

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE

AGRONOMIA

EDUARDO GUSTAVO FRIES

MAIKON LUAN DE ZANETTI

PERDAS DE NITROGÊNIO POR VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM FUNÇÃO DA  
APLICAÇÃO DE CAMA DE AVES E URÉIA EM TIFTON 85

São Miguel do Oeste – SC, 2021

EDUARDO GUSTAVO FRIES

MAIKON LUAN DE ZANETTI

PERDAS DE NITROGÊNIO POR VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM FUNÇÃO DA  
APLICAÇÃO DE CAMA DE AVES E UREIA EM TIFTON 85

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Bacharelado em Agronomia do  
Câmpus São Miguel do Oeste do Instituto  
Federal de Santa Catarina como requisito  
parcial à obtenção do título de **Engenheiro  
agrônomo**

Orientador

DOUGLAS ANTONIO ROGERI

São Miguel do Oeste – SC, 2021

## RESUMO

A volatilização de amônia é uma das principais formas em que o nitrogênio aplicado na superfície do solo é perdido para a atmosfera. O presente trabalho objetivou quantificar as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em decorrência da aplicação ao solo de cama de aves e uréia, aplicados de modo isolado ou combinado, em pastagem de tifton 85. O experimento foi conduzido a campo, em São Miguel do Oeste, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de doses de cama de aves ao solo de modo a suprir 0, 50, 100, 150 e 200% da recomendação de N para a produção de 20 t ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de massa seca de tifton, cuja dose é 420 kg ha<sup>-1</sup> de N. Além destes, também foram aplicados tratamentos apenas com ureia e outro organomineral (mistura de cama de aves + ureia) para suprir 100% da demanda de N. Foram testados dois métodos de captação de amônia a campo, um deles com uso de ácido bórico e outro com ácido sulfúrico. A captura da amônia volatilizada foi feita por meio de estrutura confeccionada em garrafa pet. Para ambos os estudos as perdas foram quantificadas por período aproximado de um mês, com avaliações espaçadas no tempo. O método de captação com ácido bórico apresentou algumas limitações, que podem ter subestimado as perdas de N. Em ambos os estudos as perdas se deram principalmente na primeira semana de avaliação. De modo geral, as perdas de N dos tratamentos com cama de aves não foram afetadas pelas doses do resíduo, porém essas perdas foram inferiores aos tratamentos que receberam ureia. O tratamento organomineral foi o que apresentou as maiores perdas de nitrogênio, cujas perdas ficaram em torno de 10% do N total aplicado. Independentemente dos tratamentos, as perdas globais foram pequenas e possivelmente não resultariam em grandes consequências agronômicas negativas à cultura da tifton 85.

**Palavras-chave:** adubação orgânica; perdas de nitrogênio; adubação em pastagem.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Objetivo Específico .....</b>	<b>7</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Estudo I - Validação do método de captação de amônia.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Estudo II - Experimento com uso de ácido bórico para captação de amônia.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Estudo III - Experimento a campo com uso de ácido sulfúrico para captação de amônia.....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Validação do método de captação de amônia com solução de ácido bórico.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Determinação volatilização de amônia pelo método ácido bórico a campo.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 Determinação volatilização de amônia pelo método ácido sulfúrico a campo.....</b>	<b>16</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um dos macros nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas e está envolvido em muitas atividades metabólicas (TAIZ et al. 2017). O Brasil é um dos países que mais consome fertilizantes minerais do mundo, porém não é grande produtor destes adubos, pois importa cerca de 75%. Um dos principais produtores mundiais de fertilizantes nitrogenados é a China, a qual possui grandes fábricas de sintetização do nitrogênio (VIEIRA, 2017). A uréia é o fertilizante nitrogenado sintético mais utilizado no Brasil, principalmente devido ao seu menor custo por unidade de N em relação aos demais adubos nitrogenados (MARTHA et al. 2004). Além disso, é o fertilizante mineral granulado de maior concentração de nitrogênio (45%) na forma de amida. Porém, os fertilizantes nitrogenados de modo geral, se não bem utilizados a campo, podem ter sua eficiência reduzida, visto que o nutriente está sujeito a uma série de reações que podem levar a perdas do sistema. Em função dessas reações no qual o nitrogênio está exposto quando aplicado no solo, a eficiência de uso do N é baixa quando comparada a outros nutrientes, a qual situa-se em torno de 50% (BAYER et al. 2006).

O nitrogênio aplicado ao solo por meio de fertilizantes minerais ou orgânicos está sujeito a um ciclo de transformações no solo. Dentre as transformações, muitas delas levam a perdas do nutriente do sistema, sendo a volatilização de amônia ( $N-NH_3$ ) considerada a principal forma de perda do nitrogênio aplicado, principalmente do N aplicado por meio da uréia. As perdas de N afetam a eficiência de uso deste nutriente (HAVLIN et al. 2014) e são afetadas por diversos fatores edafoclimáticos. A volatilização de amônia é afetada pelas condições de solo, como pH, umidade e temperatura, além de fatores inerentes ao tipo de fertilizante e a forma de aplicação ao solo (VIEIRA, 2017). O aumento do pH e temperatura do solo afetam diretamente a volatilização (TASCA et al., 2011) por favorecer a formação do gás amônia. A presença de ventos, baixa umidade do solo e aplicação superficial de fertilizantes também podem aumentar as perdas de  $N-NH_3$  (DUARTE 2016). Quando aplicado ureia ao solo, além dos fatores mencionados, a volatilização também depende da atividade da enzima urease que é a responsável pela hidrólise da molécula de ureia. Essa enzima é encontrada em grandes quantidades no solo como componente de fungos, bactérias e actinomicetos e na região da rizosfera das raízes de plantas (LONGO et al. 2005).

A avaliação das perdas de amônia, tanto a campo como em laboratório, requer a construção de câmara de captação, que impeça a difusão do gás para o ambiente, juntamente com presença de solução ácida para captação da amônia. Diversos métodos são propostos para

captação da amônia (MIYAZAWA, 2007). Porém, de modo geral, os métodos usam ácidos fortes, normalmente sulfúrico e fosfórico, para captação do N-NH<sub>3</sub>, sendo a determinação feita por meio de destilação pelo método micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 2000). Esse método, embora eficiente, é bastante moroso, pois requer a destilação das amostras, o que demanda muito tempo. O método de captação de amônia com uso de ácido bórico para retenção do gás volatilizado foi proposto por Oliveira et al. (2004), em substituição aos métodos tradicionais de captação, em razão de sua rapidez e praticidade. Isso porque o método não requer o uso de destiladores, nem tampouco a utilização de equipamentos sofisticados, pois a determinação do N-NH<sub>3</sub> é feita de modo simplificado, usando-se apenas de soluções químicas e de titulador. O ácido bórico é considerado fraco, cuja dissociação é mais lenta que os ácidos fortes normalmente usados para captação. Estudos em que a captação da amônia é feita por soluções de ácido bórico não são muito frequentes na literatura, sendo realizados principalmente na avaliação de perdas de amônia diretamente sobre a cama de aviário em experimentos zootécnicos. Neste sentido, torna-se pertinente avaliar a capacidade de captação de N-NH<sub>3</sub> pelo ácido bórico, previamente a instalação do experimento a campo, para obtenção de informações que darão suporte quanto à eficácia do método.

A região Oeste de Santa Catarina é a principal produtora de aves do Estado, correspondendo a 65% da produção catarinense (IBGE, 2018). Em decorrência da elevada produção de aves, há também a geração de grande quantidade de aves, a qual pode ser usada na adubação de diversas culturas. Esse resíduo contém cerca de 3 a 4% de N, além de conter aproximadamente de 1,0 a 4,9% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 0,7 a 4,6% de K<sub>2</sub>O (ROGERI, 2006). Ademais, outro atributo importante do resíduo é seu conteúdo de carbono orgânico, o qual pode variar 12 a 30% durante os ciclos (CORRÊA, 2016). Esse carbono, quando adicionado ao solo, pode contribuir para melhorias de atributos do solo e servir como substrato para desenvolvimento da microbiota do solo. A cama de aves, quando aplicada de modo racional ao solo, constitui excelente fertilizante e proporciona melhorias em diversos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (KONZEN, 2004). Com a alta produção de resíduos e da limitação de áreas para aplicação, não raramente a cama é usada nas mesmas áreas, normalmente próximas do local de produção das aves. Quando aplicada em elevadas doses, as quais superam a capacidade de retenção do solo, a cama de aves pode acarretar em problemas ambientais, principalmente relacionados a poluição de corpos hídricos (BRUMANO, 2008).

A produção de leite demanda, tanto em sistemas a pasto como em confinamento, a oferta de forragem de qualidade. O Tifton 85 (*Cynodon* spp.) é uma das forrageiras mais utilizadas no Sul do Brasil em razão do seu elevado potencial produtivo, alto valor nutricional e morfologia

adequada (VIÇOSI et al, 2020). Além disso, a cultura se destaca por apresentar dupla aptidão, podendo ser usada para pastejo dos animais e para fenação em períodos de crescimento elevado, a ponto de suprir as necessidades de períodos de seca ou frio mais intensos. Em pastagens tropicais, a volatilização de amônia é uma das principais formas de perda de nitrogênio, principalmente quando aplicado uréia a lanço sobre o dossel das plantas e em períodos com pouca umidade no solo (MARTHA et al., 2004). Há necessidade de pesquisas que avaliem as perdas de N-NH<sub>3</sub> decorrentes da aplicação de cama de aves, combinada ou não com fontes minerais, em pastagem de tifton 85 para adequar as recomendações de manejo de adubação para cultura.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Quantificar as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em decorrência da aplicação ao solo de cama de aves e uréia, aplicados de modo isolado ou combinado, em pastagem de tifton 85.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1- Validar o método de captação de amônia pela solução de ácido bórico;
- 2- Identificar os períodos após a aplicação ao solo dos fertilizantes em que ocorrem as maiores perdas de amônia;
- 3- Encontrar os fatores relacionados aos fertilizantes e ao ambiente que favoreçam as perdas de amônia em pastagens de Tifton 85.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Estudo I - Validação do método de captação de amônia

O estudo foi conduzido em laboratório, sob temperatura ambiente, com utilização de frascos herméticos de vidros com capacidade de 1L. Em cada frasco foram adicionadas doses de sulfato de amônio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ), na forma de solução, de modo a aplicar o equivalente a 0, 5, 10, 50 e 100 mg de N por frasco. Para induzir a volatilização do N do sulfato de amônio foi colocado em cada frasco solução de hidróxido de sódio (2 M) com objetivo de elevar o pH do meio. Para captura da amônia volatilizada foram colocados no interior dos frascos copos plásticos contendo 20 mL de solução de ácido bórico 2% (m/v), os quais ficaram suspensos por estrutura metálica construída com arame. Inicialmente, foi colocada a estrutura metálica contendo o copo plástico com a solução de ácido bórico. Em seguida foi acrescido a solução com nitrogênio amoniacal e, posteriormente, a solução de hidróxido de sódio para induzir a formação de amônia (Figura 1). Após a colocação do NaOH os potes foram rapidamente fechados para impedir perdas de amônia para o ambiente. Após dois dias os copos contendo a solução de ácido bórico foram retirados dos frascos e titulados com ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,05N. As quantidades de N- $\text{NH}_3$  recuperadas pelo método foram plotadas em gráfico com as quantidades de N aplicadas para obter o índice de recuperação do N- $\text{NH}_3$ . O índice foi obtido por meio do valor do coeficiente angular da equação linear ajustada entre as variáveis.



FIGURA 1 - A- Recipiente contendo ácido bórico para captura de de N- $\text{NH}_3$ ; B- Titulação das amostras; C- Frascos herméticos usados no estudo.

### 3.2 Estudo II - Experimento com uso de ácido bórico para captação de amônia

O trabalho foi desenvolvido a campo, na área experimental do IFSC câmpus São Miguel do Oeste, como avaliação complementar do experimento que se encontra instalado na instituição. O experimento foi implantado no ano de 2017, sob um Nitossolo Vermelho, que apresenta  $550 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, com objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do uso de cama de aves na adubação de pastagens de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) comparativamente a fontes minerais. O estudo foi conduzido entre os dias 28 de agosto e 30 de setembro do ano de 2019.

Os tratamentos consistiram na aplicação de doses de nitrogênio tendo como fontes de N fertilizantes orgânicos e minerais, aplicados ao solo de modo isolado ou combinado. As doses de N foram definidas em função da expectativa de rendimento da cultura (CQFS-RS/SC, 2016), em que a referência foi a dose de N necessária para produzir  $20 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  de matéria seca de forragem, cuja dose foi de  $420 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  de nitrogênio. As doses da cama de aves calculadas de modo a suprir 0, 50, 100, 150 e 200% da necessidade de N da tifton, cujas doses, considerando o teor de N total do resíduo (3,4%), foram de 0, 6,2, 12,4, 18,5 e  $24,8 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 01). Adicionalmente, também foram acrescentados dois tratamentos com nitrogênio mineral. Um deles, denominado de mineral 420, aplicou ao solo  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de N exclusivamente na forma de ureia. O outro, denominado de organomineral, aplicou de modo combinado a dose  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de N tendo como fontes a cama de aves e uréia, aplicadas na proporção de 40 e 60%, respectivamente. As doses foram aplicadas ao solo de modo fracionado três vezes ao ano, nos meses de agosto, novembro e fevereiro. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais, cuja área de cada unidade é de  $22,15 \text{ m}^2$  ( $4,20 \times 5,25 \text{ m}$ ), espaçadas entre si com corredores de 2,4 m.

Para quantificação das perdas de nitrogênio foram utilizadas como unidades experimentais garrafas PET de 1,5 L com sua base cortada, de modo a formar uma câmara fechada, que impedia trocas gasosas com a atmosfera (Figura 2).

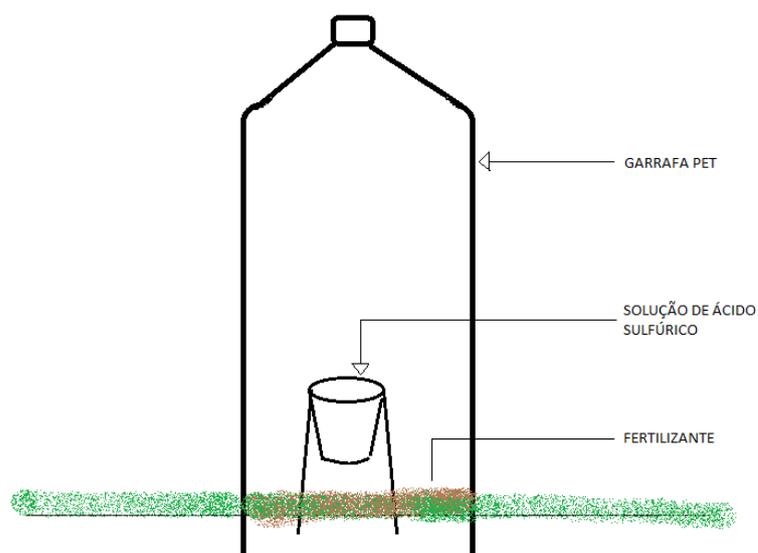


FIGURA 2- Câmara para captura de N-NH<sub>3</sub> produzida com garrafas PET para uso nos estudos a campo. Fonte: Autores.

Dentro das câmaras foram colocadas estruturas metálicas fixadas ao solo para suportar copos plásticos, nos quais foram colocados 20 mL de solução de ácido bórico 2% (m/v) para captura da amônia volatilizada (Figura 2). Em cada parcela foram utilizadas duas câmaras para captura de amônia. As doses dos tratamentos foram calculadas levando em consideração a área da base dos coletores (Ø 9,3 cm), em que foram colocadas doses proporcionais àquelas aplicadas em 01 hectare. Em cada parcela do experimento foram colocadas duas unidades coletoras para quantificação do N volatilizado. As determinações do N volatilizado foram feitas aos 2, 5, 9, 15, 20, 27 e 34 dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Em cada avaliação os copos contendo a solução de ácido bórico foram retirados dos frascos e titulados com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,05N. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de médias Scott Knott com 5% de probabilidade.

TABELA 1- Quantidades de fertilizantes orgânicos e minerais aplicados anualmente em função de cada tratamento.

<b>Tratamento</b>	<b>Cama de Aves (base seca)</b>	<b>Ureia</b>	<b>Dose anual de N</b>	<b>Dose por aplicação de N</b>
	.....Mg ha <sup>-1</sup> ....	.....kg ha <sup>-1</sup> .....		
Testemunha	0	0	0	0
Cama 210	6,2	0	210	70
Cama 420	12,4	0	420	140
Cama 630	18,5	0	630	210
Cama 840	24,8	0	840	280
Mineral 420	0	933,0	420	140
Organomineral	5	555,0	420	140

### 3.3 Estudo III - Experimento a campo com uso de ácido sulfúrico para captação de amônia

Em razão de problemas de ordem técnica e operacionais, quando se usou a solução de ácido bórico a campo, optou-se por repetir o experimento a campo. Porém, neste estudo foi usado a solução de ácido sulfúrico (0.5 M) para captação da amônia volatilizada. A implantação deste estudo foi feita no dia 13 de dezembro de 2020 e as avaliações se estenderam até 10 de janeiro de 2021. Os procedimentos executados foram muito semelhantes ao descrito no estudo com ácido bórico, com algumas diferenças pontuais. Em cada parcela do experimento foi utilizada apenas uma unidade coletora para quantificação do N-NH<sub>3</sub> volatilizado (Figura 3). As determinações foram feitas aos 2, 4, 6, 13, 20 e 26 dias após a aplicação dos fertilizantes. Imediatamente após a coleta dos frascos contendo a solução com a amônia capturada, novos com solução de ácido sulfúrico foram colocados para próxima avaliação. Após a coleta, as

soluções foram acondicionadas em frascos e armazenados em geladeira. Posteriormente, foi realizada a destilação das soluções em destilador modelo Kjeldahl conforme descrito por Tedesco et al. (1995). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott Knott com 5% de variância.



FIGURA 3 - A - Câmera coletora de amônia construída com garrafas PET; B e C - Materiais usados na aplicação dos tratamentos a campo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estudo I -Validação do método de captação de amônia com solução de ácido bórico

O coeficiente angular (b) das equações lineares ajustadas entre as quantidades de N aplicada e as recuperadas pela solução de ácido bórico variou em função da amplitude dos valores usados na elaboração do gráfico (Figura 4). Quando todas as doses de nitrogênio aplicadas foram utilizadas na confecção do gráfico (0 a 150 mg) a recuperação foi de 58,5% do N aplicado. Ao se excluir a maior dose testada, utilizando-se apenas as cinco demais (0 a 100 mg) a quantidade de N recuperada aumentou para 68,8%. Por outro lado, quando analisadas a amplitude de doses de 0 a 50 mg e de 0 a 10 mg as quantidades de N recuperadas foram de 77,0 e 96,6%, respectivamente.

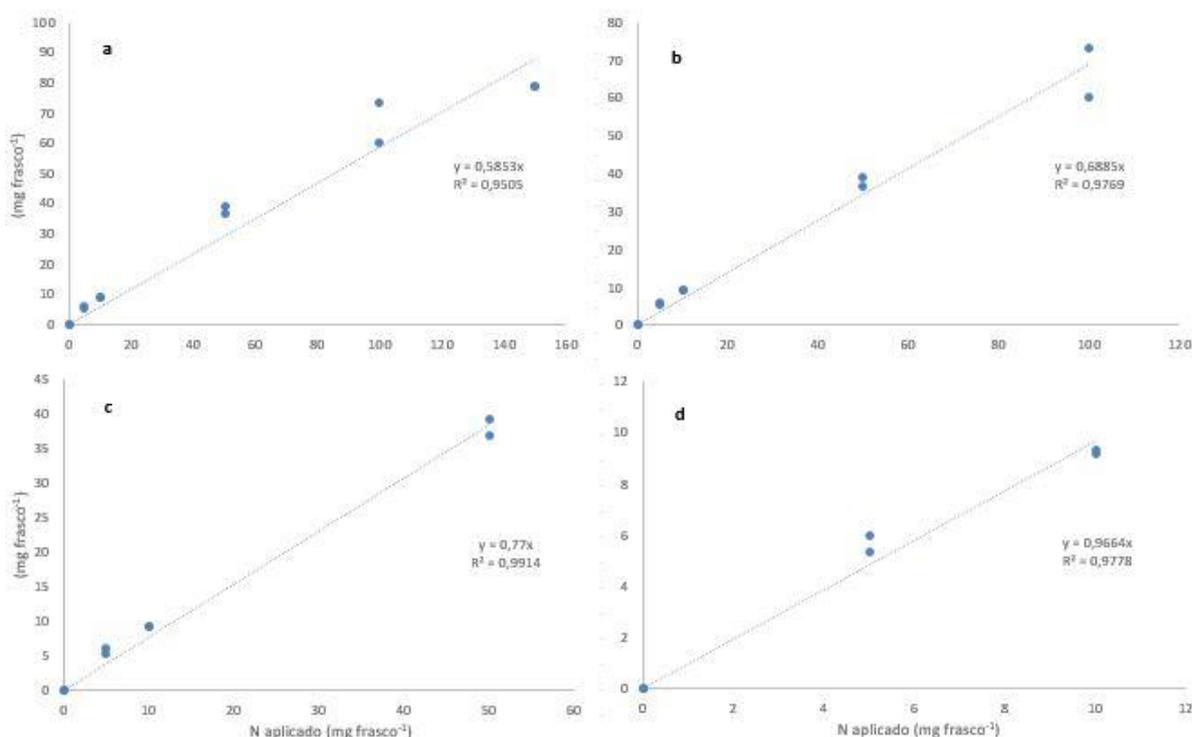


FIGURA 4 - Relação entre o nitrogênio aplicado e nitrogênio recuperado pelo método de captura do N-NH<sub>3</sub> com solução de ácido bórico em estudo conduzido em frascos herméticos, cujos gráficos e estão separados por doses de N aplicadas: a) 0 a 150 mg de nitrogênio; b) 0 a 100 mg de nitrogênio; c) 0 a 50 mg de nitrogênio; d) 0 a 10 mg de nitrogênio.

Ficou evidente que quanto mais N-NH<sub>3</sub> foi volatilizada, menor foi a capacidade de recuperação do método. O ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) é considerado ácido fraco, porque não se dissocia muito e a quantidade de íons (H<sup>+</sup>) produzidos em solução é muito pequena. Porém, com o consumo dos hidrogênios dissociados em solução pela amônia (NH<sub>3</sub> + H<sup>+</sup> → NH<sub>4</sub><sup>+</sup>),

esperava-se que a dissociação ocorresse em quantidade suficiente para reter toda amônia volatilizada nos frascos. Todavia, provavelmente a dissociação do ácido bórico não ocorreu numa velocidade que dessa conta de reter toda amônia volatilizada nas maiores doses de N testadas. Isso porque a quantidade de H contido na solução de captação foi calculada para ser bem maior que a quantidade potencial de amônia produzida pela maior dose de N aplicada.

Apesar dos baixos índices de recuperação quando testadas doses maiores de nitrogênio, mesmo assim optou-se por testar o método de captação com ácido bórico a campo. Isso porque as avaliações das perdas de N a campo são feitas em intervalos curtos de tempo (1 a 2 dias) no início da avaliação, época em que ocorrem as maiores perdas de N (TASCA et al., 2011). Além disso, as perdas se dão gradativamente no tempo e não ocorrem de forma abrupta como no teste de validação. Ademais, esperava-se que as perdas de N, entre os intervalos de coleta, ficassem entre 0 e 10 mg, na amplitude que o método tem o melhor índice de recuperação de N perdido.

#### **4.2 Determinação volatilização de amônia pelo método ácido bórico a campo**

O método de captação com ácido bórico apresentou diversos problemas a campo, dentre os principais a dificuldade de observar o ponto de viragem no processo de titulação. No processo de titulação as amostras apresentaram cores diversas durante a titulação, em que muitas amostras já apresentavam a cor de viragem antes mesmo de iniciar a titulação. Ademais, as quantidades de amônia capturadas no decorrer do tempo foram extremamente baixas, muito aquém dos valores encontrados na grande maioria dos trabalhos semelhantes conduzidos a campo, o que pode ser um indicativo de possível ineficiência do método (Figura 5). Mesmo assim, optou-se por mostrar os resultados, porque embora as perdas totais possam ter sido minimizadas pelo método, a comparação entre os tratamentos pode ser pertinente.

Os tratamentos diferiram quanto às perdas totais de nitrogênio, cujas maiores perdas se deram no tratamento que combinou cama de aves e ureia (Figura 5). Após 34 dias de avaliação, as maiores doses de cama de aves (CA 630 e CA 840) perderam mais N que as menores doses (CA 210 e CA 420), porém não diferiram do mineral (MI 420). Por outro lado, o tratamento organomineral foi isoladamente aquele que mais perdeu N por volatilização de amônia, em que as perdas foram em torno de 4,0% do N total aplicado. Já os tratamentos MI 420, CA 840 e CA 630 perderam por volatilização aproximadamente 2% do N total aplicado. Embora houvesse diferenças entre os tratamentos, as perdas globais foram muito pequenas, o que não implicaria em grandes consequências no desempenho agrônômico da Tifton 85. O tratamento com ureia (MI 420), o qual aplicou ao solo o equivalente a 140 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, perdeu

apenas 2,96 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio por volatilização, valor que está abaixo dos muitos estudos conduzidos a campo com esse fertilizante mineral (MARTHA, 2003). As maiores perdas no tratamento organomineral devem-se, provavelmente, à combinação de fertilizante totalmente solúvel (ureia) com fonte orgânica que possui pH bastante elevado, cuja média fica em torno de 8,0 (ROGERI, 2009). A mistura dessas fontes acabou favorecendo a formação de amônia.

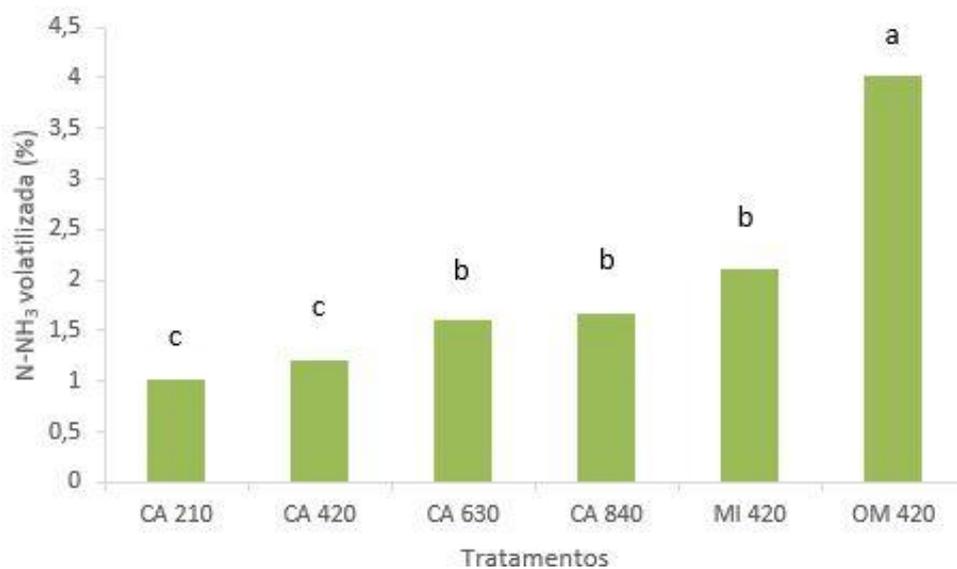


FIGURA 5 - Perdas totais de nitrogênio por volatilização de amônia (N-NH<sub>3</sub>) durante um período de 34 dias em função da aplicação ao solo de cama de aves e ureia: CA 210 (cama de aves 210 kg ha<sup>-1</sup> de N), CA 420 (cama de aves 420 kg ha<sup>-1</sup> de N), CA 630 (cama de aves 630 kg ha<sup>-1</sup> de N), CA 840 (cama de aves 840 kg ha<sup>-1</sup> de N), MI 420 (ureia 420 kg ha<sup>-1</sup> de N) e OM 420 (organomineral 420 kg ha<sup>-1</sup> de N). Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo método de Scott Knott (p<0,05).

As perdas de nitrogênio (N-NH<sub>3</sub>) se deram principalmente nos primeiros dias após a aplicação dos tratamentos ao solo (Figura 6). As maiores perdas por volatilização ocorreram entre a aplicação e o terceiro dia, para todos os tratamentos. Essas informações corroboram com as encontradas por Rojas et al. (2012), que mostrou que os picos de perdas de N por volatilização no sistema plantio direto, em que o N é aplicado na superfície do solo, ocorreram nos primeiros cinco dias após a aplicação da ureia e foram influenciadas pela umidade do solo. Após o dia cinco as perdas de N-NH<sub>3</sub> foram relativamente baixas para todos os tratamentos.

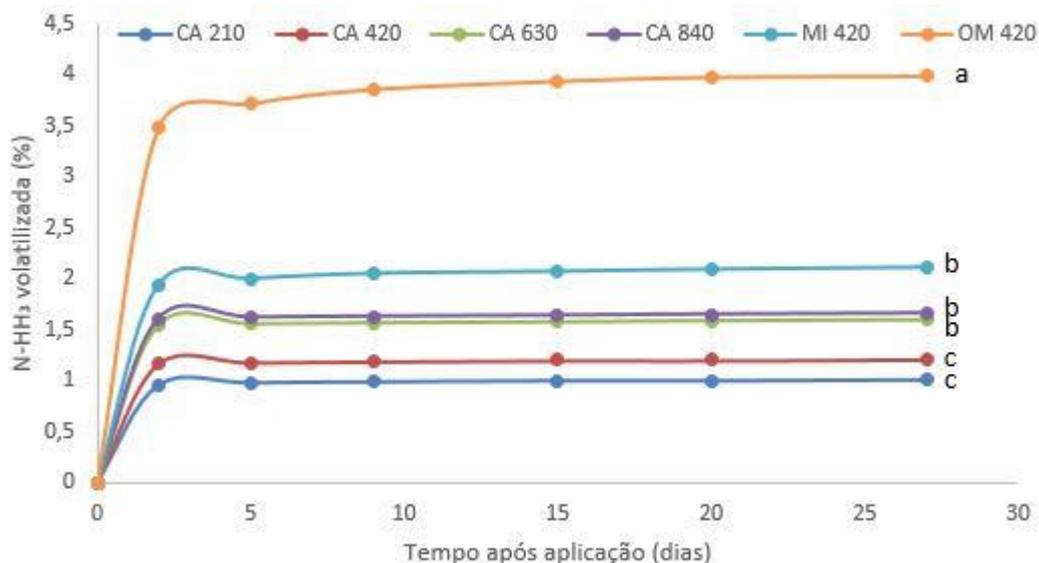


FIGURA 6 - Perdas acumuladas de nitrogênio (N-NH<sub>3</sub>) volatilizado considerando tratamentos CA 210, CA 420, CA 630, CA 840, MI 420 e OM 420, em função do tempo. Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo método de Scott Knott (5%);

#### 4.3 Determinação volatilização de amônia a campo com método de captação com ácido sulfúrico

As perdas diárias N-NH<sub>3</sub> variaram no tempo e foram afetadas pela dose e pela fonte de N utilizada (Tabela 02). De modo geral, para todos os tratamentos, os dias em que mais se perdeu N-NH<sub>3</sub> foram os primeiros após a aplicação ao solo, em que as maiores perdas diárias se deram até o sexto dia de avaliação. Tasca et al., 2011 também encontraram picos de perdas de N de volatilização entre segundo e quarto dia após a aplicação de uréia ao solo. Quando os tratamentos foram comparados dentro de cada dia avaliado, pode-se perceber que os tratamentos OM 420 e MI 420 apresentaram, principalmente nos primeiros dias avaliados, as maiores taxas de perdas de nitrogênio. A maior dose de cama de aves testada CA 840, mesmo aplicando o dobro da dose de N dos tratamentos que continham ureia (OM 420 e MI 420), de modo geral, perdeu menos N-NH<sub>3</sub> que estes.

Quando se compara os tratamentos que aplicaram a mesma dose de N ao solo (CA 420, MI 420 e OM 420), em praticamente todos os dias avaliados, os tratamentos que tinham ureia na sua composição perderam mais N-NH<sub>3</sub> que o tratamento constituído por cama de aves (Tabela 02). Por outro lado, quando comparado o tratamento apenas com ureia e o organomineral, constatou-se que as perdas diárias foram semelhantes entre eles em boa parte dos dias, mas também houve dias em que as perdas foram diferentes entre eles.

TABELA 2 - Perdas diárias de nitrogênio por volatilização (N-NH<sub>3</sub>) no tempo em decorrência da aplicação dos tratamentos: TEST. (testemunha); CA 210 (cama de aves 210 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 420 (cama de aves 420 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 630 (cama de aves 630 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 840 (cama de aves 840 kg ha<sup>-1</sup> de N), MI 420 (ureia 420 kg ha<sup>-1</sup> de N) e OM 420 (organomineral 420 kg ha<sup>-1</sup> de N). Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística entre os tratamentos pelo teste Skott knott (p<0,05).

Dias	Test.	CA 210	CA 420	CA 630	CA 840	OM 420	MI 420
..... mg frasco <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> .....							
2	0.011 d	0.26 d	1.04 c	1.255 c	1.481 b	2.930 a	1.789 b
4	0.009 c	0.05 c	0.09 c	0.13 c	0.151 c	0.686 b	1.609 a
6	0.004 c	0.004 c	0.070 c	0.12 b	0.15 b	0.291 a	0.319 a
13	0.001 b	0.015 b	0.044 b	0.082 a	0.09 a	0.122 a	0.086 a
20	0.001 b	0.010 b	0.029 b	0.040 a	0.055 a	0.078 a	0.050 a
26	0.001 b	0.007 b	0.009 b	0.012 b	0.025 b	0.133 a	0.046 b

As perdas totais de N-NH<sub>3</sub> foram maiores para tratamento organomineral que aplicou à solo cama de aves e ureia misturadas (Figura 07 e Figura 08). Em relação à porcentagem de perdas do N total aplicado não houve diferença entre as doses de cama de aves, porém as perdas dos tratamentos com cama de aves foram inferiores aos tratamentos MI 420 e OM 420. As perdas dos tratamentos com cama de aves ficaram em torno de 2,0 a 3,0% do N total aplicado. Por outro lado, as perdas do tratamento com uréia (MI 420) foram de 7,6 %, sendo menores que as ocorridas no tratamento organomineral, cujas perdas ficaram em torno de 10% do N total aplicado. Os resultados encontrados foram semelhantes ao obtido no estudo com ácido bórico, porém as quantidades perdidas foram maiores no estudo que teve o ácido sulfúrico como solução de captação de amônia.

O pH do solo tem grande efeito na volatilização de N-NH<sub>3</sub>, de forma que solos com pH maiores aumentam a velocidade de formação de amônia, aumentando as perdas por volatilização (SENGIK et al., 2001). No tratamento OM 420, o pH em torno dos grânulos de uréia é maior comparado ao tratamento MI 420, por conta da mistura com cama de aves, a qual

possui pH mais alcalino que o solo, o que favorece a formação de amônia. Embora a cama de aves tenha pH elevado, as perdas de N-NH<sub>3</sub> foram percentualmente menores que os tratamentos que continham ureia, em todas testadas do resíduo. As perdas expressas na Figura 07 são relativas ao N total aplicado pelos fertilizantes, porém a quantidade de N solúvel na cama de aves normalmente está abaixo de 20% do N total presente no resíduo. A maior parte do N da cama de aves está em formas orgânicas que precisam de mineralização (ROGERI, 2006), portanto não sujeitas a volatilização nos primeiros dias após a aplicação ao solo. Desse modo, se fosse considerar apenas o N solúvel da cama de aves (N-amoniacal + N amídico + N-Nítrico), as perdas possivelmente seriam maiores que as ocorridas na uréia. Todavia, em razão da pandemia não foi possível determinar a fração de N solúvel da cama de aves.

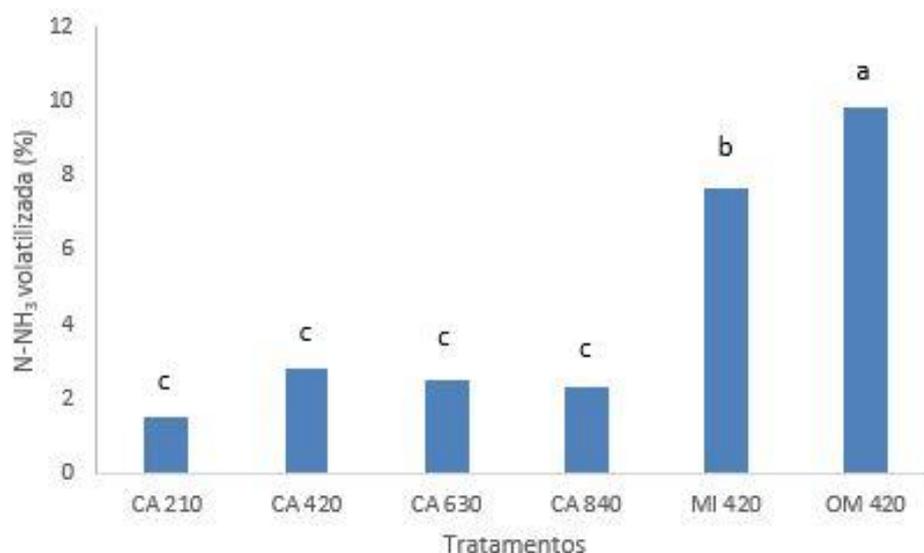


FIGURA 7 - Perdas totais de nitrogênio por volatilização de amônia (N-NH<sub>3</sub>) durante um período de 26 dias em função da aplicação ao solo de cama de aves e ureia: CA 210 (cama de aves 210 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 420 (cama de aves 420 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 630 (cama de aves 630 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 840 (cama de aves 840 kg ha<sup>-1</sup> de N), MI 420 (ureia 420 kg ha<sup>-1</sup> de N) e OM 420 (organomineral 420 kg ha<sup>-1</sup> de N). Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo método de Scott Knott (p<0,05).

As perdas de amônia podem variar de acordo com as condições ambientais (ANDREUCCI et al., 2007), em que a temperatura e umidade são os principais fatores que afetam as perdas. A temperatura afeta diretamente a volatilização de amônia, conforme Tasca et al, (2011), em estudo com ureia aplicada em cobertura, as maiores perdas do nitrogênio foram encontradas em temperaturas próximas a 35 °C. Essas temperaturas são facilmente alcançadas durante a primavera e verão, período em que o estudo foi conduzido. Outro fator essencial que afeta as perdas de N-NH<sub>3</sub> é a presença de vento, em que sua ausência, como em nossos estudos,

pode ter subestimado as perdas de amônia. Segundo Araújo et al (2009), sem a presença do vento outros processos como o de umedecimento e secagem do solo também podem ser alterados. Como nosso estudo foi conduzido em ambiente fechado, com solo mantido úmido em boa parte do tempo, as perdas podem ter sido subestimadas durante o período de avaliação.

As perdas encontradas neste estudo, embora com diferenças entre os tratamentos, mostram que as perdas por volatilização ocorreram em baixa magnitude, e que não trariam grandes consequências negativas ao desenvolvimento da pastagem de tifton, uma vez que as maiores perdas não ultrapassaram valores acima de 10% do N total aplicado.

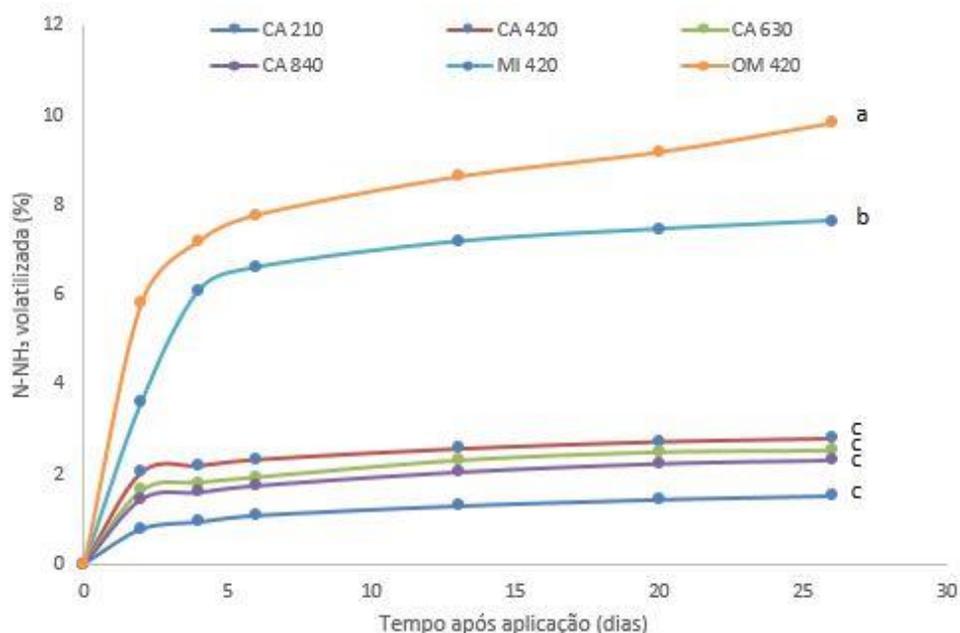


FIGURA 8 - Perdas acumuladas de nitrogênio volatilizado (N-NH<sub>3</sub>, em relação ao N total aplicado, no decorrer do tempo em pastagem de tifton 85 em função da aplicação ao solo dos tratamentos: CA 210 (cama de aves 210 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 420 (cama de aves 420 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 630 (cama de aves 630 kg ha<sup>-1</sup> de N); CA 840 (cama de aves 840 kg ha<sup>-1</sup> de N), MI 420 (ureia 420 kg ha<sup>-1</sup> de N) e OM 420 (organomineral 420 kg ha<sup>-1</sup> de N). Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo método de Scott Knott (p<0,05).

## 5 CONCLUSÃO

O método de captação de amônia com solução de ácido bórico se mostrou eficiente em laboratório, quando pequenas quantidades de N são perdidas por volatilização. Porém, a campo, o método apresenta algumas limitações que podem colocar em dúvida sua efetividade para avaliar as perdas de N.

A cama de aves aplicada na superfície do solo, independentemente da dose, perde menos nitrogênio que a ureia. Porém, o uso combinado de ureia com cama de aves aumenta as perdas de nitrogênio, o que pode ser uma limitação do uso conjunto destes fertilizantes.

Independentemente dos tratamentos, embora com diferenças entre eles, as perdas globais de N por volatilização de amônia foram pequenas e possivelmente não resultariam em grandes consequências agronômicas negativas ao desenvolvimento da cultura da tifton.

## REFERÊNCIAS

- ANDREUCCI, M. P. **Perdas nitrogenadas e recuperação aparente de nitrogênio em fontes de adubação de capim elefante.** ESALQ/USP, p. 102, 2007.
- ARAÚJO, E. S. et al. **Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo.** Pesq. Agropec. Bras. 44:769-776, 2009.
- BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. **Dinâmica do nitrogênio no solo, pré culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto.** Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; 2006.
- 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-MS, v. 4, n. 2, p. 76-80, abr./jun. 2017.
- BRUMANO, G. **Mercado de carbono e os impactos da avicultura ao meio ambiente.** Revista eletrônica nutritime, v. 5, p 722 - 741. 2008.
- CORRÊA, J. C.; MIELE, M. **A cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos.** Capítulo 3, p 127 - 149
- DOMINGHETTI, A. W. et al. **Nitrogen loss by volatilization of nitrogen fertilizers applied to coffee orchard.** Ciência e Agrotecnologia 40. 173-183p Mar/Apr. 2016.
- DUARTE, D. S. **Perdas de amônia por volatilização em solo tratado com uréia, na presença de resíduos culturais.** Dissertação, ESALQ, 64p. 2007.
- HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers.** New Jersey, 2014. Cap. 4, p. 117- 184.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Indicadores agropecuários 2017.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 02 abril. 2020.
- KONZEN, E. A.; MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; PIMENTA, F. F. **Cama-de-frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica.** Boletim técnico, a1. n.3. 28 p, 2004.
- LONGO, R. M.; MELO, J. W.; **Atividade da urease em latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem.** R. Brasileira Ciências, do solo. ed 29, 645 - 650 p. 2005.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; ALVES, M. C. **Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture.** Grass and Forage Science, v.59, n.1, p.80-90, 2004.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim tanzânia.** Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MIYAZAWA, M. **Método de captação da amônia volatilizada do solo.** Londrina, IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná, 2007. 2p.

OLIVEIRA, M. C.; FERREIRA, H. A.; CANCHERINI, L. C. **Efeito de condicionadores químicos sobre qualidade de cama de frango.** Rio Verde, Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. v. 56. n. 4. p. 536 - 541, 2004.

ROGERI, D. A.; ERNANI, P. R.; LOURENÇO, K. S.; CASSOL, P. C.; GATIBONI, L. C. **Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicada ao solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.19, p.534-540, 2015.

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-MG, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2012.

SENGIK, E.; KIEHL, J. C.; SILVA, M. A. G. **Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com ureia.** Acta Sci., 23:1099-1105, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6ª Edição. 2017.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A. **Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease.** R. Bras. Ci. Solo, 35:493-502p, 2011.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; CAMARGO F, A.; REICHMANN, E. **Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos.** R. Brasileira Ciência, do solo. ed 24, 93 - 101. 2000.

VIÇOSI, A, K.; AMORIM, N, B.; BRITO, A, M.; PELÁ, A. **Características bromatológicas e produtividade do capim tifton 85 submetido a fontes de adubos nitrogenados.** Cultura agrônômica, v.29, p 106 - 117, 2020.

VIEIRA, R.F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas.** Embrapa, 163p, 2017.

VILLAS BÔAS, R, L, BOARETTO, E, A; GODOY, L, G; FERNANDES, M, D. **Recuperação do nitrogênio da mistura de ureia e sulfato de amônia por plantas do milho.** Campinas, v.64, p 263 - 272, 2005.

ZAMBIAZI, M. P. et al. **Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia através da aplicação de ureia em solos agrícolas.** ESALQ/USP, 2007.