

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE DO RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Marlo Adriano Bison Pinto

**INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJOS DO DEJETO LÍQUIDO
DE SUÍNOS EM SOLO CULTIVADO COM MILHO E TRIGO**

Frederico Westphalen, RS
2016

Marlo Adriano Bison Pinto

**INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJOS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS
EM SOLO CULTIVADO COM MILHO E TRIGO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/CESNORS, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia: Agricultura e Ambiente**.

Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso

Frederico Westphalen, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pinto, Marlo Adriano Bison
Inibidor de nitrificação e manejos do dejetos líquido de suínos em solo cultivado com milho e trigo / Marlo Adriano Bison Pinto.-2016.
54 f.; 30cm

Orientador: Claudir José Basso
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS-FW, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2016

1. Diclanodiamida 2. Injeção de dejetos 3. N-inorgânico
4. Produtividade de grãos I. Basso, Claudir José II.
Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Marlo Adriano Bison Pinto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

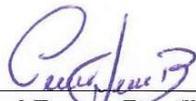
E-mail: marlo.bison@gmail.com

Marlo Adriano Bison Pinto

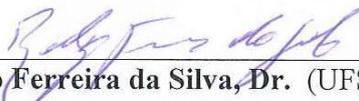
**INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJOS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS
EM SOLO CULTIVADO COM MILHO E TRIGO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/CESNORS, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia: Agricultura e Ambiente**.

Aprovado em 19 de fevereiro de 2016:



Claudir José Basso, Dr. (UFSM/CESNORS)
(Presidente/Orientador)



Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM/CESNORS)



Frederico Costa Beber Vieira, Dr. (Unipampa)

*"Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende."*

Leonardo da Vinci.

*Dedico os frutos deste trabalho ao meu amado pai **Nilo Martins Pinto** e minha amada mãe **Marise Bison Pinto**, os quais sempre acreditaram em mim. Vocês são meu porto seguro e inspiração para a busca dos meus ideais, exemplos de perseverança e honestidade, os quais sempre levarei junto de mim...Meu reconhecimento e gratidão pela paciência, compreensão e apoio durante toda minha vida. À minha companheira e amada **Jéssica Volpatto**, pelo infinito apoio, paciência e compreensão.*

Vocês ancoram minha existência...

AGRADECIMENTOS

A concretização desta dissertação ocorreu graças auxílio, dedicação e compreensão de muitas pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma se doaram para a conclusão deste estudo e, de uma forma particular, sou grato:

À **Deus**, pela graça da vida, o qual com sua luz me possibilitou obter êxito em todos os momentos pelos quais passei.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao mestre e amigo Claudir José Basso, pela orientação desde a iniciação científica, pelos conselhos, confiança e pelo exemplo de dedicação à pesquisa e ao ensino superior.

Ao professor Celso Aita pela orientação e pela ajuda, contribuindo para a realização deste trabalho.

Aos Pós-Doutorandos: Stefen Pujol, Alexandre Doneda e Rogério Gonzatto pelas conversas e pela ajuda na execução deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica: Adalin, Douglas, Wéslei, Dionei, Henrique, Edivan, Rodrigo, Jardel, Angela, Edinei, Fernando, Andreson, Guilherme, Michel e Rossano pelo auxílio na execução das coletas e análises laboratoriais.

Aos colegas de pós-graduação pelas conversas e parceria.

Aos amigos: Carlos Bellé, André Pessotto e Daniel Gomes de Moraes, sempre bem humorados e dispostos a ajudar.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente: Rodrigo Fereira da Silva, Vanderlei Rodrigues da Silva, Antônio Luis Santi, Bráulio Otomar Caron, Velci Queiróz de Souza, Denise Schmidt e Valmir Werner. Agradeço-os pelo convívio e conhecimento compartilhado ao longo desse período.

RESUMO

INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJOS DO DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS EM SOLO CULTIVADO COM MILHO E TRIGO

AUTOR: Marlo Adriano Bion Pinto

ORIENTADOR: Claudir José Basso

A suinocultura como integrante fundamental do setor agropecuário, depende de estratégias que melhorem o aproveitamento do N dos dejetos líquidos de suínos pelas culturas, mitigando o impacto ambiental negativo provocado pelo seu mau uso. Entre as estratégias em estudo em outros países para atenuar possíveis impactos, destacam-se a injeção dos dejetos líquidos suínos no solo e o uso de inibidores de nitrificação. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da injeção de dejetos líquidos suínos no solo e da adição de um inibidor de nitrificação, sobre o nitrogênio mineral do solo e a produtividade das culturas da sucessão trigo/milho, em sistema plantio direto. A pesquisa foi conduzida de julho de 2014 a abril de 2015 em um Latossolo Vermelho aluminoférrico típico, na Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen e, os tratamentos avaliados foram os seguintes: T1 – aplicação em superfície de DLS (SUP), T2 - injeção em subsuperfície dos DLS (INJ), T3 - aplicação em superfície de DLS + adição de dicianodiamida (SUP + DCD), T4 - injeção em subsuperfície dos DLS + adição de dicianodiamida (INJ + DCD), T5 - testemunha sem aplicação de dejetos e dicianodiamida (Test.) e, T6 – Aplicação de NPK na forma mineral (NPK). O produto “Agrotain Plus”, que contém em sua formulação 81,4 % do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), foi misturado aos dejetos na dose de 10 kg ha⁻¹. O inibidor de nitrificação (DCD) preservou o N dos dejetos aplicados ao solo na forma amoniacal, assim, a aplicação dos dejetos aumentou a produtividade do trigo e do milho, apresentando resultados similares à uréia. A aplicação de dicianodiamida retardou a nitrificação do N amoniacal dos dejetos no solo em pelo menos 33 DAA quando em superfície e 38 DAA para subsuperfície, para a cultura do trigo. Para os tratamentos com injeção do dejetos líquido de suínos, a utilização do inibidor possibilitou maior quantidade de amônio no solo em relação a ausência de inibidor, até os primeiros 46 DAA na cultura do milho. Os resultados deste trabalho demonstram que a injeção do dejetos líquido suíno com DCD apresenta efeito residual superior aos demais tratamentos na cultura do milho, sendo que o inibidor de nitrificação só deve ser administrado com o fim de melhorar os parâmetros de planta e produtividade se o dejetos for injetado ao solo.

Palavras-Chave: Dicianodiamida. Injeção de dejetos. N-inorgânico. Produtividade de grãos.

ABSTRACT

INHIBITOR NITRIFICATION AND MANagements OF LIQUID WASTE PIGS IN SOIL UNDER THE CORN AND WHEAT CROP

AUTHOR: Marlo Adriano Bison Pinto

ADVISER: Claudir José Basso

The pig farming as a key member of the agricultural sector depends on strategies to improve the use of N from pig slurry by crops, mitigating the negative environmental impact caused by its misuse. Among the strategies under study in other countries to mitigate possible impacts include the injection of liquid manure in the soil and the use of nitrification inhibitors. In Brazil, research in this area is still in its infancy. The aim of this study was to evaluate the effect of the injection of liquid waste pigs in the soil and the addition of nitrification inhibitor on the mineral nitrogen from the soil and productivity of crops succession wheat/corn under no-tillage system. The survey was conducted from July 2014 to April 2015 on a Red Latosol at the Federal University of Santa Maria campus Frederick and the treatments were: T1 - application in surface DLS (SUP), T2 - injection in the subsurface of the DLS (INJ), T3 - surface application of DLS + addition of dicyandiamide (SUP + DCD), T4 - injection in the subsurface of the DLS + addition of dicyandiamide (INJ + DCD), T5 - without application of manure witness and dicyandiamide (Test.) and T6 - NPK application in mineral form (NPK). The product "Argotic Plus", which contains in its formulation 81.4% of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD), was mixed with the waste at a dose of 10 kg ha⁻¹. The nitrification inhibitor (DCD) preserved the N of the manure applied to the soil in the form of ammonia, thus, the application of manure increased the productivity of wheat and maize, with results similar to urea. The application of DCD delayed nitrification of ammonia nitrogen from manure in the soil at least 33 DAA when surface and subsurface to 38 DAA, for the wheat crop. For the treatments with injection of pig slurry, the use of the inhibitor maintained increased amount of ammonia in the soil compared to the absence of inhibitor until the first 46 DAA in maize. The results of this work show that the injection of liquid swine manure with DCD has higher residual effect to the other treatments in corn, and the nitrification inhibitor should only be used in order to improve the plant parameters and productivity if the manure it is injected into the soil.

Key Words: Dicyandiamide. Injection waste. Inorganic-N. Grain yield.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 CAPÍTULO 1. INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJO DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO: DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO.	12
3.1 INTRODUÇÃO	12
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos avaliados	15
3.2.3 Dejetos e inibidor de nitrificação utilizados.....	15
3.2.4 Condução do experimento	16
3.2.5 Avaliação da dinâmica do nitrogênio inorgânico no solo	18
3.2.6 Análise estatística	20
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.4 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
4 CAPÍTULO 2. INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJO DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO: PARÂMETROS DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA SUCESSÃO TRIGO/MILHO.	33
4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.2.1 Parâmetros fitométricos avaliados na parte aérea das culturas	35
4.2.4 Análise estatística	37
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.4 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 APRESENTAÇÃO

As mudanças incitadas pelo crescimento demográfico, urbanização e pelo incremento da renda populacional nos países em desenvolvimento, tiveram como alusão, considerável mudança no regime alimentar da população mundial. Isso tem provocado um significativo aumento na demanda por produtos de origem animal e exigido completo domínio dos processos produtivos na busca da máxima eficiência administrativa do setor agropecuário brasileiro (ALBERTON et al., 2015).

Entre outros aspectos, estas mudanças passaram a exercer pressão para a reciclagem dos dejetos líquidos suínos (DLS) dentro de padrões aceitáveis sob o ponto de vista sanitário (SILVA e AMARAL, 2013), econômico e ambiental (NETO et al., 2015), onde embora sejam conhecidas diversas alternativas de destino para os dejetos (CARDOSO et al., 2015), a sua utilização como fertilizante do solo é a mais adotada mundialmente (GALLO et al., 2015; MOREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015).

A utilização de DLS como fertilizante tem reconhecidamente incrementado o rendimento e a produtividade de diversas culturas, onde muitas vezes, é a única ou a mais importante fonte de nutrientes para os cultivos (CARDOSO et al., 2014; MORAES et al., 2014). O nitrogênio (N) é o nutriente encontrado em maior proporção no DLS, sendo a harmonia entre a forma N-orgânico e N-inorgânico (mineral) dependente do sistema criatório, das condições de armazenamento e do manejo adotado (AITA e GIACOMINI, 2008). Na maioria das unidades de produção, os dejetos são armazenados na forma líquida, em condições de anaerobiose, caracterizando-se como um resíduo com baixo teor de matéria seca e alto teor de N-mineral (N na forma amoniacal – 40 a 70% do N total) (AITA et al., 2006). Assim, após sua aplicação sobre o solo, a oxidação do N amoniacal (NH_4^+) até nitrato (NO_3^-) ocorre de maneira acelerada (AITA et al., 2007), o que contribui consideravelmente para perdas de N no sistema, comprometendo o seu fornecimento e a produtividade das culturas, especialmente das gramíneas, cuja demanda é elevada.

Alternativas como a injeção dos DLS em subsuperfície e a utilização de inibidores de nitrificação (IN) vêm sendo estudadas (SCHIRMANN et al., 2013; GONZATTO et al., 2013) com o intuito de reduzir as perdas de N e o impacto negativo decorrente do uso inadequado dos dejetos de suínos, principalmente quando utilizado como fonte de N às culturas.

Quando a aplicação do dejetos líquido suíno é feita diretamente sobre a superfície do solo, favorece-se a volatilização de amônia (NH_3^+), a qual representa um dos principais processos de perda de N para atmosfera (BASSO et al., 2004; GONZATTO et al., 2013). A

injeção dos dejetos em subsuperfície aparece como uma alternativa para reduzir as perdas de N por volatilização de NH_3^+ , quando comparada à aplicação em superfície (GONZATTO, 2012), porém, Vallejo et al. (2005) verificaram que, a injeção de dejetos suíno a 5 cm de profundidade no solo, aumentou em 34,6% as emissões de óxido nitroso (N_2O), outra forma gasosa de perda de N para a atmosfera, o qual se caracteriza como um dos mais importantes gases de efeito estufa (GEE). Além de possuir um potencial de aquecimento global (PAG) 300 vezes superior ao do CO_2 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. AGRICULTURE, 2007), o N_2O é também o principal responsável pela depleção da camada de ozônio (PORTMANN et al., 2012).

O uso de inibidores de nitrificação, os quais retardam a oxidação do amônio (NH_4^+) para nitrito (NO_2^-) sem interferir na oxidação subsequente deste para nitrato (NO_3^-) (SINGH e VERMA, 2007), é uma estratégia que associada a injeção subsuperficial dos DLS, pode diminuir as perdas de N, tanto pelas emissões de N_2O que ocorrem tanto durante a nitrificação do N amoniacal dos dejetos, quanto por aquelas provindas da desnitrificação (NETO et al., 2010), em relação à injeção sem inibidor (VALLEJO et al., 2005; DAMASCENO, 2010; GONZATTO, 2012), porém, ao manter o N na forma de NH_4^+ , os inibidores podem reduzir a mobilidade do N no solo, a qual ocorre principalmente na forma de nitrato.

Assim, apesar de diferentes estratégias quanto a injeção ou não do dejetos líquido suíno e a utilização dos inibidores de nitrificação, há relativamente poucos trabalhos de pesquisa no Brasil sobre a disponibilidade de N mineral no solo após o uso agrícola de dejetos líquidos suínos associado a essas tecnologias.

Além desse aspecto, é preciso investigar como essas estratégias influenciam no fornecimento de N e na produtividade das culturas, de modo a preservar a sustentabilidade do sistema produtivo. Esse assunto ganha mais importância na região Sul do Brasil (KUNZ et al., 2005), não apenas pelo fato de concentrar o maior rebanho nacional de suínos, mas também pela predominância de situações em que os dejetos são aplicados no campo, em sistema plantio direto, onde são distribuídos sobre a superfície do solo como uma forma de descarte e sem o cuidado com relação às quantidades aplicadas e com o modo de aplicação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a injeção de dejetos líquidos suínos no solo e a adição de um inibidor de nitrificação, sobre o nitrogênio mineral do solo e a produtividade das culturas da sucessão trigo/milho, em sistema plantio direto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a eficácia da injeção de dejetos líquidos suínos no solo e o efeito do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) sobre os seguintes aspectos:

1. Dinâmica de nitrogênio mineral do solo;
2. Parâmetros de planta da sucessão trigo/milho; e,
3. Produtividade de grãos da sucessão trigo/milho.

3 CAPÍTULO 1. INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJO DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO: DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO.

3.1 INTRODUÇÃO

A criação intensiva de suínos é uma atividade de grande importância econômica e social para o setor agropecuário brasileiro. Concentrada, principalmente, nos estados da Região Sul, é caracterizada pela geração de grande volume de dejetos, os quais são ricos em N amoniacal, sendo manejados, principalmente, na forma líquida (KUNZ et al., 2005).

O elevado teor de nutrientes dos dejetos, o alto custo dos fertilizantes manufaturados e as restrições atualmente impostas pelos órgãos ambientais, fazem o uso agrícola dos dejetos uma alternativa de adubação nitrogenada para as culturas comerciais (SCHERER et al., 2010). Na estação quente (primavera/verão), em função da estreita relação de dependência da suinocultura com cultura, a maior parte dos dejetos é aplicada no milho. Na estação fria, devido a maioria das propriedades possuir produção intensiva e o volume das estruturas de armazenamento limitado, os dejetos são aplicados também em culturas de inverno (outono/inverno), com destaque para o trigo (SHIRMANN, 2012).

Quando o cultivo se dá sob sistema plantio direto e o DLS é aplicado na superfície do solo, as perdas de N na forma de amônia são geralmente elevadas. Essa é a situação comumente observada nos estados da região Sul do Brasil, nos quais os dejetos permanecem na superfície do solo, favorecendo as perdas gasosas (GONZATTO, 2013).

A redução das perdas por volatilização pode ser obtida através da incorporação dos DLS ao solo, conforme comprovam os resultados de Giacomini, (2005). Contudo, o processo de revolvimento do solo durante a incorporação é incompatível com o sistema plantio direto (CASÃO JUNIOR, 2012). Assim, a injeção no solo, nesse sistema, constitui uma estratégia promissora para preservar o N presente sob a forma amoniacal, constituindo-se na alternativa mais eficiente para reduzir a volatilização de amônia (GONZATTO et al., 2013), embora, o teor de N amoniacal (PORT et al., 2003) e o conteúdo de massa seca (GIACOMINI et al., 2013) constituem os principais fatores intrínsecos aos DLS que influenciam na magnitude das perdas de N via volatilização de NH_3^+ , apresentando grande variação entre a aplicação superficial e sua injeção no solo (GONZATTO, 2012).

No solo o N possui sua dinâmica complexa, controlada principalmente por microrganismos, com destaque para as bactérias (ANDRADE et al., 2013). A velocidade com que o NH_4^+ é transformado em NO_3^- e a presença dessa forma de N no solo, sobretudo quando

não há uma cultura para absorvê-la, pode resultar em perdas de N do sistema (CARMO et al., 2013). Uma estratégia que vem sendo utilizada em países Europeus para reduzir estas perdas, consiste em misturar inibidores de nitrificação aos dejetos com o objetivo de aumentar o tempo de permanência do N na forma amoniacal no solo. O efeito positivo da adição de inibidores de nitrificação depende da ocorrência de condições que elevem as perdas por lixiviação, como elevados índices pluviométricos. Estes inibidores não parecem ser substitutos para um bom manejo, mas oferecem flexibilidade para alternativas de manejo (antecipação de aplicação e redução de parcelamentos), melhorando a eficiência dos dejetos como fertilizante (PUJOL, 2012; SCHIRMANN, 2013).

Com a inibição temporária da oxidação de NH_4^+ para NO_3^- , mantém-se por mais tempo o N na forma de NH_4^+ . Ao manter o N na forma de NH_4^+ , os inibidores reduzem as perdas de N na forma de NO_3^- e N_2O (PUJOL, 2012; GIACOMINI et al., 2006; GIACOMINI et al., 2013), aprimorando o fornecimento de N às plantas. Com isso, aumenta também a oportunidade de imobilização microbiana de N (COOKSON e CORNFORTH, 2002), favorecendo a manutenção do N na forma orgânica e sua posterior liberação na solução do solo.

Entre os inibidores de nitrificação já identificados, e que podem ser misturados em dejetos animais, a dicianodiamida (DCD) tem se mostrado eficiente no controle da lixiviação de NO_3^- (AITA e GIACOMINI, 2008) e com boa solubilidade em DLS (AMBERGUER, 1989). Também denominada de cianoguanidina, a dicianodiamida (DCD) [$\text{H}_2\text{NC}(\text{NH})_2\text{CN}$] é um dos poucos inibidores difundidos e aceitos para uso prático em escala de campo. Ela atua ao nível do citocromo oxidase das bactérias envolvidas na oxidação da hidroxilamina para NO_2^- durante a primeira etapa da nitrificação, afetando especialmente *Nitrosomonas europaea* (ZACHREL e AMBERGER, 1990).

Todavia, pelo fato de inibir a nitrificação e preservar maior quantidade de N amoniacal no solo, a adição de DCD aumentou a emissão de NH_3 na maioria das situações, como, por exemplo, nos trabalhos de Zaman et al. (2009) com uréia e de Zaman e Blennerhassett (2010) com urina bovina, o que demonstra a necessidade de avaliar a dinâmica do N mineral, caracterizando melhor a ação dos inibidores de nitrificação e da injeção de DLS no solo.

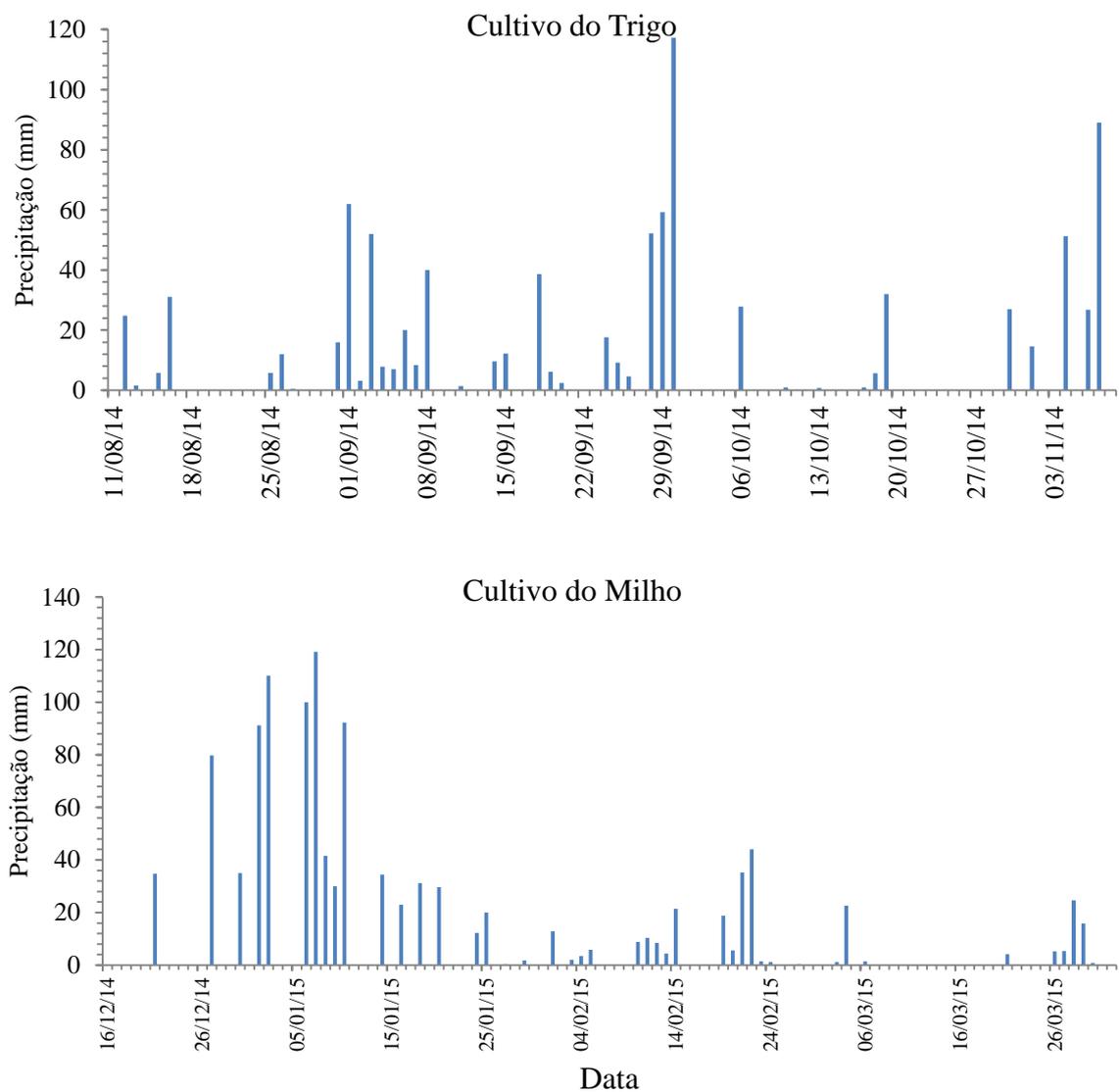
Diante disto, o estudo teve por objetivo avaliar manejos do dejetos líquido de suínos associados ou não ao uso do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD), como estratégias para aumentar a concentração de N mineral no solo durante os cultivos do trigo e do milho, sob plantio direto.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Descrição da área, do solo e condição pluviométrica

O estudo foi realizado através de um experimento a campo, conduzido durante o período de 14/07/14 a 14/04/15 em área experimental do Centro de Educação Superior Norte do RS (CESNORS). O clima da região é considerado subtropical úmido, Cfa, conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961). A área experimental localiza-se a 27° 23' 58" Latitude Sul, 53° 25' 22" Longitude Oeste e a uma altitude de 594 m. Os dados pluviométricos observados durante a realização do experimento são apresentados na figura 1.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica durante o período de condução do experimento.



O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho aluminoférrico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013), cultivado em sistema plantio direto (SPD) há 12 anos, basicamente com as culturas do trigo, soja e milho (últimos cultivos antes da instalação do experimento). Por ocasião da instalação do experimento, o mesmo apresentava os seguintes atributos físicos e químicos quantificados na camada de 0,00-0,10 m: pH (H₂O) = 5,00; matéria orgânica (MO) = 2,98 g dm⁻³; P (Melich) = 7 mg dm⁻³; K = 93,68 mg dm⁻³; densidade de 1,35 g dm⁻³; 154,6 g kg⁻¹ de areia; 77,3 g kg⁻¹ de silte e 768,3 g kg⁻¹ de argila.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos avaliados

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos, alocados em parcelas de 36 m² (6 m x 6 m), consistiram da aplicação de dejetos líquidos de suínos em dose única, superficial e subsuperficial, com e sem o uso de inibidor de nitrificação, ficando assim constituídos: T1 – aplicação em superfície de DLS (SUP), T2 - injeção em subsuperfície dos DLS (INJ), T3 - aplicação em superfície de DLS + adição de dicianodiamida (SUP + DCD), T4 - injeção em subsuperfície dos DLS + adição de dicianodiamida (INJ + DCD), T5 - testemunha sem aplicação de dejetos e dicianodiamida (Test.) e, T6 – Aplicação de NPK na forma mineral (NPK).

3.2.3 Dejetos e inibidor de nitrificação utilizados

O dejetos líquido de suínos, provenientes de animais em fase de terminação, compostos de fezes, urina, sobras de alimentação e de água dos bebedouros, água das chuvas, pêlos e poeira, foram coletados em esterqueira anaeróbica, transportados até a área experimental e colocados em caixas de polipropileno com capacidade para 1000 L. De cada caixa, foi retirada uma amostra de aproximadamente 1 L para caracterização dos dejetos (MS e teores de N total, N-amoniaco), conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). O N total foi determinado por digestão úmida, em amostra de 0,5 g sem secagem prévia, porém, sem o uso de água oxigenada (H₂O₂), visto que a mesma provoca projeção de material para fora dos tubos durante a digestão (ALMEIDA, 2000). O teor de N amoniacal (NH₃ + NH₄⁺) foi determinado em amostras de 2 g de dejetos sem secagem prévia, que foram colocadas em tubos de destilação de 50 ml. Após adição de 20 ml de água destilada e agitação em Vórtex, foi adicionado 0,2 g de óxido de magnésio (MgO) e procedeu-se a destilação e titulação. A

matéria seca (MS) foi avaliada em amostras de aproximadamente 80 g de dejetos, as quais foram submetidas à secagem em estufa a 65 °C até massa constante.

As principais características e as quantidades adicionadas de massa seca (MS) e N com os dejetos, são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos dejetos suínos e quantidades aplicadas de massa seca (MS) e nitrogênio (N) no trigo e no milho.

Cultura	Dose m ³ ha ⁻¹	Composição dos dejetos			Quantidade adicionada		
		MS	N Tot	N amo	MS	N Tot	N amo
		-----kg m ⁻³ -----			-----kg ha ⁻¹ -----		
Trigo	75	16,6	2,1	1,4	1245	157,5	105
Milho	75	16	2,2	1,5	1200	165	112,5

N Tot: N Total; N amo: N amoniacal.

As doses de dejetos foram estabelecidas com base na recomendação de adubação orgânica da CQFS – RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), porém, sem considerar efeito residual da aplicação feita no inverno para a cultura do milho, mesma maneira utilizada pelos produtores da região.

O inibidor de nitrificação utilizado foi a dicianodiamida (DCD), presente no produto Agrotain Plus®, na concentração de 81,4 %. O Agrotain Plus®, na forma de pó e na dose de 10,0 kg ha⁻¹ (8,14 kg ha⁻¹ de DCD), foi adicionado manualmente e misturado aos dejetos no momento da sua aplicação no solo das parcelas (Figura 2a e 2b). A dicianodiamida (DCD) inibe especificamente a oxidação de amônia (NH₃⁺) para hidroxilamina (NH₂OH) durante a primeira etapa da nitrificação, principalmente em *Nitrosomonas europaea* (SUBBARAO et al., 2006). Trata-se de um produto com ação bacteriostática e não bactericida, agindo apenas no retardamento da nitrificação e sem afetar outros processos microbianos do solo (AMBERGER, 1989). O Agrotain Plus® também possui em sua composição inibidor de uréase, embora isto não deve afetar os processos microbiológicos no DLS.

3.2.4 Condução do experimento

Nos tratamentos com aplicação dos DLS em superfície, a aplicação foi realizada manualmente com o auxílio de regadores, enquanto que na injeção subsuperficial dos DLS foi

realizada com equipamento injetor tratorizado, composto por um tanque metálico com capacidade de 4.000 L (Figura 2c).

Figura 2 - Processo de mistura do DCD aos dejetos (a e b), equipamento injetor tratorizado (c) e profundidade de injeção (d). Frederico Westphalen, RS.



A injeção foi iniciada apenas após o acionamento de um pistão hidráulico responsável por inserir no solo o conjunto de 8 hastes de injeção tipo facão guilhotina (discos de corte e haste sulcadora), localizado na parte traseira do equipamento. As hastes sulcadoras de 2,0 cm de espessura possuíam ponteira substituível e eram espaçadas 35 cm entre si. A profundidade de injeção variou de 8 a 11 cm (Figura 2d).

Antes da aplicação dos dejetos, a vazão do equipamento foi regulada, adequando-se o volume aplicado à dose pré-estabelecida para cada cultura. A regulação do volume constou na definição da marcha e rotação do motor para o trabalho nas condições experimentais, bem como, no posicionamento adequado do registro de alívio, componente que permite aumentar ou reduzir o fluxo nas linhas de injeção.

A distribuição dos dejetos foi efetuada em 14/07/2014 sobre os resíduos culturais do milho (cultivo anterior ao início do experimento). A quantidade de DLS aplicada em pré-semeadura foi de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($105 \text{ kg N-amoniacoal ha}^{-1}$). A semeadura do trigo (cultivar TBIO Sinuelo) foi realizada em 15/07/2014, um dia após a aplicação dos DLS, com semeadora para plantio direto. O espaçamento entre linhas foi de 0,17 m e a densidade final de plantas foi de

aproximadamente 400 mil plantas ha^{-1} . No tratamento NPK foram aplicados 15 kg N ha^{-1} (uréia), 52,5 kg P_2O_5 ha^{-1} (superfosfato triplo) e 35 kg K_2O ha^{-1} (cloreto de potássio), também um dia anterior a semeadura, manualmente, na superfície do solo. O restante do N (90 kg de N ha^{-1}), na forma de uréia, foi aplicado em cobertura, no dia 02/09/2014. A colheita do trigo foi realizada em 12/11/2014.

Em 16/12/2015, antecedendo a semeadura do milho, foram reaplicados, nas mesmas parcelas, os tratamentos aplicados anteriormente na cultura do trigo. Os dejetos foram distribuídos sob e sobre os resíduos culturais do trigo, sendo a quantidade aplicada igual a 75 m^3 ha^{-1} (112,5 kg N-amoniaco ha^{-1}). O milho, cultivar DKB 240 VT PRO 2, foi semeado com semeadora para plantio direto, um dia após a aplicação dos dejetos (17/12/2014), em linhas espaçadas em 0,7 m, com a população final de plantas estimada em aproximadamente 80 mil plantas ha^{-1} . Na semeadura foram aplicados 20 kg N ha^{-1} (uréia), 75 kg P_2O_5 ha^{-1} (superfosfato triplo) e 50 kg K_2O ha^{-1} (cloreto de potássio) no tratamento NPK. A aplicação do N em cobertura, na forma de uréia (92,2 kg de N ha^{-1}), ocorreu em 15/01/2015, quando a cultura apresentava-se em V4. A colheita do milho foi realizada em 16/04/2015.

Tanto nos tratamentos com injeção, como naqueles com aplicação dos dejetos em superfície, a dose de dejetos aplicada foi baseada na necessidade de nitrogênio para a produção de 3,5 e 6 Ton ha^{-1} , respectivamente, para a cultura do trigo e do milho.

3.2.5 Avaliação da dinâmica do nitrogênio inorgânico no solo

Para a avaliação dos teores de N inorgânico no solo, constituído por N amoniacal ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3^+$) e por N nítrico ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$), após a aplicação dos dejetos, foram realizadas 4 subamostragens de solo em cada parcela das quatro repetições dos tratamentos, sem envolver a resteva. Esse procedimento na coleta das amostras foi adotado em razão da elevada variabilidade nos teores de N mineral do solo, especialmente, logo após a aplicação dos dejetos, conforme constataram Morvan et al. (1996).

Nos tratamentos onde houve a injeção dos dejetos no solo, foram coletadas separadamente, amostras de solo da linha de injeção e da entrelinha, totalizando dois conjuntos de 4 subamostras por parcela, sendo o valor apresentado para os tratamentos com a injeção dos dejetos no solo, igual à média das oito subamostras.

Após coletadas, as subamostras de cada parcela foram misturadas, constituindo uma amostra única, que foi armazenada em saco plástico e mantida congelada a -10 °C até o momento da extração com KCl 1 M. Por ocasião da análise do N inorgânico, as amostras

foram descongeladas à temperatura ambiente, homogeneizadas manualmente e submetidas à extração (TEDESCO et al., 1995).

As coletas de solo, na camada de 0-10 cm, tiveram início um dia após aplicação dos tratamentos e seguiram por 4, 7, 14, 22, 28, 33, 43, 51, 60 e 68 dias durante a condução do experimento com a cultura do trigo e 3, 8, 17, 24, 28, 34, 46, 59, 76 e 93 dias na cultura do milho. Na tabela 2, é apresentada a soma das precipitações que ocorreram entre cada período de coleta de solo, durante o experimento com trigo e com milho.

Tabela 2 – Precipitações pluviométricas em cada período de coleta de solo, na camada de 0-10 cm, após aplicação dos fertilizantes.

Cultura		Período de coleta de solo										Total	
		1 ^{a(1)}	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a		11 ^a
Trigo	Precipitação (mm)	0	0	35	115	421	164	57	95	43,2	140,8	25,8	1096
	DAA*	1	4	7	14	22	28	33	43	51	60	68	
Milho	Precipitação (mm)	0	24	0,4	149	38,6	0,4	63	18	134	84,6	69	581
	DAA	1	3	8	17	24	28	34	46	59	76	93	

⁽¹⁾Sequência das coletas; *DAA, dias após aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo.

A determinação da umidade e do N inorgânico no solo foi realizada conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). A umidade do solo foi obtida pela secagem de uma amostra de solo de cada tratamento em estufa, até peso constante. Após secas, as amostras de solo foram retiradas da estufa, pesadas e por meio de cálculo se obteve o teor de umidade do solo, segundo a equação 1.

$$Ug = \frac{(Su - Ss)}{Ss} \times 100 \quad (1)$$

onde: Ug representa a umidade gravimétrica do solo (em %); Su é o peso do solo úmido (em g); Ss é o peso do solo seco (em g); e, 100 é um fator de ajuste de unidade da equação para porcentagem.

A análise do N mineral do solo, após extração com KCl 1 M, foi realizada mediante destilação das amostras em destilador de arraste de vapores semi-micro Kjeldahl e posterior titulação (TEDESCO et al., 1995).

Os termos utilizados para expressar diferentes formas de nitrogênio referem-se, respectivamente, a: amoniacal (NH_x^+) ou a soma de amônia e amônio ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$); nítrico (NO_x^-) ou a soma de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$); mineral/inorgânico (Ni) ou a soma de $\text{NH}_x^+ + \text{NO}_x^-$. Logo, o cálculo do nitrogênio inorgânico total (Nit) pode ser escrito da seguinte forma (Equação 2):

$$\text{Nit} = \text{NH}_x^+ + \text{NO}_x^- \quad (2)$$

As quantidades de N inorgânico encontradas no solo foram expressas em kg ha^{-1} , a partir da subtração do valor do tratamento pelo valor encontrado no tratamento testemunha, considerando-se a concentração de N mineral e a densidade do solo. A densidade do solo foi avaliada pelo método do anel volumétrico, obtendo-se o valor de $1,35 \text{ g cm}^{-3}$.

3.2.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando houve diferença significativa entre os tratamentos foi realizada a comparação das médias por Tukey a 5 % de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2007).

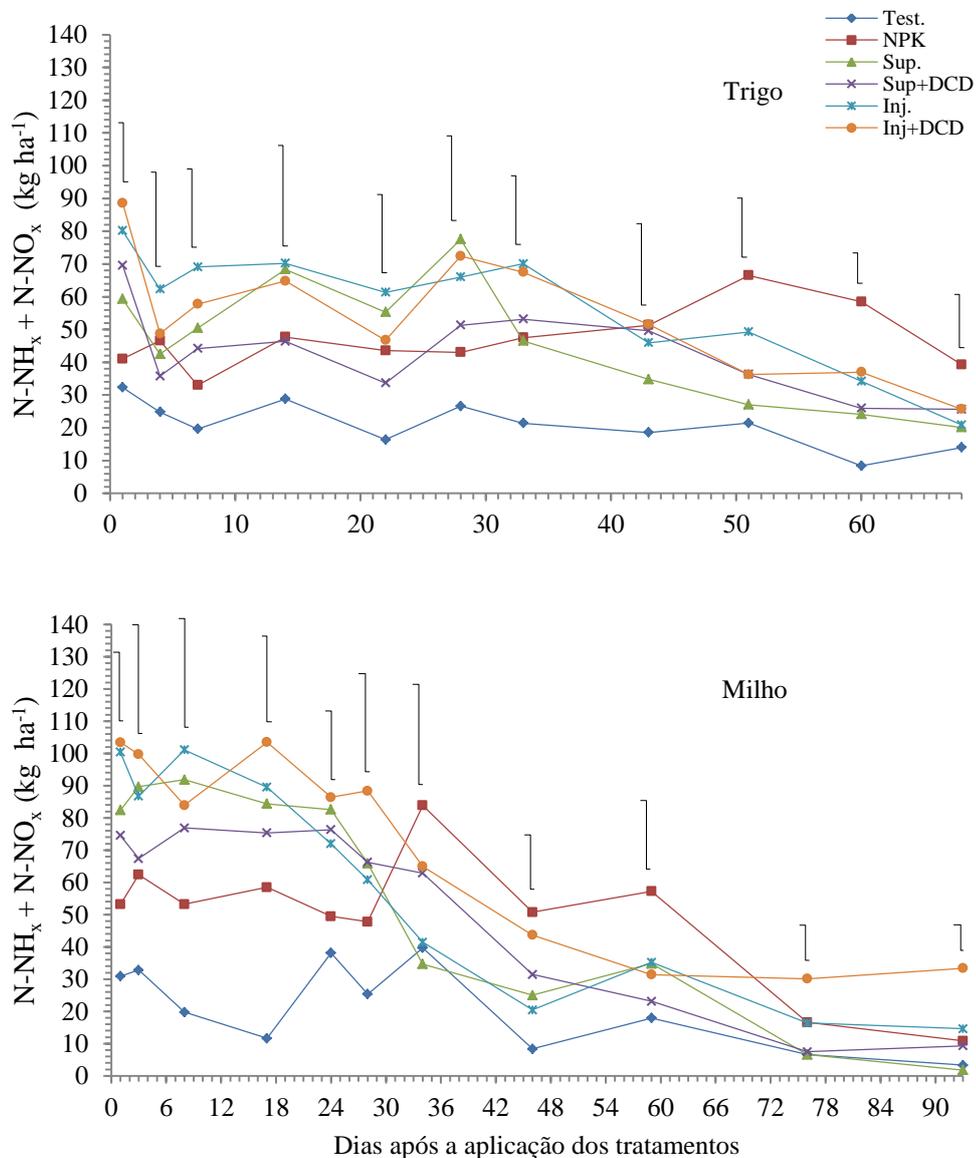
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito dos tratamentos sobre as quantidades de N mineral total do solo durante os primeiros 68 dias no trigo e 93 dias no milho evidenciou que em função do N inorgânico aplicado com os dejetos, a quantidade de N inorgânico ($\text{NH}_x^+ + \text{NO}_x^-$) no solo aumentou em relação ao tratamento testemunha, em todos os tratamentos (Figura 3). O N inorgânico recuperado um dia após a aplicação no solo, nos tratamentos com injeção dos DLS, superou em pelo menos 10 kg ha^{-1} (trigo) e 18 kg ha^{-1} (milho) o valor obtido nos tratamentos em que a aplicação foi em superfície.

Dos 105 e $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N amoniacal aplicados, respectivamente, na cultura do trigo e do milho, a quantidade de N recuperada no solo um dia após a aplicação foi de 27 e 56 kg ha^{-1} , para a aplicação em superfície (SUP) e injetado (INJ) no cultivo do trigo e, 51 e 72 kg ha^{-1} , no cultivo do milho. Ou seja, utilizando-se como exemplo a cultura do trigo, 74% do N amoniacal aplicado via DLS pode ter volatilizado quando da aplicação em superfície (GONZATTO et al., 2013). Nas condições deste estudo, além dos resultados semelhantes aos

de Gonzatto et al. (2013), a aplicação em superfície associada ao uso da dicianodiamida pode ter potencializado ainda mais as perdas, uma vez que, no tratamento SUP+DCD, 35% do N foi recuperado um dia após a aplicação e 10% na avaliação feita no quarto dia, como foi o caso do trigo.

Figura 3 - Teores de N mineral ($\text{NH}_x + \text{NO}_x$) do solo, durante a condução do experimento com o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS), com aplicação em superfície (SUP) ou subsuperfície (INJ), associadas ou não com inibidor de nitrificação (DCD), nos cultivos de trigo e milho. Pontos de inflexão nas curvas indicam coleta de solo de 0-10 cm de profundidade. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre as médias dos tratamentos (Tukey 0,05).

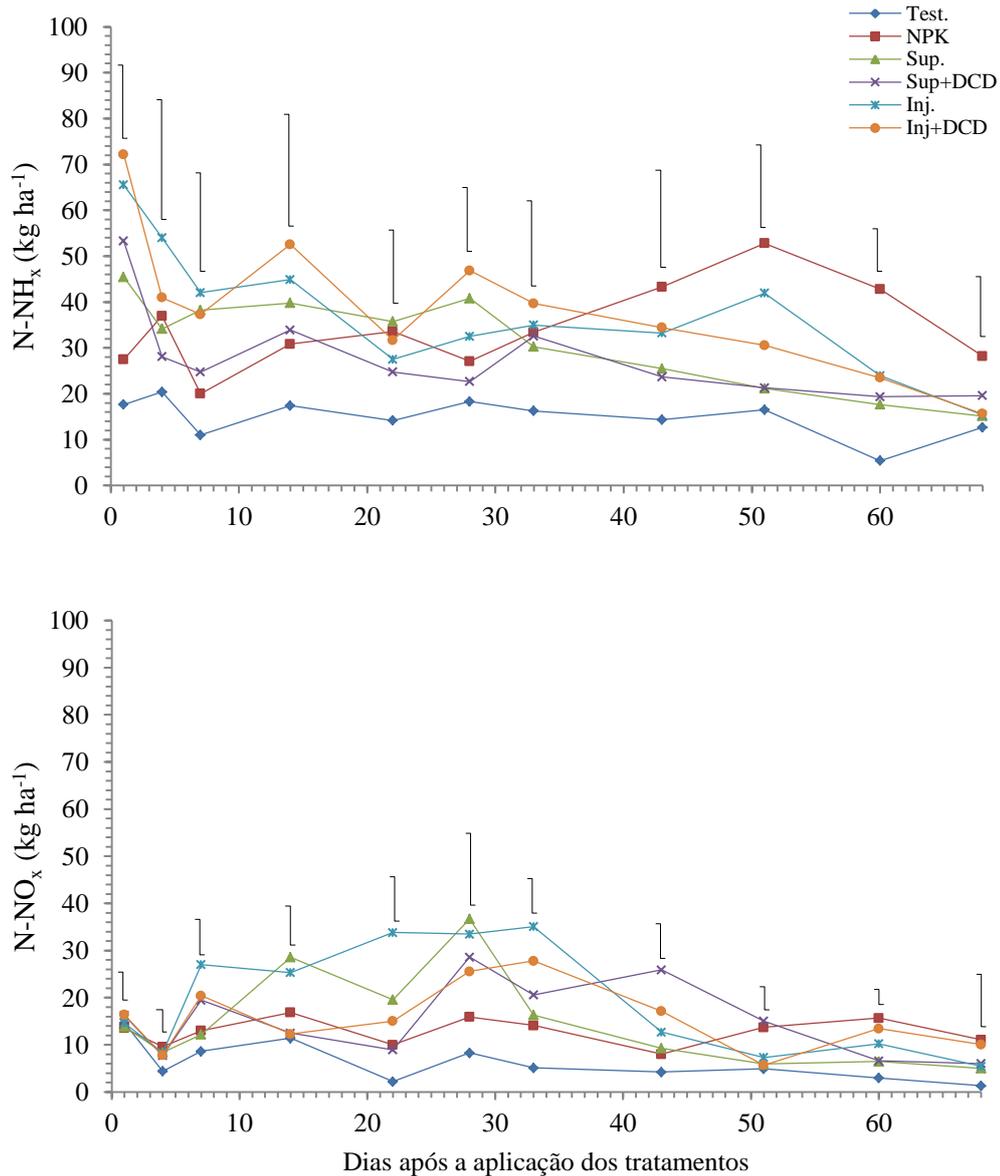


Verifica-se também, que a quantidade de N no solo, nos tratamentos com dejetos, manteve-se superior em relação a aqueles sem fertilização, durante todo o cultivo do trigo e até os 33 dias de cultivo do milho. Isto indica que, durante o período mencionado, o solo com estes tratamentos, consecutivamente, apresentou mineralização líquida e que, após este período de acúmulo do N no solo, as quantidades tenham diminuído em função do aumento da absorção de N pela cultura do milho ou pela própria lixiviação do íon nitrato a profundidades maiores que 10 cm.

Observando a figura 3, é possível perceber que na média dos tratamentos com injeção, a quantidade de N inorgânico do solo, no cultivo do trigo e do milho, manteve-se superior àquela dos tratamentos em que os dejetos foram aplicados em superfície, sendo que os valores obtidos quando na aplicação em superfície passaram a ser próximos aos obtidos com a injeção, somente 30 dias após a aplicação dos tratamentos, especialmente na cultura do milho. Conforme mencionado por Morvan et al. (1996), é possível que a injeção dos dejetos além de diminuir a volatilização de NH_3^+ , possa ter favorecido a imobilização de parte do N inorgânico dos dejetos, sendo que esse processo de imobilização tenha ficado mais evidente a partir dos 30 dias de cultivo do milho. Em seu estudo, estes autores verificaram que ao final dos 30 DAA, a imobilização de N atingiu o valor máximo, correspondente a 23,2% do N amoniacal aplicado com os dejetos.

O efeito da dicianodiamida no retardamento do processo de nitrificação do N amoniacal do DLS aplicado no trigo pode ser avaliado comparando-se os teores de N amoniacal e nítrico no solo (Figura 4). Tomando-se de partida os dados de precipitação da figura 1, percebe-se que durante as primeiras quatro amostragens de solo, realizadas nos primeiros vinte dias após a aplicação dos dejetos no solo, não ocorreram chuvas significativas e, portanto, a probabilidade de ter ocorrido deslocamento vertical de N na forma do íon nitrato no solo para além da camada amostrada, é baixa.

Figura 4 - Teores de N amoniacal (NH_x) e nítrico (NO_x) recuperado do solo, durante 68 dias de condução de experimento com o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS), com aplicação em superfície (SUP) ou subsuperfície (INJ), associadas ou não com inibidor de nitrificação (DCD), no cultivo de trigo. Pontos de inflexão nas curvas indicam coleta de solo de 0-10 cm de profundidade. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre as médias dos tratamentos (Tukey 0,05).



Na cultura do trigo, nos primeiros 14 dias após a aplicação dos tratamentos, a quantidade de NH_x recuperada no tratamento INJ diminuiu de 65,5 para 44,8 kg $\text{NH}_x \text{ ha}^{-1}$, enquanto a quantidade de NO_x aumentou de 14,6 para 25,3 kg $\text{NO}_x \text{ ha}^{-1}$. No tratamento INJ+DCD a quantidade de NH_x diminuiu de 72 para 52,5 kg $\text{NH}_x \text{ ha}^{-1}$ enquanto a quantidade de NO_x também reduziu de 16,4 para 12,5 kg $\text{NO}_x \text{ ha}^{-1}$, evidenciando claramente o processo

inibitório da nitrificação do N amoniacal pela DCD, o que ocorre devido ao produto bloquear temporariamente o sítio ativo da enzima amônia monooxigenase, principalmente em *Nitrosomonas europaea* (MOIR et al., 2007). O fato da quantidade de NO_x ter aumentado apenas em $12,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ em 14 dias, enquanto a quantidade de NH_x diminuiu praticamente o dobro no tratamento sem inibidor pode estar associado ao processo de imobilização do N aplicado via dejetos, uma vez que o cultivo se deu sobre os resíduos culturais do milho e, também, pela redução na quantidade recuperada de NO_x quando utilizada a DCD.

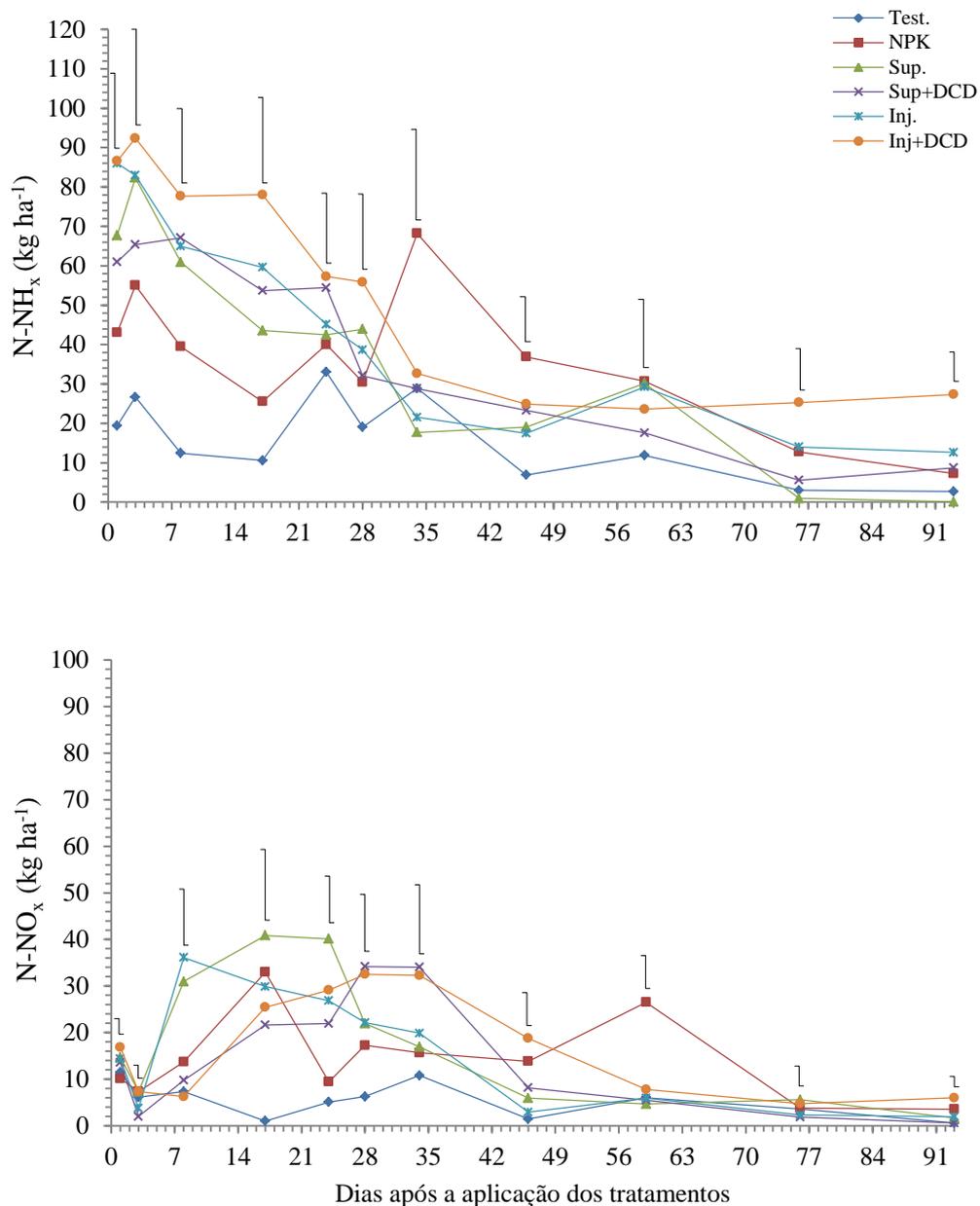
N o tratamento SUP, se percebe que 14 dias após a aplicação a quantidade de NH_x diminuiu de $45,5$ para $38 \text{ kg NH}_x \text{ ha}^{-1}$ enquanto a quantidade de NO_x sofre pouca ou nenhuma variação. Na aplicação superficial com DCD, a quantidade de NH_x diminuiu de $53,3$ para $24,7 \text{ kg NH}_x \text{ ha}^{-1}$ enquanto a quantidade de NO_x aumentou somente $2,7 \text{ kg NO}_x \text{ ha}^{-1}$ (de $16,3$ para $19 \text{ kg NO}_x \text{ ha}^{-1}$). Essa constatação pode estar associada ao favorecimento das perdas de N por volatilização de amônia quando da aplicação dos dejetos em superfície com DCD, o que corrobora com o observado por Damasceno, (2010), onde a adição do inibidor de nitrificação aumentou as perdas de N por volatilização de amônia, quando os dejetos líquidos de suínos foram aplicados na superfície do solo.

A redução das perdas de N por volatilização de NH_3^+ por causa da injeção dos DLS no solo e o retardamento da nitrificação do N amoniacal pela DCD, mesmo com a aplicação em superfície, pressupõem que a adição do inibidor aos DLS, por manter o N mais tempo na forma amoniacal, pode aumentar as perdas de N na forma de amônia quando o DLS são aplicados em superfície, uma vez que, a redução de $28,6 \text{ kg NH}_x \text{ ha}^{-1}$ no tratamento SUP+DCD, praticamente 4 vezes ao ocorrido no tratamento SUP, resultou apenas no acréscimo de $2,7 \text{ kg NO}_x \text{ ha}^{-1}$ quando a aplicação foi realizada em superfície, com inibidor.

Ao comparar a recuperação de NO_x entre os tratamentos com e sem adição de DCD (Figura 4), observa-se que até certo período, na presença do DCD, a quantidade de NO_x foi menor do que nos tratamentos sem DCD, independente da forma de aplicação (superfície ou injetado). Diferente da injeção dos DLS, onde os teores de NO_x mantiveram-se superiores até os 38 DAA, para a aplicação em superfície observa-se a representação de uma inversão na quantidade de N recuperada após os 33 DAA. A dificuldade em explicar este resultado parte da incerteza em avaliar o efeito do inibidor de nitrificação através das quantidades acumuladas de NO_x na camada 0-10 cm. O fato de ter chovido nesse período, a elevada mobilidade das formas aniônicas de N (NO_2^- e NO_3^-) pode ter ocasionado a percolação de NO_x no solo e a sua migração para camadas mais profundas. Assim, considerando conjuntamente os resultados relativos à redução das quantidades de NH_x e a recuperação de

NO_x (figura 4), pode-se apenas inferir que a utilização de DCD retardou a nitrificação do N amoniacal dos dejetos e que este efeito inibitório ocorreu durante os primeiros 33 DAA quando em superfície e 38 DAA quando injetado.

Figura 5 - Teores de N amoniacal (NH_x) e nítrico (NO_x) no solo, durante 93 dias de condução de experimento com o uso de dejetos líquidos suínos (DLS), com aplicação em superfície (SUP) ou subsuperfície (INJ), associadas ou não com inibidor de nitrificação (DCD), no cultivo de milho. Pontos de inflexão nas curvas indicam coleta de solo de 0-10 cm de profundidade. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre as médias dos tratamentos (Tukey 0,05).



De maneira geral, a tendência de transformação do N-mineral no solo é a mesma observada para o cultivo do trigo, porém, a ocorrência de precipitação nos primeiros dias após a aplicação dos tratamentos influenciou de forma menos expressiva a quantidade de NH_x no solo dos tratamentos com aplicação superficial (Figura 5). Aos 24 DAA (início do estágio V4) a quantidade de NH_x foi superior em aproximadamente 12 kg N ha^{-1} no tratamento SUP+DCD, em relação ao tratamento SUP. A maior quantidade de NH_x do tratamento com DCD se deve ao efeito inibidor do produto sobre a nitrificação, o que é confirmado através dos resultados de recuperação de N na forma de NO_x^- , nos quais o valor recuperado no tratamento com inibidor é inferior ao obtido sem inibidor. Assim, considerando conjuntamente os resultados relativos à redução das quantidades de NH_x e o aumento na recuperação de NO_x (figura 5), pode-se inferir que a aplicação de DCD retardou a nitrificação do N amoniacal e que este efeito inibitório ocorreu de forma mais representativa durante os primeiros 24 DAA, o que é importante já que esse é um período de pouca demanda pelo nutriente por parte da cultura.

O aparecimento repentino de NO_x no solo a partir dos 28 DAA, indica que o produto inibiu a nitrificação neste período, sendo que, a partir deste momento a presença de inibidor surte em pouco ou nenhum incremento no teor de NO_x no solo nos tratamentos com aplicação superficial, sem DCD.

O fato da quantidade de NH_x aos 28 DAA ter diminuído no tratamento sem adição de DCD, sem o correspondente aumento na quantidade de NO_x (Figura 5), indica que outros processos atuaram na redução da quantidade de NH_x recuperado nesse tratamento. Os processos de volatilização de NH_3 e a lixiviação de NO_3^- não podem ser descartados, porém, não houve diferença acentuada na quantidade de NO_x recuperada nos tratamentos com e sem inibidor. Desse modo, é possível que a preservação do N amoniacal dos dejetos pelo uso da DCD possa ter favorecido a volatilização desta forma de N, porém, somente com a marcação da fração amoniacal dos dejetos (isótopo ^{15}N) e a posterior determinação da retenção de ^{15}N orgânico no solo, seria possível caracterizar o destino dessas frações do NH_x (PUJOL, 2012).

Para os tratamentos com a injeção dos dejetos, no cultivo do milho, a utilização do inibidor sustentou uma maior quantidade de NH_x no solo em relação a sua ausência até os primeiros 46 DAA. Aos 17 DAA, a quantidade de N recuperada na forma de NH_x no tratamento INJ+DCD foi apenas 8 kg ha^{-1} inferior ao recuperado um dia após a aplicação, diferente do observado com o tratamento sem DCD, no qual no mesmo período houve uma redução de $26,4 \text{ kg NH}_x \text{ ha}^{-1}$. Observando o efeito residual do tratamento INJ+DCD, percebe-se que aos 93 DAA o mesmo apresentava o maior residual entre todos os tratamentos.

Comparando os teores de N recuperados na forma NO_x^- , se observa que durante este mesmo intervalo de 17 dias, os valores recuperados nos tratamentos com e sem DCD chegaram a ter uma variação de $30 \text{ kg NO}_x \text{ ha}^{-1}$ (aos 8 DAA), com maiores recuperações sendo observadas no tratamento INJ. A partir 17 DAA, comparando os teores de N recuperados na forma NO_x , ocorre uma inversão quanto a ascendência do N recuperado no solo, sendo os maiores valores observados no tratamento INJ+DCD, os quais seguiram superiores até o final do período avaliado. Assim, fica clara a ocorrência do processo inibitório da nitrificação pelo DCD, pois somente após os 20 DAA o valor do NO_x recuperado no tratamento com DCD apresenta tendência de superioridade em relação ao encontrado no tratamento INJ.

Ao se observar o N mineral recuperado no tratamento com NPK, percebe-se claramente a elevação dos teores, bem como, o equilíbrio entre as formas NH_x e NO_x após as aplicações do fertilizante, tanto na cultura do trigo como no milho. Almejava-se, após a adição do DCD aos dejetos, equiparar os teores de NH_x e NO_x^- dos tratamentos com dejetos aos do tratamento com NPK, o que infelizmente não ocorreu neste estudo.

3.4 CONCLUSÕES

1. A aplicação de dicianodiamida retarda a nitrificação do N amoniacal dos dejetos em 33 DAA quando em superfície e 38 DAA na aplicação em subsuperfície, na cultura do trigo.
2. A injeção do dejetos líquido suíno com DCD apresenta efeito residual superior aos demais tratamentos na cultura do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S. J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 901-910, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000500016&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 4 set. 2015.
- AITA C.; GIACOMINI S. J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2101-2111, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/31.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.
- AITA C.; GIACOMINI S. J.; HUBNER A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 95-102, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2007000100013&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 set. 2015.
- ALBERTON, J. R.; MARQUEZA, J. H. F.; ORSATO, R. Análise de rentabilidade: Um estudo de caso na produção de suíno e gado leiteiro na Serra gaúcha (RS). In: XV CONVENÇÃO DE CONTABILIDADE DO RIO GRANDE DO SUL. 2015, Bento Gonçalves/RS. **Anais...** Bento Gonçalves/RS: FUNDAPARQUE, 2015. p. 71-86.
- ALMEIDA, A. C. R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho**. 2000. 144 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.
- AMBERGER, A. Research on dicyandiamide as a nitrification inhibitor and future outlook. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 20, n.19, p.1933-1955, 1989. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628909368195>>. Acesso em: 26 jun. 2015.
- ANDRADE, C. A. et al. Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 5, p. 536-544, 2013. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/13084/11779>>. Acesso em: 13 set. 2015.
- BASSO, C. J. et al. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n6/a16v34n6.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- CARDOSO, E. S. et al. Produtividade e qualidade do capim tifton 85 sob doses de dejetos líquido de suíno tratado na presença e ausência de irrigação. **Cadernos de Agroecologia**, Bananeiras, v. 9, n. 4, 2014. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/16795/10621>>. Acesso em: 23 out. 2015.

CARDOSO, F. B.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. Produção, tratamento e uso Dos dejetos suínos no brasil. **Desenvolvimento em questão**, Ijuí, v. 13, n. 32, p.127-145, 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3159/4655>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CARMO, J. B.; LAMBAIS, M. R. Transformações do nitrogênio em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 152-162, 2013. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/13266/9908>>. Acesso em: 9 nov. 2015.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; FUENTES, R. **Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.

COOKSON, W.R.; CORNFORTH, I.S. Dicyandiamide slows nitrification in dairy cattle urine patches: effects on soil solution composition, soil pH and pasture yield. **Soil Biology and Biochemistry**, Canterbury, v. 34, p. 1461-1465, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223662945_Dicyandiamide_slows_nitrification_in_dairy_cattle_urine_patches_Effects_on_soil_solution_composition_soil_pH_and_pasture_yield>. Acesso em: 1 out. 2015.

COSTA, N. R. et al. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência Agrárias**, v. 9, p. 166-73, 2014. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i2a3380&path%5B%5D=1576>. Acesso em: 13 set. 2015.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso**. 2010. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. (revisadas e ampliada). Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar versão 5.1**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, 2007.

GALLO, A. S. et al. Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes, com adição de dejetos líquidos de suínos. **Revista de La facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v. 114, n. 3, p. 45-51, 2015. Disponível em: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/48603>>. Acesso em: 29 out. 2015.

GIACOMINI, S. **Avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos suínos**. 2010. 248 f. Tese (Doutor em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

GIACOMINI, S. J. et al. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1653-1661, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n11/a12v4111.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

GIACOMINI, S. J. et al. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 211-219, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n2/48n02a12.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2015.

GONZATTO, R. et al. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1590-1596, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n9/a25313cr2012-0925.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

GONZATTO, R. **Injeção de dejetos líquidos suínos no solo em plantio direto associada a um inibidor de nitrificação: efeito sobre as emissões de óxido nitroso e amônia**. 2010. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 8, p. 36-21, 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253021639004>>. Acesso em: 12 out. 2015.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8663/4852>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

MOIR, J. L.; CAMERON, K. C.; DI, H. J. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide on soil mineral N, pasture yield, nutrient uptake and pasture quality in a grazed pasture system. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 111-120, 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-2743.2006.00078.x/abstract>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

MORAES, M. T. et al. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13756>>. Acesso em: 21 out. 2015.

MOREIRA, E. D. S.; et al. Características agrônômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Revista de Ciência e Produção Animal**, Nova Odessa, v. 72, n. 3, p. 185-192, 2015. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/bia/article/viewFile/27689/29076>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41p.

MORVAN, T.; LETERME, P.; MARY, B. Quantification des flux d'azote consécutifs à un épandage de lisier de porc sur triticales en automne par marquage isotopique ^{15}N . **Agronomie**, v. 16, p. 541-522, 1996. Disponível em: <<https://hal.inria.fr/file/index/docid/885816/filename/hal-00885816.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

NETO, G. C. O. et al. Produção mais limpa: estudo da vantagem ambiental e econômica na reciclagem de polímeros. **Interciencia**, Caracas, v. 40, n. 6, p. 364-373, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33938675002>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

NETO, M. S. et al. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 923-936, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n4/v69n4a19.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 857-865, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/109126/1/Perda.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

PORTMANN, R. W.; DANIEL, J. S.; RAVISHANKARA, A. R. Stratospheric ozone depletion due to nitrous oxide: influences of other gases. **Philosophical Transport the Royal Society**, Boulder, v. 367, p. 1256-1264, 2012. Disponível em: <<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/367/1593/1256.short>>. Acesso em: 31 out. 2015.

PUJOL, S. B. **Emissão de amônia e dinâmica do nitrogênio no Solo com parcelamento da dose e adição de Inibidor de nitrificação em dejetos de suínos**. 2012. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

ROCHETTE, P. et al. Ammonia volatilization and soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on canola crop residues. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 81, p. 515-523, 2001. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/S00-044>>. Acesso em: 23 dez. 2015.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1375-1383, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400034&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 21 dez. 2015.

SCHIRMANN, J. **Estratégias para melhorar o fornecimento de nitrogênio ao milho e trigo por dejetos de suínos e reduzir a emissão de óxido nitroso do solo**. 2012. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

SCHIRMANN, J. et al. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de Dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 271-280, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100028>. Acesso em: 22 out. 2015.

SILVA, A. A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162015000200254&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 21 out. 2015.

SILVA, P. C.; AMARAL, A. A. Tratamento de dejetos suínos com biorreator UASB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 141 - 147, 2013. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1992>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

SINGH, N. S.; VERMA, A. The potential of nitrification inhibitors to manage the pollution effect of nitrogen fertilizers in agricultural and other soils: a review. **Environmental Practice**, v. 4, p. 266-279, 2007. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1820776>>. Acesso em: 30 set. 2015.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VALLEJO, A. et al. Comparison of N losses (NO_3^- , N_2O , NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, v. 272, p. 313-325, 2005. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-004-5754-3>>. Acesso em: 21 out. 2015.

ZACHREL, B.; AMBERGER, A. M. Effect of the nitrification inhibitors dicyandiamide, nitrapyrin and thiourea on *Nitrosomonas europaea*. **Fertility Research**, Los Angeles, v. 22, p. 37-44, 1990. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF01054805>>. Acesso em: 29 out. 2015.

ZAMAN, M. et al. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, p. 1270-1280, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223632864_Effect_of_Urease_and_Nitrification_Inhibitors_on_N_Transformation_Gaseous_Emissions_of_Ammonia_and_Nitrous_Oxide_Pasture_Yield_and_N_Uptake_in_Grazed_Pasture_System>. Acesso em: 26 out. 2015.

ZAMAN, M.; BLENNERHASSETT, J. D. Effect of the different rates of urease and nitrification inhibitors on gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, nitrate leaching and pasture production from urine patches in an intensive grazed pasture system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 136, p. 236-246, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090900228X>>. Acesso em: 21 out. 2015.

4 CAPÍTULO 2. INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MANEJO DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO: PARÂMETROS DE PLANTAS E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DA SUCESSÃO TRIGO/MILHO.

4.1 INTRODUÇÃO

Frente ao elevado custo de produção dos cultivos, a adubação orgânica com o uso de dejetos líquidos de suínos (DLS) torna-se uma importante alternativa para pequenos produtores rurais, responsáveis por desenvolver a maior parte da atividade criatória brasileira. Tendo em vista que os nutrientes apresentam-se sob diferentes formas quanto a sua disponibilidade (SCHERER et al., 1996; GATIBONI et al., 2007), o sincronismo com a demanda pelas plantas é um fator a ser considerado no momento da utilização.

Na maioria das vezes, a fração amoniacal presente no DLS perfaz aproximadamente 50% do nitrogênio (N) total (SCHERER et al., 2007; GIACOMINI et al., 2009). Em função deste elevado teor de N prontamente disponível no DLS e da elevada demanda do mesmo pelas plantas, repostas expressivas no acúmulo de N pela cultura, na produção de fitomassa da parte aérea e na produtividade de grãos tem sido relacionadas à aplicação de DLS, principalmente em gramíneas. (GIACOMINI e AITA, 2008; PANDOLFO e CERETTA, 2008).

Uma constatação da maioria dos trabalhos refere-se à baixa recuperação pelas culturas do N aplicado ao solo com os dejetos (GIACOMINI e AITA, 2008; GIACOMINI, et al., 2009), o que tem sido atribuído às perdas de N por lixiviação de nitrato (AITA E GIACOMINI, 2008), volatilização de amônia (GONZATTO et al., 2013) e desnitrificação (DAMASCENO, 2010). Neste cenário, encontrar maneiras de mitigar as perdas de N após a aplicação dos dejetos significa preservar o seu valor fertilizante como fonte de N.

Mesmo que as emissões de NH_3^+ e N_2O oriundos da aplicação dos DLS sobre a superfície do solo já tenham sido avaliadas (BASSO et al., 2004; GIACOMINI et al., 2006), diversas alternativas tecnológicas vêm sendo testadas para reduzir as perdas de N e o impacto ambiental decorrente do uso inadequado dos DLS. Entre estas cabe destacar a injeção dos DLS no solo para reduzir a volatilização de NH_3^+ (GONZATTO, 2012) e as perdas de N via escoamento superficial (CERETTA et al., 2005), embora, alguns resultados demonstrem aumento na concentração de carbono e água no sulco da injeção, o que pode favorecer as perdas de N por desnitrificação ou lixiviação de nitrato (DAMASCENO, 2010; GONZATTO, 2013).

Para reduzir as perdas de N no solo, nos últimos anos nota-se um aumento no número de trabalhos envolvendo o uso de inibidores de nitrificação no momento da aplicação dos dejetos no solo, com destaque para a dicianodiamida (DCD), a qual retarda a oxidação do NH_4^+ para NO_2^- sem interferir na oxidação subsequente deste para NO_3^- (SINGH e VERMA, 2007). Ao manter o N na forma de NH_4^+ , os inibidores reduzem a mobilidade do N no solo, reduzindo as perdas de N na forma de nitrato (NO_3^-) e óxido nitroso (N_2O) (PUJOL, 2012). Em geral, na literatura os resultados apresentados são variáveis quanto ao efeito da dicianodiamida (DCD) sobre a volatilização de NH_3^+ , mas estima-se que a redução na taxa de nitrificação até que a planta atinja a fase de maior crescimento, aumentará a oportunidade desta em absorver o NH_x^+ (SUBBARAO et al., 2006), embora, quando aplicados sobre a superfície do solo, a manutenção do N dos dejetos na forma amoniacal possa aumentar as perdas de N por volatilização (DAMASCENO, 2010).

Apesar dessas diferentes alternativas, ainda há relativamente poucos trabalhos de pesquisa no Brasil que investiguem como essas estratégias influenciam no fornecimento de N e impactam sobre a produtividade das culturas. O controle da velocidade de nitrificação do N amoniacal dos dejetos após a sua aplicação irá determinar a quantidade e o momento em que o NO_3^- será a forma predominante de N mineral no solo. Dependendo do intervalo de tempo entre a aplicação dos dejetos e a semeadura, caso a velocidade do processo microbiano de transformação do N for elevada, o teor de NO_3^- aumentará rapidamente e estará disponível no solo quando a demanda de N pelas culturas for pequena. Se ocorrerem chuvas intensas nesse período, podem haver perdas significativas de N, tanto por meio de formas gasosas, resultantes da desnitrificação, como por escoamento superficial e lixiviação, em função da elevada mobilidade deste ânion no fluxo de massa (VALÉRIO et al., 2010).

Por isso, é possível formular a hipótese de que a manutenção do N dos dejetos na forma amoniacal no solo, por meio do controle da nitrificação, possa preservar o valor nutricional dos dejetos como fonte de N às culturas.

Com base nesse contexto, o trabalho teve como objetivo possibilitar o uso de um inibidor de nitrificação e da injeção dos dejetos suínos em subsuperfície, como estratégias para melhorar os parâmetros de planta e a produtividade das culturas do trigo e do milho, sob sistema de plantio direto.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização da área, do solo, condições pluviométricas, do delineamento experimental e tratamentos avaliados, dos dejetos e inibidor de nitrificação utilizados e da condução do experimento, é a mesma já apresentada para o capítulo 1.

4.2.1 Parâmetros fitométricos avaliados na parte aérea das culturas

4.2.1.1 *Cultura do trigo*

Por ocasião dos estádios de desenvolvimento da cultura (LARGE, 1954), foram avaliados os seguintes parâmetros:

4.2.1.1.1 Estádio 10.5.3

I. Produção de massa seca: determinada na área de 0,5 m² por parcela, onde as plantas foram cortadas desde a superfície do solo, secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até peso constante, quando foram pesadas e os valores extrapolados para quilogramas por hectare.

4.2.1.1.2 Estádio 11.4

II. Altura de plantas: mensurada com o auxílio de trena métrica, padronizada desde a superfície do solo até o ápice da espiga (sem considerar as aristas). Para a aferição foram utilizados vinte colmos em cada parcela útil.

III. Número de espigas por metro linear: mensurada por meio da contagem de todas as espigas de cinco repetições de 1 m linear dentro de cada parcela útil.

IV. Número de espiguetas e grãos por espiga: obtido pela contagem do número de espiguetas contidas por espiga e dos grãos contidos por espiga, em 20 espigas tomadas aleatoriamente dentro da parcela útil.

V. Produção de massa seca: determinada na área de 0,5 m² por parcela, onde as plantas foram cortadas desde a superfície do solo, secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até peso constante, quando foram pesadas e os valores extrapolados para quilogramas por hectare. Não foi considerado o peso de grãos.

VI. Peso de mil sementes: obtido seguindo metodologia proposta por Brasil (2009).

VII. Produtividade: obtida através da colheita dos grãos contidos em 2,55 m² da parcela útil. A produção final de grãos foi corrigida para 13 % de umidade e os valores foram extrapolados para quilogramas por hectare.

4.2.1.2 Cultura do milho

Por ocasião dos estádios de desenvolvimento da cultura (RITCHIE et al., 1993), foram avaliados os seguintes parâmetros:

4.2.1.2.1 Estádio R1

I. Diâmetro de Colmo: mensurado com paquímetro digital, no segundo entrenó visível de 10 plantas por parcela útil.

II. Produção de massa seca: determinada em cinco plantas por parcela, cortadas desde a superfície do solo, secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até peso constante, pesadas e o valor extrapolado para quilogramas por hectare.

4.2.1.2.2 Estádio R6

III. Número de espigas por hectare: obtido por meio da contagem do número espigas por metro linear, em 10 repetições por parcela útil. Os valores obtidos foram extrapolados para hectare.

IV. Altura de plantas: mensurada com o auxílio de trena métrica, padronizada desde a superfície do solo até a bainha da folha bandeira. Para a aferição utilizou-se dez plantas por parcela útil.

V. Produção de massa seca: determinada por meio da mesma metodologia utilizada no estádio R1, porém, por ocasião do estádio R6, pesou-se separadamente a massa seca da planta, desprezando-se o peso da espiga.

VI. Altura de inserção da primeira espiga: mensurada com o auxílio de trena métrica, padronizada desde a superfície do solo até a inserção da primeira espiga. Para a aferição utilizou-se dez plantas por parcela útil.

VII. Diâmetro da espiga (sem palha) e diâmetro do sabugo: obtidos na parte central da espiga, com auxílio de paquímetro digital, em dez espigas por parcela útil.

VIII. Número de fileiras e número de grãos por fileira: obtidos através de contagem, considerando a média de dez espigas por parcela útil.

IX. Peso de mil sementes: obtido seguindo metodologia proposta por Brasil (2009).

X. Produtividade: determinada na área de 8,4 m², onde foram colhidas as plantas de quatro linhas centrais de cada parcela útil, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade. A produção final de grãos foi corrigida para 13% de umidade e o valor extrapolado para quilogramas por hectare.

4.2.4 Análise estatística

Os resultados referentes aos parâmetros fitométricos e produtividade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando houve significância, as médias dos tratamentos foram comparadas por Tukey a 5 % de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2007).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se os resultados na tabela 4, percebe-se que os tratamentos não tiveram influência apenas sobre a produção de massa seca na maturação, ao passo que os demais parâmetros avaliados foram significativamente influenciados pelo uso do inibidor e os manejos do dejetos.

Tabela 4 - Análise de variância (QM) da altura de plantas (Alt), número de espigas por metro linear (NEM), massa seca florescimento (MSF), massa seca maturação fisiológica (MS) número de espiguetas (NE), número de grãos por espiga (GE), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (Prod) do trigo, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014.

FV	GL	Alt (cm)		NEM		MSF (kg ha ⁻¹)		MS (kg ha ⁻¹)	
		QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc
Trat.	5	3027,19	68,18*	1089,39	6,93*	3210242,43	10,63*	5,19	1,00 ^{ns}
Bloc	3	425,16	9,57	452,58	2,87	1441534,38	4,77	5,18	1,00
Res.	14	44,39		157,19		302001,12		5,18	
CV (%)		9,18		16,37		10,91		7,9	

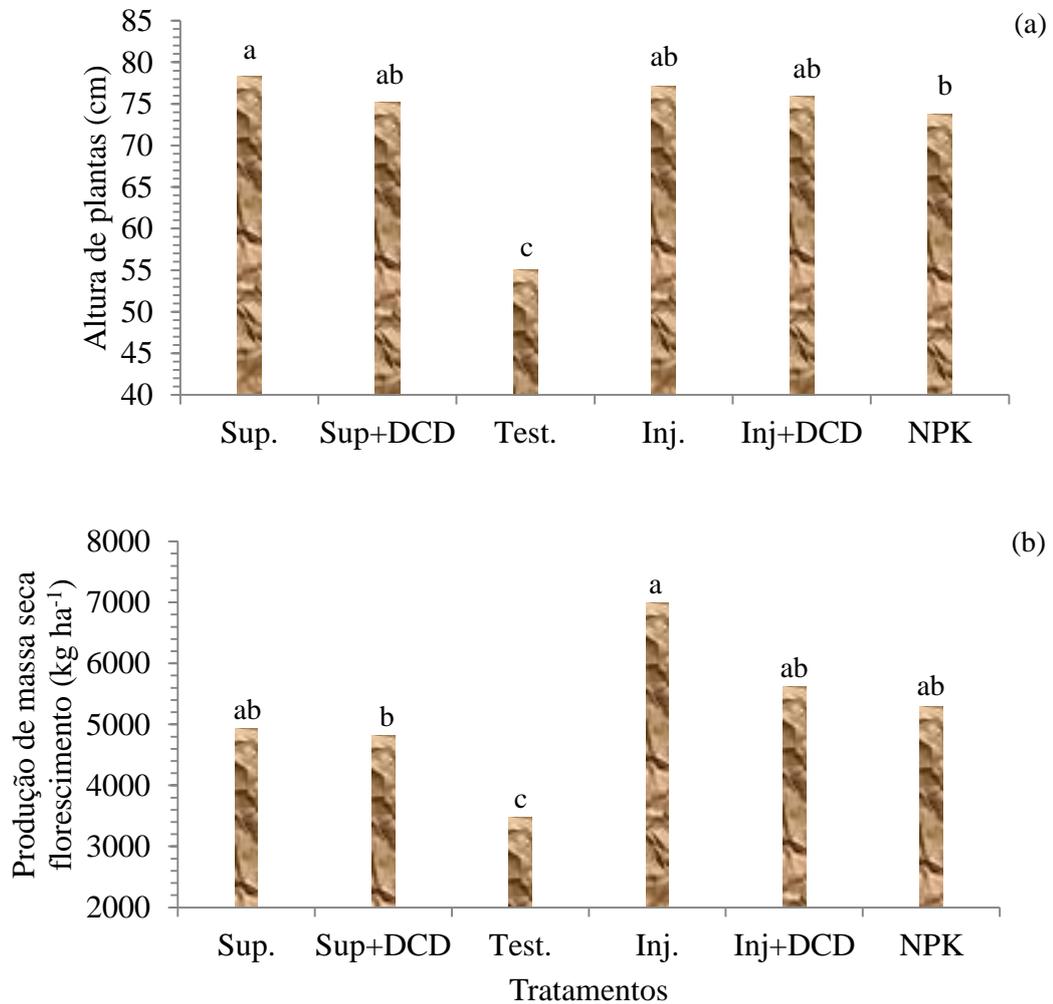
FV	GL	NE		GE	
		QM	Fc	QM	Fc
Trat.	5	828,14	26,68*	581,87	13,34*
Bloc	3	95,81	3,08	116,34	2,66
Res.	14	31,03		43,61	
CV (%)			13,97		21,57

FV	GL	PMS (g)		Prod (kg ha ⁻¹)	
		QM	Fc	QM	Fc
Trat.	5	41,23	15,29*	1310583,15	15,93*
Bloc	3	0,45	0,16	189658,20	2,30
Res.	14	2,69		82222,99	
CV (%)			5,60		13,90

FV: Fator de Variação; GL: Graus de Liberdade; Trat.: Tratamento; Bloc.: Bloco; Res.: Resíduo. * significativo ($p < 0.05$); ^{ns} não significativo ($p < 0.05$); QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; CV: Coeficiente de Variação.

Na figura 6 são apresentados os resultados para altura de plantas e produção de massa seca no florescimento do trigo.

Figura 6 - Altura de plantas (a) e produção de massa seca no florescimento (b) do trigo, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014.



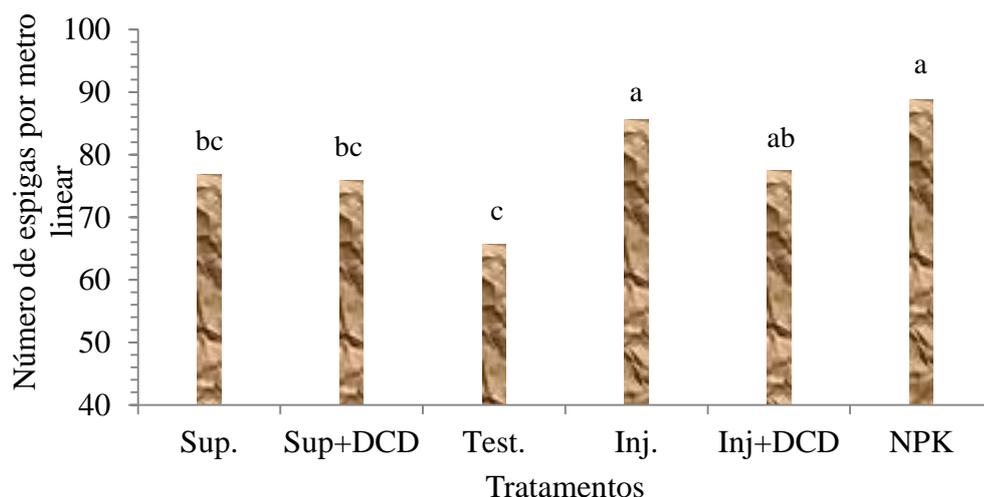
SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Independente da forma e fonte que envolveu a aplicação de nitrogênio, todos os tratamentos favoreceram o desenvolvimento da cultura em relação à testemunha (Figura 6). Mesmo não diferindo estatisticamente, o tratamento com a injeção do dejetos líquido de suíno apresentou tendência de maior produção de massa seca em relação às aplicações em superfície e a injeção com DCD, sendo 20% superior ao valor obtido em relação ao tratamento INJ+DCD. No comparativo à aplicação superficial do dejetos líquido de suínos, isso pode estar associado a redução das perdas de N por volatilização durante as primeiras horas após a aplicação (GONZATTO, 2012). Já no comparativo com o tratamento INJ+DCD, a menor

produção de massa seca no florescimento do trigo no tratamento com inibidor, pode ser pela redução do processo de nitrificação do N amoniacal dos dejetos, diminuindo temporariamente a absorção de nitrato pelas plantas. Quando os DLS são injetados sem DCD, é maior a disponibilidade de NO_3^- próximo a fase inicial de desenvolvimento do trigo, o que é extremamente importante quando comparado ao uso da DCD, a qual pode atenuar as perdas por volatilização, mas diminui a disponibilidade de nitrato. Segundo Wiesler (1997), o suprimento concomitante de NO_3^- e NH_4^+ possui efeito benéfico sobre a absorção e assimilação do N pelas culturas, principalmente durante os estádios iniciais de desenvolvimento. O incremento no conteúdo intracelular de NO_3^- atua como osmorregulador no interior das células e tecidos vegetais, onde seu acúmulo pelas plantas incrementa o conteúdo de osmólitos (açúcares, carboidratos e cátions) os quais promovem o turgor e expansão celular, resultando em incremento da produção de massa (BRITTO et al., 2001).

Na análise dos componentes de rendimento de trigo, o número de espigas por metro linear foi influenciado pelas formas de aplicação do DLS, sendo a injeção no solo o tratamento que proporcionou maiores valores em relação às aplicações em superfície (Figura 7).

Figura 7 - Número de espigas por metro linear do trigo, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014.



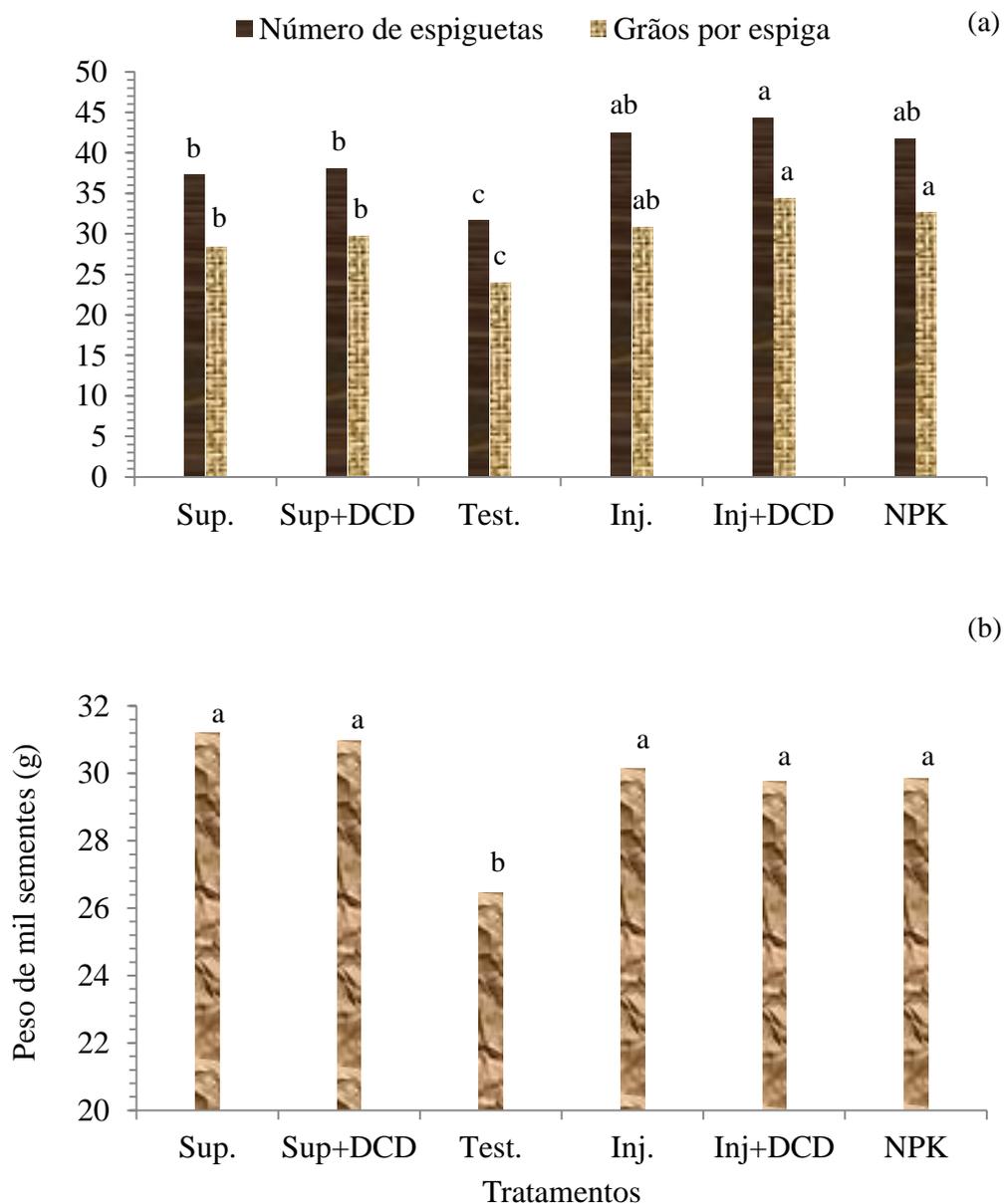
SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar de não ter sido uma variável analisada, a campo observou-se maior perfilhamento da cultura do trigo quando o mesmo foi cultivado em solo submetido à injeção dos dejetos. O número de perfilhos produtivos por planta está diretamente associado à produção de espigas por unidade de área e, conseqüentemente, com a produtividade do trigo. Um dos motivos da baixa produtividade média das lavouras de trigo no Brasil é a pequena participação dos perfilhos na formação do rendimento final (ALMEIDA et al., 2002). Assim, a emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos são importantes, pois estas estruturas fazem parte dos componentes de desempenho agrônômico e são também supridoras de assimilados ao colmo principal. Provavelmente, os resultados obtidos neste estudo são em função de que no tratamento com a injeção do DLS, o suprimento concomitante de NO_3^- e NH_4^+ persistiu por um período maior de tempo, resultando em maior acúmulo de N estrutural associado ao incremento no conteúdo intracelular de NO_3^- , contribuindo para o incremento no rendimento de biomassa (Figura 6b), o que refletiu em maior acúmulo de assimilados disponíveis aos perfilhos no colmo principal, garantindo o desenvolvimento e sobrevivência do maior número de espigas com relação à aplicação superficial (Figura 7). Resultados semelhantes em função do aumento temporal da disponibilidade de N são apresentados por Zagonel et al. (2002) e Teixeira Filho et al. (2007), os quais verificaram efeito significativo do aumento das doses de N, na forma de uréia, no número de espigas de trigo por metro quadrado. Segundo Sangoi et al., (2007), em altas densidades como foi condição deste estudo (400 plantas finais/m²), esse componente de produção é o mais importante entre os fatores determinantes da produtividade do trigo.

Quanto ao número de espiguetas e grãos por espiga do trigo, observa-se resultado semelhante ao número de espigas por metro linear (Figura 8a). Análogo a definição do número de espigas por metro linear, teores mais elevados de N no solo, por um período maior de tempo, induz maior vigor vegetativo durante a diferenciação do meristema reprodutivo, resultando em maiores valores para esses componentes de produção (SANGOI et al., 2007). Não se observou nenhum tratamento que tenha produzido elevado número de espigas por metro linear, mas com poucos grãos por espiga, o que seria limitante no rendimento de grãos. Neste trabalho, o efeito compensatório mais pronunciado com relação a produtividade de grãos foi observado na variável peso de mil sementes (Figura 8b). A aplicação dos dejetos em superfície com ou sem a adição do inibidor de nitrificação, que haviam sido tratamentos significativamente inferiores às aplicações com injeção dos DLS quanto ao número de espigas por área e o número de grãos por espiga, apresentaram tendência, mesmo que não significativa, de um maior valor para o peso de mil sementes. Isto se deve a elevada

capacidade do trigo de compensar a falta ou excesso de um componente do rendimento pela modificação ou ajuste no particionamento de assimilados para os demais componentes (VALÉRIO et al., 2008).

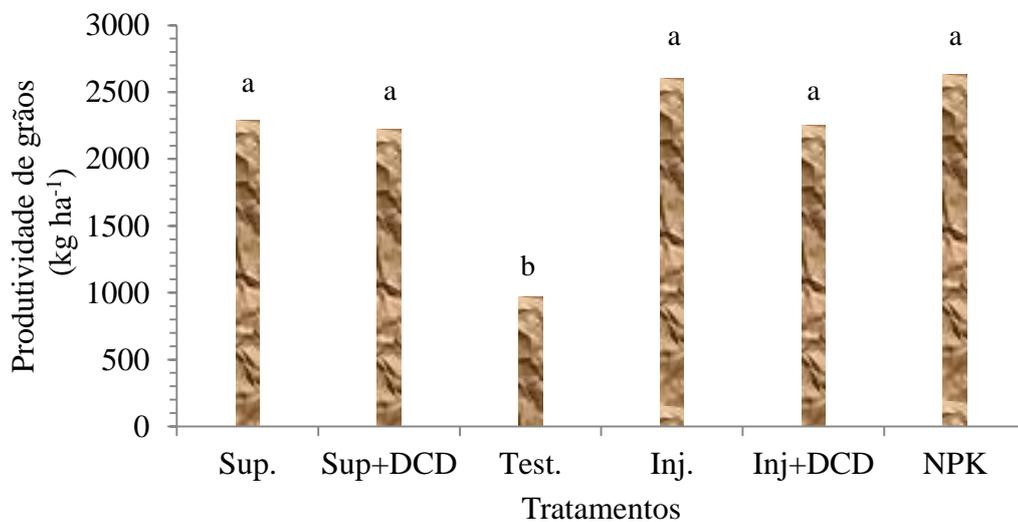
Figura 8 - Número de espiguetas e grãos por espiga (a) e peso de mil grãos (b) do trigo, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014.



SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esta teoria da mudança no sentido dos fotoassimilados ganha credibilidade quando se analisa a Figura 9, em que a produtividade de grãos não sofre variações significativas em função dos tratamentos, exceto com relação aos valores encontrados para o tratamento testemunha. Tendências semelhantes para o componente da massa de grãos foram observadas por Rodrigues et al. (2000). Porém, houve efeito significativo da adubação nitrogenada na produtividade do trigo, como verificado por Teixeira Filho et al. (2008). Heinemann et al. (2006) também constataram este efeito de particionamento, pois no solo onde foi aplicada baixa quantidade de N, a produção dos grãos apresentou maior correlação com a biomassa acumulada na antese do que com a acumulada na maturação fisiológica, diferente do que ocorre sob condições suficientes de N no solo, na qual a correlação é significativa mas igual para ambos os estádios fisiológicos (florescimento e maturação).

Figura 9 – Produtividade de grãos do trigo, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014.



SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a cultura do milho, a análise de variância (Tabela 5) demonstrou não haver diferença significativa para os parâmetros: diâmetro de espiga, diâmetro do sabugo, número de espigas por hectare e peso de mil sementes.

Tabela 5 - Análise de variância (QM) da altura de plantas (AP), massa seca florescimento (MSF), altura de inserção de espigas (IE), número de fileiras por espiga (NF), grãos por fileira (GF), diâmetro de espigas (DE), diâmetro de sabugos (DS), diâmetro do colmo (DC), número de espigas por metro linear (NE), peso de mil sementes (PMS), produtividade (Prod) e massa seca maturação fisiológica (MS) do milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/15.

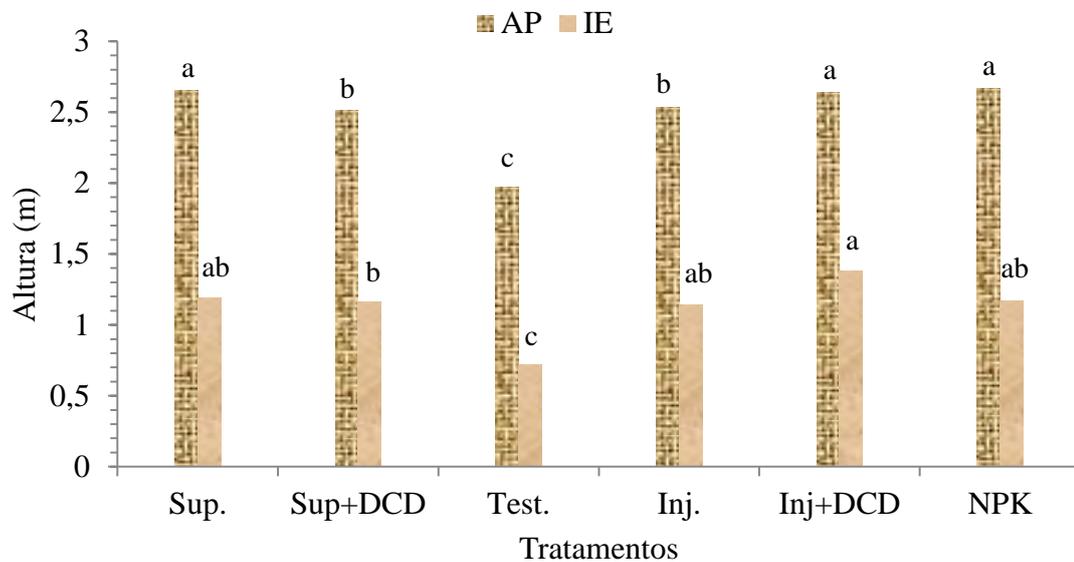
FV	GL	AP (m)		MSF (kg ha ⁻¹)		IE (m)			
		QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc		
Trat.	5	2,83	227,45*	7880398,86	1,96*	1,90	5,25*		
Bloc.	3	0,51	41,23	2731528,50	0,33	0,01	0,04		
Res.	14	0,01		8147239,11		0,36			
CV (%)		4,46		17,89		30,83			
FV	GL	NF		GF		DE (cm)		DS (cm)	
		QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc
Trat.	5	10,9	7,27*	453,08	29,88*	0,07	1,73 ^{ns}	230,27	1,02 ^{ns}
Bloc.	3	4,93	3,29	40,63	2,68	0,12	2,92	225,18	0,99
Res.	14	1,49		15,16		0,04		225,49	
CV (%)		8,98		11,27		5,23		45,49	
FV	GL	DC		NE		PMS (g)			
		QM	Fc	QM	Fc	QM	Fc		
Trat.	5	560,0	55,69*	30884602,07	1,30 ^{ns}	691,64	1,83 ^{ns}		
Bloc.	3	75,98	7,55	38121342,37	1,61	414,31	1,09		
Res.	14	10,05		23638998,71		377,84			
CV (%)		14,83		6,82		57,33			
FV	GL	Prod (kg ha ⁻¹)		MS (kg ha ⁻¹)					
		QM	Fc	QM	Fc				
Trat.	5	4891645,17	8,89*	7943397,56	2,02*				
Bloc.	3	1951864,27	3,56	2932513,32	0,35				
Res.	14	549796,26		8177234,12					
CV (%)		12,31		20,63					

FV: Fator de Variação; GL: Graus de Liberdade; Trat.: Tratamento; Bloc.: Bloco; Res.: Resíduo. * significativo (p<0.05); ^{ns}não significativo (p<0.05); QM: Quadrado Médio; Fc: F calculado; CV: Coeficiente de Variação.

As variáveis altura de plantas e inserção de espigas foram influenciadas pela disponibilidade de nitrogênio no solo, pelo modo de aplicação dos dejetos e pela presença do inibidor de nitrificação (Figura 10). Os tratamentos que receberam a aplicação dos dejetos apresentaram superioridade em relação ao tratamento testemunha, pois o N participa ativamente na divisão e expansão celular e, do processo fotossintético, sendo o efeito na altura de plantas e inserção de espigas do milho, visível desde a fase de crescimento até que a altura máxima das plantas seja atingida (CASTRO et al., 2008). A injeção dos dejetos sem DCD e a aplicação em superfície com a DCD foram os tratamentos que apresentaram os menores

valores de inserção de espigas após o tratamento testemunha. Isso pode estar relacionado a potencialização das perdas de N por volatilização de amônia ao utilizar DCD em superfície (DAMASCENO, 2010; GONZATTO 2012) e lixiviação do nitrato, quando da aplicação em subsuperfície sem o uso de inibidor (DYNIA et al., 2006).

Figura 10 - Altura de plantas e inserção da espiga do milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/2015.



AP: Altura de plantas; IE: Altura de inserção de espigas; SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

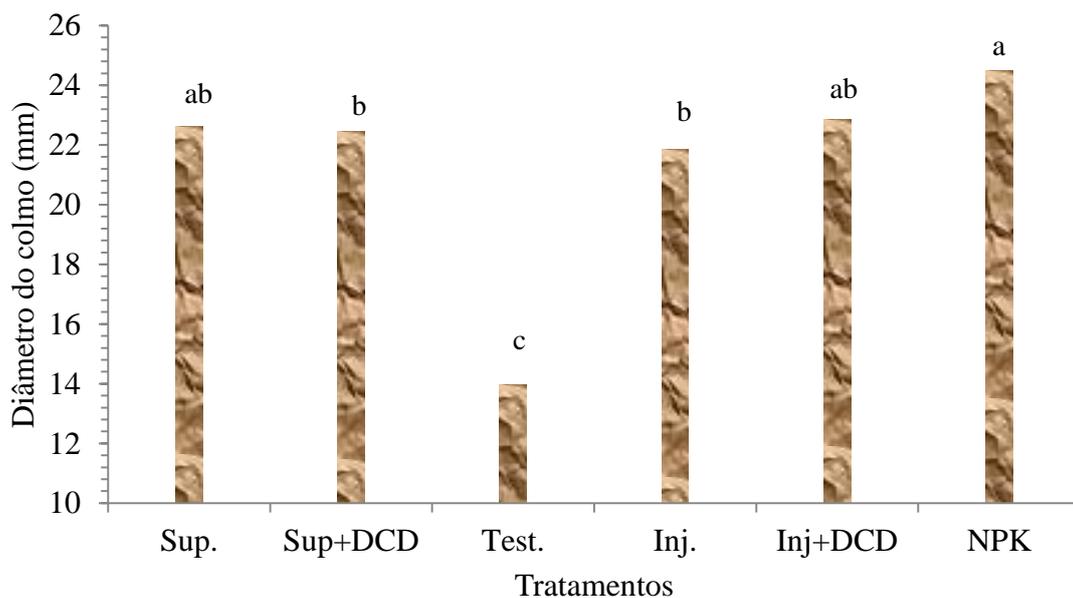
Entre as estratégias utilizadas para reduzir a volatilização de amônia após a aplicação de DLS consiste em reduzir ao máximo a exposição do N amoniacal dos dejetos aos fatores atmosféricos que favorecem a volatilização, com destaque para a ação da radiação solar e do vento. A redução da emissão do gás NH_3^+ pela injeção dos dejetos em subsuperfície tem sido observada em diferentes situações, embora a magnitude dessa redução seja variável e esteja relacionada com vários fatores, como: o método de avaliação utilizado, tipo de injetor e a profundidade de injeção (DELL et al., 2012).

Pelo nitrato ser considerado o elemento mais facilmente perdido por lixiviação (JUSTINO et al., 2006), acompanhando o movimento descendente da água que percola no perfil do solo (MALAVOLTA, 1980), a elevada quantidade de chuva precipitada entre o 10º e

26° DAA dos tratamentos pode ter favorecido a lixiviação de nitrogênio na forma de íon nitrato para regiões do solo abaixo da zona de abrangência das raízes, principalmente quando os dejetos foram injetados no solo sem o uso da DCD. Além disto, Crusciol et al., (2011) relataram que as cargas dos colóides do solo, normalmente negativas, causam efeito de repulsão do nitrato, favorecendo sua lixiviação.

Semelhante aos valores observados para altura de plantas, nos tratamentos SUP+DCD e INJ foram encontrados os menores valores referentes ao diâmetro do colmo entre os tratamentos que receberam fertilização (Figura 11). Normalmente, o diâmetro do colmo apresenta correlação com a produtividade por se tratar de um órgão de reserva da planta. De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (2000), o colmo atua como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente, na definição e formação dos grãos.

Figura 11 – Diâmetro do colmo do milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/2015.

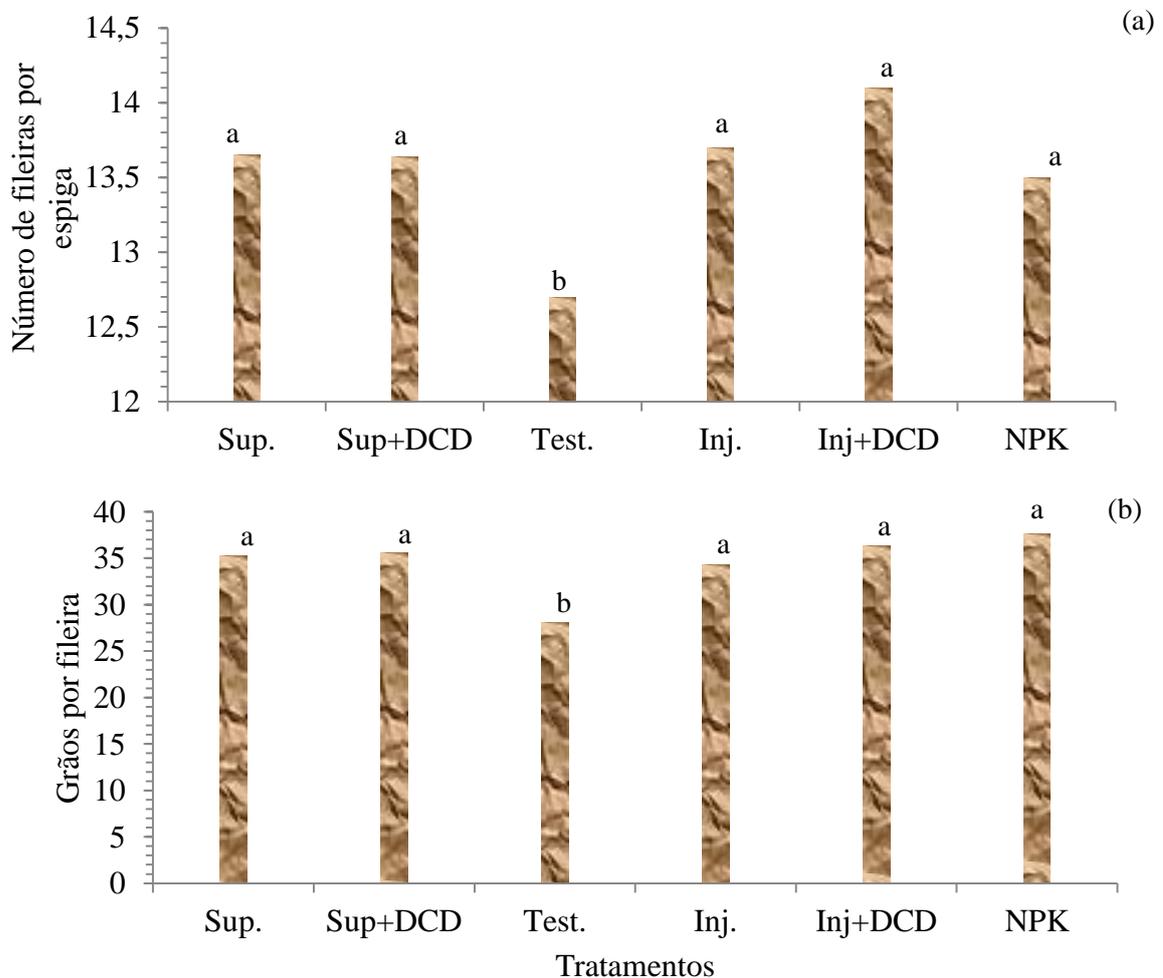


SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o número de fileiras e grãos por fileira o tratamento INJ+DCD apresentou tendência, mesmo que não significativa, de mais fileiras por espiga, o que não ocorreu quanto ao número de grãos por fileira (Figura 12). O número de fileiras e grãos por fileira é definido

a partir do estágio V4, persistindo até V12 (MAGALHÃES e DURÃES, 2006), fase que segundo Schreiber et al. (1998) se inicia a maior demanda desse nutriente pela planta (diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga), a alteração no número de fileiras concorda com os resultados apresentados por Pöttker e Wiethölter, (2004) e Carmo et al. (2012). Estes autores citam que quando não limitada por outros fatores, a maior disponibilidade de sólidos solúveis aumenta o potencial da planta em definir maiores números de sementes por espiga (Figura 12a e 12b)

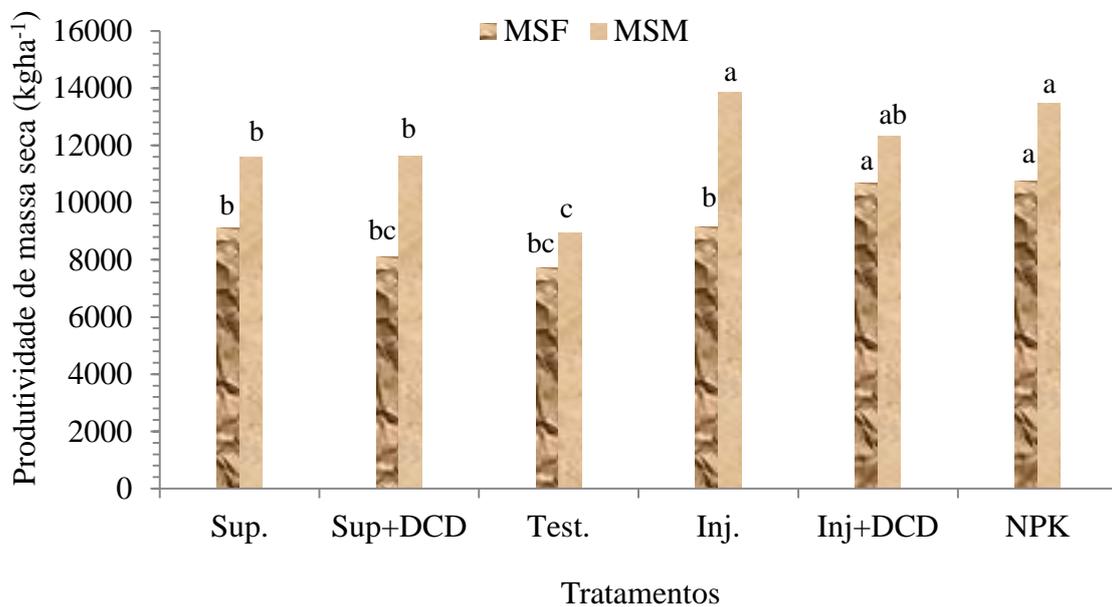
Figura 12 - Número de fileiras por espiga (a) e grãos por fileira (b) do milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/2015.



SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nesse sentido, mesmo não havendo diferença entre os tratamentos com a injeção dos dejetos no solo, os resultados do acúmulo de massa seca no florescimento (Figura 13) tem relação com a produtividade de grãos (Figura 14), provavelmente devido à remobilização das reservas para sustentar de maneira adequada o estágio de florescimento e desenvolvimento da espiga.

Figura 13 – Acúmulo de massa seca no florescimento e maturação do milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/2015.

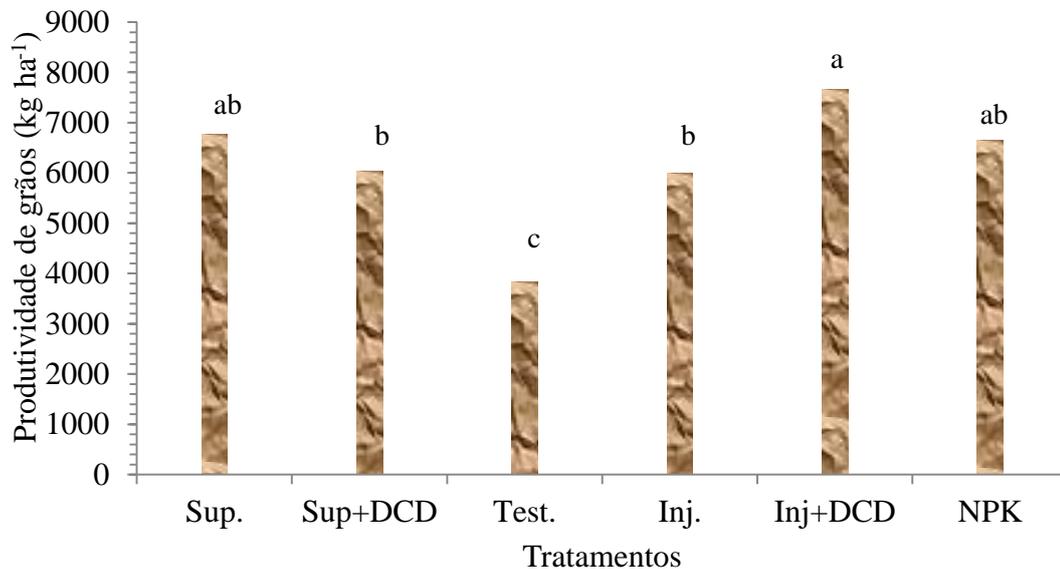


MSF: massa seca no florescimento; MSM: massa seca na maturação; SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A maior produtividade de grãos foi obtida quando o DLS foi injetado no solo na presença da DCD (Figura 14) e não no tratamento onde houve apenas a injeção dos DLS no solo. Isso ocorreu em função da maior recuperação de N mineral no solo (capítulo I). Provavelmente isso se deve a maior concentração de N que esteve disponível na solução do solo no período que, segundo Schreiber et al. (1998), há maior demanda pela planta (diferenciação do meristema reprodutivo). Com a utilização da DCD houve uma redução na cinética de transformação do N amoniacal para nítrico o que elevou a quantidade de N disponível no solo, por causa das possíveis perdas por lixiviação que podem ter ocorrido sem o uso da DCD ou da adubação com NPK.

Assim, a produtividade da planta está também relacionada com sua habilidade em acumular e transferir carboidratos do colmo e demais estruturas vegetativas para a diferenciação do sistema reprodutivo, formação e o enchimento de grãos (CASTRO et al., 2008). Ou seja, na cultura do milho, o aumento no número de fileiras de grãos foi suficiente para modificar a produtividade.

Figura 14 - Produtividade de grãos de milho, sob manejos de adubação com dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Safra 2014/2015.



SUP: aplicação em superfície; SUP+DCD: aplicação em superfície com dicianodiamida; Test.: testemunha; INJ: aplicação em subsuperfície; INJ+DCD: aplicação em subsuperfície com dicianodiamida; NPK: nitrogênio, fósforo e potássio na forma mineral. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.4 CONCLUSÕES

1. Nas as condições avaliadas, a modificação da forma de aplicação dos dejetos suínos e o uso de inibidor de nitrificação não afeta a produtividade do trigo.
2. O inibidor de nitrificação só deve ser administrado se o dejetos for injetado ao solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2101-2111, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/31.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.
- ALMEIDA, A. C. R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho**. 2000. 144 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.
- ALMEIDA, M. L. et al. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de aflhos e acumulação de massa seca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 377-383, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n3/a03v32n3.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2015.
- AMBERGER, A. Research on dicyandiamide as a nitrification inhibitor and future outlook. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 20, n. 19, p. 1933-1955, 1989. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628909368195>> Acesso em: 26 jun. 2015.
- BASSO, C. J. et al. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n6/a16v34n6.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- BRITTO, D. T. et al. Futile transmembrane NH_4^+ cycling: A cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 7, p. 4255-4258, 2001. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/98/7/4255.full>>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- CARMO, M. S. et al. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 223-231, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13246>>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.
- CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Alexandre_Berwanger/publication/262625000_Pig_slurry_I_-_nitrogen_and_phosphorus_losses_by_surface_run_off_in_a_soil_cropped_under_no_tillage/links/5409d5df0cf2d8daaabf9901.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DE SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004, 400p.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1975-1984, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n6/a14v35n6.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso**. 2010. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

DELL, C. J. et al. Low-Disturbance manure incorporation effects on ammonia and nitrate loss. **Journal of Environmental Quality**, v. 41, p. 928-937, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22565274>> Acesso em: 15 nov. 2015.

DIDONET, A. D. et al. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, p. 401- 411, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000200019> Acesso em: 18 dez. 2015.

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 855-862, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000500019&script=sci_arttext> Acesso em: 29 out. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. (revisada e ampliada). Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar versão 5.1**. Lavras: Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, 2007.

GATIBONI, L. C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 691-699, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832007000400010&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 21 dez. 2015.

GIACOMINI, S. J. et al. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1653-1661, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n11/a12v4111.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 195-205, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/19.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2015.

GIACOMINI, S. J. et al. Imobilização do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 41-50, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000100005&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 30 out. 2015.

GIACOMINI, S. J. et al. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 7, p. 761-768, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n7/17.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2015.

GONZATTO, R. et al. Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso após aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo cultivado com milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1590-1596, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n9/a25313cr2012-0925.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

HEINEMANN, A. B. et al. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 352-356, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a15.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

JUSTINO, G. C. et al. Absorção e redução de nitrato em duas cultivares de arroz na presença de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1285-1290, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000800011&script=sci_arttext>. Acesso em: 06 dez. 2015.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, London, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x/abstract>>. Acesso em: 23 out. 2015.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41p.

PANDOLFO, C. M.; CERETTA, C. A. Aspectos econômicos do uso de fontes orgânicas de nutrientes associadas a sistemas de preparo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 1572-1580, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000600013>. Acesso em: 25 out. 2015.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n4/a07v34n4.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PUJOL, S. B. **Emissão de amônia e dinâmica do nitrogênio no Solo com parcelamento da dose e adição de Inibidor de nitrificação em dejetos de suínos**. 2012. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special report, 48).

RODRIGUES, O. Manejo de Trigo: bases ecofisiológicas. In: **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul, 2000. p. 120-169. (Série Culturas- Trigo).

SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000600010>. Acesso em: 25 nov. 2015.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46 p. (Boletim Técnico, 79).

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 123- 131, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/13.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2015.

SCHREIBER, H. A.; STANBERRY, C. O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. **Science**, v. 135, p. 135-136, 1962. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/135/3509/1135.2.short>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

SINGH, N. S.; VERMA, A. The potential of nitrification inhibitors to manage the pollution effect of nitrogen fertilizers in agricultural and other soils: a review. **Environmental Practice**, v. 4, p. 266-279, 2007. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1820776>>. Acesso em: 30 set. 2015.

SUBBARAO, G. V. et al. Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems – Challenges and opportunities. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, p. 303-335, 2006. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352680600794232#.Vq-jm9IrLrc>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/471>>. Acesso em: 13 dez. 2015.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Desempenho agronômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, v. 36, p. 97-106, 2008. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/248>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

VALÉRIO, I. P. et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n3/a05v43n3.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 25-29, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000100005&script=sci_arttext>. Acesso em: 04 dez. 2015

WIESLER, F. Agronomical and physiological aspects of ammonium and nitrate nutrition of plants. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, Deerfield Beach, v. 160, n. 3, p. 227-238, 1997. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.19971600217/abstract>>. Acesso em: 28 nov. 2015.