

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESPOSTA DA MACIEIRA E FLUXO DE NITROGÊNIO EM UM SOLO
SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES E MANEJO
DE PLANTAS DE COBERTURA**

BRUNO SALVADOR OLIVEIRA

**Florianópolis
2012**

**RESPOSTA DA MACIEIRA E FLUXO DE NITROGÊNIO EM UM SOLO
SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES E MANEJO
DE PLANTAS DE COBERTURA**

BRUNO SALVADOR OLIVEIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gustavo Brunetto

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Florianópolis

2012

**RESPOSTA DA MACIEIRA E FLUXO DE NITROGÊNIO EM UM SOLO
SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES E MANEJO
DE PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
submetido à avaliação da Comissão
Examinadora para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo

Comissão Examinadora

Prof. Dr: Gustavo Brunetto/ UFSC - Orientador

Prof. Dr Aparecido Lima da Silva/UFSC

Prof. Dr Arcângelo Loss

Florianópolis

2012

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sálvio e Suzi pela excelente educação, conselhos, apoio, contribuição financeira e por tudo que me proporcionaram de forma incondicional para que eu pudesse concretizar mais essa etapa da minha vida.

Ao meu irmão Hugo, pela amizade e cumplicidade em grande parte da minha vida.

Aos meus tios que sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus avôs, pela história de vida e por muitos ensinamentos repassados.

Ao professor Gustavo Brunetto pela orientação, amizade, incentivo, ensinamentos, conselhos, exemplo de dedicação ao ensino superior e, sobretudo, a confiança depositada em mim na realização dos experimentos, nas análises de laboratório, bem como nas demais atividades do meu estágio da conclusão do curso.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao curso de Graduação em Agronomia pela oportunidade de obter uma graduação de qualidade.

Ao departamento de Engenharia Rural (ENR) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pela disponibilidade do Laboratório de Água, Solo e Tecidos Vegetais.

Aos meus colegas de Laboratório, pela amizade e aprendizado que conquistamos juntos durante a graduação.

Aos proprietários pela disponibilidade dos pomares para a instalação dos experimentos.

Aos meus colegas de turma (2008/1), pela amizade e pela convivência durante 5 anos de caminhada.

À minha namorada Regiane Niehues Pesenti, que compartilhou comigo momentos de reflexão e questionamento. Por todo carinho nos momentos de desânimo e força permanente que me encorajaram em todo esse processo e, acima de tudo, pelos momentos felizes que tenho ao seu lado em cada dia que passa.

Finalmente, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O estado de Santa Catarina (SC) possui a maior área cultivada com a macieira do Brasil. Em geral, a macieira é cultivada em solos com médios a altos teores de matéria orgânica, que conferem boa disponibilidade de nitrogênio (N). Porém, aplicações de diferentes fontes do nutriente são necessárias para repor ao solo a quantidade de N exportada via fruto. Assim, pode-se causar impacto no estado nutricional e na produção das plantas. Mas parte do N aplicado pode ser lixiviado no perfil do solo. Além disso, espécies de plantas espontâneas são cultivadas e manejadas nos pomares e podem minimizar as perdas de N por lixiviação. No entanto, podem competir por nutrientes e água com a macieira, interferindo no seu estado nutricional e na sua produção. O presente trabalho objetivou avaliar a resposta da macieira e o fluxo de N no solo e na solução em pomares submetidos à aplicação de fontes de nutrientes e com manejos de plantas espontâneas. Foram conduzidos 2 experimentos no município de Urubici (SC). O experimento 1 foi realizado para avaliar a resposta da macieira e o fluxo de N no solo e na solução, em um pomar submetido à aplicação de diferentes fontes de N. O experimento 2 foi realizado para avaliar a resposta da macieira e fluxo de N no solo e na solução, em um pomar submetido aos diferentes manejos de plantas espontâneas. Nos dois experimentos foram avaliados a produção, o teor de N nas folhas e parâmetros de crescimento, bem como o teor de N no solo e na solução. A aplicação de diferentes fontes de N na cultura da macieira não afetou os parâmetros de crescimento, tampouco a produção. Porém, alteram as formas de N-mineral no perfil do solo, podendo aumentar o sincronismo entre a liberação e a absorção de N pelas plantas. Mas, pode potencializar as perdas de N-mineral por lixiviação. Os manejos de plantas espontâneas como o dessecamento na linha de plantio pode alterar os parâmetros de crescimento da macieira, e a concentração do N-mineral no solo e na solução do solo aumentando os riscos de perdas por lixiviação.

Palavras chaves: *Malus domestica*, Adubação nitrogenada, Plantas de cobertura.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1. Experimento 1 - Respostas da macieira e fluxo de N no solo e na solução lixiviada em um pomar submetido à aplicação de fontes de nutrientes.	9
2.2 Experimento 2 - Resposta da macieira e fluxo de nitrogênio no solo e na solução lixiviada em pomar submetido a manejos de plantas espontâneas.....	11
2.3. Análise estatística.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
3.1. Experimento 1- Resposta da macieira e fluxo de N no solo e na solução em pomar submetido à aplicação de fontes de nutrientes.	13
3.1.1. Parâmetros de crescimento, produção de frutos e teor de N nas folhas completas.	13
3.1.2. Fluxo de N-mineral no solo.....	14
3.1.3. Fluxo de N-mineral na solução do solo.....	16
3.2. Experimento 2 - Resposta da macieira e fluxo de nitrogênio no solo e na solução lixiviada em pomar submetido a manejos de plantas espontâneas.....	19
3.2.1. Parâmetros de crescimento, produção de frutos e teor de N em folhas completas.	19
3.2.2 Fluxo de N-mineral no solo.....	20
3.2.3 Fluxo de N-mineral na solução do solo.....	22
4. CONCLUSÕES.....	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Os estados de Santa Catarina (SC) e do Rio Grande do Sul (RS) são os maiores produtores de maçã do Brasil com, aproximadamente, 95% da produção nacional. Em SC, a produção na safra 2009/2010 chegou a 680.000 toneladas em uma área de 20.014 hectares (IBGE, 2010). Esta produção se concentra em pomares no Alto Vale do Rio do Peixe, principalmente, no município de Fraiburgo e na região do Planalto Serrano, com destaque para São Joaquim, Bom Retiro e Urubici.

A adubação de manutenção com N na macieira é realizada com base no teor total de nutriente na folha completa, no crescimento dos ramos, produtividade esperada e a cultivar. Quando estabelecida a necessidade e a dose, o N é aplicado em uma faixa que coincide com a projeção da copa das plantas, sem incorporação e parcelado em duas épocas, 50% da dose na brotação e os 50% restantes, no período de 15 de março a 15 de abril (CQFS-RS/SC, 2004). O impacto da aplicação de N no solo sobre o estado nutricional, parâmetros de crescimento e produção de frutos podem estar associados, não só, mas também, ao tipo de fonte de N. O N aplicado na forma de uréia, que é rapidamente solubilizada no solo, incrementando as formas do nutriente, como o nitrato (N-NO_3^-) e o amônio (N-NH_4^+), caso não sejam absorvidas pela macieira podem ser perdidas por escoamento superficial, mas também por lixiviação no perfil do solo. As perdas de N-NO_3^- é um fenômeno comum em pomares de frutíferas (VENTURA et al., 2005). Isso acontece 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). Desta forma, o nitrato permanece na solução do solo, o que favorece sua lixiviação no perfil (BRUNETTO et al., 2011). Mas, como estratégia para aumentar o aproveitamento de N para a macieira e, possivelmente, melhorar o estado nutricional e a produção, bem como minimizar as perdas de formas de N por lixiviação, podem ser utilizadas outras fontes de N de liberação mais lenta, como a uréia peletizada e dejetos de animais, entre eles, a cama sobreposta de suínos (AZEVEDO et al., 2009; LORENSINI et al., 2012).

Entretanto, além de adubações, existem espécies de plantas espontâneas que co-habitam os pomares. Estas espécies podem competir por água e nutrientes com a macieira, o que pode modificar o estado nutricional das plantas e diminuir a produção. Entretanto, acredita-se que, caso exista, a competição acontece de forma mais intensa em pomares jovens, comparativamente a pomares adultos, onde as raízes das plantas exploram um maior volume de solo (ESPANHOL, 2005; NAVA, 2010; SCANDELLARI et al., 2010). Por causa desta preocupação, as espécies de plantas de cobertura nas linhas da macieira são dessecadas e aquelas nas entrelinhas são submetidas

a roçadas. No entanto, acredita-se que o dessecamento das plantas espontâneas nas linhas de plantio da macieira pode potencializar as perdas de formas de N principalmente por lixiviação.

O trabalho objetivou avaliar o estado nutricional, parâmetros de crescimento e produção de frutos em macieira submetida à aplicação de fontes de nitrogênio e a diferentes manejos de espécies espontâneas que co-habitam os pomares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em um pomar comercial de macieira implantado em 2008. O pomar está localizado no município de Urubici (SC), região do Planalto Serrano (Longitude 49°35'30"W, Latitude 28°0'5"S). O clima da região é mesotérmico úmido de verões brandos, Cfb (Figura 1).

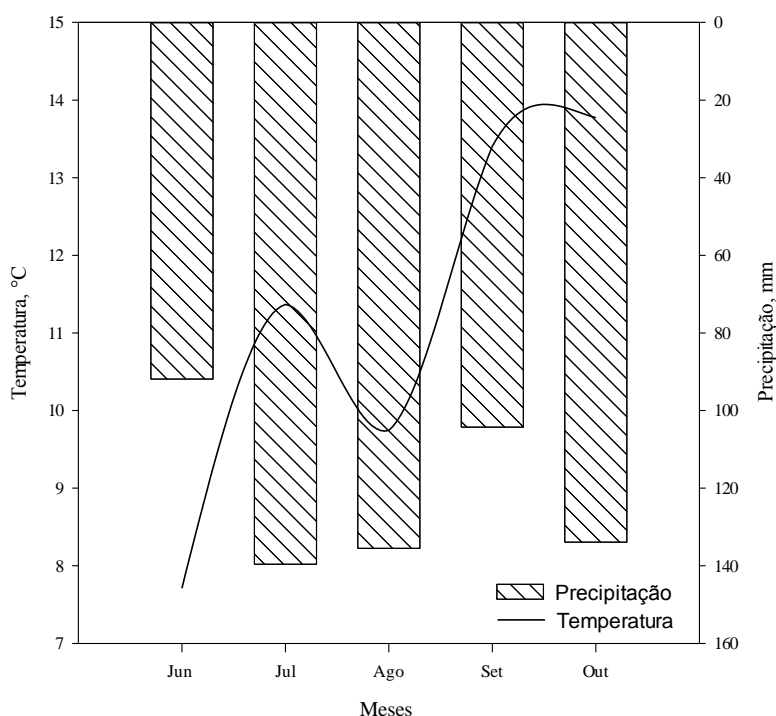


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média do ar nos meses de condução dos experimentos. Fonte: Estação meteorológica da Epagri, localizada no município de São Joaquim (SC).

O solo do pomar foi classificado como Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006) e na camada de 0-20 cm, antes da implantação dos experimentos, apresentando os seguintes atributos: argila 400 g kg⁻¹(EMBRAPA, 1997); matéria orgânica 46 g kg⁻¹; pH em água 5,8 (1:1); Índice SMP 6,35; Al trocável 0,0 cmol_c dm⁻³ (extraído por KCl 1 mol L⁻¹); Ca trocável 8,45 cmol_c dm⁻³ (extraído por KCl 1 mol L⁻¹); Mg trocável 3,15 cmol_c dm⁻³ (extraído por KCl 1 mol L⁻¹); P disponível 32,1 mg dm⁻³ (extraído por Mehlich 1) e K trocável 243 mg dm⁻³ (extraído por Mehlich 1). O pomar possuía duas variedades comerciais, Gala e Fuji com 70% e 30% das plantas respectivamente. No

entanto, para os experimentos foram selecionadas somente as plantas da cultivar Gala. O pomar foi conduzido em sistema de plantio com líder central e as plantas foram enxertadas sobre o porta-enxerto Marubakaido, com filtro de 20 cm de M9, sendo a densidade de plantio de 1482 plantas hectare⁻¹ (4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas).

2.1. Experimento 1 - Respostas da macieira e fluxo de N no solo e na solução lixiviada em um pomar submetido à aplicação de fontes de nutrientes.

Em outubro de 2011 foram selecionadas 80 plantas que foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha, sem adubação nitrogenada (T1), adubação com uréia (T2), adubação com uréia peletizada (T3) e adubação com cama sobreposta de suínos (T4). A cama sobreposta de suínos possuía 63% de matéria seca, 1,3% de N total, 2,8% de P total e 2,9% de K total. A uréia comum possuía 45% de N total e a uréia peletizada apresentava 41% de N total na sua composição. Foi aplicado anualmente 33 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, divididas em duas doses de 16,5 kg de N ha⁻¹, sendo a primeira dose aplicada em outubro de 2011, no início da brotação da macieira e a segunda dose somente em junho de 2012 na dormência da macieira (CQFS-RS/SC, 2004). As fontes de N foram aplicadas na superfície do solo, sem incorporação, e na projeção da copa das plantas. As plantas espontâneas na linha de plantio foram dessecadas ao logo do ciclo das plantas com herbicida não residual. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Cada repetição foi constituída por cinco plantas, sendo avaliadas as três plantas centrais.

Em fevereiro de 2012, safra 2011/2012 foi mensurado o diâmetro do caule a 30 cm acima do ponto de enxertia das plantas, usando um paquímetro digital, também foi contado o número de frutos por planta e coletados todos os frutos por planta que, em seguida, foram pesados. Em 20 frutos foi determinado o diâmetro, além disso, foram coletadas, em todo o perímetro da copa da planta, 20 folhas completas (folha + limbo) que, em seguida, foram secas, moídas e submetidas à análise do N total (TEDESCO et al., 1995).

Em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro foram coletadas uma amostra de solo em cada repetição dos tratamentos da camada de 0-20 e 20-40 cm com auxílio de um trado. O solo coletado foi acondicionado em sacos plásticos e imediatamente colocado em caixa de isopor com gelo, com temperatura de, aproximadamente, 4°C. Posteriormente, no laboratório, o solo foi dividido em duas partes. A primeira parte do solo foi submetida à determinação dos teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ (TEDESCO et al., 1995). Para isso, 5 g de solo foram adicionadas em frascos snap-cap com tampa e adicionado 50 ml de KCl 1 mol L⁻¹. Em seguida, a mistura de solo mais KCl foi agitada em agitador orbital durante 30 minutos à 230 rpm. Após a agitação, os frascos de snap-cap foram abertos e deixados em repouso por 30 minutos. Passado esse

período foi retirada uma alíquota de 20 mL do sobrenadante e adicionado em tubos de digestão de 100 mL. Para a determinação do $N-NH_4^+$ foi acrescentado nos tubos de digestão 0,2g de MgO e imediatamente acoplado em um destilador de arraste a vapor, onde foi recuperado 35 a 40 ml do destilado, em um recipiente contendo 5 ml de indicador ácido bórico. Posteriormente, essa solução coletada foi titulada com H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1} . Para a avaliação do $N-NO_3^-$ foi adicionado 0,2g de liga de devarda no mesmo tubo de digestão, utilizado para análise de $N-NH_4^+$ e acoplado novamente a um destilador de arraste a vapor, sendo recuperado 35 a 40 mL do destilado, em um recipiente contendo 5 mL de indicador ácido bórico. A titulação também foi realizada com H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1} . O N na forma de nitrito ($N-NO_2^-$) nas amostras de solos foi desprezado devido os seus teores serem muito baixos nos solos estudados, como verificado em estudos preliminares. 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 das diferentes fontes de adubos nitrogenados, ao longo das coletas de solo foi avaliada através da mineralização líquida (N_{liq}) (Equação 2):

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

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}). O N_{liq} indica se houve predomínio da mineralização do N (valor positivo) ou da imobilização do N (valor negativo) em cada tempo de coleta e para cada combinação solo + fonte de adubo (GIACOMINI, 2005).

A outra parte do solo coletada foi submetida à análise dos teores de umidade, para correção dos teores de N-mineral em $g\ kg^{-1}$ de solo seco.

Em maio de 2012, foram instalados três lisímetros nas repetições do tratamento testemunha, cama sobreposta de suínos e uréia. Para sua instalação o solo foi escavado com o auxílio de um trado até a profundidade de 20 cm e, logo depois, foram adicionados os lisímetros. Para a fixação do lisímetros o solo retirado foi devolvido, tomando o cuidado para adicionar o solo correspondente a cada profundidade. Além disso, após a fixação dos lisímetros foram adicionados nos 5 cm superiores um material expansivo (Vermiculita), para evitar o fluxo preferencial da água no perfil do solo. Em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro foi aplicado vácuo (25 kgf) no interior dos lisímetros usando uma bomba manual. No entanto, devido à falta de chuva na época de coleta não foi possível coletar a solução do solo em 13 de agosto. O vácuo foi mantido por, aproximadamente, 24 horas. A solução foi retirada no interior dos lisímetros com o auxílio de uma seringa acoplada a uma mangueira. Em seguida, as amostras de solução foram armazenadas em potes plásticos com capacidade de 100 mL e mantidas em caixa de isopor com gelo a, aproximadamente, 4°C. Posteriormente no laboratório, na solução coletada em cada repetição foram determinados os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$. Para essa metodologia, 20 mL do

extrato retirado dos lisímetros foi submetido à metodologia realizada anteriormente para o solo (TEDESCO et al., 1995).

2.2 Experimento 2 - Respostas da macieira e fluxo de nitrogênio no solo e na solução lixiviada em pomar submetido a manejos de plantas espontâneas.

Em setembro de 2011, foram implantados os tratamentos: sem manejo de plantas espontâneas (T1), dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio da macieira (T2), roçada das plantas espontâneas na linha de plantio da macieira (T3) e roçada das plantas espontâneas na linha e entrelinha de plantio da macieira (T4). No pomar, predominava as plantas espontâneas trevo branco (*Trifolium repens*), trevo vermelho (*Trifolium pratenses*), grama-forquilha (*Paspalum notatum*) e língua de vaca (*Chaptalia nutans*). A roçada das plantas espontâneas foi realizada a cada 30 dias aproximadamente. O dessecamento das plantas de cobertura foi realizado a cada 30 dias, usando herbicida não residual.

Em fevereiro de 2012, na safra 2011/2012 foi mensurado o diâmetro do caule a 30 cm acima do ponto de enxertia das plantas, usando um paquímetro digital, também foi contado o número de frutos por planta e coletados todos os frutos por planta que, em seguida, foram pesados. Em 20 frutos foi determinado o diâmetro. Além disso, foram coletadas em todo perímetro da copa da planta, 20 folhas completas (folha + limbo) que, em seguida, foram secas, moídas e submetidas à análise dos teores totais de N, P e K (TEDESCO et al., 1995).

Em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro, amostras de solo foram coletadas em cada repetição dos tratamentos da camada de 0-20 e 20-40 cm com auxílio de um trado. O solo coletado neste experimento foi submetido às mesmas análises do experimento 1.

Em maio de 2012 foram instalados lisímetros em três tratamentos: sem manejo das plantas espontâneas (T1), dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio da macieira (T2) e roçada das plantas espontâneas na linha de plantio. Os lisímetros foram instalados do mesmo modo como relatado no experimento 1. Em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro de 2012 foi aplicado vácuo (25 kgf), usando uma bomba manual. No entanto, devido à falta de chuva na época de coleta não foi possível coletar a solução do solo em 13 de agosto. A solução foi retirada do interior dos extratores com o auxílio de uma seringa acoplada a uma mangueira. Posteriormente, a solução retirada foi submetida às mesmas análises descritas no experimento 1.

2.3. Análise estatística.

As variáveis obtidas na avaliação do diâmetro do caule, diâmetro dos frutos, número de frutos planta⁻¹, produção em kg planta⁻¹ e kg ha⁻¹, juntamente com os teores totais de nutrientes nas

folhas completas foram submetidas à análise de variância e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de comparação de médias Tukey ($\alpha = 5\%$). As demais variáveis, devido à falta de “independência” entre as observações ao longo do período de avaliação, inviabiliza uma análise de regressão dos dados de mineralização e transferência de N pela solução lixiviada. Além disso, a impossibilidade de se controlar experimentalmente algumas variáveis tais como o volume e o intervalo das precipitações implicam na não satisfação de todos os pressupostos da análise de variância para o N lixiviado. 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) e LORENSINI et al., (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento 1- Respostas da macieira e fluxo de N no solo e na solução em pomar submetido à aplicação de fontes de nutrientes.

3.1.1. Parâmetros de crescimento, produção de frutos e teor de N nas folhas completas.

As fontes de nutrientes aplicadas no solo do pomar de macieiras jovens com 4 anos não afetaram o teor total de N nas folhas completas, o diâmetro do caule e dos frutos, o número de frutos por planta e a produção de frutos em kg planta^{-1} e Mg ha^{-1} (Tabela 1). A falta de resposta da macieira a aplicação de fonte de N observadas no experimento, concordam com os dados obtidos por ERNANI et al. (2000). Isso pode estar relacionado ao histórico de aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo que incrementam o teor de formas de N, bem como a mineralização da matéria orgânica lábil, que também pode suprir parte da demanda do nutriente pela macieira (ERNANI et al., 1997). Além disso, a decomposição de material orgânico depositado na superfície do solo, como folhas senescentes, ramos podados e resíduos de plantas que co-habitam os pomares, também podem contribuir no fornecimento de N para espécies frutíferas (BRUNETTO et al., 2011), entre elas a macieira. Somado a isso, as reservas internas de N em órgãos perenes, como as raízes e caules, podem diminuir a resposta da macieira a aplicação de fontes de N.

Além disso, o teor total de N encontrado nas plantas do tratamento sem a aplicação de N foi interpretado como normal (20 a 25 g kg^{-1}) (CQFS-RS/SC, 2004), o que demonstra que as plantas já possuem as quantidades suficientes de N em suas reservas. Porém, os teores de N total nas folhas das plantas dos demais tratamentos foram interpretados como acima do normal (25,1 a 30 g kg^{-1}) (CQFS-RS/SC, 2004), o que evidencia que a macieira absorve o N adicionado ao solo, porém ainda não foi detectado incremento em parâmetros de crescimento da planta e na produção, o que é compreensível, pois é o primeiro ano de avaliação do experimento.

Tabela 1. Teor de N total na folha completa, diâmetro de caule e frutos, número e produção de frutos em macieiras submetidas a aplicação de fontes de nutrientes.

Fonte	N total ----g kg ⁻¹ ----	Diâmetro		Número de frutos planta ⁻¹	Produção de frutos	
		Caule	Fruto		kg planta ⁻¹	Mg ha ⁻¹
Testemunha	24,5 ^{ns}	37,0 ^{ns}	64 ^{ns}	98 ^{ns}	11,2 ^{ns}	16,6 ^{ns}
Uréia	25,6	40,7	63	112	12,4	18,38
Uréia peletizada	25,5	40,2	65	99	11,7	17,34
Cama sobreposta de suínos	25,9	39,2	65	101	12,1	17,93
CV (%)	6,7	5,4	2,8	12,6	5,71	5,71

^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

3.1.2. Fluxo de N-mineral no solo.

A coleta realizada em 7 de junho, quando se iniciou a coleta de solo no experimento, os teores de N-NH_4^+ no solo da camada de 0-20 cm foram iguais para todos os tratamentos (Figura 2a). Na coleta realizada em 11 de julho, os maiores teores de N-NH_4^+ na camada de 0-20 cm do solo foram verificados nos tratamentos com a aplicação de uréia e cama sobreposta de suínos que foram diferentes da testemunha. No entanto, em 11 de julho, os teores de N-NH_4^+ na camada de 0-20 cm foram iguais nos tratamentos testemunha e uréia peletizada. Nas coletas realizadas em 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro, os teores de N-NH_4^+ no solo da camada de 0-20 cm não apresentaram diferença em nenhum dos tratamentos (Figura 2a).

Os maiores teores de N-NH_4^+ no solo da camada de 20-40 cm, na coleta realizada em 11 de julho foram observados nos tratamentos com ureia, ureia peletizada e cama sobreposta de suínos, comparativamente a testemunha (Figura 3a). As coletas realizadas em 7 de junho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro os teores de N-NH_4^+ no solo na camada de 20-40 cm não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Os teores de N-NO_3^- na camada 0-20 cm no solo do tratamento com a aplicação de cama sobreposta de suínos foi superior aos demais tratamentos, nas coletas realizadas em 7 de junho e 11 de julho (Figura 2b). Nas coletas realizadas em 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro os teores de N-NO_3^- no solo da camada de 0-20 cm foram iguais para todos os tratamentos. Os teores de N-NO_3^- da camada de 20-40 cm de solo foram iguais entre os tratamentos (Figura 3b).

O N-mineral da camada de 0-20 cm de solo no tratamento com a aplicação de cama sobreposta de suínos foi superior aos demais tratamentos nas coletas realizadas em 7 de junho e 11 de julho (Figura 2c). Nas coletas realizadas em 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro os teores de N-mineral no solo da camada de 0-20 cm foram iguais para todos os tratamentos (Figura 2c). Os teores de N-mineral da camada de 20-40 cm de solo não apresentaram diferenças entre os tratamentos em todas as épocas de coleta (Figura 3c).

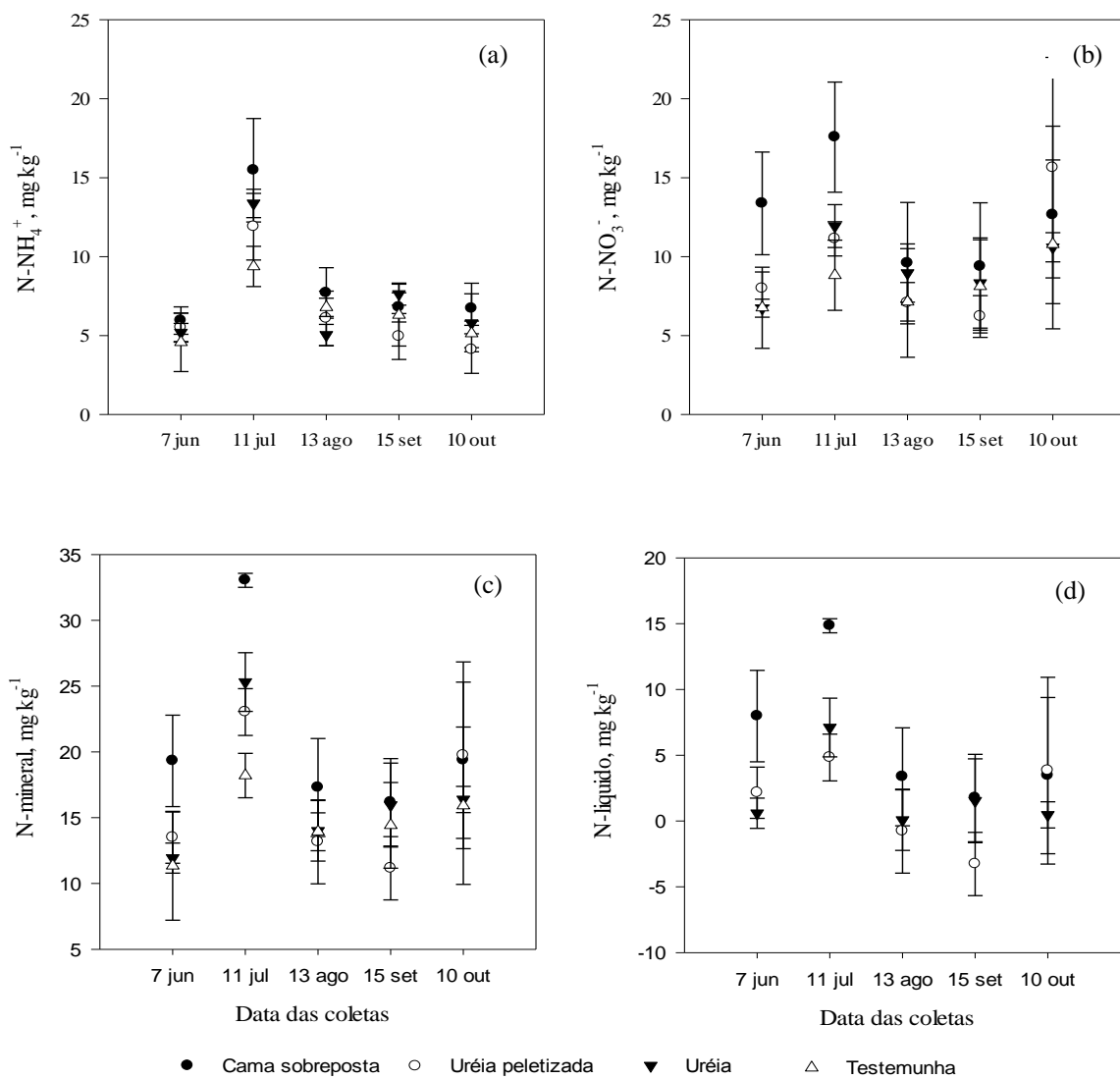


Figura 2. Teores de N-NH₄⁺ (a), N-NO₃⁻ (b), N-mineral (c) e N-líquido (d), na camada de 0-20 cm, no solo cultivado com macieira e submetido à aplicação de fontes de nutrientes.

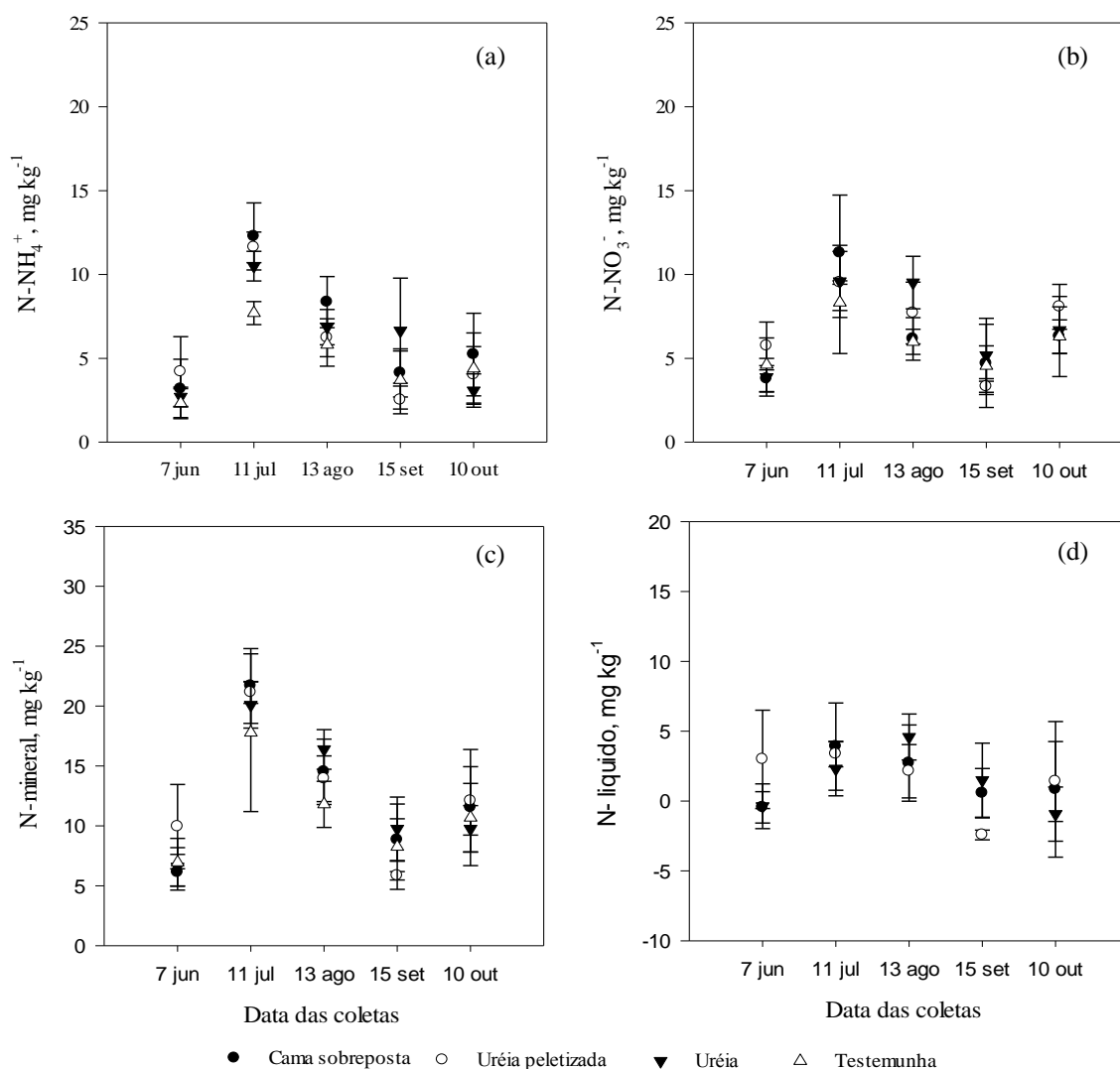


Figura 3. Teores de N-NH₄⁺ (a), N-NO₃⁻ (b), N-mineral (c) e N-líquido (d), na camada de 20-40 cm, no solo cultivado com macieira e submetido à aplicação de fontes de nutrientes.

3.1.3. Fluxo de N-mineral na solução do solo.

As concentrações de N-NH₄⁺ na solução do solo coletada a 20 cm de profundidade foram iguais para todos os tratamentos em todas as datas de coleta (Figura 4a). Porém, na coleta realizada em 11 de julho, observa-se que em todos os tratamentos houve um aumento nas concentrações de N-NH₄⁺ na solução do solo, em relação às demais épocas de coleta (Figura 4a). As concentrações de N-NO₃⁻ na solução do solo na coleta realizada em 7 de junho foram maiores nos tratamentos com a aplicação de cama sobreposta de suínos e uréia, comparativamente a testemunha (Figura 4b). Nas coletas efetuadas em 11 de julho, 15 de setembro e 10 de outubro, as concentrações de N-NO₃⁻ na solução do solo foram iguais entre os tratamentos.

As maiores concentrações de N-mineral na solução do solo na coleta realizada em 7 de junho foram observadas nos tratamentos com a aplicação de cama sobreposta de suínos e uréia (Figura 4c). Nas demais coletas da solução do solo em 11 de julho, 15 de setembro e 10 de outubro as concentrações de N-mineral foram iguais entre os tratamentos.

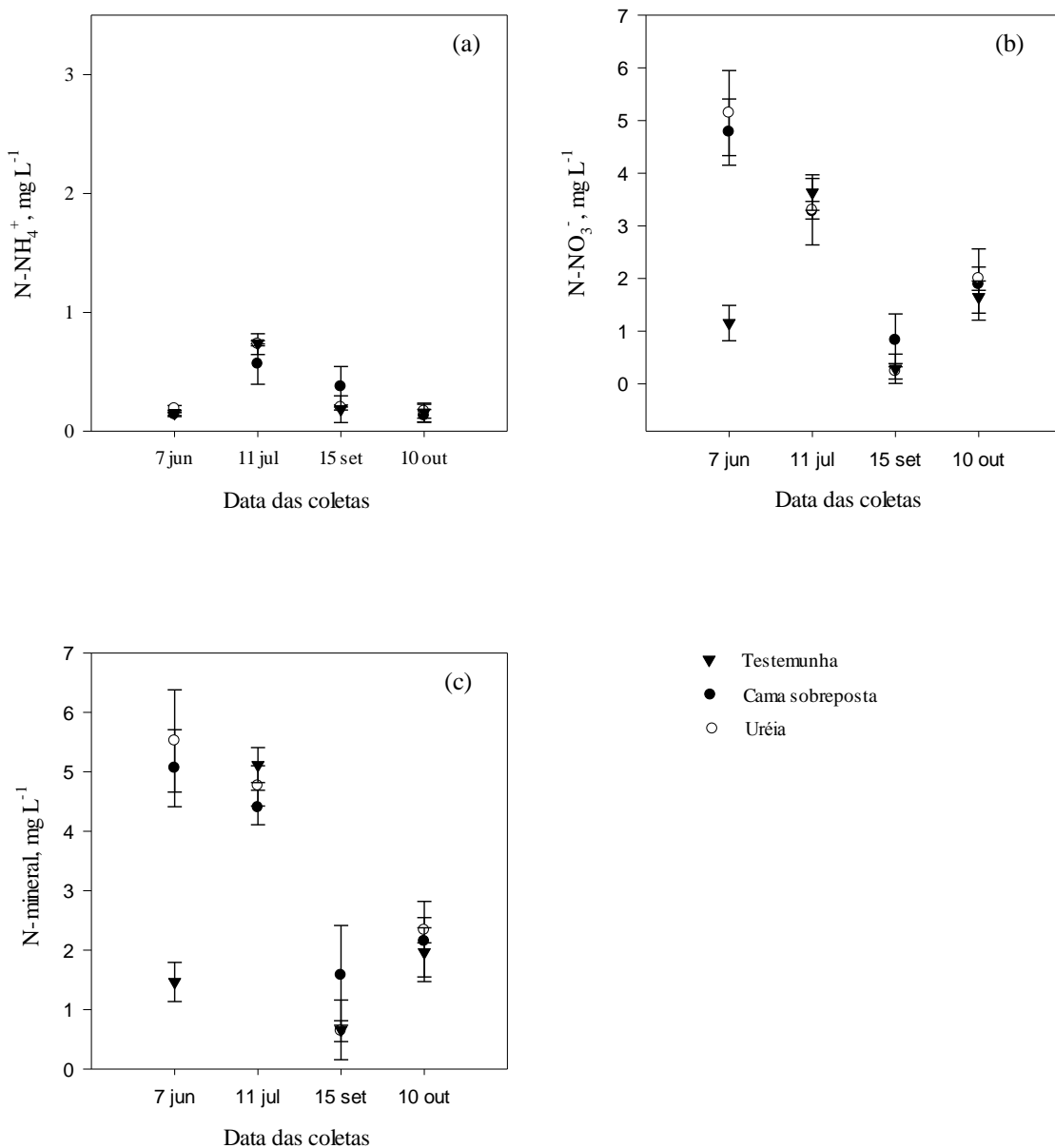


Figura 4. Concentrações de N-NH₄⁺ (a), N-NO₃⁻ (b) e N-mineral (c) na solução do solo extraída a 20 cm de profundidade, em um pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes.

Os maiores teores de N-NO₃⁻ e N-mineral na camada de 0-20 cm no solo submetido à aplicação de cama sobreposta de suínos coletado em 7 de junho (Figura 2b, c), pode ser explicado pela primeira aplicação da cama sobreposta de suínos na superfície do solo, que aconteceu em outubro de 2011. A cama sobreposta de suínos quando aplicada na superfície do solo e sem

incorporação apresenta pequena área de contato que somada a sua alta relação C/N (GIACOMINI & AITA., 2008), retarda a sua decomposição, realizada pela biomassa microbiana que coloniza o material orgânico (MELO et al., 2012). Com isso, a liberação de N para o solo é mais lenta (TOSELLI et al., 2010; LORENSINI et al., 2012). Isso pode ser comprovado pelos dados de N-líquido no solo coletado em 7 de junho (Figura 2d), onde observa-se valores positivos para o solo com aplicação de cama sobreposta de suínos, indicando que neste período houve mineralização de N da cama sobreposta de suínos.

A coleta realizada em 11 de julho, os maiores teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-mineral da camada 0-20 cm do solo (Figura 2a, b, c) com a aplicação de uréia, uréia peletizada e cama sobreposta de suínos, pode ser explicado pela liberação de N prontamente mineralizável dos fertilizantes adicionados (LORENSINI et al., 2012). Os teores positivos do N-líquido em 11 de julho na camada de 0-20 cm (Figura 2d) nos tratamentos com uréia, uréia peletizada e cama sobreposta de suínos indicam que à predominância da mineralização do N adicionado via fertilizantes (GIACOMINI, 2005), o que aumenta os teores de N-mineral no solo.

Os maiores teores de N-NO_3^- e N-mineral na coleta realizada em 11 de julho para a cama sobreposta de suínos na camada de 0-20 cm do solo podem ser explicados pelo processo de nitrificação dos adubos orgânicos, onde o pico de liberação de N-NO_3^- ocorre, aproximadamente, após 20 dias da sua aplicação no solo (ALMEIDA, 2000). O fato pode ter ocorrido para o experimento, onde o pico de liberação do N-NO_3^- para o solo ocorreu, aproximadamente, 30 dias após a sua aplicação. Os fertilizantes minerais como a uréia e a uréia peletizada, possuem uma rápida liberação de N para solo, o que pode incrementar rapidamente os teores de N-NH_4^+ e, por consequência, N-NO_3^- (CANTARELLA et al., 2007; LORENSINI, 2011). Isso ocorre porque a ureia e a ureia peletizada possuem uma baixa relação C/N (CHANTIGNY et al., 2004), o que facilita a liberação do N para o solo.

O aumento nos teores de NH_4^+ , N-NO_3^- e N-mineral no solo da camada de 0-20 cm na testemunha realizada em 11 de julho (Figura 2a, b, c), devem-se ao aumento da temperatura e da precipitação neste período (Figura 1). Isto favorece o ataque dos microorganismos a fração lábil da matéria orgânica do solo, causando a mineralização de N-mineral para o solo (ERNANI et al., 2002). Nas coletas realizadas em 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro, os teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-mineral foram iguais em todos os tratamentos. Isso pode ser atribuído a baixa mineralização das fontes de nutrientes adicionadas, porque os teores de N-líquido observados foram muito baixos, próximos a zero ou negativos (Figura 2d) (GIACOMINI, 2005), evidenciando que não há incremento de N via fertilizante nesta época.

O aumento nos teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-mineral no solo da camada de 20-40 cm em 11 de julho, pode ser explicado pela deposição das fontes de N no mês anterior e pela maior

precipitação (Figura 1) (Figura 3a, b, c), o que pode ter favorecido a lixiviação de formas de N-mineral no perfil do solo (Figura 4a, b, c). A lixiviação do N no perfil do solo é dependente de vários fatores como, o fluxo descendente da água, da precipitação e da concentração do elemento no solo (ERNANI & BARBER., 1993; BRUNETTO et al., 2011) e pelas reações de adsorção de íons pelos grupos funcionais das partículas orgânicas e inorgânicas do solo (SILVA & VALE, 2000).

As baixas concentrações de N-NH_4^+ na solução do solo (Figura 4a) podem ser explicadas pela rápida transformação do N-NH_4^+ em N-NO_2^- e N-NO_3^- (CANTARELLA et al., 2007). As concentrações de N-NO_3^- e N-mineral na solução do solo em 7 de junho foram maiores no solo com a aplicação de uréia e com a aplicação de cama sobreposta de suínos. O maior teor de N no solo submetido a aplicação das fontes de nutrientes aliado a grande precipitação ocorrida no dia anterior à coleta (dados não apresentados) (ERNANI & BARBER., 1993), pode ter aumentado os teores de N-NO_3^- e N-mineral na solução em 7 de junho.

Convém ressaltar que em todas as datas de coleta da solução e em todos os tratamentos, as concentrações de N-NO_3^- foram inferiores a 10 mg L^{-1} (Figura 4 b), considerada a quantidade máxima permitida para classificar as águas como próprias para o consumo humano (Ministério da Saúde, Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004).

3.2. Experimento 2 - Respostas da macieira e fluxo de nitrogênio no solo e na solução lixiviada em pomar submetido a manejos de plantas espontâneas.

3.2.1. Parâmetros de crescimento, produção de frutos e teor de N em folhas completas.

Os diferentes manejos das plantas espontâneas não afetaram o teor total de nutrientes (N, P e K) nas folhas completas, o diâmetro de frutos, o número de frutos por planta e a produção de frutos por hectare (Tabela 2). Por outro lado, verificou-se o aumento do diâmetro do caule da macieira, quando as plantas espontâneas foram submetidas ao dessecamento na linha de plantio. Esses dados concordam com os obtidos por PELIZZA et al., (2009) e NAVA, (2010), que mostram que no sul do Brasil as plantas de macieira apresentam um melhor crescimento quando as plantas espontâneas são dessecadas na linha de plantio. Isso pode ser explicado, provavelmente, pela ausência de plantas espontâneas na superfície do solo, que normalmente absorvem água e, por isso, podem diminuir a sua disponibilidade para a macieira (ESPANHOL, 2005). No entanto, esse mesmo autor comenta que além da água, as plantas espontâneas podem absorver nutrientes da solução do solo, diminuindo a disponibilidade deles para a macieira. Mas no presente trabalho acredita-se que isso tenha sido de menor importância, porque os teores totais de nutrientes, como o N e o P nas folhas da macieira não foram afetados pelo tipo de manejo de plantas espontâneas e foram interpretados como

acima do normal para o N (25,1 a 30,0 mg kg⁻¹) e normal para o P (1,5 à 3,0 mg kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2004).

Tabela 2. Teores de NPK totais na folha completa, diâmetro de caule e frutos, número e produção de frutos em macieiras diferentes manejos das plantas espontâneas.

Manejos	Teor total			Diâmetro		Número de frutos planta ⁻¹	Produção de frutos	
	N	P	K	Caule	Fruto		kg planta ⁻¹	Mg ha ⁻¹
	-----g kg ⁻¹ -----			-----mm-----				
Sem manejo de plantas espontâneas	26,3 ^{ns}	1,7 ^{ns}	10,9 ^{ns}	49,9ab ⁽¹⁾	62 ^{ns}	86 ^{ns}	9,6 ^{ns}	14,3 ^{ns}
Dessecadas na linha	25,5	1,8	11,6	50,6a	62	98	11,6	17,2
Roçadas na linha	26,8	2,0	12,3	43,4c	61	82	9,3	13,8
Roçadas na linha e na entrelinha	27,9	2,1	11,6	43,5bc	61	91	10,1	15,0
CV %	6,7	10,1	7,6	6,2	3,0	10	12,5	12,5

^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

3.2.2 Fluxo de N-mineral no solo.

Os teores de N-NH₄⁺ no solo da camada de 0-20 cm coletado em 7 de junho foram maiores nos tratamentos sem o manejo de plantas espontâneas e com plantas espontâneas roçadas na linha (Figura 5a), sendo diferentes do tratamento com plantas espontâneas roçadas na linha e na entrelinha de plantio, que apresentou os menores teores de N-NH₄⁺. No entanto, na coleta em 7 de junho todos os tratamentos apresentaram teores de N-NH₄⁺ no solo da camada de 0-20 cm iguais ao tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha de plantio (Figura 5a). Nas coletas realizadas em 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro e 10 de outubro os teores de N-NH₄⁺ no solo da camada de 0-20 cm foram iguais em todos os tratamentos (Figura 5a).

Os teores de N-NH₄⁺ no solo coletados da camada de 20-40 cm foram iguais para todos os tratamentos nas coletas realizadas em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto e 15 de setembro (Figura 6a). No entanto, na coleta realizada em 10 de outubro o tratamento sem manejo das plantas espontâneas apresentou os maiores teores de N-NH₄⁺ no solo da camada de 20-40 cm, em relação ao tratamento com plantas espontâneas roçadas na linha, mas foi igual aos tratamentos com plantas espontâneas dessecadas na linha de plantio e com plantas espontâneas roçadas na linha e na entrelinha de plantio (Figura 6a).

Os teores de N-NO₃⁻ no solo da camada de 0-20 cm foram iguais em todos os tratamentos e em todas as datas de coleta (Figura 5b). O mesmo comportamento foi observado nos teores de N-NO₃⁻ no solo da camada de 20-40 cm (Figura 6b).

Os teores de N-mineral nas coletas realizadas em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto e 10 de outubro da camada de 0-20 cm do solo foram iguais em todos os tratamentos (Figura 5c). A coleta realizada em 15 de setembro no tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha apresentou o maior teor de N-mineral no solo da camada de 0-20 cm, sendo diferentes dos tratamentos com a roçada na linha e na linha e entrelinha, mas iguais ao tratamento sem manejo das plantas espontâneas. Os teores de N-mineral da camada de 20-40 cm do solo foram iguais para todos os tratamentos em todas as coletas (Figura 6c).

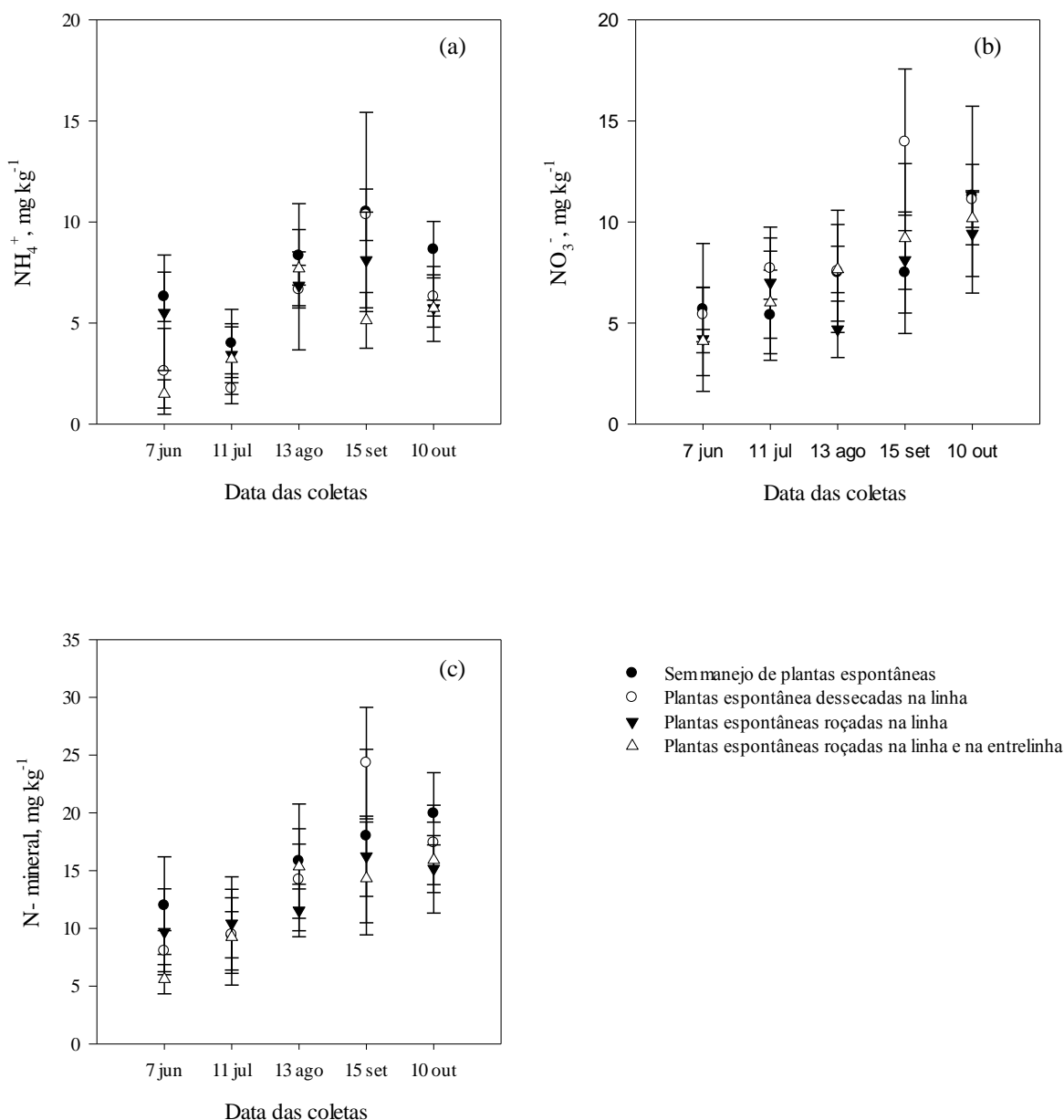


Figura 5. Teores de N-NH_4^+ (a), N-NO_3^- (b) e N-mineral (c) no solo da camada de 0-20 cm, em um pomar de macieira submetido a diferentes manejos de plantas espontâneas.

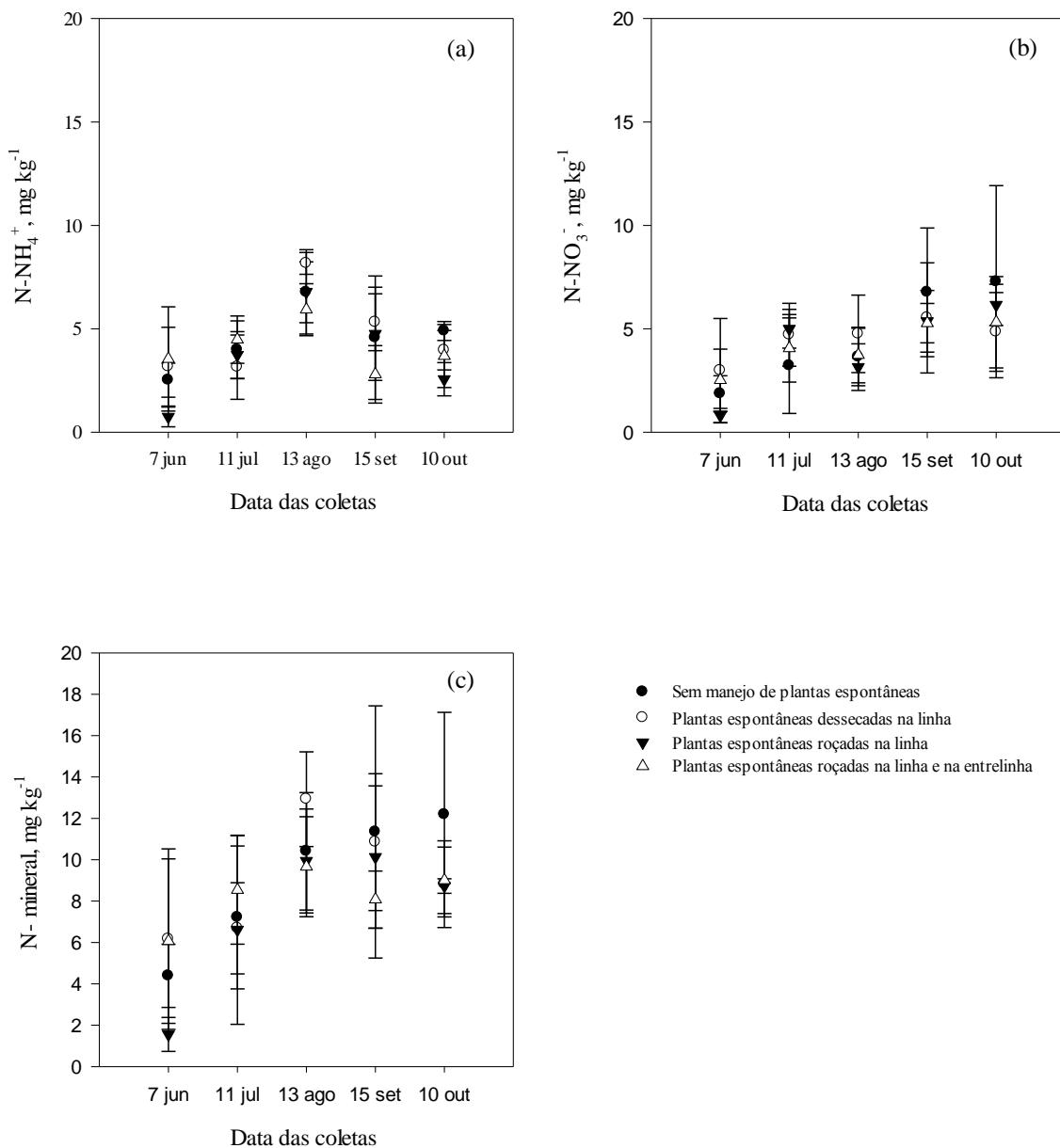


Figura 6. Teores de N-NH₄⁺ (a), N-NO₃⁻ (b) e N-mineral (c) no solo, na camada de 20-40 cm, de um pomar de macieira submetido a diferentes manejos de plantas espontâneas.

3.2.3 Fluxo de N-mineral na solução do solo.

As concentrações de N-NH₄⁺ na solução do solo coletada a 20 cm de profundidade foram iguais entre todos os tratamentos (Figura 7a). As maiores concentrações de N-NO₃⁻ na solução do solo na coleta em 7 de junho foram observadas no tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha de plantio da macieira, sendo diferente dos demais tratamentos (Figura 7b). A coleta realizada em 11 de julho, novamente as concentrações de N-NH₄⁺ na solução do solo foram maiores no tratamento com dessecamento de plantas espontâneas, sendo diferente do tratamento sem manejo das plantas espontâneas, mas igual ao tratamento com plantas espontâneas roçadas na linha de

plantio. Na coleta realizada em 15 de setembro, as concentrações de N-NO_3^- na solução do solo diminuíram em todos os tratamentos, sendo os teores próximos a zero. No entanto, as concentrações de N-NO_3^- na solução do solo coletada no tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha foram superiores aos demais tratamentos. A coleta em 10 de outubro, as concentrações de N-NO_3^- na solução do solo aumentaram em todos os tratamentos, sendo os maiores teores observados no tratamento com dessecamento das plantas espontâneas, que foi superior ao tratamento sem manejo das plantas espontâneas. Porém, os valores foram iguais ao tratamento com plantas espontâneas roçadas na linha de plantio (Figura 7b).

As concentrações de N-mineral na solução do solo na coleta em 7 de junho e 11 de julho foram maiores no tratamento com dessecamento das plantas espontâneas na linha de plantio da macieira, sendo diferentes dos demais tratamentos. A coleta realizada em 15 de setembro, os tratamentos não apresentaram diferença nas concentrações de N-mineral na solução do solo. Na coleta em 10 de outubro, as concentrações de N-mineral na solução do solo, foram maiores para o tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha de plantio, que foi superior ao tratamento sem manejo das plantas espontâneas. Porém, o valor foi igual ao tratamento com plantas espontâneas roçadas na linha de plantio.

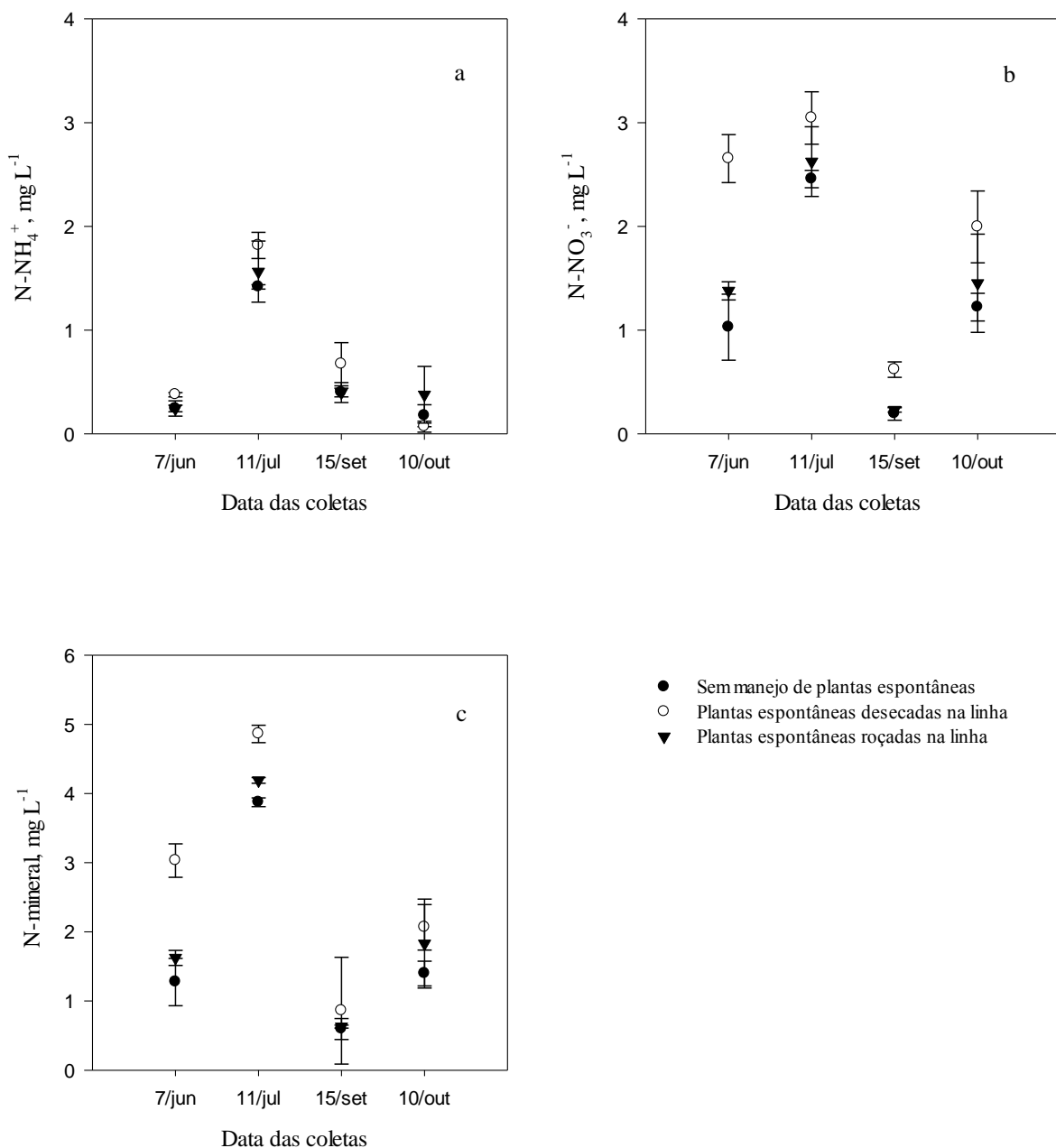


Figura 7. Concentrações de N-NH₄⁺ (a), N-NO₃⁻ (b) e N-mineral (c) na solução do solo extraída a 20 cm de profundidade, em um pomar de macieira submetido à manejos de plantas espontâneas.

Os maiores teores de N-NH₄⁺ no solo da camada 0-20 cm do solo na coleta realizada em 7 de junho foram observadas para os tratamentos sem manejo das plantas espontâneas e com plantas espontâneas roçadas na linha, o que pode ser explicado pela composição florística do pomar, onde existia a presença de leguminosas, como o trevo branco e o trevo vermelho, que possuem associação simbiótica com bactérias e fixam N atmosférico (SILVA et al., 2002; ESPINDOLA et al., 2006a,b), o que, por consequência, podem incrementar o teor de N-NH₄⁺ e até N-NO₃⁻ no solo. Além disso, os resíduos das plantas espontâneas mantidas no pomar ou submetidas a roçadas podem

proporcionar uma maior ciclagem de nutrientes, como o N (AITA & GIACOMINI, 2006; BOER et al., 2007; TORRES et al., 2008) podendo aumentar a disponibilidade do N-mineral no solo. O mesmo pode ter ocorrido para os teores de N-mineral no solo da camada de 20-40 cm coletado em 10 de outubro, onde o tratamento sem manejo de plantas espontâneas apresentou os maiores teores de N-NH_4^+ no solo.

Os maiores teores de N-mineral no solo da camada de 0-20 cm na coleta em 15 de setembro foram observadas no tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha. O aumento da temperatura e a precipitação de forma mais regular fazem com que, nesta época, o crescimento das plantas espontâneas seja mais intenso (ERNANI et al., 2000). Com isso, as plantas espontâneas absorvem maiores quantidades de nutrientes (ESPANHOL, 2005). Contudo, no solo submetido ao dessecamento de plantas espontâneas existem poucas ou nenhuma cobertura vegetal, o que pode diminuir a absorção dos nutrientes pelas plantas espontâneas (PELIZZA et al., 2009), aumentando a disponibilidade de N-mineral no solo da camada de 0-20 cm.

Os maiores teores de N-NO_3^- e N-mineral lixiviado encontrados no tratamento com plantas espontâneas dessecadas na linha de plantio podem ser atribuídos pela falta de cobertura vegetal sobre o solo, que permite uma maior lixiviação de N no solo, (MONQUERO et al., 2009). Esses resultados concordam com os obtidos por STEVENS & QUINTON (2009), STEENWERTH & BELINA (2010) e BRUNETTO et al (2011). Estes autores atribuem a menor lixiviação do N-mineral no perfil do solo quando existem plantas espontâneas, como gramíneas e leguminosas na superfície do solo. Essas plantas incorporam do N-mineral que está na solução do solo a sua fração orgânica, diminuindo assim a quantidade de N-mineral na solução do solo e, conseqüentemente, podem diminuir as perdas por lixiviação.

Convém relatar que assim como no experimento 1, as concentrações de N-NO_3^- na solução do solo foram abaixo dos teores máximos permitidos (10 mg L^{-1}) e não comprometeram a qualidade da água lixiviada (Ministério da Saúde, Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004).

4. CONCLUSÕES

1. A aplicação de diferentes fontes de N na cultura da macieira não afeta os parâmetros de crescimento tampouco a produtividade. Porém, alteram as formas de N-mineral no perfil do solo, podendo aumentar o sincronismo entre a liberação e a absorção do nutriente pelas plantas, mas também pode potencializar as perdas de N-mineral por lixiviação. .
2. Os manejos de plantas espontâneas, como o dessecamento na linha de plantio, alterou o diâmetro do caule da macieira e a concentração do N-mineral na solução do solo, o que aumenta o risco de perda do nutriente por lixiviação.
3. Apesar da ausência de diferenças, o manejo das plantas espontâneas com dessecamento da linha de plantio, proporcionou um aumento de $2,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de frutos, aumentando a renda do produtor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; CAMARGO, F.A.O., (Eds.) **Manejo de sistemas agrícolas**. Porto Alegre, Gênese. 2006. p.59-80.

ALMEIDA, A. C. R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

AZEVEDO, E. B.; MARINHO, C. S.; MUNIZ, R. A.; CARVALHO, A. J. C. 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.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1305-1312, 2005.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 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.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; WELLINGTON, G. M.; TAGLIAVINI, M. 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.

CANTARELLA, H.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo: Nitrogênio**, 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375- 470.

CHANTIGNY, M.H.; ANGERS, D.A.; MORVAN, T.; POMAR, C. Dynamics of pig slurry nitrogen in soil and plant as determined with ¹⁵N. **Soil Science Society American Journal**, v.68, p. 637-643, 2004.

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 (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, 1).

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.

ERNANI, P.R.; CASSOL, P.C.; MORIGUTII, H.; GARCIA, M.M.; VACARO, M. Aplicação de gesso agrícola e lixiviação de potássio em solos catarinenses. **Universidade & Desenvolvimento**, v.1, 1993, p.7-16.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciência Rural**, Santa Maria v.30, n.2, 2000.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; VANZ, L. Application of nitrogen to the soil after fruit harvest has not increased apple yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.9, n.1, p.33-37, 1997.

ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num Nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.26, p. 993-1000, 2002.

ESPANHOL, G. L.. **Controle de ervas e adubação orgânica em macieira: propriedades químicas e físicas do solo**. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2005.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.321- 328, 2006a.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.415-420, 2006b.

GIACOMINI, S. J. **A avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 247 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32 p. 195-205, 2008.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. Viçosa, **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 307-313, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/>. Acesso em: 25 jun 2012.

LORENSINI, F. **Adubação nitrogenada em videira: perdas e mineralização do nitrogênio**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOUREZI, C. R.; CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em

- um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p. 1173-1179, 2012.
- MELO, G W B.; BRUNETTO, G.; BASSO A; HEINZEN J . Estado nutricional, produção e composição do mosto em videiras submetidas a modos de distribuição do composto orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n.2, p. 493-503, 2012.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.¹; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.1, 2009.
- NAVA, G. Produção e crescimento da macieira ‘fuji’ em resposta à adubação orgânica e manejo de plantas espontâneas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1231-1237, 2010.
- PELIZZA, T. R.; MAFRA, A. L.; AMARANTE, C. V. T.; VARGAS, M. A. N. L. Coberturas do solo e crescimento da macieira na implantação de um pomar em sistema orgânico de produção **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.739-748, 2009.
- SCANDELLARI, F.; VENTURA, M.; CECCON, C.; MENARBIN, G.; TAGLIAVINI, M. Net primary productivity and partitioning of absorbed nutrients in field-grown apple trees. **Acta Horticulturae**, v. 868, p.115-122, 2010.
- SILVA, C.A. & VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35 p. 2461-2471, 2000.
- SILVA, J.A.A. da; VITTI, G.C.; STUCHI, E.S.; SEMPIONATO, O.R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja 'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p.225-230, 2002.
- STEENWERTH, K.L.; BELINA, K.M. Vineyard weed management practices influence nitrate leaching and nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 138, p.127-131, 2010.
- STEVENS, C.J.; QUINTON, J.N. Diffuse Pollution Swapping in Arable Agricultural Systems. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 39, p. 478–520, 2009.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de matéria seca por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.421-428, 2008.
- TOSELLI, M; BALDI, E; SORRENTI, G.; QUARTIERI, M; MARANGONI. Evaluation of the effectiveness of soil-applied plant derivatives of *Meliaceae* species on nitrogen availability to peach trees. **Scientia Horticulturae**. v. 124, p. 183-188, 2010.
- VENTURA, M.; OPSTAD, N.; ZANOTELLI, D.; SCANDELLARI, F.; QUARTIERI, M. TAGLIAVINI, M. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.
- YU, T.R. **Chemistry of variable charge soils**. New York: Oxford University Press, 1997, 505 p.