de N pelo processo de lixiviação, o fato da aplicação dos fertilizantes nitrogenados ser realizada superficialmente, faz com que quantidades significativas de N sejam transferidas para a atmosfera pelo processo de volatilização. Associado a isso, como a aplicação é realizada na linha, ocorre uma concentração e/ou sobreposição dos grânulos de uréia o que causa um aumento do pH intensificando ainda mais o processo de volatilização. Transferências consideráveis de N por volatilização foram encontradas mesmo com a aplicação dos fertilizantes nitrogenados em condições adequadas e, somado a isso, as temperaturas que ocorreram nos dias após a aplicação foram baixas não excedendo 25 °C, o que diminui a volatilização. Isso chama atenção, pois muitas vezes os produtores realizam a aplicação dos fertilizantes nitrogenados em condições desfavoráveis, podendo elevar as transferências para patamares superiores aos encontrados no presente trabalho.

Os dados gerados neste trabalho explicam o pequeno aproveitamento pela Cabernet Sauvignon do N derivado da uréia quando aplicado na linha de plantio e sobre a superfície de um solo Argissolo Vermelho, encontrado por BRUNETTO et al. (2006a); BRUNETTO et al. (2006b); BRUNETTO (2008). O fato que ainda em período de grande exigência de N pela videira ocorram grandes perdas de N por lixiviação e o fato de ocorrer um pequeno

incremento de N no solo com incremento da dose quando a aplicação da adubação nitrogenada foi realizada no início da brotação, indicou que o fracionamento da dose aplicada, permitiria um maior aproveitamento de N pela videira. Embora trabalho realizado por BRUNETTO (2008) que parcelou a dose de N não encontrou maior recuperação de N pela videira, quando parcelou 50% no início da brotação e 50 % na brotação, ou autor encontrou uma recuperação de 8,32% pela planta e 17,63% no solo totalizando 25,95% (solo + planta) e, quando o parcelamento foi 50% na floração e 50% no crescimento de bagas a recuperação foi de 6,72% na planta, 34,88 % no solo, totalizando 41,60% (solo + planta). Isso demonstra que a videira, de maneira distinta das plantas anuais, não apresenta picos elevados de exigência em N, sendo a absorção realizada de forma gradual. Dessa maneira, havendo a necessidade de adubação nitrogenada, o fornecimento de N também deve ser feito de forma gradual, com isso se reduz as perdas de N e, embora a videira possa não recuperar maiores quantidades de N no ciclo, o N contido no solo poderá ser recuperado durante o próximo ciclo, já que se trata de uma planta perene que está constantemente absorvendo N.

A baixa recuperação de N pela videira também pode ser explicada pela mineralização do N natural do solo, pois as quantidades de N disponibilizadas no solo pela mineralização da matéria orgânica e pela decomposição de resíduos de poda, de folhas e de plantas de cobertura depositados na superfície do solo, mesmo sem aplicação de fertilizantes nitrogenados, demonstradas no Artigo II, suprem as necessidades da videira para o desenvolvimento e produção, mesmo em um solo com baixo teor de matéria orgânica. Isso ocorre em função da manutenção do campo nativo nas entrelinhas dos vinhedos, com dessecamento nas linhas de plantio, que é uma prática utilizada com frequência nos vinhedos implantados na Campanha Gaúcha. A manutenção de plantas que coabitam o vinhedo pode diminuir a necessidade de adubação nitrogenada, pois promove a ciclagem de N no sistema, absorvendo N mineral do solo que é convertido em formas orgânicas, sendo posteriormente disponibilizado de forma gradual através do processo de mineralização. Além disso, muitas espécies que compõem o campo nativo são leguminosas e estas além de realizar a ciclagem, introduzem N no sistema através do processo de fixação biológica. Isso demonstra a necessidade da realização de experimentos que avaliam a capacidade de ciclagem bem como fixação de N pelas plantas que coabitam os vinhedos, em especial a vegetação que compõe o campo nativo.

Quando o solo não supre as exigências de N pela videira, e dessa maneira se faz necessária a adição de fertilizantes nitrogenados, a aplicação de composto orgânico e uréia revestida podem reduzir as perdas e proporcionar um maior sincronismo entre a liberação do

N contido no fertilizante e a absorção pela videira. A aplicação de composto orgânico e uréia revestida resultaram em menores perdas de N por volatilização (Artigo I), isso em função de uma menor taxa de liberação de N. Por outro lado, embora a menor taxa de liberação de N desses fertilizantes gera a possibilidade de não terem a capacidade de suprir a demanda da videira, os dados de mineralização (Artigo II) demonstram que a uréia revestida apresentou comportamento similar a uréia e, embora com taxa de liberação bem inferior, o composto orgânico disponibilizou N suficiente para atender a necessidade das plantas.

Embora onde foi aplicado uréia revestida tenha havido menores transferências de N por volatilização, quando comparado com a uréia, provavelmente em função de apresentar taxa de mineralização similar, possivelmente o N contido na uréia revestida seja potencialmente transferido por lixiviação da mesma forma que o N contido na uréia. Ao contrário, o composto orgânico por ter uma liberação mais lenta em relação aos fertilizantes naturais, permite um maior sincronismo entre a liberação e absorção de N pelas plantas, além de diminuir as perdas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A. F.; BARTHAKUR, N. N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.55, p.1761-1766, 1991.

ALMEIDA, T. R. P. et al. Formação do pomar de tangerina 'Poncã', em função da adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n. 2, 2005.

AZEVEDO, E. B. et al. Substratos fertilizados com uréia revestida e o crescimento e estado nutricional da muda de citros. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 31, n. 1, p. 129-137, 2009.

BARLOW, K. et al. Nitrogen concentrations in soil solution and surface run-off on irrigated vineyards in Austrália. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 15, p.131-143, 2009.

BRUNETTO, G. **Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira**. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

BRUNETTO, G. et al. Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado via foliar em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.110-114, 2005.

BRUNETTO, G. et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41, n. 8, p. 1299-1304, 2006a.

BRUNETTO, G. et al. Destino do nitrogênio em videiras 'chardonnay' e 'riesling renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 497-500, Dezembro 2006b.

BRUNETTO, G. 2008. **Nitrogênio em videira: Recuperação, acumulação e alterações na produtividade e na composição da uva**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

CANTARELLA, H. et al. **Fertilidade do solo: Nitrogênio**, 2 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375- 470.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

CONRADIE, W. J. Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture: I. Nitrogen. **South African Journal for Enology and Viticulture**, Stellenbosch, v. 1, p. 59-65, 1980.

CONRADIE, W.J. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during late spring by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.41, p.241-250, 1990.

GASSER, M. O.; BERTRAND, N. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 84, p. 71-80, 2008.

GLAD, C. et al. The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal ¹⁵N supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines at bloom time. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.45, p.327-332, 1994.

MELLO, R. L. M. Vitivinicultura brasileira: panorama 2009. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2010.(artigo técnico).

NELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W.; WIERENGA, P. J. Nitrogen transport process in soil. In: STEVENSON, P.J., (Ed) Nitrogen in agriculture soils., **American Society of Agronomy**, Madison, p.423-448, 1982.

PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; BROADBENT, F. E. Uptake, storage, and utilization of soil-applied nitrogen by Thompson Seedless as affected by time of application. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 40, p. 16-20, 1989.

ROCHETTE, P. et al. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 84, p. 71-80, 2008.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.687-692, jul-ago, 2003.

SENGIK, E.; KIEHL, J.C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.455-461, 1995.

SENGIK, E. et al. Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com uréia. **Acta scientiarum**, v.23, n.5, p. 1099-1105, 2001.

TAGLIAVINI, M. et al. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 93-102, 1996.

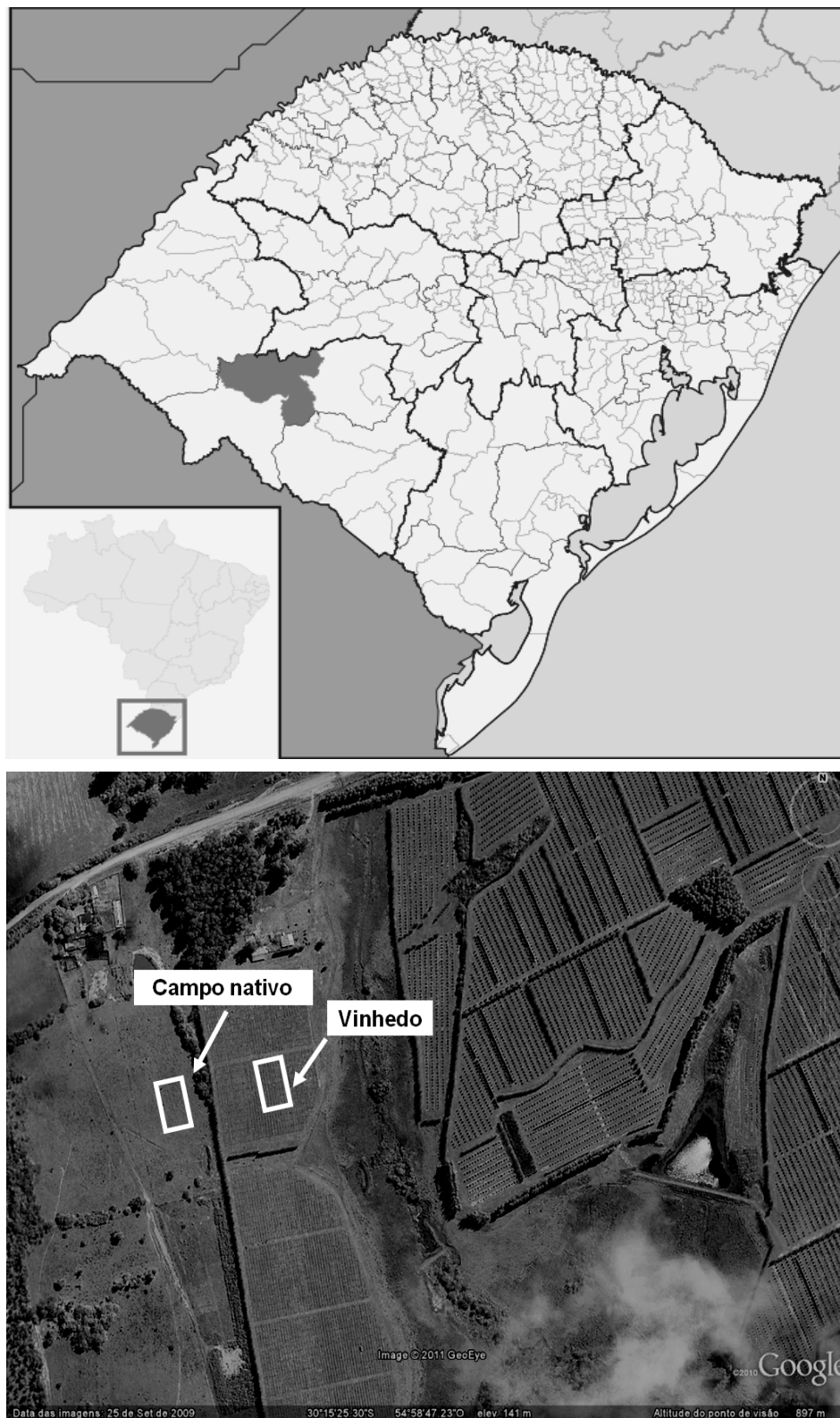
VENTURA, M. et al. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.

ZAPATA, C.; DELÉENS, E.; CHAILLOU, S.; MAGNÉ, C. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology*, v.161, p.1031-1040, 2004.

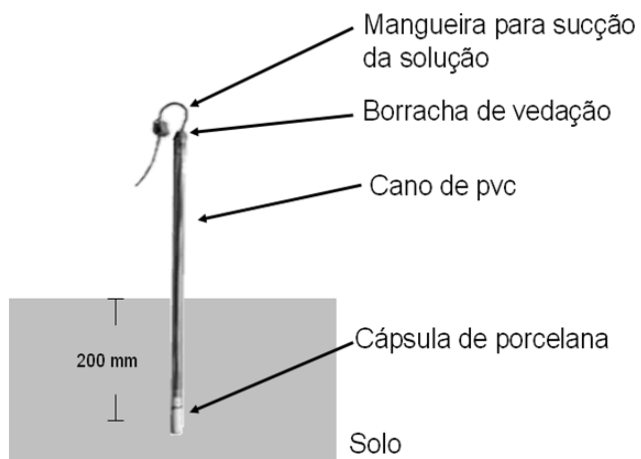
YU, T.R. **Chemistry of variable charge soils**. New York: Oxford University Press, 1997.

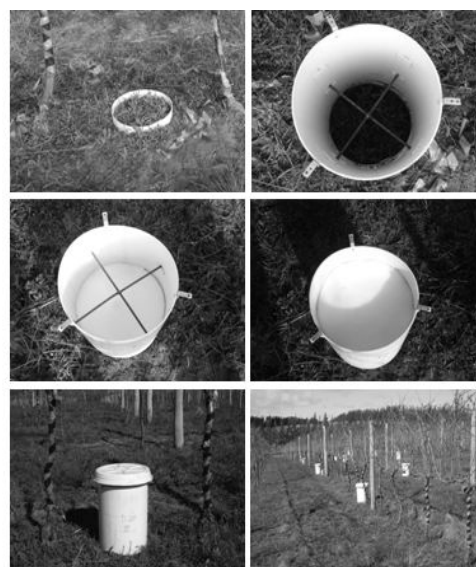
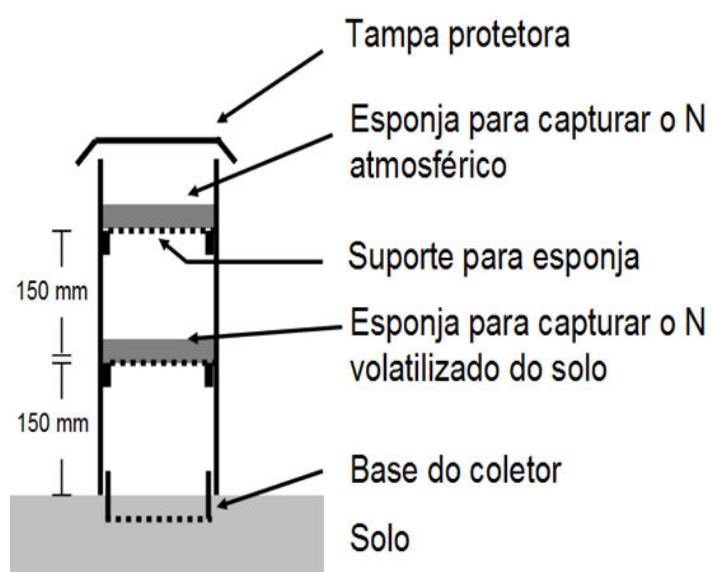
6. ANEXOS

ANEXO A. Localização da área experimental.



ANEXO B. Esquema da instalação dos lísimetros para avaliação das concentrações de N mineral na solução coletada a 20 cm de profundidade.



ANEXO C. Esquema da instalação das câmaras para avaliação da volatilização de N-NH_4^+ .

ANEXO D. Esquema da instalação da incubação para avaliação da mineralização de N.

