

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA APÓS APLICAÇÃO DA UREIA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO**

FERNANDO LOURENÇO SANTANA DA SILVA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

Fevereiro/2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA APÓS APLICAÇÃO DA UREIA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO**

FERNANDO LOURENÇO SANTANA DA SILVA

Orientadora: **Prof^a. Dr^a SIMONE CANDIDO ENSINAS**

Coorientadora: **Prof^a. Dr^a. ANA CAROLINA ALVES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

Fevereiro/2018

S58v Silva, Fernando Lourenço Santana

Volatilização de amônia após aplicação da ureia em sistemas integrados de produção/ Fernando Lourenço Santana da Silva. Cassilândia, MS: UEMS, 2018.

IX, 42p. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2018.

Orientadora: Prof^a. Dra. Simone Candido Ensinas.

1. Nitrogênio 2. Milho 3. Pastagem 4. Adubação. 5.ILPF.I. Título.

CDD 23.ed. 631.8



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA-
PGAC



“VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA APÓS APLICAÇÃO DA UREIA EM
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO”

Acadêmico(a): Fernando Lourenço Santana da Silva

Orientador(a): Simone Cândido Ensinas
Coorientador(a): Ana Carolina Alves

APROVADO: 02/03/2018

Ana Carolina Alves
Coorientador(a)

Teresa Cristina Alves

Diógenes Martins Bardivieso

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, eles são a abertura para achar as que estão certas”.

Carl Sagan

DEDICO

Primeiramente a Deus

Aos meus pais Elioenai Santana e Maria Claudia Lourenço

Aos meus Irmãos Leonardo Lourenço e Flavia Lourenço

Aos meus Avós Maria Santana, Natalício Gama, Isabel Venâncio e Josefino Lourenço (*in memoriam*)

Aos meus amigos

A todos que me apoiaram e me ajudaram nessa jornada.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida, pela saúde e por iluminar o meu caminho.

Agradeço aos meus pais pelo carinho e pelo incentivo que me deram, para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço a toda minha família que sempre me apoiou e esteve ao meu lado.

Agradeço à minha orientadora professora Doutora Ana Carolina Alves, pela paciência e por ter me tutorado nesta pesquisa.

Agradeço à Doutora Teresa Cristina Alves, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, por ter me auxiliado e me ajudado com o trabalho.

Sou grato à Embrapa Pecuária Sudeste pela oportunidade de realizar meu experimento junto ao programa de pesquisa PECUS.

Agradeço à banca de defesa que aceitou o convite, e que contribuiu para melhoria da minha dissertação.

Agradeço ao programa de Pós-graduação “Stricto Sensu” em Agronomia - Área de concentração: Sustentabilidade na Agricultura, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia, sua Coordenação e professores, pelas oportunidades, ensinamentos e ajuda.

Agradeço ao meu grande amigo Caio Cesar Burin, que esteve presente comigo pelos sete anos de convivência, ensinamentos, e parceria.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO GERAL.....	11
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	13
1.1.Sistemas integrados de produção	13
1.2.Nitrogênio.....	15
1.3.Volatilização do Nitrogênio	17
1.4. Referências Bibliográficas	19
CAPÍTULO 2 - VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA APÓS APLICAÇÃO DA UREIA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.....	25
2.1. Introdução.....	26
2.2. Material e Métodos.....	28
2.3. Resultados e Discussão	32
2.4. Conclusão	38
2.5. Referências Bibliográficas	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de novembro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos,SP	31
Figura 2-Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de dezembro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos SP	31
Figura 3- Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de janeiro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos SP	31
Figura 4- Taxa diária de volatilização de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na cultura do milho nas épocas de semeadura (novembro) e cobertura (dezembro), em relação às distâncias dos renques	34
Figura 5- Perda acumulada de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na cultura do milho, na primeira época de aplicação (adubação de semeadura em novembro/2016), e segunda época de aplicação (adubação de cobertura em dezembro/2016), em relação as distâncias dos renques.....	36
Figura 6- Média da taxa diária de volatilização de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na pastagem, na primeira época de aplicação (dezembro), e segunda época de aplicação (janeiro), em relação às distâncias dos renques.	37
Figura 7- Perda acumulada de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na pastagem, na primeira época de aplicação, (dezembro), e segunda época de aplicação, (janeiro), em relação as distâncias dos renques.	38

RESUMO GERAL

As perdas de N por volatilização de NH_3 após a adubação com ureia podem ser significativas e sofrem efeito de fatores como umidade e temperatura do solo que podem ser influenciados pela presença das árvores em sistemas integrados de produção, assim conhecer as perdas de NH_3 em diferentes culturas e níveis de sombreamento do solo é importante para auxiliar o manejo e minimizar estas perdas. Com objetivo de quantificar a volatilização de amônia nos sistema ILPF em diferentes épocas e distâncias dos renques de eucalipto nas culturas de milho e pastagem, conduziu-se dois experimentos com delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois períodos de aplicação de ureia e distâncias dos renques de eucalipto (1,5, 5,0 e 7,5 m), o tratamento controle foi realizado em um sistema sem a presença de árvores (ILP). Na cultura do milho as duas épocas avaliadas foram a adubação no plantio e a de cobertura (novembro e dezembro), na pastagem foram avaliadas duas aplicações de cobertura (dezembro e janeiro). A avaliação da volatilização de amônia (NH_3) foi mensurada durante 20 dias. Na cultura do milho não houve diferença nas perdas diária e total entre as distâncias dos renques na adubação de semeadura. Na adubação de cobertura o tratamento sem renque teve a maior perda no primeiro dia, 18% do N aplicado e a maior perda total de N, 46,25%. Na pastagem as taxas mais altas de volatilização diária e acumulada foram na primeira época da adubação, tendo o primeiro dia a maior perda, 8,7% do N aplicado, na segunda adubação a maior perda foi no segundo dia, 3,1% do N aplicado, não houve diferença entre as distâncias dos renques na primeira e segunda época de aplicação.

Palavras-chave: nitrogênio, milho, pastagem, adubação, ILPF.

ABSTRACT:

The losses of N by volatilization of NH_3 after fertilization with urea can be significant and suffer from factors such as humidity and soil temperature that can be influenced by the presence of trees in integrated production systems, thus to know the NH_3 losses in different crops and shade levels of soil is important to aid management and minimize these losses. In order to quantify the volatilization of ammonia in the ILPF systems at different eucalyptus seasons and distances in maize and pasture crops, two experiments were conducted with a randomized complete block design with four replicates. The treatments consisted of two periods of urea application and distances of eucalyptus trees (1.5, 5.0 and 7.5 m), the control treatment was performed in a system without trees (ILP). In the corn crop, the two evaluated seasons were the fertilization at the planting and the coverage (November and December), in the pasture two coverage applications were evaluated (December and January). The evaluation of ammonia volatilization (NH_3) was measured during 20 days. In the corn crop, there was no difference in the daily and total losses between the distances of the rows in the sowing fertilization. In the manure treatment, the treatment with the first herb had the highest loss on the first day, 18% of the N applied and the highest total loss of N, 46.25%. In the pasture, the highest rates of daily and accumulated volatilization were in the first season of fertilization, with the first day the highest loss, 8.7% of the N applied, the second day the highest loss was 3.1% of the N applied, there was no difference between the distances of the rows in the first and second application periods.

Key words: nitrogen, corn, pasture, fertilizing, ILPF.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Sistemas integrados de produção

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de carne bovina, possuindo o segundo maior rebanho. No 1º trimestre de 2017 exportou mais de 260 mil toneladas de carne, para mais de 70 países, sendo o maior exportador mundial de carne bovina (IBGE, 2017). O território brasileiro possui cerca de 70 milhões de hectares de pastagem com algum grau de degradação (DIAS-FILHO, 2011), devido à atividade pecuária ser na grande maioria das áreas realizada em sistema extensivo de forma extrativista, conseqüentemente a produção de forragem é reduzida, o que posteriormente causa redução no ganho de peso dos animais e baixa taxa de lotação das pastagens (SALTON et al., 2013).

O desenvolvimento de tecnologias voltadas para as pastagens permite incrementos nos índices de produtividade da cadeia agropecuária, contudo algumas barreiras tendem a reduzir os ganhos potenciais nesse processo, como por exemplo, a falta de conhecimento ou a não correção do solo, implicando em baixos níveis de lotação de pastagem (SANTOS; COSTA, 2002). Segundo Barbosa et al. (2015), o aumento da produtividade da pecuária de corte brasileira, depende da adubação de pastagem, manejo e rotação de bovinos nas pastagem, integração lavoura, pecuária e floresta, como também melhoria genética, controle sanitário, entre outras medidas.

Para obter aumento na oferta de forragem e no valor nutricional das pastagens em solos degradados, a correção química e física do solo, juntamente com a reposição de nutrientes é de extrema importância para que se consiga atingir tal objetivo. Tendo em vista, que o custo destas operações para o produtor rural é onerosa economicamente, uma das opções vem sendo a adoção de sistemas integrados (ILP- integração lavoura-pecuária, ILPF- integração lavoura-pecuária-floresta). Atualmente, no Brasil existem aproximadamente 1,6 milhões de hectares implantado com sistema ILPF, no entanto ainda há cerca de 67,8 milhões de hectares de áreas que podem ser utilizadas por diversos modelos de ILPF (BALBINO et al., 2011). A adoção de sistemas integrados para os próximos anos tende a aumentar, principalmente após o Brasil assumir o compromisso da COP-21, de Paris, onde comprometeu-se a diminuir voluntariamente as emissões de gases de efeito estufa, criando o programa ABC (Agricultura de Baixa

Emissão de Carbono), cujo objetivo é disponibilizar créditos para recuperação de 15 milhões de hectares com pastagens degradadas e para a implantação de 5 milhões de hectares com sistemas ILPF, até 2030 (Dos Reis, 2016).

O sistema integrado proporciona uma ação combinatória de diversos fatores benéficos entre a pastagem e demais culturas envolvidas, ocasionando melhora nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e ainda possibilita ao produtor, todo ano ter uma fonte de renda na propriedade, seja ela através da pecuária, da lavoura ou da floresta (VILELA et al., 2008). Esse sistema também permite evitar o desmatamento de novas áreas, reduz a idade de abate dos animais, que com dietas apropriadas, reduzem a emissão de metano por unidade de produto, ajudando na diminuição da emissão de gases de efeito estufa na agropecuária (ZIMMER et al., 2012). De acordo com Alvarenga et al. (2010) a prática de sistemas integrados proporciona benefícios tanto ao produtor quanto ao meio ambiente, quando aplicada de forma correta propicia viabilidade na recuperação de áreas com pastagem degradadas, aumenta a ciclagem e a eficiência na utilização dos nutrientes, melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo, reduz o custo de produção da atividade agrícola e pecuária e diversifica e estabiliza a renda na propriedade rural.

O sistema ILPF também proporciona aumento na produtividade média de carne, em sistemas com pastagem nativas e cultivadas, com produção de 30 e 90 kg por ha ano⁻¹, respectivamente, já para pastagens recuperadas e em sistema ILPF, chega a produzir 180 e 340 kg por ha ano⁻¹, respectivamente (ZIMMER et al., 2012). Segundo Balbino et al. (2011) o sistema ILPF traz uma série de benefícios tecnológicos, ecológico, econômicos e sociais para o produtor, sendo os benefícios tecnológicos; melhorias da parte física, química e biológica do solo, devido ao aumento da matéria orgânica, diminuição da ocorrência de doenças e plantas daninhas, aumento do bem estar animal, devido ao sombreamento, e possibilidade da implantação do sistema tanto para o pequeno quanto para o grande produtor. Entre as melhorias ecológicas e ambientais os autores citam a redução da abertura de novas áreas, diminuição no uso de agroquímicos para o controle de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, redução dos riscos de erosões diminuição do efeito estufa, resultante da maior capacidade de sequestro de carbono e intensificação da ciclagem de nutrientes. Os benefícios econômicos sociais que por sua vez estão relacionados com o aumento da produção anual de alimentos a menor custo, incremento da produtividade e da qualidade do leite e

redução da sazonalidade de produção, fixação e maior inserção social pela geração de emprego, renda no campo, melhoria da qualidade de vida do produtor e da sua família, e aumento da renda dos empreendimentos rurais.

Corroborando com esses autores, Cunha (2012) estudando o processo de implantação e vantagens do sistema ILPF, conclui que o mesmo é uma alternativa economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa para o aumento da produção de alimentos seguros, que proporciona diversificação das atividades na propriedade, diminuição da perda da produção por fatores climáticos e de mercado, diminuição do desmatamento, erosão, e emissão de gases de efeito estufa, refletindo diretamente na melhoria da renda e da qualidade de vida do produtor, tornando uma produção sustentável.

1.2. Nitrogênio

Dentre os nutrientes que as gramíneas necessitam para o seu crescimento e desenvolvimento, o nitrogênio (N) é de suma importância, sendo o nutriente que apresenta resposta rápida e visível ao seu uso, quando utilizada de forma correta. Estudos realizados por Lavres Jr.; Monteiro (2003) mostram que o nitrogênio é um dos nutrientes mais extraídos do solo pelas plantas forrageiras, sendo um dos fatores mais importantes para determinar a produção por área.

O nitrogênio (N) está intimamente ligado às funções metabólicas da planta, sendo o principal constituinte das proteínas e compostos orgânicos, como aminoácidos, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila, além de fazer parte da estruturação da planta e atuar no seu metabolismo está diretamente ligado ao crescimento da folha, colmo e aparecimento de perfilho (WERNER 1986; LAVRES JR.; MONTEIRO, 2003).

Há no mercado diversas fontes de N disponíveis para comercialização, destacando-se a ureia, nitrato de amônio e o sulfato de amônia, sendo a ureia a mais utilizada pelos produtores na pastagem (SANTINI, 2014). A ureia possui teor de N entre 44 a 46%, podendo este valor ser menor quando adicionado algum produto, como revestimentos ou substâncias inibitórias. Quando comparado este mineral com os demais fertilizantes nitrogenados sólidos, possuiu o menor valor referente ao custo do kg de N, explicando-se assim a preferência do produtor pela utilização da ureia (ALCARDE et al., 1998).

Para ficar disponível para planta, o N aplicado via fertilizante sofre ação de hidrólise, passando assim a N inorgânico na forma de amônio (NH₄) ou nitrato (NO₃), parte desse

fertilizante pode ser perdida por volatilização, imobilização, lixiviação e desnitrificação (SANTINI, 2014). O N também pode se tornar disponível para planta, através da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), sendo essa considerada uma das principais fontes e reserva de N (CANTARELLA, 2007).

Para que ocorra a assimilação do nitrato pela planta, é necessário que ocorra a redução do mesmo. Na primeira etapa o nitrato (NO_3) é reduzido, pela enzima nitrato redutase, em nitrito (NO_2), esse processo ocorre dentro do citossol celular, em seguida o dióxido de nitrogênio é reduzido novamente, porém dentro do cloroplasto, utilizando como doador de elétrons seis moléculas de ferredoxina reduzida, via nitrito redutase, gerando uma molécula de NH_4 , por fim o amônio resultante da redução do NO_2 será assimilado gerando principalmente aminoácidos. A assimilação de amônio (NH_4) pode ocorrer através de duas vias, sendo: via da desidrogenase glutâmica e a via da síntese da glutamina/glutamato, sendo essa última a principal via de assimilação de amônio em plantas superiores (SOUZA; FERNANDES, 2006).

Trabalhos realizados com N têm mostrado aumento imediato e visível na produção de forragem, concluindo que apenas a quantidade de N contido no solo, não tem sido suficiente para suprir as necessidades das plantas forrageiras, sendo necessária adubação nitrogenada (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003). Em estudos realizados por Silva; Monteiro (2007) com capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio, concluiu-se que o N foi responsável por alterações fisiológicas, afetando diretamente a produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira. Pesquisas realizadas por Castagnara et al. (2011) trabalhando com a aplicação nitrogenada em variedades de Mombaça, Tanzânia e Mulato, obtiveram aumento na produção de matéria verde e seca, taxa de acúmulo de matéria seca, altura do dossel e o número de perfilho dos respectivos capins.

Costa et al. (2008) trabalhando com capim-marandu, observaram que com o aumento de doses de N as plantas apresentaram maior teor de clorofila e aumento na concentração de N. As doses de N estão diretamente relacionadas com a recuperação de pastagem, aumentando o incremento na produção de matéria seca e no teor de proteína bruta (PB), tendo também redução nos teores de FDN e FDA (COSTA et al., 2010; COSTA et al., 2013).

Com o aumento populacional mundial a utilização de N para produção de alimentos é de suma importância, necessitando, desta forma, de mais estudos e pesquisas, para melhor otimização do seu uso (GALLOWAY et al., 2008).

1.3. Volatilização do Nitrogênio

A fonte nitrogenada mais utilizada no Brasil é a ureia, por causa do baixo custo em relação às demais fontes de N (MONTEIRO et al., 1989; BARBOSA FILHO et al., 2001), porém há diversos fatores que reduzem sua eficiência, sendo uma das principais causas as perdas gasosas na forma de NH_3 por meio da volatilização. A ação da volatilização envolve inicialmente a hidrólise da fonte nitrogenada através da uréase, sendo esta uma enzima de origem extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou podendo ser de origem de restos vegetais (COSTA et al., 2003).

As condições ambientais, cobertura e tipo de solo, bem como as práticas culturais e o manejo do fertilizante, juntamente com a atividade da enzima uréase influenciam diretamente na intensidade da hidrólise da ureia (SCIVITTARO et al., 2010). De acordo com Souza et al. (2017) a intensidade da perda diária de N-NH_3 é influenciada por fatores relacionado com, solo, temperatura, umidade do solo, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação capacidade de troca catiônica (CTC), acidez do solo, poder tampão, matéria orgânica (MO), fonte de N e atividade da enzima uréase. Segundo Lara Cabezas et al. (1997), se as condições do solo e do ambiente forem favoráveis à volatilização, pode-se resultar em perdas de até 78% do N aplicado.

Sangoi et al. (2003) avaliando o efeito do modo de aplicação da ureia e da forma de manejo dos resíduos de aveia sobre a volatilização de NH_3 , em dois solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica, sob condições de laboratório, obtiveram maior perda de N, quando a aplicação foi realizada superficialmente, em relação à aplicada de forma incorporada, independentemente do manejo dos restos culturais, das características texturais, do teor de matéria orgânica e da CTC do solo.

De acordo com Varsa et al. (1995) a quantidade de N volatilizada pode ser influenciada pelo tipo de superfície do solo, principalmente quando esta contém resíduos culturais e especialmente quando a aplicação for realizada superficialmente. No sistema de plantio direto (SPD) a rotação, e consorciação de culturas aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo e conseqüentemente ocorre maior incremento da população microbiana, que aliada à adubação de cobertura com ureia, promove maior atividade da uréase favorecendo a volatilização de NH_3 (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Rojas et al., (2012) trabalhando com volatilização da ureia em dois sistemas de plantio (direto e convencional) do milho, observaram maiores perdas de N por volatilização, quando a aplicação da ureia foi superficial no sistema de plantio direto, quando comparado com o

preparo convencional, relacionando à maior atividade da uréase na camada superficial do solo.

Porém alguns autores concluem que os resíduos culturais podem diminuir a volatilização de amônia, pelo fato da palhada reduzir a temperatura e a perda de umidade por evaporação no solo (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990). Da Ros et al., (2005) estudando a volatilização de amônia no sistema de plantio direto observaram que a presença de resíduos culturais de aveia na superfície do solo, foi capaz de diminuir a perdas de N por volatilização de amônia, devido a maior umidade do solo proporcionada pela palhada, onde temperaturas elevadas do solo pode favorecer a atividade da uréase, aumentando consequentemente a taxa de volatilização.

Estudos também têm demonstrado que temperaturas elevadas, aumentam a atividade da uréase (DUARTE; KIEHL, 2010). Longo; Melo (2005) estudando a velocidade da quebra da ureia sobre o efeito da temperatura em dois diferentes tipos de solo, observaram aumento significativo da velocidade da hidrólise de 5 aos 50° C. Tasca et al. (2011) trabalhando com volatilização de amônia no solo, após a aplicação de ureia, constatou-se que a volatilização de NH_3 foi maior quando a temperatura no solo foi a mais elevada, chegando a perdas de 50% do N aplicado, ainda de acordo com ele, esse fenômeno está relacionado com a aceleração da hidrólise da ureia pelo aumento da atividade da uréase quando a mesma é expostas a altas temperaturas.

Outro fator que pode amenizar a perda de N por volatilização, é a precipitação após aplicação da ureia que auxilia na incorporação do nitrogênio no solo. De acordo com Lara Cabezas et al. (1997) o umedecimento do solo logo após a aplicação de N é de extrema importância, pois se a água for suficiente, consegue diluir a concentração de oxidrilas (OH^-), ao redor dos grânulos de ureia, que foram produzidos na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da ureia no solo.

Dessa maneira é de suma importância que estudos relacionados com a perda de volatilização, em sistemas integrados, onde diversos fatores como, sombreamento, matéria orgânica no solo e variações climatológicas, podem estar diretamente relacionada com a baixa eficiência da adubação nitrogenada. Este estudo pode contribuir para que se possa entender a dinâmica do nitrogênio no solo, melhorar o manejo de fertilizantes nitrogenados, podendo auxiliar na recomendação da aplicação de N para cada sistema de produção, evitando-se assim perdas econômicas e mitigando danos ambientais.

1.4 Referências Bibliográficas

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35 p. (Boletim Técnico, 3).

ALVARENGA, R. C.; PORFIRIO, S. V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Acondicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed). **Marco referencial: integração lavoura- pecuária- floresta**, Brasília: Embrapa, 2011. p. 33-36.

BARBOSA, F. A.; SOARES FILHO, B.; MERRY, F.; AZEVEDO, H. O.; COSTA, W. L. S.; COE, M. T.; BATISTA, E. L. S. **Cenários para pecuária de corte amazônica**. 1. ed. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2015. v. 1. 154p.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. **Aplicação de nitrogênio em Cobertura no feijoeiro irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.8 (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 49).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.105-112, 1997.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.91-98, 1990.

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

CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. **Semina**, Maringá, v. 32, p. 1617-1648, 2011.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-Marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; NASCIMENTO, P. P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-Xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 86-92, 2008.

COSTA, K. A. P.; SEVERIANO E. C.; SILVA F. G.; BORGES, E. F.; EPIFÂNIO, P. A.; GUIMARÃES, K. C. Doses and sources of nitro genonyield and bromatological composition of Xaraés grass. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 14, n. 3, p. 288-298, 2013.

COSTA, M. C. G.; C. VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.36, n.4, p.631-637, 2003.

CUNHA, J. M. **Processos de implantação e vantagens do sistema integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF)**. 2012. 44 f. dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de ureia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), Santa Maria, v. 35, n.4, p. 799-805, 2005.

DIAS-FILHO **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215p.

DOS REIS, J. C.; RODRIGUES, R. A.; CONCEIÇÃO, M. C. G; MARTINS, C. M. S Integração lavoura pecuária- floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da Green Economy Initiative. **Sustentabilidade em debate**, v. 7, n.1 p.58-73, 2016

DUARTE, D. S. A.; KIEHL, J. C. Perdas de amônia por volatilização em solo tratado com ureia, na presença de resíduos culturais. In: FERTBIO, 29, 2010, Guarapari-ES. **Anais...** Guarapari, 2010.

GALLOWAY, J. N.; TOWNSEND, A. R.; ERISMAN, J. W.; CAI, M. B. Z.; FRENEY, J. R.; MARTINELLI, L. A.; SEITZINGER, S. P.; SUTTON, M. A. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. **Science**, Charlottesville, v. 320, n. 3, p. 889-892, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Estatística da Produção Pecuária**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2017. 47p. (Circular Técnica).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I- efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LONGO, R.M; MELO, W. J. Hidrólise da ureia em latossolos: efeito da concentração de substrato, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.4, p. 651-657, 2005.

ROJAS, C. A. L.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WEBER, M. A.; VIEIRO, F. Volatilização de amônia da ureia Alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira Solo**, Viçosa, v. 36, n.4, p. 261-270, 2012.

SALTON, J.C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São Mateus** - Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa, 2013 (Comunicado Técnico).

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p.687-692, 2003.

SANTINI, J. M. K. **Doses e Fontes de Nitrogênio na Cultura da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés No Cerrado**. 2014.62 p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Ilha Solteira-SP, 2014.

SANTOS, S. A.; COSTA, C. Manejo sustentável das pastagens nativas: uma ação essencial para a implantação de um sistema orgânico de produção no pantanal. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 2002. **Anais...** 2002.

SCIVITTARO, W. B.; NUNES, D. R.; VALE, M. G. L. C.; RICORDI, V. G. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia

tratada com o inibidor de urease NBPT. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1283-1289, 2010.

SILVA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n. 2, p.335-342, 2007.

SOUZA, G. L. O. D.; SILVA, D. F.; PEGORARO, R. F.; MAIA, V. M.; KONDO M. K.; MOTA, M. F. C. Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de urease e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, p.327-335, 2017.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 35, n. 6, p.493-502, 2011.

VARSA, E. C.; EBELHAR, S.A.; WYCISKALLA T. D.; HART, C.D. Nitrogen placement in no-till corn. In: North central extension-industry soil fertility conference, 1995, St. Louis. **Proceedings...** St Louis: Potash & Phosphate institute, 1995. p.69-74.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. Eds. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.931-962.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; KICHEL, A. N. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. In: VII Congresso Latino-americano de Sistemas Agroflorestais para a

Produção Pecuária Sustentável, 2012, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5.

CAPÍTULO 2-VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA APÓS APLICAÇÃO DA UREIA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

RESUMO:

Diversos fatores reduzem a eficiência do N, sendo a perda gasosa na forma de NH_3 por meio da volatilização uma das principais. Objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de N por volatilização de amônia no sistema ILPF em diferentes épocas e distâncias dos renques de eucalipto nas culturas de milho e pastagem. Na cultura do milho foram duas épocas de aplicação (novembro e dezembro), sendo uma adubação no plantio com 500 kg ha^{-1} de NPK, com a formulação 8-28-16, totalizando $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e a outra 45 dias posterior à implantação da cultura (adubação de cobertura) com 500 kg ha^{-1} de N, P e K na fórmula 20-5-20, totalizando $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Na pastagem foram duas aplicações (dezembro e janeiro), utilizando $45 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em cada ciclo. Na adubação realizada na semeadura do milho, as perdas diárias e total por volatilização de amônia foram semelhantes em todas as distâncias das linhas das árvores, as perdas diárias foram baixas, não ultrapassando 1,3% do N aplicado e a perda total variou de 10,4 a 11,8 % do N aplicado. Na adubação de cobertura do milho as perdas diárias e acumulada foram maiores comparada à adubação realizada na semeadura, o tratamento sem árvore teve a maior perda no primeiro dia, 18% do N aplicado e a maior perda total, 46,25% do N aplicado. Na pastagem as taxas mais altas de volatilização acumulada e diária foram na primeira época de adubação, tendo o primeiro dia a maior perda, 8,7% do N aplicado, na segunda adubação a maior perda foi no segundo dia, 3,1% do N aplicado. Não houve diferença entre as distâncias 1,5, 5,0 e 7,5 m, e sem árvores na primeira e segunda época de aplicação do N na pastagem.

Palavras-Chave: nitrogênio, milho, pastagem, adubação, ILPF.

ABSTRACT:

Several factors reduce the efficiency of N, with the loss of gas in the form of NH_3 by volatilization one of the main ones. The objective of this work was to quantify the losses of N by volatilization of ammonia in the ILPF system at different times and distances of eucalyptus swards in maize and pasture crops. In the corn crop were two application times

(November and December), with fertilization at planting with 500 kg ha⁻¹ of NPK, with the formulation 8-28-16, totaling 40 kg of N ha⁻¹ and the other 45 days after the implantation of the crop (cover fertilization) with 500 kg ha⁻¹ of N, P and K in the formula 20-5-20, totalizing 100 kg of N ha⁻¹. In the pasture were two applications (December and January), using 45 kg of N ha⁻¹ in each cycle. In corn sowing, daily and total ammonia volatilization losses were similar at all tree line distances, daily losses were low, not exceeding 1.3% of the applied N and the total loss ranged from 10,4 to 11.8% of the N applied. In maize cover fertilization, daily and accumulated losses were higher compared to fertilization at sowing, the treatment without tree had the highest loss in the first day, 18% of the N applied and the highest total loss, 46.25% of the N applied. In the pasture, the highest accumulation and daily volatilization rates were in the first fertilization season, with the first day having the highest loss, 8.7% of the N applied, and in the second fertilization the highest loss was on the second day, 3.1% of the N applied. There was no difference between distances 1.5, 5.0 and 7.5 m, and no trees in the first and second N application periods in the pasture.

Key words: nitrogen, corn, pasture, fertilizing, ILPF.

2.1. Introdução

A pecuária brasileira é de grande importância para a economia nacional, representando 30% do PIB do agronegócio (ABIEC, 2016), gerando renda e emprego para inúmeras famílias. No entanto apesar de sua relevância para a economia do Brasil na maioria das vezes ocorrem diversos equívocos no manejo da pecuária, sendo um dos principais o manejo inadequado do rebanho que causa degradação das áreas de pastagem, tornando o sistema de baixa sustentabilidade, nas diversas regiões brasileiras (BALBINO et al., 2011). Além da degradação das pastagens, outros fatores tais como degradação do solo, manejo animal inadequado, baixa reposição de nutrientes no solo, impedimentos físicos dos solos, e os baixos investimentos tecnológicos, torna a pecuária brasileira menos competitiva e aquém da sua capacidade total de produção (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

Para a recuperação de pastagens degradadas são necessárias correções químicas e físicas do solo, além da reposição de nutrientes. Devido ao custo de insumos e das

operações mecanizadas, esta prática acaba se tornando uma atividade com custo elevado, e dependendo do sistema utilizado na propriedade o retorno do investimento é demorado. Uma alternativa para recuperação das áreas degradadas é a adoção de sistemas integrados de produção como ILPF ou ILP, que além do aumento da produtividade, visam recuperar as pastagens de forma sustentável e otimizar o uso da terra (MACEDO, 2009). A prática de sistemas integrados proporciona benefícios mútuos, reduzindo a degradação física, química e biológica do solo (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003), além da diminuição do uso de agroquímicos, devido à quebra dos ciclos de pragas, doenças e planta daninhas (VILELA et al., 2008).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais utilizados na agricultura brasileira e a deficiência deste elemento é um dos fatores limitantes para o crescimento vegetal, tornando o de extrema importância para produção agrícola (DUARTE, 2007). Porém há diversos fatores que reduzem a eficiência de utilização de N, sendo uma das principais causas as perdas gasosas na forma de NH_3 por meio da volatilização. Essa perda está diretamente ligada à forma como a ureia é aplicada ao solo, quando aplicada a certa profundidade ou incorporada à camada superficial do solo tem-se menor perda por volatilização (RODRIGUES; KIEHL, 1986). A quantidade de volatilização de N pode ser aumentada pelo tipo de superfície do solo, principalmente quando esta contém resíduos culturais e especialmente quando a aplicação for realizada superficialmente (VASA et al., 1995). Contudo outros autores constataram que resíduos culturais podem diminuir a volatilização de amônia, por reduzir a temperatura e a perda de umidade por evaporação (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990).

Temperaturas elevadas no solo, devido à incidência de raios solares, podem favorecer a atividade da uréase, aumentando, conseqüentemente, a taxa da hidrólise da ureia, dessa forma o espaçamento entre renques de árvores e a população de árvores nos sistemas de ILF e ILPF são de extrema importância, pois definem, o nível de sombreamento no solo na entrelinha, impedindo que o mesmo absorva radiação solar excessiva, permitindo uma maior retenção de água no solo (OMETTO, 1981; PACIULLO et al., 2011). Entretanto dentro dos sistemas, existem diferentes níveis de sombreamento, onde a intensidade de luminosidade se intensifica mais ao centro da entrelinha dos renques de árvores do sistema ILPF. Guimarães (2015) estudando aspectos ecológicos e produtividade do sistema ILPF, no qual as entre linhas dos Eucaliptos mediam 22 metros, constatou maior produtividade de biomassa em amostras coletadas a 8 e 12 metros de distância do renque, este fato está

relacionado com a maior radiação de luz sendo incidida em direção do centro da pastagem. Oliveira et al. (2007) trabalhando com sistema ILPF, com diferentes intensidades de incidências de radiação solar, no sub-bosque de eucaliptos e na pastagem, observou maior incidência e por maior tempo, onde as entrelinhas de árvores foram maiores. Portanto esses resultados mostram que a cada metro ao centro do renque de árvores a incidência de luz solar aumenta, elevando a temperatura do solo.

Tasca et al. (2011) trabalhando com volatilização de amônia no solo, após a aplicação de ureia, constataram que a volatilização de NH_3 foi maior quando a temperatura no solo foi mais elevada, chegando a perda de 50% do N aplicado, ainda de acordo com estes autores, esse fenômeno está relacionado com a aceleração da hidrólise da ureia pelo aumento da atividade da uréase quando a mesma é expostas a altas temperaturas.

Portanto estudar as perdas de NH_3 por volatilização em diferentes sistemas de produção e níveis de sombreamento do solo é de extrema importância, para que se possa entender a dinâmica do nitrogênio no solo, melhorar o manejo de fertilizantes nitrogenados, podendo auxiliar na recomendação da aplicação de N para cada sistema de produção, evitando-se assim perdas econômicas e mitigando danos ambientais. Desta forma, objetivou-se com este trabalho quantificar as perdas de N por volatilização de amônia em diferentes épocas e distâncias dos renques de eucalipto no sistema ILPF.

2.2. Material e Métodos

A pesquisa foi realizada durante o período de novembro de 2016 a março de 2017, na Embrapa Pecuária Sudeste, no município de São Carlos SP, ($21^{\circ}57'42''$ S, $47^{\circ}50'28''$ W, 860 m). O clima é tropical de altitude com inverno seco e verão úmido, (Köppen: Cwa), com temperatura média anual no verão de $23,0^{\circ}$ C e 1100 mm de precipitação pluvial, e inverno com temperatura média de $19,9^{\circ}$ C e 250 mm de precipitação pluvial. O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico.

Os sistemas ILPF e ILP utilizam rotação de culturas com ciclos de quatro anos, sendo um ano com lavoura e três anos com pastagem rotacionada de *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) *brizantha* (Hochstex A. Rich.) Stapf cv. Piatã. Na área de lavoura, cultivou-se o milho híbrido BG 7060 HR, que foi semeado no mês de novembro, com espaçamentos de 0,80 m entre linhas e cinco plantas por metro linear. Na área de floresta utilizou-se eucalipto do clone GG100 implantada no período de abril de 2011, sendo plantadas no sentido Leste Oeste, com espaçamento de 15 m entre linhas e 2 m entre plantas, caracterizando uma

densidade de 333 árvores por hectare. Porém com o crescimento das árvores, houve diminuição da incidência solar nas entre linhas do sistema ILPF, então realizou-se o desbaste de algumas plantas de eucaliptos, passando então a ser quatro metros entre plantas, totalizando 222 árvores por hectare. Os experimentos foram conduzidos em quatro áreas experimentais, de aproximadamente 3 ha cada, sendo que o método de pastejo foi padronizado, de maneira rotacionada, com seis piquetes em cada área (aproximadamente 5.000m² por piquete), tendo taxa de lotação de 2 a 3 Unidades Animais (UA) por ha, no período das águas e 0,8 a 1,0 UA ha⁻¹ na seca, com período de ocupação de 6 dias e 30 dias de descanso.

Realizou-se no dia 04/11/2016 a dessecação da pastagem no local em que foi implantada a cultura do milho. A semeadura do milho e adubação nos sistemas ILPF e ILP foram realizadas no dia 09/11/2016, sendo feita uma adubação no plantio com 500 kg ha⁻¹ de NPK, com a formulação 8-28-16, totalizando 40 kg de N ha⁻¹, e a outra 33 dias posterior a implantação da cultura (adubação de cobertura), sendo 500 kg ha⁻¹ de NPK com a formulação 20-5-20, totalizando 100 kg de N ha⁻¹.

A pastagem de *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) *brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cv. Piatã foi implantada no sistema ILP no final de 2014 e no sistema ILPF no final de 2013. Foram realizados dois ciclos de adubação de N, sendo a primeira aplicação no dia 12 de dezembro de 2016 e a outra no dia 16 de janeiro de 2017, utilizou-se 45 kg de N ha⁻¹ em cada ciclo.

As características químicas e físicas do solo foram determinadas através da análise de solo, realizada nos sistema ILP e ILPF, obtendo os seguintes atributos para o sistema ILPF: P(resina) = 10 mg dm⁻³, M.O = 32 g dm⁻³, pH CaCl₂ = 5,1 mmol dm⁻³, K⁺ = 3,2 mmol dm⁻³, Ca⁺² = 21 mmol dm⁻³, Mg²⁺ = 12 mmol dm⁻³, H+Al = 22 mmol dm⁻³, CTC = 58 mmol dm⁻³. No sistema ILP foram: P(resina) = 18 mg dm⁻³, M.O = 43 g dm⁻³, pH CaCl₂ = 5,2 mmol dm⁻³, K⁺ = 3,7 mmol dm⁻³, Ca⁺² = 25 mmol dm⁻³, Mg²⁺ = 12 mmol dm⁻³, H+Al = 25 mmol dm⁻³, CTC = 62 mmol dm⁻³.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram realizados dois experimentos em sistemas ILPF, o primeiro na cultura do milho e o segundo na pastagem. Os tratamentos foram constituídos de duas épocas de aplicação de ureia e distâncias dos renques de eucalipto (1,5, 5,0 e 7,5 m), o tratamento controle (sem sombreamento) foi realizado em um sistema sem a presença de árvores (ILP). Avaliou-se a volatilização de nitrogênio na cultura do milho, sendo as épocas de aplicação da ureia no

plantio (novembro) e na cobertura (dezembro) e na pastagem as duas épocas, corresponderam a adubações de manutenção realizadas em dezembro e janeiro.

A volatilização de amônia (NH_3) foi mensurada por absorvedores de amônia semelhantes aos utilizados por Alves et al. (2011), compostos por espumas de 0,08 x 0,08m, densidade de $0,02\text{g cm}^{-3}$, embebidas com 0,01L de ácido fosfórico (0,05N). Sobre cada absorvedor foi colocada uma placa de PVC (0,10 x 0,10 x 0,02m) na parte superior, evitando assim que a amônia presente acima do coletor fosse captada, e posteriormente envolta por uma camada de fita de polytetrafluoretileno (PTFE ou veda rosca) que é permeável à amônia e impermeável a água, posteriormente foram colocados a 0,01m do solo. No sistema de ILPF, os coletores foram alocados a 1,5, 5,0 e 7,5m de distância da linha do eucalipto, sendo colocados no sentido norte sul, paralelo os renque de árvores. As trocas dos absorvedores de espuma foram realizadas diariamente, sempre no período da manhã, nos primeiros cinco dias e a cada três dias até o 20º dia. Sendo realizadas no período experimental 11 amostragens.

Os absorvedores coletados foram armazenados em sacos plásticos em freezer. Para a determinação do N, as espumas foram lavadas com 0,3L de água destilada em um funil de Buckner, ligado a um Kitassato e uma bomba de vácuo, em seguida uma alíquota de 0,05L foi retirada e levada para um sistema de análise por injeção em fluxo (FIA). Nessa análise a amostra, juntamente com o NaOH, mais a solução indicadora (púrpura de bromocresol), foram bombeados continuamente por uma bomba peristáltica. A amostra foi injetada no fluxo de solução transportadora, contendo o reagente através de uma válvula de injeção, em seguida já dentro do reator helicoidal (ou bobina de mistura) o segmento de amostra reagiu formando um produto, na qual foi quantificado ao passar pelo detector.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

As temperaturas mínima, máxima e a precipitação registrada no período experimental estão apresentas nas Figuras 1, 2 e 3.

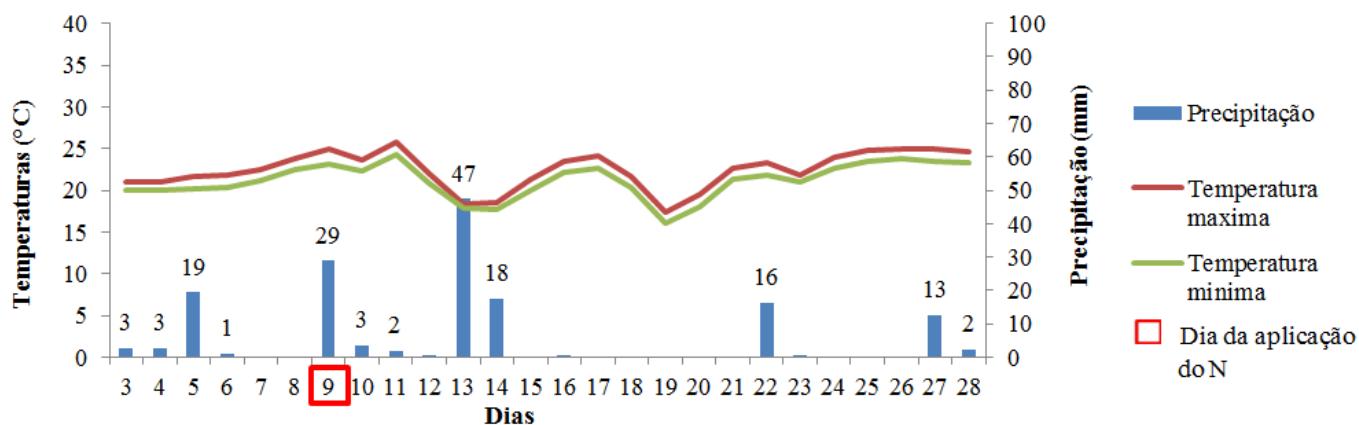


Figura 1-Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de novembro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos,SP

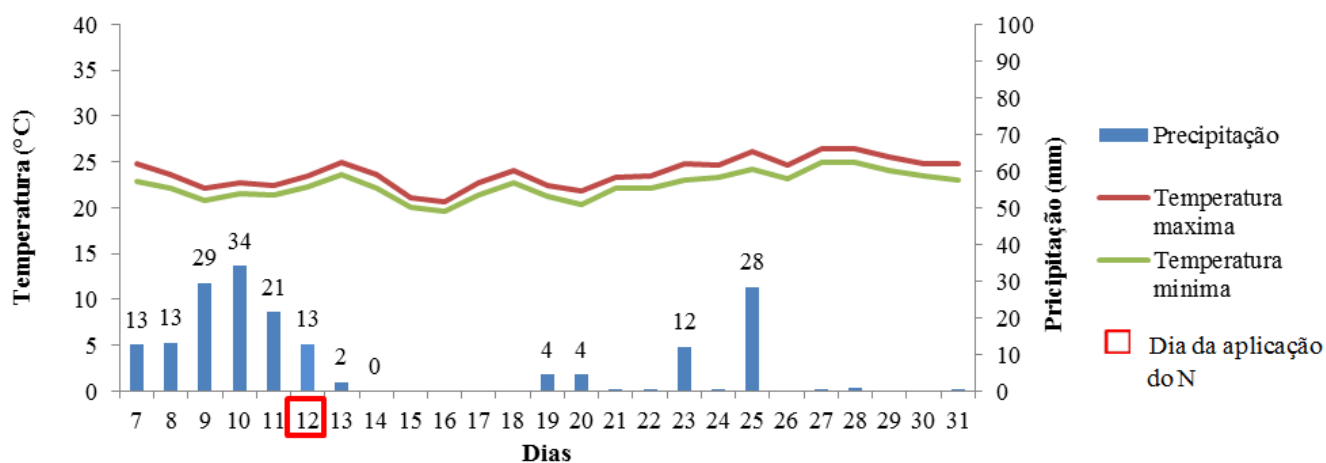


Figura 2-Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de dezembro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos SP

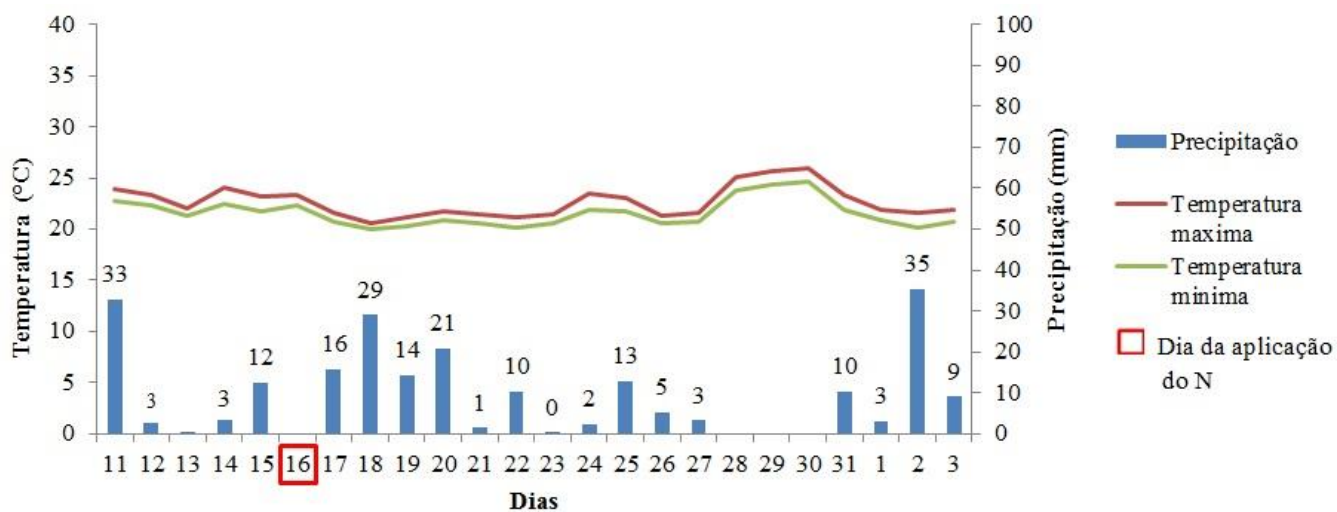


Figura 3- Temperaturas máxima e mínima do ar e precipitação no período de avaliação da volatilização de amônia no mês de janeiro, na estação de campo da Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos SP

2.3. Resultados e Discussão

Na cultura do milho as perdas diárias de amônia por volatilização em relação à quantidade de N aplicado foi influenciada pela época de aplicação do N (semeadura ou cobertura), distância dos renques e dias após a aplicação do N, havendo interação tripla entre estes fatores.

Na adubação realizada na semeadura do milho, as perdas diárias por volatilização de amônia foram baixas, não ultrapassando 1,3% do N aplicado e foram semelhantes em todas as distâncias dos renques em todos os dias de avaliação (Figura 4). Em relação às distâncias dos renques de arvore na época da adubação de cobertura, observou-se diferença nos primeiros três dias após a aplicação de N, onde o tratamento sem renque obteve a maior taxa de volatilização no primeiro dia (18% do N aplicado), e o tratamento 5,0 m do renque teve a menor taxa de perda de N nos dois primeiros dias (4,5 e 2,2% do N aplicado, respectivamente) (Figura 4). A partir do terceiro dia não houve diferença entre os tratamentos e as perdas foram menores que 3,0% do N aplicado. Esse resultado deve se ao fato do tratamento sem renque não oferecer sombreamento algum ao solo, dessa forma a ureia quando aplicada na superfície ficou exposta a radiação solar, aumentando assim a temperatura do solo, favorecendo a maior perda de N quando comparada aos demais tratamentos. Longo; Melo (2005) estudando hidrólise da ureia em latossolos concluíram que com o aumento da temperatura no solo a velocidade da hidrólise aumentou.

Quando comparou-se as épocas de aplicação de N na cultura do milho, a volatilização foi superior no período da adubação de cobertura, quando comparada com a aplicação realizada na semeadura, nos seis primeiros dias após a adubação (Figura 4). A partir do sexto dia não houve diferença entre as épocas de adubação. Pereira et al., (2009) trabalhando com diferentes fontes de ureia na cultura do milho, observaram pico de volatilização de NH_3 nos cinco primeiros dias, após aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Oliveira et al., (2009) trabalhando com fertilização com ureia em superfície em pastagem irrigada e volatilização de amônia, obteve maior perda de N nos primeiros seis dias.

O fato de a maior perda ter ocorrido na adubação realizada na cobertura, pode estar relacionado com as precipitações que ocorreram no dia da aplicação do N e nos dias posteriores à adubação. Desse modo a chuva ocorrida na época da semeadura, no dia da aplicação do N, foi de 29 mm sendo suficientes para incorporar a ureia aplicada ao solo,

diminuindo o índice de volatilização. Na aplicação de cobertura, nos três dias anteriores a adubação choveu 84 mm, sendo assim o solo estava úmido no dia da aplicação do nitrogênio, facilitando a dissolução rápida da ureia na superfície do solo, porém a chuva de 13 mm que ocorreu no dia da adubação de cobertura não foi capaz de incorporá-la, pois foram precipitações que ocorreram em pequenas quantidades no decorrer das 24 horas, contribuindo assim para perdas por volatilização (Figura 1 e 2).

Rojas et al. (2012) estudando volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas invernais, obteve maiores perdas de N por volatilização em solo em que no dia da aplicação do nitrogênio estavam com maior umidade. Segundo Primavesi et al. (2001) a intensidade da volatilização da amônia aumenta com o grau de umidade do solo superficial acima da capacidade de campo, sendo que quanto mais úmido a superfície mais rápida a hidrólise ocorre. De acordo com Lara Cabezas et, al. (1997) o umedecimento do solo logo após a aplicação de N é de extrema importância, pois a água se for suficiente, consegue diluir a concentração de oxidrilas (OH^-), ao redor dos grânulos de ureia, que foram produzidos na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da ureia no solo, ainda segundo os autores é mais importante o umedecimento do solo depois da aplicação da ureia na superfície, do que a condição de umedecimento do solo no momento da aplicação. Da Ros et al. (2005) estudando a volatilização de amônia no sistema de plantio direto observou que, na aplicação da ureia em cobertura a precipitação ocorreu apenas no final do segundo dia após a adubação, nitrogenada, tendo assim pouca influência na incorporação do ureia no solo, pois a maior parte da amônia já havia sido volatilizada antes da ocorrência da precipitação.

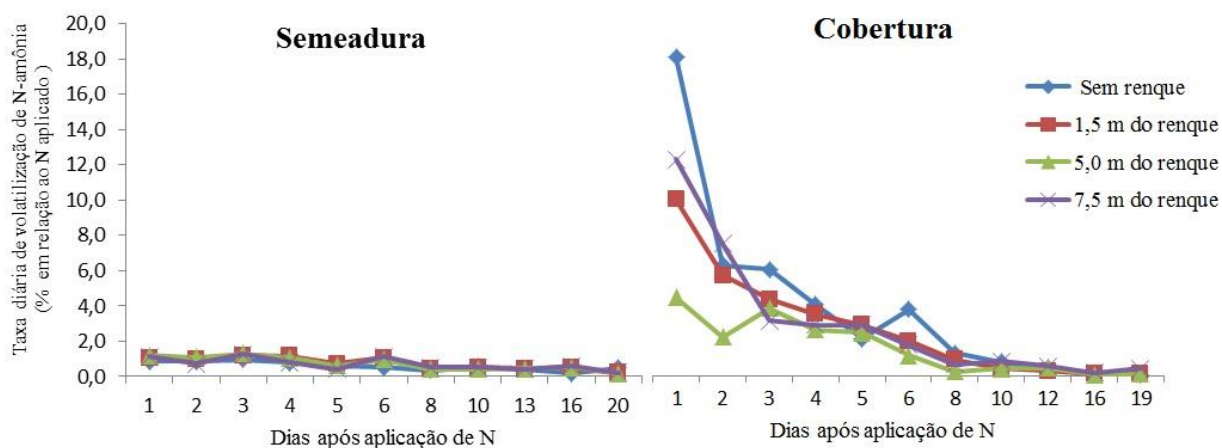


Figura 4- Taxa diária de volatilização de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na cultura do milho nas épocas de semeadura (novembro) e cobertura (dezembro), em relação às distâncias dos renques

A perda total de N na cultura do milho na época da semeadura variou de 10,35 a 11,74%, não havendo diferença estatística entre as distâncias dos renques de árvores (Figura 5). Quando comparado às distâncias de coleta em relação aos renques no período da cobertura, houve diferença, na qual a maior perda total ocorreu na parcela sem renque de árvores, tendo perda de 46,25% em relação ao N aplicado, esse valor foi semelhante aos encontrados na distância 7,5 m (36,53 %) e 1,5 m (32,52 %), e inferior aos verificados nas distâncias de 5 m dos renques (19,48%). Esse resultado está relacionado com o fato de que na parcela sem renque de árvores o solo e a ureia aplicada ficaram expostos à incidência de raios solares, favorecendo a volatilização do N devido ao calor. Tasca et al. (2011) trabalhando com volatilização de amônia no solo, após a aplicação de ureia, constataram que a volatilização de NH_3 foi maior quando a temperatura no solo foi mais elevada, chegando a perda de 50% do N aplicado, ainda de acordo com ele, esse fenômeno está relacionado com a aceleração da hidrólise da ureia pelo aumento da atividade da uréase quando a mesma é exposta a altas temperaturas.

Para o tratamento 1,5 m, a porcentagem de perda de N foi elevada (32,52 %), devido ao fato de que nesta distância, havia grande concentração de matéria orgânica (MO) proveniente dos desbastes realizados dos eucaliptos com objetivo de aumentar a incidência solar nas entre linhas, ocorrendo então maior volatilização de NH_3 pela presença de resíduos culturais que aumentaram a atividade da enzima uréase no solo. Rojas et al., (2012) trabalhando com volatilização da ureia em dois sistemas de plantio (direto e convencional) do milho observaram maiores perdas de N por volatilização, quando a aplicação da ureia foi superficial no sistema de plantio direto, com a presença de resíduos

culturais, relacionando essa maior perda por atividade da uréase na camada superficial do solo.

O tratamento 7,5 m também teve alta taxa de volatilização acumulada (36,53 %), esse fato pode estar relacionado com a distância entre as árvores de eucaliptos, onde a distância 7,5 m sofreu maior influência da radiação solar do que os tratamentos 1,5 m e 5 m. Dessa forma a radiação solar, além de aumentar a temperatura do solo consequentemente aumentou a velocidade da hidrólise do N, favorecendo também a perda de água no solo, potencializando assim a evaporação do N-NH₄. De acordo com Silva et al. (2017) a redução do conteúdo de água no solo aumenta as perdas por volatilização, devido a maiores concentrações de NH₄⁺ e NH₃ em solução, favorecendo a emissão da forma gasosa de NH₃. Enquanto o tratamento 5 m sofreu menor influência da radiação solar e dos resíduos culturais, tendo então a menor perda de nitrogênio (19,48%) em relação aos demais tratamentos.

Na cultura do milho as perdas acumuladas de N-NH₃ foram afetadas pela interação dupla entre época de aplicação versus dia após a aplicação e entre época de aplicação versus distância do renque de eucalipto. Quando comparado às épocas de aplicação da ureia, o período de maior volatilização foi a de cobertura, que ocorreu no mês de dezembro, em todos os dias avaliados. Esse fato está relacionado com as precipitações que ocorreram nas épocas das avaliações, sendo que no mês de novembro, na primeira aplicação do N, houve um acumulado de 99 mm de chuva nos cinco primeiros dias após adubação, enquanto que na aplicação de cobertura realizada no mês de dezembro, teve-se um acumulado de apenas 15 mm de chuva nos cinco primeiros dias após adubação (Figura 1 e 2), favorecendo assim maior perda de N por volatilização. Teixeira Filho et al. (2010) trabalhando com doses, fontes e épocas de aplicação de N em trigo irrigado em plantio direto, observou redução da perda por volatilização na forma de NH₃ proveniente da ureia devido ao fato que logo após sua aplicação, ter sido efetuada a irrigação no experimento.

Ao analisar a interação dupla entre época de aplicação *versus* distância do renque de eucalipto verifica-se que na adubação de plantio não houve diferença entre as distâncias, no entanto na adubação de cobertura a maior perda ocorreu para o tratamento sem renque e a menor perda para o tratamento com distância de 5,0 m do renque.

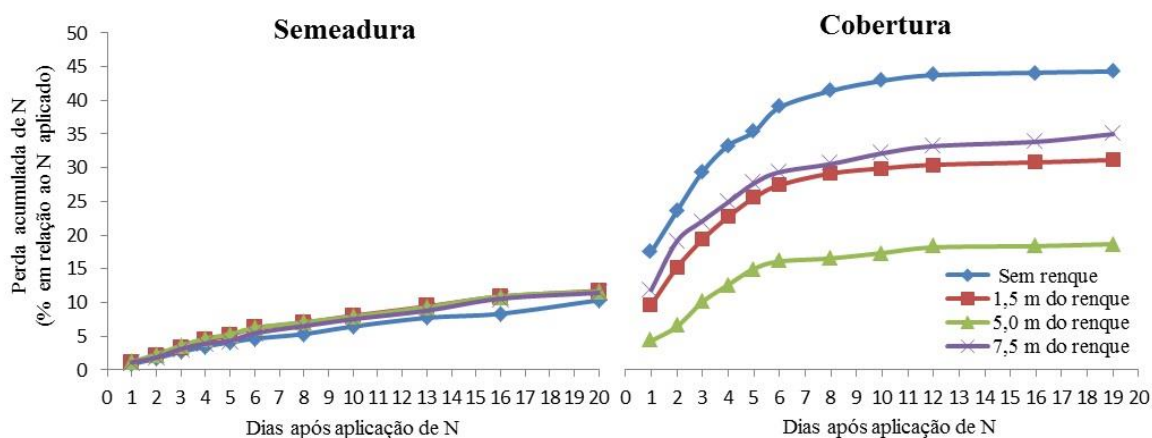


Figura 5- Perda acumulada de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na cultura do milho, na primeira época de aplicação (adubação de semeadura em novembro/2016), e segunda época de aplicação (adubação de cobertura em dezembro/2016), em relação às distâncias dos renques.

Na pastagem, ao analisar a perda diária de volatilização de amônia em relação à porcentagem de N aplicado, não houve diferença entre as distâncias do renque, no entanto houve interação dupla entre as épocas e dias de avaliação. As taxas mais altas de volatilização foram na primeira época da adubação (Figura 6). Esse resultado está diretamente relacionado com as precipitações pluviométricas que ocorreram no período de avaliação, sendo que na segunda época da aplicação de N ocorreram 81 mm de chuva, nos cinco primeiros dias após a adubação, e na primeira época apenas 15 mm, desta forma a chuva ajudou a incorporação do N no solo, diminuindo a perda de nitrogênio por volatilização (Figura 2 e 3).

Na primeira época da aplicação da ureia, a taxa diária de volatilização foi maior no primeiro dia (8,7% do N aplicado), tendo o segundo dia a menor taxa de perda de N (2,8% do N aplicado), quando comparado aos cinco primeiros dias após a adubação nitrogenada (Figura 6). Esse fato está relacionado com a precipitação que ocorreu no segundo dia de avaliação, desta forma a chuva amenizou as perdas do N. Este resultado corrobora com o estudo de Chagas et al. (2017) avaliando volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas verificaram com a ureia convencional pico de perda por volatilização no quinto dia após aplicação, este resultado foi justificado pelos autores, pela ausência de precipitação nos cinco primeiros dias após a aplicação da ureia. Rojas et al. (2012) explica que esse pico de volatilização nos cinco primeiros dias após a aplicação da ureia é extremamente influenciado pelo volume de chuvas nesse período.

Na segunda época da aplicação do N a maior média da taxa diária de volatilização de N foi nos dois primeiros dias (2,0 e 3,0% do N aplicado), sendo que após esse período as perdas ficaram abaixo de 0,75% do N aplicado. Este resultado está relacionado com as chuvas que ocorreram no período da avaliação. Primavesi et al. (2001) trabalhando com adubação de ureia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado, obteve maiores perdas de N nos três primeiros dias após a aplicação de ureia, após o terceiro dia as perdas de N diminuíram, estando este fato relacionado com a provável queda do pH do solo associada ao consumo de OH^- durante a volatilização e à nitrificação do amônio, ainda segundo os autores a diminuição dessas perdas de N também foram reduzida devido as chuvas ocorridas nos três primeiros dias após a aplicação do fertilizante nitrogenado.

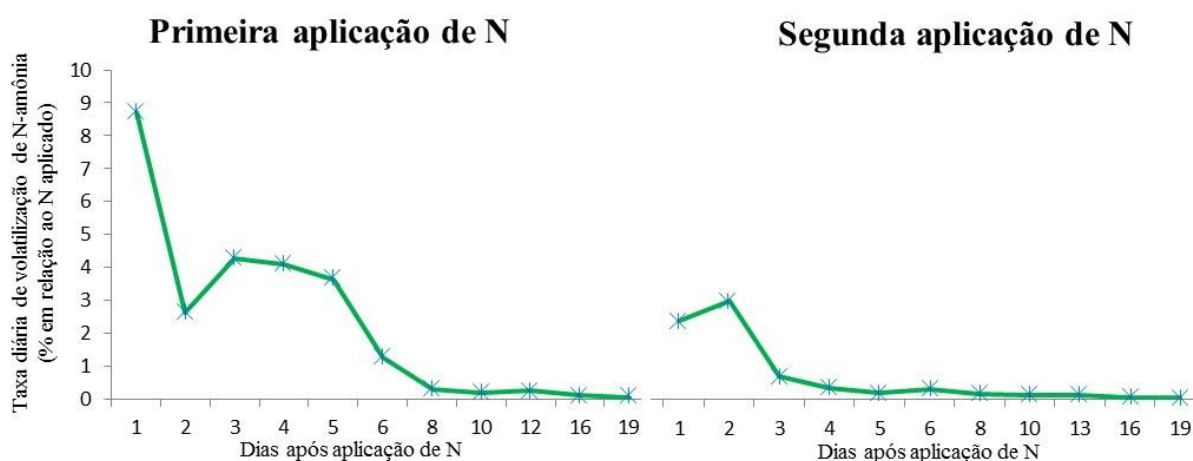


Figura 6- Média da taxa diária de volatilização de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na pastagem, na primeira época de aplicação (dezembro), e segunda época de aplicação (janeiro), em relação às distâncias dos renques.

Na pastagem não houve efeito da distância entre renques sobre a perda acumulada de N-NH_3 , porém houve influência das épocas de aplicação do N sobre a perda por volatilização acumulada de nitrogênio. Quando comparado a primeira aplicação com a segunda aplicação de N, houve diferença estatística, onde na primeira época de adubação (dezembro) ocorreu a maior perda acumulada de volatilização em relação a segunda época (janeiro) (Figura 7). Esse resultado foi diretamente influenciado pelas precipitações que ocorreram no período de avaliação, sendo que no mês de dezembro nos seis primeiros dias após a adubação nitrogenada precipitou apenas 15 mm, enquanto que no mês de janeiro foram 81 mm. Dessa forma a quantidade de chuva na segunda época, foi capaz de incorporar a ureia no solo, diminuindo a perda por volatilização.

Lara Cabezas et al. (1997) estudando volatilização de N-NH₃ na cultura de milho em sistema de plantio direto e convencional, observou que nos oito primeiro dia após aplicação da ureia, precipitou 23 mm de água, os quais não foram suficientes para incorporar a ureia no solo, tendo assim uma perda por volatilização de 50,8% do N aplicado. Rojas et al. (2012) estudando volatilização de amônia em sistema de plantio direto no milho, constatou que no primeiro seis dias após adubação teve um acumulado de 73,4 mm de precipitação pluvial, contribuindo assim para a dissolução da ureia, diminuindo a hidrolise do N e favorecendo a adsorção da amônia no solo, porém na segunda aplicação, após o sexto dia da adubação de cobertura do milho, obteve apenas 12 mm de chuva acumulada, quantidades que não foram suficiente para diminuir as perdas de N por volatilização.

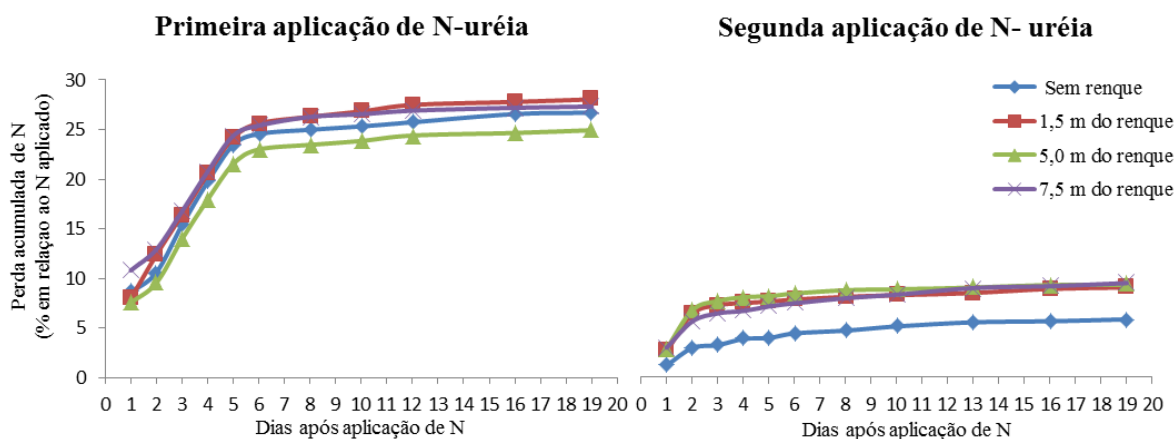


Figura 7- Perda acumulada de N-amônia em relação à porcentagem de N aplicado, na pastagem, na primeira época de aplicação, (dezembro), e segunda época de aplicação, (janeiro), em relação às distâncias dos renques.

2.4. Conclusão

Nas culturas do milho e pastagem as maiores perdas diárias por volatilização de amônia ocorreram na época em que precipitação pluviométrica após a adubação foi baixa e incapaz de incorporar a ureia no solo tendo o pico de volatilização ocorrido no primeiro dia após a adubação.

Na cultura do milho as perdas acumuladas de amônia foram superiores na época em que a precipitação pluviométrica após a adubação foi baixa e no tratamento sem a presença dos renques de eucalipto, com perda de 46,25% do N aplicado.

Na pastagem as taxas mais altas de volatilização diária e acumulada foram na primeira época da adubação, quando a precipitação que ocorreu provavelmente foi suficiente para

solubilizar a ureia, porém não foi suficiente para incorporá-la ao solo. Na pastagem não houve diferença entre as distâncias dos renques em nenhuma das duas épocas de aplicação.

2.5. Referências Bibliográficas

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. **Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados**. Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, Arroz e Feijão, 2003. 25-58 p.

ALVES, A. C.; OLIVEIRA, P. P. A.; HERLING, V. R.; TRIVELIN, P. C. O.; LUZ, P. H. C.; ALVES, T. C.; ROCHETTI, R. C.; BARIONI JÚNIOR, W. New methods to quantify NH₃ volatilization from fertilized surface soil with urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 35, p. 133-140, 2011.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, (1977. Imprensa), Brasília, v. 46, p. 12, 2011.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v.14, p.91-98, 1990.

CHAGAS, P. H. M.; GOUVEIA, G. C. C.; COSTA, G. G. S.; BARBOSA, W. F. S.; ALVES, A. C. Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, p. 76-80, 2017.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; Volatilização de amônia com aplicação de ureia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural** (UFMS. Impresso), Santa Maria, v. 35, n.4, p. 799-805, 2005.

DUARTE, D.; S.; A. **Perdas de amônia por volatilização em solo tratado com ureia, na presença de resíduos culturais.** 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2007.

GUIMARÃES, L. E. **Aspectos ecológicos e produtividade em um sistema de integração lavoura-pecuária floresta (ILPF) no Brasil central.** 2015. 95 f. dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás- GO, 2015.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. **Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé.** Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, Arroz e Feijão, 2003. p.407-442.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.481-487, 1997.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. Hidrólise da ureia em latossolos: efeito da concentração de substrato, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v. 29, p.651-657, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE. **Estatística da Produção Pecuária.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2017. 47p. (Circular Técnica).

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.133-146, 2009.

OLIVEIRA, T. D.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. D.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p.748-757, 2007.

OLIVEIRA, P. P. A.; ALVES, A. C.; HERLING, V. R.; LUZ, P. H. C.; ALVES, T. C.; ROCHETTI, R. C.; ALVES, J. P. M. Fertilização com uréia em superfície em pastagem irrigada e a volatilização de amônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2009, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, SBCS, 2009. v. 36.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal, Ed. **Agronômica Ceres**, São Paulo. p. 495 (1981).

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1176-1183, 2011.

PEREIRA, H. S.; LEAO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-seas on corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p.1685-1694, 2009.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; PRIMAVESI, A. C.; CANTARELLA, H.; ARMELIN, M. J. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R. **Adubação com ureia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado**. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 43p. (Circular Técnica 30).

RODRIGUES, M. B. **Volatilização, distribuição e nitrificação da amônia proveniente da ureia aplicada em amostras de solo**. 1983. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

ROJAS, C. A. L.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WEBER, M. A.; VIEIRO F. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p.261-270, 2012.

SILVA, D. F.; PEGORARO, R. F.; MAIA, V. M.; KONDO, M. K.; SOUZA, G. L. O. D.; MOTA, M. F. C. Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de urease e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Revista Ceres**, viçosa, v. 64, n. 3, p.327-335, 2017.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), Viçosa, v. 35, p.493-502, 2011.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G.. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, v. 45, p.797-804, 2010.

VASA, E. C. et al. Nitrogen placement in no-till corn. In: PROCEEDINGS OF NORTH CENTRAL EXTENSIONINDUSTRY SOIL FERTILITY CONFERENCE, 1. 1995, St. Louis. **Proceedings...** St. Louis: Potash & Phosphate Institute, 1995. p.69-74.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. Eds. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.931-962.
