

Éden Eduardo Alves Ribeiro

**Eficiência da ureia com inibidor de urease no cultivo irrigado da
forrageira *Tithonia diversifolia***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Coorientadores: Rodinei Facco Pegoraro e Vitor Diniz Machado

MONTES CLAROS

2018

R484e
2018

Ribeiro, Éden Eduardo Alves

Eficiência da ureia com inibidor de urease no cultivo irrigado da forrageira *Tithonia diversifolia* / Éden Eduardo Alves Ribeiro. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2018.
48 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Prof. Leonardo David Tuffi Santos.
Banca examinadora: Rodinei Facco Pegoraro, Vitor Diniz Machado, Virgílio Mesquita Gomes, Leonardo David Tuffi Santos.

Inclui referências.

1. N-(n-butil) Tiofosfóricotriamida. 2. Fotossíntese. 3. Girassol mexicano - Eficiência. I. Tuffi Santos, Leonardo David. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 631.8

Éden Eduardo Alves Ribeiro

Eficiência da ureia com inibidor de urease no cultivo irrigado da forrageira *Tithonia diversifolia*

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal
Linha de Pesquisa: Nutrição e Alimentação Animal.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos
Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro
ICA / UFMG

Dr. Vitor Diniz Machado
Zootecnista - TORTUGA

Prof. Dr. Virgílio Mesquita Gomes
UNIMONTES

Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros, 26 de fevereiro de 2018.

A Deus, pelo dom da vida;
Aos meus pais, Erodís e Adélia, pelo amor incondicional
e dedicação constante;
A minha família, meu porto seguro;
A minha namorada Marcela, pelo amor, incentivo;
companheirismo e por toda ajuda durante essa
caminhada.
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida que me destes.

Aos meus pais Erodís Ribeiro dos Santos e Adélia Alves Pereira, meus avôs por terem despertado em mim a paixão pela terra e os animais.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Ciências Agrárias, pela minha formação e cujas instalações foi desenvolvido este experimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo aporte financeiro.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de pesquisa da equipe envolvida.

Ao Professor Leonardo David Tuffi Santos, que me aceitou como orientado, disponibilizando o seu tempo aos meus questionamentos, e principalmente, pelos ensinamentos de caráter e ética profissional.

Aos Professores Rodinei Facco Pegoraro e Vitor Diniz Machado pela amizade, orientação e paciência para transmitir os conhecimentos passados durante o desenvolvimento do trabalho e sugestões.

A toda equipe do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas do ICA/UFMG, pela disposição, presteza e amizade.

Aos colegas de trabalho da Projenor Projetos, por ter compreendido e disponibilizado todo apoio para conciliar o meu trabalho com o mestrado os meus sinceros agradecimentos.

Um agradecimento especial pelo apoio ímpar, incentivo e por estar comigo sempre que precisava, à minha namorada Marcela Cilmara Martins.

Enfim, a todos do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, pela oportunidade de cursar o mestrado, o meu muito obrigado!

RESUMO

A *Tithonia diversifolia* destaca-se como planta forrageira pela elevada produção de biomassa, alto valor nutritivo, boa aceitação pelos animais, rusticidade e por apresentar ciclo de vida perene. Entretanto existem poucos estudos sobre a demanda nitrogenada dessa forrageira, bem como o uso da ureia com inibidores de urease em sistemas irrigados, com a finalidade de aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio em cultivos agrícolas. O objetivo com este estudo foi avaliar a eficiência de utilização da ureia com o inibidor de urease N-(n-butil) tiofosfóricotriamida (NBPT[®]) no cultivo irrigado de *T. diversifolia*. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator a ureia associada ou não com inibidor de urease NBPT[®] e o segundo as doses 0, 50, 100, 150 e 200 Kg ha⁻¹ de N. A eficiência de utilização da ureia com ou sem inibidor foi caracterizada por meio da avaliação de perdas de N por volatilização e pela capacidade de produção da *T. diversifolia*. As perdas de N no solo foram mensuradas aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias após a aplicação dos tratamentos. Caracterizou-se nas plantas a massa seca, o teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e a taxa fotossintética. As maiores perdas de N-NH₃ foram observadas no 6º dia após aplicação, nos tratamentos sem inibidor de urease e nas maiores doses de ureia. Para taxa fotossintética na dose de 135,43 kg ha⁻¹ de N no tratamento com NBPT[®], obteve-se a maior taxa fotossintética de 42,36 cmol CO₂ m⁻² s⁻¹ aos 60 dias após adubação. Com o aumento da dose de N no solo obteve-se incremento nos teores de clorofila com o uso do NBPT[®], sendo observada na dose 153,50 Kg ha⁻¹ de N, aos 60 dias o máximo teor de clorofila *a*, e na dose de 176,16 e 147,00 Kg ha⁻¹ de N o máximo teor de clorofila *b* e total. A utilização de NBPT[®] reduz a perda de N-NH₃ a menos de 5% das doses aplicadas. A adubação com ureia na dose de 50 kg ha⁻¹ de N com NBPT[®] apresenta maior eficiência agrônômica e menor custo por kg ou biomassa produzido, em comparação com as demais doses de fertilizantes aplicado. O uso do inibidor promove resposta positiva nos teores de clorofila, taxa fotossintética e, conseqüentemente, maior crescimento e produtividade da *T. diversifolia*.

Palavras-chave: N-(n-butil) Tiofosfóricotriamida. Fotossíntese. Eficiência Agrônômica. Girassol-mexicano. Volatilização de N.

ABSTRACT

Tithonia diversifolia stands out as a fodder plant due to the high production of biomass, high nutritional value, good acceptance by the animals, rusticity and to present perennial life cycle. However, there are few studies on the nitrogen demand of this forage, as well as the use of urea with urease inhibitors in irrigated systems, in order to increase the efficiency of nitrogen utilization in agricultural crops. The objective of this study was to evaluate the efficiency of urea utilization with the N- (n-butyl) thiophosphoricotriamide (NBPT[®]) urease inhibitor in irrigated *T. diversifolia*. A randomized complete block design with four replications was used in a 2 x 5 factorial scheme, the first factor being urea associated or not with NBPT[®] urease inhibitor and the second one at doses 0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of N. The efficiency of using urea with or without inhibitor was characterized by the evaluation of losses of N by volatilization and by the production capacity of *T. diversifolia*. N soil losses were measured at 3, 6, 9, 12, 15 and 18 days after application of the treatments. The dry mass, chlorophyll a, chlorophyll a, total chlorophyll and photosynthetic rate were characterized in the plants. The highest losses of N-NH₃ were observed on the 6th day after application, in the treatments without urease inhibitor and in the highest doses of urea. For the photosynthetic rate at the dose of 135.43 kg ha⁻¹ of N in the treatment with NBPT[®], the highest photosynthetic rate of 42.36 cmol CO₂ m⁻² s⁻¹ at 60 days after fertilization was obtained. With the increase of the dose of N in the soil, an increase in chlorophyll content was obtained with the use of NBPT[®], at 153.50 kg ha⁻¹ of N, at 60 days the maximum content of chlorophyll a, and at dose of 176.16 and 147.00 kg ha⁻¹ of N the maximum chlorophyll content and total. The use of NBPT[®] reduces the loss of N-NH₃ to less than 5% of the applied doses. Fertilization with urea at a dose of 50 kg ha⁻¹ of N with NBPT[®] presents higher agronomic efficiency and lower cost per kg or biomass produced compared to the other doses of fertilizer applied. The use of the inhibitor promotes a positive response in the chlorophyll content, photosynthetic rate and, consequently, higher growth and productivity of *T. diversifolia*.

Keywords: N- (n-butyl) thiophosphoricotriamide. Photosynthesis. Agronomic Efficiency. Sunflower-mexican. volatilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem ilustrativa da câmara coletora de amônia.....	36
Gráfico 1 – Médias decendiais de temperatura e radiação durante os períodos de avaliação de perda de N, Montes Claros - MG.....	34
Gráfico 2 – Produtividade de massa seca (kg ha^{-1}) após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de <i>Tithonia diversifolia</i> , utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®.....	38
Gráfico 3 – Perdas acumulada de N-NH_3 no solo durante 18 dias após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de <i>Tithonia diversifolia</i> , utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	40
Gráfico 4 – Perda acumulada de N-NH_3 no solo, em porcentagem, durante 18 dias após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com e sem NBPT® no cultivo irrigado de <i>Tithonia diversifolia</i>	41
Gráfico 5 – Perdas de N-NH_3 , em função dos dias após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de <i>Tithonia diversifolia</i> , utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	42
Gráfico 6 – Taxa fotossintética de <i>Tithonia diversifolia</i> aos 60 (a) e 70 (b) dias após adubação com doses de nitrogênio utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®, em cultivo irrigado.....	44
Gráfico 7 – Clorofila a, b e total de <i>Tithonia diversifolia</i> , aos 60 dias (a, b e c, respectivamente) e 70 dias após adubação (d, e , f) em cultivo irrigado sob doses de nitrogênio utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®	45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Eficiência do inibidor, durante o ciclo completo da *Tithonia diversifolia* após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com NBPT[®] no cultivo irrigado.....39
- Tabela 2 - Eficiência Agronômica do N aplicado e custo econômico durante o ciclo completo da *Tithonia diversifolia* após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com e sem NBPT[®] no cultivo irrigado.....39

LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

A	Taxa Fotossintética
ATP	Trifosfato de Adenosina.
°C	Grau
CO ₂	Dióxido de carbono
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
CTC	Capacidade de trocas catiônica
EE	Extrato Etéreo
EA	Eficiência agronômica do N aplicado
EI	Eficiência do inibidor
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
g	Grama
K	Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
Kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IRGA	Infra-red gas analyser
mb	Megabyte
mm	Milímetro
MM	Matéria Mineral
μmol m ² s ⁻¹	Micromol por metro quadrado por segundo
Mg	Magnésio
MS	Massa Seca
N	Nitrogênio
Nac	Normalidade do ácido sulfúrico utilizado
NBPT [®]	N-(n-butil) Tiofosfóricotriamida
NH ₄ ⁺	Amônio
NH ₃	Amônia
nm	Nanômetro
OH-	Oxidrila
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PEPcase	Carboxilase do fosfoenolpiruvato
PMScf	Produção de massa seca no tratamento com adubação nitrogenada
PMSsf	Produção de massa seca no tratamento sem adubação nitrogenada
PMScNBPT [®]	Produção de massa seca com NBPT [®]
PMSsNBPT [®]	Produção de massa seca sem NBPT [®]

PVC	Policloreto de Vinila
QNa	Quantidade em kg de N aplicado
QNBPT [®]	Quantidade em kg de NBPT [®] aplicado
RubisCO	Carboxilase oxigenase da ribulose 1,5 bisfosfato
S	Enxofre
t ha ⁻¹ de MS	Tonelada por hectare de matéria seca
Vac	Volume de ácido sulfúrico gasto na titulação da amostra
Val	Volume da alíquota usada na destilação
Vbr	Volume de ácido sulfúrico gasto na titulação do branco de análise
Vt	Volume total de extrato

LISTA DE NOTAÇÕES OU SIMBOLOS

® Marca registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Centro de origem e características morfológicas da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.). A. Gray.16	
3.2 <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.). A. Gray como planta forrageira	17
3.3 Adubação Nitrogenada de forrageiras e as perdas de N por volatilização.....	18
3.4 Nitrogênio e o crescimento das plantas	22
3.5 Referências	25
4 ARTIGO	31
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão	38
Conclusões	46
Referências	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

1 INTRODUÇÃO

A *Tithonia diversifolia*, conhecida popularmente como girassol mexicano, é uma planta da família Asteraceae. Originária da América Central, adapta-se bem às regiões tropicais, sendo cultivada em diversos países como recurso forrageiro, em virtude da alta produção e valor nutricional (REIS *et al.*, 2016; RIVERA *et al.*, 2015).

Devido a sua rusticidade e adaptação as regiões tropicais a *T. diversifolia* é encontrada naturalmente em terrenos baldios, beira de estradas, áreas de pousio, cultivos agrícolas e em pastagens de gramíneas em diversas regiões do país, muitas vezes considerada como planta invasora.

No Brasil as informações sobre seu cultivo e utilização são incipientes, sobretudo quanto ao uso de fertilização e irrigação. A adubação nitrogenada é prática base no cultivo intensivo de forrageiras por acelerar o desenvolvimento das plantas, com aumento significativo na produção de matéria seca e na qualidade da forragem produzida. Entre as fontes de adubos nitrogenados a ureia é a mais utilizada devido a alta concentração de nitrogênio (N) e baixo custo financeiro em comparação a outras opções de mercado.

O uso da ureia, apesar dos benefícios agrícolas, também está associado a ineficiência de aproveitamento do N pelas plantas, devido a sua elevada taxa de perda do solo por volatilização de amônia (N-NH₃). As perdas por volatilização podem atingir 70% do N aplicado como fertilizante (ADFERT, 2013; SANTOS *et al.*, 2016), sendo um grave problema para agricultura.

O inibidor Tiofosfato de N-(n-butil) triamida (NBPT[®]) possui capacidade de reduzir a hidrólise da ureia através da inibição da atividade da urease resultando em redução nas perdas por volatilização da amônia (TASCA *et al.*, 2011). Chagas *et al.* (2017) observaram perdas de N-NH₃ por volatilização de 17,3% quando utilizada ureia com NBPT[®] e de 28,1% com o uso da ureia convencional, em uma área estabelecida de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Esse processo permite mobilizar a urease e, conseqüentemente, minimiza a quantidade de amônia volatilizada. A ação do NBPT[®] em reduzir as perdas por volatilização pode variar em função das características do solo, bem como das características ambientais e práticas culturais adotadas.

A ureia aliada com o uso do inibidor NBPT[®] na cultura da *T. diversifolia*, pode representar melhor aproveitamento do nitrogênio e eficiência na fertilização com esse nutriente, trazendo benefícios ambientais e econômicos no cultivo dessa forrageira.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência agronômica da adubação com ureia associada ao inibidor de urease N-(n-butil) tiofosfóricotriamida (NBPT[®]) em cultivo irrigado de *Tithonia diversifolia*.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar as perdas de N-NH₃ do solo após a aplicação de doses de ureia com e sem o uso do inibidor de urease NBPT[®] na *T. diversifolia*;
- Estudar o efeito do inibidor de urease NBPT[®] na fertilização com ureia sobre os teores de clorofila e as taxas fotossintéticas em folhas de *T. diversifolia*;
- Avaliar a ação do inibidor de urease NBPT[®] na fertilização com ureia sobre a produtividade da *T. diversifolia* em cultivo irrigado no Norte de Minas Gerais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Centro de origem e características morfológicas da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

A *T. diversifolia* é uma planta classificada na Divisão: Sphermatophyta, Classe: Dicotiledoneae, Subclasse: Metaclamídeas, Ordem: Campanuladas, Família: Asteraceae, Gênero: *Tithonia* e Espécie: *Tithonia diversifolia* (PÉREZ *et al.*, 2009 REIS *et al.*, 2016; RIVERA *et al.*, 2015). Conhecida também como unha de gavião, girassol-mexicano, raio-de-sol, botão-de-ouro entre outros nomes populares.

O México é o centro de origem e diversidade genética do gênero *Tithonia*, incluindo a espécie *T. diversifolia* é um arbusto que foi introduzido nas Antilhas e Ceilão (HEUZÉ *et al.*, 2015) que também é conhecida pelos sinônimos *T. rotundifolia* ou *T. tagetiflora*. Esta planta foi introduzida em vários países como Índia, Nigéria, Cuba, Filipinas, Quênia, México, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colômbia, Venezuela e Brasil.

Segundo Silva (2004) e Reis *et al.* (2015) essa planta possui crescimento cespitoso, é capaz de atingir uma altura de até 4 a 5 metros, caule ereto e com grande capacidade de ramificação. As folhas são alternadas, pecioladas, atingindo 20 cm de largura e comprimento. As folhas apresentam três a cinco lóbulos cuneados na base do pecíolo, tendo aspecto de serra na borda e uma resistência no seu pedúnculo.

A sua floração ocorre durante a época do outono e inverno sendo as flores terminais e axilares, de cor amarelada, de tamanho expressivo e isoladas. A inflorescência se apresenta na forma de capítulo, composta por pequenas flores sésseis dispostas em um receptáculo convexo protegido por brácteas com comprimento médio de 11 cm. As flores têm cor amarela brilhante ou laranja (PÉREZ *et al.*, 2009).

Suas raízes são abundantes, com função de sustentação da planta e capacidade de absorção dos nutrientes do solo e a planta é capaz de reter altos valores de proteína em suas folhas. Sobrevive em condições de até 2400 metros de altitude acima do nível do mar, com precipitação mínima de 800 mm ano e em solos pobres em fertilidade e com acidez elevada (RUIZ *et al.*, 2014). A propagação dessa espécie se dá por sementes ou estacas. Suas sementes são pequena com diâmetro de 2,9 mm e leves. Apresenta baixa capacidade germinativa imediatamente após a colheita, mas é observada melhora na sua germinação de até 97,5% quatro meses depois da colheita (MUOGHALU *et al.*, 2005). As estacas podem ser inseridas de 20 a 40 cm no solo de forma vertical ou horizontal, retiradas do terço médio dos caules verdes, sendo plantadas logo após a colheita para evitar a desidratação do material e em solos úmidos, para uma boa brotação (BOTERO LONDOÑO, 2017).

A *T. diversifolia* tem vários usos pelo homem, dentre eles como cobertura morta para recuperação de áreas degradadas e fonte de nutrientes via adubação verde (SILVA, 2004), na contenção de voçorocas, como biomassa para energia (SILVA, 2004), fonte de flores para apicultura, cerca viva com função de barreira contra vento (KATO, 1998), produção de

cosméticos, medicamentos e como inseticida (JAMAS *et al.*, 2000). Devido a sua rusticidade, alta produção de biomassa e palatabilidade essa espécie é utilizada como planta forrageira, para alimentação de bovinos, suínos e aves (AKINOLA *et al.*, 2000; HOLGUÍN *et al.*, 2015). Sendo capaz de produzir entre 30 a 70 t ha⁻¹ de MS, sendo uma fonte de alimento nos períodos de escassez e em regiões onde espécies mais exigentes em fertilidade do solo não se adaptam. A *T. diversifolia* também possui boa capacidade de rebrota mesmo quando com intensidades de corte maiores (MEJÍA *et al.*, 2017; REIS *et al.*, 2015). Essa grande variação na produtividade deve-se ao manejo adotado, que pode variar do cultivo extensivo até aqueles de maior nível tecnológico com adubação e irrigação (RIVERA *et al.*, 2015).

3.2 *Tithonia diversifolia* (Hemsl.). A. Gray como planta forrageira

O uso da *T. diversifolia* para alimentação dos animais vem aumentando devido à grande aceitação tanto por ruminantes (CALSAVARA *et al.*, 2016), como não ruminantes, podendo ser utilizada *in natura*, conservada, pastejo direto ou ainda picada no cocho.

Além de ser uma fonte de alimentação animal é possível ser utilizada para melhorar as condições da fertilidade do solo. O seu uso como adubação verde, principalmente em áreas com pouca atividade agrícola, é bastante interessante devido sua rápida decomposição, fornecendo matéria orgânica e agrega melhores condições químicas, físicas e biológicas ao solo. Em função da sua composição mineral favorável libera nutrientes com mais facilidade e melhora as condições de fertilidade do solo (CORRÊA *et al.*, 2014). Alguns trabalhos relatam o incremento ou substituição de fertilizantes pela utilização de adubação verde com *T. diversifolia* em algumas culturas como o milho (LUSTOSA, 2005; NZIGUHEBA; MERCKX; PALM, 2002). De acordo Souza *et al.* (2012) a *T. diversifolia* é uma ótima opção no uso como adubo orgânico, devido a sua capacidade de reciclar e fornecer nutrientes como N, P, K, Ca, Mg e S ao solo.

Na alimentação animal deve-se levar em consideração a época da colheita, fatores climáticos e o manejo da cultura, pois afetam a produtividade e a qualidade da forragem. O plantio da *T. diversifolia* deve ser realizado em espaçamentos de 0,5m entre linhas de plantio, já para intensidade de corte deve ser de 0,1 m a 0,15 m com frequência de 60 a 80 dias (RUÍZ *et al.*, 2014). No plantio para pastejo direto, o espaçamento deve ser mais amplo entre 3 a 4 m entre linhas e a altura de entrada dos animais de 1 a 1,5 m e altura de resíduo de cerca de 0,5 m. Os intervalos de pastejo ou corte de 60 e 90 dias para o período chuvoso e seco respectivamente (GARCÍA, 2017).

A forragem *T. diversifolia* pode ser ofertada para várias categorias animais. Se balanceada corretamente, pode-se adicionar 10 a 20% de farinha de folhas de *T. diversifolia* para alimentação das aves para melhorar a pigmentação das gemas dos ovos (GARCÍA, 2017). Já para frango de corte, o consumo da *T. diversifolia* não demonstrou ganhos significativos em carcaça, podendo estar relacionado com o tanino (EKEOCHA; AFOLABI, 2012). De acordo com Herrera *et al.* (2013) a *T. diversifolia* é utilizada como parte da dieta de

suínos, misturada com outras forragens, como amora (*Morus alba* L.) e farinha de sorgo (*Sorghum bicolor*), substituindo os concentrados comercial.

A folhagem de *T. diversifolia* é caracterizada por um alto teor de nitrogênio total, uma alta proporção de nitrogênio de natureza aminoácida, alto teor de fósforo, rápida degradabilidade e fermentação no nível ruminal, baixa proporção de N ligada à Fibra dietética insolúvel, baixo teor de fibras e compostos de metabolismo secundário (CALSAVARA *et al.*, 2016; MAHECHA; ROSALES, 2005)

Segundo Souza (2017), na estação do inverno foi utilizado para *T. diversifolia* uma adubação nitrogenada de 60 kg ha⁻¹ durante a cobertura, sendo avaliada num período de 49 a 63 dias de rebrota com altura média próxima a 2,25 m, é possível obter os melhores valores no ponto de vista nutricional e uma produtividade média de 18,6 t ha⁻¹ MS. Nesse sentido, é possível observar reduções de custos quando avaliamos a substituição de insumos externos pela forragem de *T. diversifolia* ou como complemento na suplementação do feno de *Megathyrus maximum*, *Urochloa ruziziensis* e palha de milho (ODEDIRE; OLOIDI, 2014; WAMBUI; ABDULRAZAK; NOORDIN, 2006).

Atualmente, existe um interesse em buscar produzir mais em menores áreas, através de um sistema mais intensivo, que permita alimentar maior quantidade de animais e seres humanos. Associado as variedades alternativas como a *T. diversifolia* e com técnicas de manejo e adubação eficiente, no qual deve ser oferta uma fonte nitrogenada, de acordo com os constituintes químicos e físico do solo, período do ano e condições climáticas do momento na qual será aplicada.

3.3 Adubação Nitrogenada de forrageiras e as perdas de N por volatilização

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas. O N além de ser constituinte de várias moléculas orgânicas, tais como proteínas, ácidos nucleicos e clorofilas, também exerce grande efeito no crescimento das plantas e na qualidade dos produtos vegetais. Na planta possui função estrutural, além de contribuir para os processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (SILVA *et al.*, 2017).

A adubação de pastagem tem por objetivo atender à demanda nutricional das plantas para o estabelecimento e manutenção das forrageiras (CANTARUTTI *et al.*, 1999). Porém em um conceito histórico, muitos produtores ainda não se atentaram para a importância dessa prática para produção de forragem não realizando ou utilizando subdoses de N para os cultivos.

Informações relacionadas a adubação de forrageiras para corte e voltadas a alimentação animal, são escassas no Brasil. Os sistemas de recomendação de adubação não leva em consideração a especificidade da espécie forrageira, mas sim o nível tecnológico para realização dessa prática, que se tem disponível para pastagens de um modo geral, ou de

culturas que pertençam à mesma família, e com isso tem características e necessidades próximas entre si.

Devido à alta extração de nutrição pela forrageira para corte com os capins *Pennisetum purpureum*, são utilizados normalmente através de um sistema mais intensivo, sendo necessária a utilização de adubação nitrogenada (COSTA *et al.*, 2017). Magalhães *et al.* (2006) avaliaram que a adubação nitrogenada no *Pennisetum purpureum* cv. Napier influenciou o rendimento em produção de matéria seca de 18,93 t ha⁻¹ na dose de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Adubação nitrogenada em *Pennisetum purpureum* segundo Vitor *et al.* (2009) na dose de até 700 kg ha⁻¹ ano de nitrogênio proporcionou aumento linear na produção de matéria seca, dessa forrageira para corte durante o período seco utilizando a irrigação e no período chuvoso a irrigação durante o veranico também influenciarão na produtividade de matéria seca.

O nitrogênio é um nutriente requerido em maior quantidade na fase de manutenção das forrageiras, onde nessa fase ocorre maior desenvolvimento da parte aérea. Martuscello *et al.* (2016) observaram na adubação de 120 mg dm⁻³ de N para o capim Massai, o crescimento do comprimento final da lâmina foliar de até 64%. Segundo Patês *et al.* (2008) a adição de nitrogênio contribuíram na produção de matéria seca da parte aérea e de raízes do capim Tanzânia, obtendo máxima produção da parte área do capim Tanzânia na dose de 134,8 mg dm⁻³ de N.

Durante a formação da forrageira a demanda externa de fósforo pela planta é alta, enquanto a de nitrogênio e a de potássio são menores (CANTARUTTI *et al.* 1999). No decorrer do seu desenvolvimento e a sua utilização sob cortes ou pastejo, essas exigências por fósforo diminuem e a de nitrogênio e potássio aumentam. Maiores doses da adubação nitrogenada, normalmente são aplicadas em cobertura, proporcionando melhoria nos valores de proteína e no rendimento forrageiro, garantindo maior capacidade suporte, na produção animal por hectare (FAGUNDES *et al.*, 2006).

O nitrogênio pode ser fornecido às plantas pelo uso de fertilizantes como ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, nitrocálcio, DAP, MAP, amônia anidra, nitrato de sódio e nitrato de potássio (NOVAIS, 2007). Apesar das várias fontes disponíveis, todas elas apresentam risco de perdas de nitrogênio, seja essa perda por lixiviação de nitrato, volatilização de amônia ou por desnitrificação. Um aspecto importante para a escolha do fertilizante é a possibilidade de perda de N por volatilização de NH₃ por ser a maior parte do N, no Brasil, aplicada sobre o solo em adubações de cobertura nos cultivos anuais, ou em adubações parceladas em culturas perenes, já os adubos com N na forma nítrica não são recomendados para a aplicação em solos inundados, como os utilizados no cultivo de arroz, em decorrência de perdas de N por desnitrificação (LARCHER, 2006).

O adubo de maior utilização como fonte nitrogenada é a ureia, devido ao seu baixo custo de aquisição por kg de N, já que possui maior concentração, alta solubilidade em água e boa absorção pelas plantas (CHAGAS *et al.*, 2017). De acordo com Fatibello-Filho (2002) a ureia, ao ser aplicada no solo é degradada pela urease, uma enzima sintetizada por vários organismos, catalisando a hidrólise da ureia em amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂) na

reação: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$. A amônia produzida a partir da ureia pode ser convertida em NH_4^+ e absorvida pelas plantas, contudo, a amônia é uma substância volátil e pode ser perdida facilmente para a atmosfera.

As perdas por volatilização de amônia em solos dependem do pH, matéria orgânica (MO), capacidade de trocas cátions (CTC), textura, temperatura, umidade entre outros fatores. No qual, solos com elevado pH e quando aplicado o adubo na superfície, favorece a hidrólise que contribui para aumentar o pH ao redor dos grânulos, levando ao desequilíbrio entre íon de amônio (NH_4^+), e a forma gasosa, amônia (NH_3), proporcionando maior perda por volatilização (ERNANI *et al.*, 2001). A maioria dos solos da região tropical, apresentam pH ácido, a espécie química predominante é o NH_4^+ (NOVAIS, 2007).

Quando temos solo com pH 5,2, a porcentagem do N amoniacal total em solução é apenas 0,01%, para um meio com pH 7,2 aumenta para 1% e pH 9,2 para 50%. No solo alcalino com $\text{pH} > 7$, qualquer fertilizante nitrogenado que possui N amoniacal está sujeito a perdas por volatilização. A amônia (N-NH_3) perdida por volatilização pode ser proveniente da mineralização da matéria orgânica ou do fertilizante aplicado, sendo esse o fenômeno mais intenso mediante aumento do pH do solo (SANTOS *et al.*, 2016). No Norte de Minas Gerais, caracterizado como região semiárida é comum presenças de solos com ocorrência de característica de pH alcalino, devido a características da rocha de origem e de alcalinidade da água de poços utilizados na irrigação.

Quando aplicado ao solo, a ureia passa por hidrólise enzimática liberando o N amoniacal resultante da reação do fertilizante com enzimas do solo, conforme a sequência de reações quando o solo apresenta $\text{pH} < 6,3$ (KOELLIKER; KISSEL, 1988): $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{CO}_3$; em solos com $\text{pH} > 6,3$; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$.

O processo que promove a elevação do pH ao redor das partículas ocorre através da reação de hidrólise, que ocasiona o consumo de prótons (H^+), porém, mesmo em solos ácidos, a ureia está sujeita a perdas por volatilização de N-NH_3 (TAIZ; ZEIGER, 2017). Segundo Cantarella *et al.* (2003) essas perdas podem representar próximo de 50 % da quantidade aplicada. Essas perdas são provenientes do processo da ação da urease no solo através da síntese realizada por microrganismos e também de origem em resíduos vegetais (SANGOI *et al.*, 2003). A presença de matéria orgânica proveniente da decomposição dos restos culturais no solo representa uma maior atividade de urease, o que ocasiona elevadas perdas N-NH_3 por volatilização (ROJAS *et al.*, 2012). Já em solos descobertos, como em cultivo tradicional essas perdas são menores, de acordo com Barretos; Westerman (1989) devido uma menor atividade de urease.

A volatilização da amônia pode estar relacionada diretamente ao tipo de solo, suas características químicas e físicas. Além do pH outro fator importante é o poder tampão da acidez do solo, que implicam em maior resistência ao aumento do pH e, conseqüentemente, menor perda por volatilização (NOVAIS, 2007). A capacidade de trocas cátions (CTC), a textura e teor de matéria orgânica (MOS), influem diretamente no poder tampão dos solos. Alguns trabalhos mostram que solos arenosos perdem mais N-NH_3 do que solos com textura fina e

argilosa (NELSON, 1982). Solos com maior CTC apresentam maiores quantidades de sítios de troca para reter o NH_4^+ produzindo e menos NH_3 permanece em solução (NELSON, 1982; SANGOI *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2003).

As condições climáticas podem também influenciar a volatilização (CANTARELLA *et al.*, 2008). A combinação de temperaturas elevadas do ar e solo, umidade relativa do ar reduzida e ventos fortes, potencializam as perdas de amônia (MARTHA JR. *et al.*, 2004; MALHI *et al.*, 2001). A presença de água, imediatamente após aplicação do fertilizante com fontes de nitrogênio é suficiente para diluir a concentração de oxidrilas (OH^-) ao redor dos grânulos de ureia. Se não houver essas condições a volatilização ocorre normalmente através da hidrólise do fertilizante (GROHS *et al.*, 2011). Em solos secos associados à aplicação de água em quantidades suficientes facilitam o carreamento de amônia para o interior do solo, reduzindo as perdas por volatilização.

A incorporação ao solo dos fertilizantes nitrogenados, geralmente na profundidade de 5 a 10 cm, busca reduzir as perdas N-NH_3 por volatilização (SANGOI *et al.*, 2003). A incorporação da ureia no solo graças à sua solubilidade, também pode ser feita por meio da chuva ou irrigação. Áreas que apresentam o solo exposto, 10 a 20 mm de precipitação ou irrigação são suficientes para incorporar a ureia ao solo (NOVAIS, 2007).

De acordo com Taiz; Zeiger (2017) a temperatura do solo afeta a taxa de hidrólise e a evaporação da água do solo. Portanto, o aumento da temperatura gera aumento nas perdas de amônia, porém, se o solo secar rapidamente, a hidrólise da ureia é reduzida ou interrompida e a volatilização de amônia diminui.

A volatilização está ligada a evaporação de água no solo, as maiores perdas de amônia ocorrem quando há perda de água e a perda de água é favorecida por altas temperaturas e pelo vento (NOVAIS, 2007). A taxa de evaporação é mais importante que a condição de umidade inicial para a ocorrência de volatilização da amônia (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Diante desses aspectos, é necessário buscar meios para reduzir as perdas por volatilização de N-NH_3 . O uso da incorporação mecânica da ureia ao solo é mais demorada e custosa do que aplicação superficial. Nesse sentido, as indústrias de fertilizantes ofertam ao mercado consumidor produtos de liberação lenta, controlada ou estabilizados, como uso de inibidores de ação da urease, que são capazes de diminuir as perdas de N-NH_3 por volatilização (SOUSA; SILVA, 2009; ESPINDULA, 2010; CANTARELLA, 2007).

A utilização do inibidor auxilia no aumento da eficiência do uso de fertilizante nitrogenado na agricultura, diminuindo a quantidade de fertilizante aplicado e o custo final de produção de forrageira (CHAGAS *et al.*, 2017).

Os principais produtos empregados para inibir a nitrificação e a ação da urease são a dicianodiamida (DCD) e o N-(n-butil) triamida tiosfórica (NBPT[®]). O DCD apresenta vantagens que incluem o menor custo de produção, menor suscetibilidade à volatilização, adequação para uso em conjunto com fertilizantes sólidos e ser um fertilizante solúvel de liberação lenta, contendo pelo menos 65% de N (FRYE, 2005). O NBPT[®] quando misturado à ureia, inibe a hidrólise, ocorrendo um menor pico de volatilização e reduzindo assim, as perdas

de NH_3 (JUAN *et al.*, 2009). O NBPT é misturado e aplicado com a ureia na dose 6,5g do produto para 500 a 1000 g de nitrogênio (ADFERT, 2013).

A ação do NBPT[®] para diminuição de perdas por volatilização de amônia é maior nos períodos iniciais da sua aplicação (CIVARDI *et al.*, 2011). Depois esse efeito é reduzido gradativamente podendo levar minutos, horas ou até dias perdendo o seu efeito mais lentamente em solos inundados (SOARES, 2011).

De acordo com Soares (2011) o NBPT se apresenta mais eficiente em solos com condições de alto valor de pH e baixo teor de matéria orgânica. Testaram 16 solos, observaram uma redução média de 68% na volatilização da amônia quando utilizado o inibidor NBPT em solos mais ácidos, comparado a solos com pH em torno de 5,7 a 7,6 (WATSON *et al.*, 1994).

Um dos critérios de eficiência do inibidor de urease, está associada a presença do resíduo vegetal no solo o que proporciona uma barreira física, capaz de reduzir a possibilidade de ocorrência de contato do N com o solo, que o N-NH_3 , produto da hidrólise, permaneça na superfície dos restos culturais reduzi a adsorção aos colóides orgânicos e inorgânicos e proporciona aumento da volatilização (CANTARELLA *et al.*, 2008). Segundo Vargas *et al.* (2005) a palhada favorece a atividade microbológica e a maior concentração de enzima, o que ocasiona incremento no processo da hidrólise que resulta na formação de N-NH_3 .

3.4 Nitrogênio e o crescimento das plantas

A *T. diversifolia* é uma cultura que apresenta características interessantes de serem trabalhadas, mas existem varias lacunas de informações para serem estudadas principalmente relacionadas à nutrição mineral. Não existem no Brasil recomendações literárias de adubação nitrogenada para *T. diversifolia*. Devido a esse fato, Reis *et al.*, (2016) ao avaliarem o crescimento de produção dessa cultura usaram o girassol como cultura de referencia para recomendação de adubação devido á aproximação botânica e morfológica entre as espécies.

O nitrogênio faz parte da constituição química de vários compostos em plantas, como os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem entre os nutrientes, o nitrogênio que tem uma grande importância como componente quantitativo da fitomassa.

O ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta é bastante complexo. Sendo a maior fração na forma orgânica, encontrado na matéria orgânica em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância ou parte de organismos vivos. O nitrogênio pode ingressar no sistema solo-planta por deposição atmosférica, fixação biológica e adubação química ou orgânica (TAIZ; ZEIGER 2017).

As plantas verdes são capazes de aproveitar o nitrogênio inorgânico. Sendo absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3) ou amônio (NH_4^+) como substância mineral proveniente do solo. O aproveitamento da planta em absorver o nitrogênio na forma de NH_4^+ em solos com pH baixo menos prejudicado que a absorção de nitrato e outros cátions (LARCHER, 2006).

O nitrogênio é empregado em grande quantidade na agricultura moderna na forma de fertilizantes. A planta necessita gastar energia para a incorporação do nitrogênio, que são supridas pelo metabolismo dos carboidratos, no qual depende da fotossíntese das plantas (JADOSKI, 2015). A fotossíntese significa “síntese utilizando a luz”. A partir da energia luminosa ocorre à síntese de carboidrato com a liberação de oxigênio por meio de dióxido de carbono e água, durante a respiração o processo de troca desses gases é revertido (LARCHER, 2006). Esse metabolismo de carbono dentro da célula está correlacionado à circulação atmosférica por meio das trocas gasosas.

A não utilização do nitrogênio é um dos fatores mais prejudiciais, pois limita o desenvolvimento e a produtividade dos vegetais. Doses elevadas de nitrogênio normalmente proporciona efeitos positivos sobre a taxa de assimilação de carbono, sendo o nitrogênio um elemento que está envolvido nos componentes do sistema fotossintético, como a síntese de clorofila, carboxilase oxigenase da ribulose 1,5 bisfosfato (RubisCO) e carboxilase do fosfoenolpiruvato (PEPcase) (CORREIA *et al.*, 2005).

No entanto doses baixas de nitrogênio, na maioria das vezes, a planta não expressa o seu potencial produtivo, pois limita o crescimento vegetativo decorrente da redução significativa na taxa assimilatória líquida de CO₂ (EVANS, 1989). Alguns sintomas pouco visíveis de deficiência nitrogenada sobre a taxa fotossintética pode estar conectado, dentre outros fatores, a diminuição do conteúdo de clorofila, diminuição do tecido paliçádico, diminuição de algumas enzimas do ciclo reutivo do carbono e do nitrogênio e diminuição na condutância estomática ao vapor d’água (KAPP JUNIOR, 2013; SANGOI *et al.*, 2003; GUIDI *et al.*, 1998).

Para a planta absorver a radiação solar como fonte de energia é necessário a presença de N e clorofila. Garantindo funções essenciais como a absorção de nutrientes (REIS *et al.*, 2006). A concentração de nitrogênio foliar e a taxa fotossintética apresentam forte relação independentemente se for expressa com base na área ou na matéria seca (EVANS, 1989).

As avaliações dos parâmetros fisiológicos são mensuradas de forma pontual no tecido vegetal com a utilização de equipamentos como o Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA), que usam para determinar as trocas gasosas de dióxido de carbono (CO₂) ou O₂ no infravermelho, com a quantificação do balaço de CO₂ pela planta.

Durante a avaliação esses gases percorrem a coluna de referência, depois entram na câmara e em seguida na coluna de análises. Por diferença obtemos o balanço de CO₂ consumido em cada momento pelo tecido foliar e o que está disponível na câmara do aparelho. Através de equações matemáticas obtém-se um dos fatores, como a taxa fotossintética. (COPYRIGHT, 2011).

Os índices de clorofila podem ser disponibilizados através do equipamento clorofilômetro “Soil Plant Analysis Development” – SPAD - 502 (MINOLTA, 1989). Sendo um instrumento portátil, simples, rápido e que possibilita quantificar a clorofila sem compromete o tecido foliar (UDDLING *et al.*, 2007; GUIMARÃES *et al.*, 1999).

As clorofilas são pigmentos fundamentais no aparato fotossintético das plantas e, conseqüentemente, ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes. As clorofilas

a e *b* são constantemente sintetizadas e destruídas, cujos processos são influenciados por fatores internos e externos às plantas. Entre os fatores externos, os nutrientes minerais como o nitrogênio, se destacam, por integrarem a estrutura molecular das plantas, como também por atuarem em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos (TAIZ *et al.*, 2017).

Maiores teores de clorofila *a* em relação clorofila *b*, se deve ao fato que a clorofila *a* participa ativamente do processo fotoquímico da fotossíntese, pois o espectro de absorção da clorofila *a* indica aproximadamente a porção da radiação solar utilizada pelas plantas, tendo seu espectro de absorção até o comprimento de onda de aproximadamente 450 e 650 nm e a clorofila *b* esta ligado ao comprimento de onda não absorvida pela clorofila *a* (TAIZ *et al.*, 2017).

3.5 REFERÊNCIAS

- ADFERT Aditivos Agroicolas. **UREMAX NBPT** 2013. Disponível em: <<http://www.adfert.com.br/produtos/uremax-nbpt/>>. Acesso em: 29 abr. 2017.
- AKINOLA, J. O.; LARBI, A.; FARINU, G. O.; ODUNSI, A. A. Seed treatment methods and duracion effects on germination of wild sunflower. **Exp. Agric.**, v. 36, p. 63-39, 2000.
- BARRETO, H. J.; WESTERMAN, R. L. Soil urease activity in winter whert residue management systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 53, p.1455-1458, 1989.
- BOTERO LONDOÑO, J. M. **Potencial de extracción y utilización de nutrientes de *Tithonia diversifolia* y su relación con el rendimiento y calidad nutricional**. 2017. 20 f. Tese (Doutorado) – Universidade Nacional de Colombia, Palmira, 2017.
- CABRAL, L. S.; FILHO, S. C. V.; ZERVOUDAKIS, E. D. T.; PEREIRA, O. G.; VELOSO, R. G. Composição Químico-Bromatológica, Produção de Gás, Digestibilidade in Vitro da Matéria Seca e NDT Estimado da Silagem de Sorgo com Diferentes Proporções de Panículas1. **Ver. Bras. de Zoot.**, v. 32, n. 5, p. 1250-1258, 2003.
- CALSAVARA, L. H.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; DELAROTA, G.; FREITAS, D. S.; SACRAMENTO, J. P.; PACIULLO, D. S. C.; MAURICIO, R. M. Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* para alimentação de ruminantes. **Live. Res. for Rur. Devel.**, v. 28, n. 2, 2016.
- CANTARELLA, H. CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nut. Cycl. in Agro.**, Netherlands, v. 67, n.3, p. 215-223, 2003.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de uréase para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IAC, 2007. v.1, 19p.
- CANTARELLA, H. TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Sci. Agríc.**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; DE FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; DE OLIVEIRA, F. T. T.. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. [5º Aproximação]. Viçosa: Ed. Viçosa, 1999. p. 299
- CARNEIRO, R. C. P. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arq. Bras. Med**, v. 59, n. 4, p. 1029-1037, 2007.
- CHAGAS, P. H. M.; GOUVEIA, G. C. C.; DA COSTA, G. G. S.; BARBOSA, W. F. S.; ALVES, A. C. Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. **Rev. de Agric. Neot.**, v. 4, n. 2, p. 76-80, 2017.
- CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de Liberação Lenta Aplicada Superficialmente e Ureia Comum Incorporada ao Solo no Rendimento do Milho. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 1, 2011, p. 52-59.
- COPYRIGHT ADC BIOSCIENTIFIC LTDA. **LCpro-SD Portable Photosynthesis System**. Instruction manual. Issue 2. Hertfordshire, UK, 2011.
- CORRÊA, A. L.; ABOUD, C. de S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. G.; RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde com crotalaria consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico1/Green manure by intercropping crotalaria with baby corn before kale under organic management. **Rev. Ceres**, v. 61, n. 6, p. 956, 2014.

- CORREIA, C. M. PEREIRA, J. M. M.; COUTINHO, J. F.; BJÖRN, L.O.; PEREIRA, J. M. G. T. Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study. **Euro. Jour. of Agron**, Amsterdam, v. 22, n.3, p. 337-347, 2005.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Rev. Bras. de Ciên. do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.
- COSTA, M. G.; CAMPOS, J. M. S.; FILHO, S. de C. S.; VALADARES, R. F. D.; MENDONÇA, S. S.; SOUZA, D. P.; TEIXEIRA, M. P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.
- COSTA, C. L. A. S.; EMRICH, E. B.; SILVA, M. N. A. A P. de M.; ZIVIANI, A. C.; GUELFY, D. R. S. Avaliação de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta em área de pastagem por meio de técnica de classificação supervisionada de imagens digitais. In: **SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA-SEPIT**, v. 1, n. 1, 2017.
- ERNANI, P.R.; BAYER, C.; STECKLING, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Rev. Bras. Ciên. do Solo**, Viçosa, v.25 p.939-946, 2001.
- ESPINDULA, M. C. **Inibidor de urease (NBPT) e eficiência da ureia na fertilização do trigo irrigado**. 2010. 82 f. Tese de doutorado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1136/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 28 abr. 2017.
- EKEOCHA, A. H.; AFOLABI, K. D. Carcass characteristics of broilers fed Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal-based diets. **J. Anim. Prod. Adv**, v. 2, n. 5, p. 271-276, 2012.
- EVANS, J. R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. **Oecol.**, Berlin, v.78, n.1, p.9-19, 1989.
- FAGUNDES, J.L.; da MIRANDA, F. D.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C.; TEIXEIRA, C. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO, JR. D.; RIZALINO, M. E.; LAMBERTUCCI, A. M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Rev. Bras. de Zootec.** v.35(1): p.30-37, 2006.
- FATIBELLO-FILHO, O. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Quím. Nova**, v. 25, n. 3, p. 455-464, 2002.
- FRYE, W.W. Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, Frankfurt, 2005. Proceedings: Paris, **Inter. Fert. Ind. Assoc**, 2005. 8p.
- GONZALEZ-CASTILLO, J. C.; VON-HESSBERG, C. M. H.; NARVAEZ-SOLARTE, W. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraceae) y su uso en la alimentación animal. **Bol. Cient. Mus. Hist. Nat**, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2014.
- GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVARES, V.V.H.; MONNERAT, P.D. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Brag.**, Campinas, v.58, n.1, p. 209-216, 1999.
- GUIDI, L.; LOREFICE, G.; PARDOSSI, A.; MALORGIO, TOGNONI, F.; SOLDATINI, G.F. Growth and photosynthesis of *Lycopersicum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. **Biol. Plant.**, Prague, v.40, n.2, p.235-244, 1998.

- GARCÍA, I. R. Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. **Devel.**, v. 29, p. 4, 2017.
- GROHS, M.; MARCHESAN, E.; SANTOS, D. S.; MASSONI, P. F. S.; SARTORI, G. M. S.; FERRERA, R.B. Resposta do arroz irrigado ao uso de inibidor de urease em plantio direto e convencional. **Ciên. e Agrotec.**, v. 35, n. 2, p. 336-345, 2011.
- HERRERA, R., PÉREZ, A., ARECE, J., HERNÁNDEZ, A., IGLESIAS, J.M. Utilización de grano de sorgo y forraje de leñosas en la ceba porcina. **Past. y For.**, v. 36, n. 1, p. 56-63, 2013.
- HEUZÉ V, TRAN, G.; REVERDIN, G.; LEBAS, F. **Girassol-mexicano (*Tithonia diversifolia*)**. Feedipedia, um programa do INRA, CIRAD, AFZ e FAO.2015
- HOLGUÍN V. A.; ORTIZ GRISALEZ, S.; VELASCO NAVIA, A.; MORA-DELGADO, J. Avaliação multicriterio de 44 apresentações de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray em Candelaria, Valle del Cauca. **Rev. Med. Vet. Zoot.**, v. 62, n. 2, 2015.
- JADOSKI, C. J. **Avaliações fisiológicas de sorgo sacarino inoculado com *Azospirillum brasilense* em função da adubação nitrogenada e reguladores vegetais**. 2015. 98 f. Tese de doutorado – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, Botucatu-SP, 2015, Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/134295/jadoskijuni_or_c_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Acesso em: 29 jan. 2018.
- JAMA, B.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; NIANG, A.; GACHENGO, C.; NZIGUHEBA, G.; AMADALO, B.. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. **Agrof. systems**, v. 49, n. 2, p. 201-221, 2000.
- JUAN, Y. H.; CHEN L. J.; WU, Z. J.; WANG, R.. Kinetics of soil urease affected by urease inhibitors at contrasting moisture regimes. **Ver. de lacienciadelsuelo y nutrición vegetal**, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2009.
- KAPP JUNIOR, C. **Sensores de refletância espectral e desempenho da cultura do trigo em resposta à adubação nitrogenada em plantio direto**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Química) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2013. Disponível em <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2108> Acesso em: 29 jan. 2018.
- KATO, C. I. R. ***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico**. Cali: Fundación Centro para la Investigación em Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. p. 217-229. 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.htm>> Acesso em: 29 jun. 2017.
- KOELLIKER, J.K.; KISSEL, D. E. Chemical equilibria affecting ammonia volatilization. In: Bock, B.R. KISSEL, D.E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Schools: National Fertilizer Development Center, 1988. p.37-52.
- LARCHER, W. **Ecof. Veg.**, São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2006. p.204
- MAHECHA, L; ROSALES, M. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. **Liv. Res. for Rur. Dev.**, v. 17, n. 9, 2005.
- MALHI, S.S.; GRANT, C. A.; JOHNSTON, A. M.; GILL, K. S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian great plains: a review. **Soil & Til. Res., Amst.**, v.60, n.3/4, p.101-122, 2001.
- MARTHA JR. G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, F.; TEXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G.. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com ureia no verão. **Rev. Bras. de Zoot.**, v. 33, n. 6, p. 2240-247, 2004.

MARTINS, R. L.; JUNIOR, R. P.; FERNANDES, C. A.; GRISE, M. M.; MURARO, B. G. PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM PASTAGENS DE *Brachiaria brizantha* cv. marandu e *Panicum maximum* cv. mombaça, EM RESPOSTA A DIFERENTES DOSES DE NUTRIENTES, EM UMUARAMA-PR. **Rev. Acad.: Ciên. Anim.**, v. 4, n. 3, p. 59-64, 2017.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M. E CUNHA, D.N.F.V. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Rev. Bras. Zoot.**, v. 35: p. 665-671, 2006.

MARTUSCELLO, J. A.; MAJEROWICZ, N.; da CUNHA, D. N. F. V.; de AMORIM, P. L.; BRAZ, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. **Arc. de zootec.**, v. 65, n. 252, 2016.

MEJÍA, D. ESTEFANÍA, MAHECHA, L. L., ANGULO, A. J Potencial nutricional del botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) en vacas lecheras. **Agron. Mes.**, v. 28, n.1, p. 289-302, 2017

MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Bet. Crops**, v.93, n.4, p.9-11, 2009.

MUOGHALU, J. I.; CHUBA, K. D.. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and *Tithonia rotundifolia* (PM) Blake. **App. Ecol. and Envi. Res.**, v. 3, n. 1, p. 39-46, 2005.

NELSON, D.W. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. In: STEVENSON, F.J. (Ed.) **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: Ame.Soc. of Agro., 1982. p.327-363.

NOVAIS, R. F.. **Fertilidade do solo**. Soc. Bras. de Ciên. do Solo, 2007.

NZIGUHEBA, G.; MERCKX, Roel; PALM, C. A. Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. **Agrof. Syst.**, v. 55, n. 3, p. 165-174, 2002.

ODEDIRE, J. A.; OLOIDI, F. F. Feeding Wild Sunflower (*Tithonia Diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a Dry Season Forage Supplement. **World Journal of Agri. Res.**, v. 2, n. 6, p. 280-284, 2014.

PÉREZ, A.; MONTEJO, I.; IGLESIAS, J. M.; LOPEZ, O.; MARTIN, J.G.; GRACIA, E. D.; MILIAN, I.; HERNANDEZ. A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Past. y For.**, v. 32, n. 1, p. 1-1, 2009.

PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; OLIVEIRA, A. C.; FONCÊCA, M. P.; VELOSO, C. M. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Rev. Bras. de Zootec.**, Viosa, v. 37, n. 11, p. 1934-1939, 2008.

REIS, M. M.; SANTOS, L. D. T. ; PEGORARO R. F.; COLEN, F.; ROCHA, L. M.; FERREIRA. G. A. de P. Nutrition of *Tithonia diversifolia* and attributes of the soil fertilized with biofertilizer in irrigated system. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb.**, v. 20, n. 11, p. 1008-1013, 2016.

REIS, M. M.; CRUZ, L.RL.; COSTA, G. A.; BARROS, R. E.; SANTOS, L. D. T. Potencial forrageiro de *Tithonia diversifolia* na alimentação Animal. **Cad. de Ciên. Agr.**, v. 7, n. Suppl, p. 233-245, 2015.

REIS, R. A. JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. Instituto Agrônomo de Campinas, **Brag.**, vol. 65, n.1, 2006 p.163-171

RIVERA, J. E. CUARTAS. C. A.; NARANJO, J. F.; TAFUR, O.; HURTADO, E. A.; ARENAS, F. A.; CHARÁ, J.; MURGUEITIO, E. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en

un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. **Liv. Res. for Rur. Dev.**, v. 27, n. 10, p. 1-13, 2015.

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

RUIZ, E.T.; FEBLES, G. J.; GALINDO, J. L.; SAVÓN, L. L.; CHONGO, B. B.; TORRES, V.; CINO, D.; ALONSO, J.; GUITIERREZ, D.M.; CRESPO, J. G.; SCULL, I.M.; GONÇALVES, LOK, J. O. L. S.; GONZALEZ, N.; ZAMORA, A. *Tithonia diversifolia*, its possibilities in cattle rearing systems. **Cub. Jour. of Agric. Sci.**, v. 48, n. 1, 2014.

SANGOI, L.; ERNAN, R.P.; LECH, A.V.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciên. Rur.**, v. 33, n. 4, 2003.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Rev. de Agric. Neot.**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 16–20. 2016.

SILVA, P. C. S. C. **Efeito da variação sazonal na produção de compostos ativos em *Tithonia diversifolia* (HEMSL) Gray, utilizando ensaio com microorganismos** 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-09112004-165625/en.php#referencias>> . Acesso em: 28 abr. 2017.

SILVA, F. D.; PEGORARO R. F; MARTINS V, M; KONDO, M, K; DORASIO. S, OLIVEIRA, G. L; MOTA. M.F C Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de urease e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Rev.Ceres**, v. 64, n. 3, 2017.

SOARES, J. R. **Efeito de inibidores de urease e de nitrificação na volatilização de NH₃ pela aplicação superficial de uréia no solo**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 2011. Disponível em: <<http://www.iac.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/pb1214209%20JOHNNY%20RODRIGUES%20SOARES.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2017.

SOUSA, R. A.; SILVA, T. R. B. Typic Hapludox acidification with the application of nitrogen arising from urea, ammonium sulfate and sulfammo. **Cul. o Sab.**, Cascavel, v.2, n.3, p.78-83, 2009.

SOUZA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBURQUERQUE, A. H.P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Rev. Ciên. Agro.**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

SOUZA, S. N. M. **Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia***. 2017. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG, 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. **Rev. Bras. de Ciên. do Solo**, Viçosa, v.35, n. 1, p.493-502, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiol. e Desen. Veg.**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, , 2017.

UDDLING, J.; J. GELANG-ALFREDSSO.J;K. PIIKKI, K.; PLEIJEL H.Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD - 502 chlorophyll meter readings. **Phot. Res.**, v. 91, p. 37-46, 2007.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciê. Rur.**, Santa Maria, v. 35, n.1, p. 76-83, 2005.

WAMBUI, C. C.; ABDULRAZAK, S. A.; NOORDIN, Q. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. **Live. Res. for Rur. Devel.**, v. 18, n. 5, p. 64, 2006.

WATSON, C.J.; MILLER, H.; POLAND, P.; KILPATRICK, D.J. .; ALLEN, M.B.D.; GARRET, M.K.; CHRISTIANSON, C.B. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Biol. & Bioc.**, v. 26, p. 1165-1171, 1994.

4 ARTIGO

4.1 Eficiência da adubação nitrogenada associada ao inibidor de urease no cultivo de Girassol-mexicano irrigado

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Bragantia

Eficiência da adubação nitrogenada associada ao inibidor de urease no cultivo de Girassol-mexicano irrigado

Resumo: O uso da ureia como fertilizante implica em elevadas perdas de N-NH₃, mesmo em áreas irrigadas. O objetivo com este estudo foi avaliar a aplicação de doses de ureia associada ou não ao inibidor de urease NBPT[®] sobre as perdas de N-NH₃ do solo por volatilização e quantificar a produtividade da *T. diversifolia* em cultivo irrigado. Utilizou-se o delineamento em bloco casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 2 x 5, sendo primeiro fator a ureia associada ou não com inibidor de urease NBPT[®], e o segundo representado pelas doses de 0, 50, 100, 150 e 200 Kg ha⁻¹ de N. As maiores perdas de N-NH₃ no solo foram observadas no 6º dia após aplicação, nos tratamentos sem inibidor de urease e nas maiores doses de ureia. Com NBPT[®], obteve-se a maior taxa fotossintética de 42,36 cmol CO₂ m⁻² s⁻¹ aos 60 dias após adubação e o aumento da dose de N no solo proporcionou incremento nos teores de clorofila foliar de *T. diversifolia*. A utilização de NBPT[®] reduz a perda de N-NH₃ no solo a menos de 5% das doses aplicadas. O NBPT[®] em mistura a ureia aumenta a eficiência agrônômica do uso do N pela *T. diversifolia* em comparação ao uso do fertilizante sem esse inibidor de urease. A eficiência do uso do nutriente aplicado possui comportamento inverso ao aumento da dose de N aplicada, sendo o melhor custo benefício referente a produtividade da forrageira obtido com a aplicação 50 kg ha⁻¹ de N com uso do NBPT[®].

Palavras-chave: N-(n-butil) tiofosfócotriamida, fotossíntese, eficiência agrônômica, *Tithonia diversifolia*, fertilizante.

Introdução

A *Tithonia diversifolia* adapta-se bem às regiões tropicais e apresenta elevado potencial forrageiro em virtude da alta produtividade e valor nutricional em sistemas irrigados (REIS *et al.*, 2016). A utilização de adubação nitrogenada pode aumentar a produtividade da *T. diversifolia*, entretanto, existem poucos estudos com doses de nitrogênio (N), utilizando o inibidor em sistemas irrigados com produção intensiva.

Entre as fontes disponíveis de adubos nitrogenados a ureia é a mais utilizada devido à alta concentração de N (45% de N) e menor custo em relação a outras fontes (SILVA *et al.*, 2017). Apesar disso, esse fertilizante, ao ser aplicado na superfície do solo, está sujeito a perdas por volatilização que podem atingir até 70% do nitrogênio (N) aplicado (ADFERT, 2013; SANTOS *et al.*, 2016; SCIVITTARO *et al.*, 2010).

Essas perdas ocorrem principalmente pela alta atividade da enzima urease (RIBEIRO *et al.*, 2016) e está relacionada diretamente ao tipo de solo, suas características químicas e físicas, como, pH; capacidade de trocas cátions (CTC); a textura e teor de matéria orgânica (MOS) (NOVAIS, 2007).

Algumas práticas culturais podem minimizar as perdas por volatilização do N, entre elas a incorporação do fertilizante e parcelamento da adubação, bem como a utilização de inibidores da urease (CHAGAS *et al.*, 2017). O inibidor N-(n-butil) Tiofosfóricotriamida (NBPT[®]) possui capacidade de reduzir a hidrólise da ureia por meio da inibição da atividade da urease resultando em menores perdas por volatilização da amônia (TASCA *et al.*, 2011).

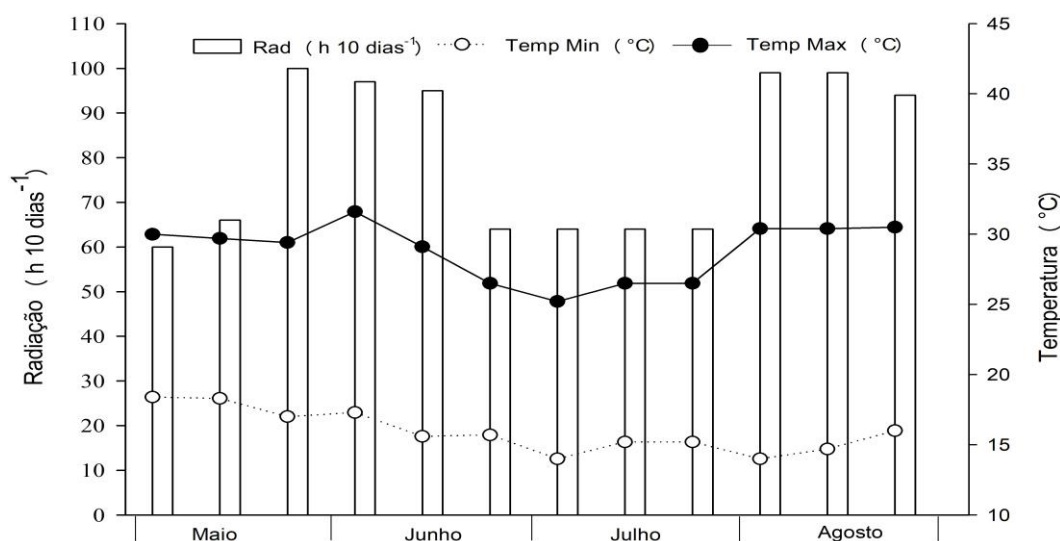
O efeito do uso do NBPT[®] é mais expressivo na primeira semana após sua aplicação, pois a ureia se hidrolisa rapidamente, tornando-se suscetível às maiores perdas de N-NH₃ (SILVA *et al.*, 2017). O NBPT[®] associado à ureia e utilizado em áreas com condições favoráveis a volatilização, resulta na diminuição da perda de N-NH₃ e propicia maior disponibilidade de N para as plantas (MIKKELSEN, 2009), contribuindo para sua maior produtividade.

Nessa situação, o uso do inibidor de urease na cultura da *T. diversifolia* pode contribuir para melhorar os resultados com a adubação e a produtividade dessa forrageira. Neste contexto objetivou-se avaliar a eficiência da adubação nitrogenada associada ao inibidor de urease no cultivo de *T. diversifolia* irrigado.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em área irrigada localizada na longitude 43°50'18.29" O e latitude 16°40'59.29" S, pertencente à Fazenda Experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros – MG. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW – Tropical com inverno seco (ALVARES *et al.*, 2013). Sendo o experimento realizado de maio a agosto de 2017 nas estações outono e inverno. O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Háplico eutrófico textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013). Os dados climáticos durante o período experimental foram apresentados no Gráfico 1, não sendo observada precipitações.

Gráfico 1 – Médias decendiais de temperatura e radiação durante os períodos de avaliação de perda de N, Montes Claros - MG



Tmím.- temperatura mínima; Tmáx. - temperatura máxima.

Fonte: INMET, 2017.

O experimento foi conduzido em área já cultivada com *Tithonia diversifolia* com três anos de implantação e submetida a cortes frequentes. Para início do experimento procedeu-se uma roçada das plantas a 30 cm de altura, com auxílio de roçadeira mecanizada, para uniformização das brotações. O solo da área foi amostrado para caracterizar os aspectos físico-químico descritos com pH em água, 7,67; matéria orgânica, 3,66 dag kg⁻¹; P, 1,88 mg dm⁻³; K, 137,67 mg dm⁻³; Ca, 7,07 cmol_c dm⁻³; Mg, 1,60 cmol_c dm⁻³; Al, 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al, 1,05 cmol_c dm⁻³; CTC, 10,06 cmol_c dm⁻³; saturação por bases, 89,67%; areia, 19,47%; silte, 38,80%; argila, 41,73%.

Após o corte de uniformização aplicou-se em cobertura 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com as fontes cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente. Essa adubação foi realizada conforme recomendação de adubação para manutenção de capineiras

de *Penisetum purpureum* (CANTARUTTI *et al.*, 1999), devido a ausência de recomendação literária para adubação de *T. diversifolia*.

A área foi irrigada por sistema de aspersão convencional com aspersores da marca Senior, com vazão de $2,75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e pressão de 196 KPa. Com a ausência de precipitação durante o período experimental as irrigações foram realizadas diariamente, buscando manter o solo próximo a 80% de sua capacidade de campo.

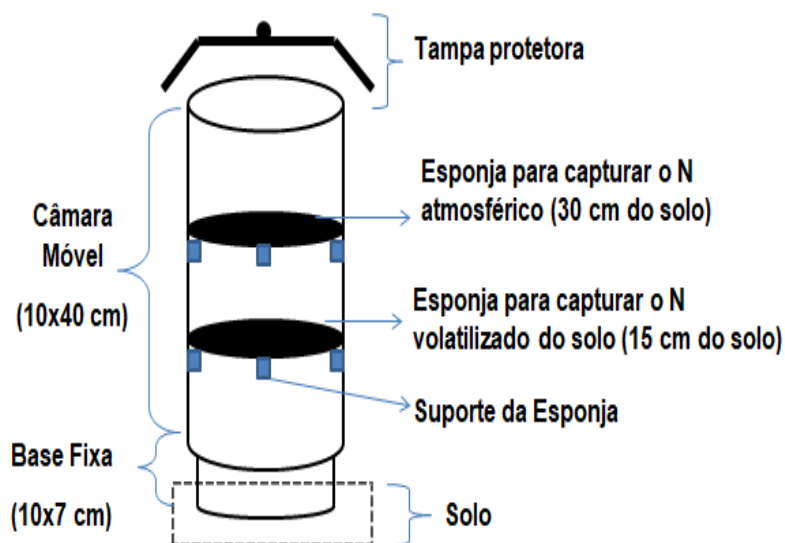
Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2×5 , sendo duas formas de adubação nitrogenada com ureia (ureia comum e ureia + inibidor de urease – NBPT) e cinco doses de nitrogênio, equivalentes à 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} . As parcelas foram constituídas por três linhas de plantas de *T. diversifolia* com 3,6 m de comprimento e cultivadas no espaçamento de 1,0 m entre linha e 0,4 m entre plantas nas linha. A linha de plantas central das parcelas foi considerada a área útil para mensurações.

A ureia foi aplicada na superfície do solo a 25 cm de distância das plantas entre linhas de cultivo, aos 20 dias após o corte de uniformização da *T. diversifolia*. Nos tratamentos correspondentes o produto comercial UREMAX NBPT[®] foi misturado manualmente à ureia, na dose de 6,5 g do produto para 1.000 g de N (ADFERT, 2013).

A volatilização de amônia do solo foi avaliada com câmaras estáticas e semi-abertas (Figura 1), de acordo com Cantarella *et al.* (2003). Para tanto, foram alocadas nas entre linhas das plantas 6 bases fixas de PVC, com diâmetro de 10 e 7,0 cm de altura, 3 cm enterrada na superfície do solo. Nessas bases fixas foi realizada a adubação com ureia, espalhada em 100% da superfície, de modo proporcional à área da base e doses recomendadas de 0; 1,9; 2,3; 3,5; 4,6 g de ureia/recipiente, de acordo a recomendação da dose correspondente a parcela. Em seguida, foram alocadas sobre a base câmaras móveis de PVC com 10 cm de diâmetro e 40 cm de altura, cobertas na parte superior com tampa plástica protetora, com espaço de 1 cm para passagem de ar.

No interior das câmaras móveis de PVC foram acondicionados dois discos de espuma de polietileno com 2 cm de espessura, embebidos em 100 mL de solução preparada com 50 mL L^{-1} de H_3PO_4 e 40 mL L^{-1} de glicerina. Os discos de espuma foram levemente comprimidos para atingirem volume final de solução de 70 mL, evitando o gotejamento no interior dos cilindros. O primeiro disco de espuma foi alocado na câmara a 15 cm de altura do solo, com o intuito de capturar o N-NH_3 volatilizado do solo que é de interesse da pesquisa, e o segundo disco de espuma foi alocado na câmara, a 30 cm de altura do solo, com a função de captar a N-NH_3 proveniente da atmosfera e garantir que o mesmo não venha interferir na captura do N-NH_3 volatilizado do solo.

Figura 1 – Imagem ilustrativa da câmara coletora de N-NH₃ volatilizado do solo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Em cada parcela experimental foi instalada seis bases fixas e uma câmara móvel, a qual foi movimentada e acoplada nas bases a cada três dias, sendo a câmara usada para determinar a perda de N por volatilização da amônia (N-NH₃).

As perdas de amônia foram avaliadas aos 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias após aplicação da adubação no solo. Após cada coleta, o fosfato de amônia capturado foi extraído imediatamente dos discos de espuma por meio de oito lavagens sucessivas com solução contendo 1 mol L⁻¹ de KCl. O produto dessa lavagem foi coletado em balões volumétricos e o volume ajustado para 500 mL com solução KCl (1 mol L⁻¹). Dessa solução retirou-se 20 mL de alíquota para determinação do teor de N-NH₃ por meio de destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldahl (TEDESCO *et al.*, 1995). A determinação do nitrogênio amoniacal foi estimada com base no volume de ácido sulfúrico (H₂SO₄) gasto na titulação das provas em branco e das amostras, de acordo com a equação (TEDESCO *et al.*, 1995):

$$\text{N-NH}_3 = [(\text{Vac} - \text{Vbr}) \times 14,007 \times \text{Nac} / \text{Val}] \times \text{Vt}$$

onde:

N-NH₃ = Nitrogênio amoniacal

Vac = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação da amostra (ml);

Vbr = volume de ácido sulfúrico gasto na titulação do branco de análise (ml);

Nac = normalidade do ácido sulfúrico utilizado;

Val = volume da alíquota utilizada na destilação (ml);

Vt = volume total de extrato (ml).

Aos 60 e 70 dias após a adubação nitrogenada foram realizadas as avaliações do teor de clorofila nas folhas completamente desenvolvidas, escolhidas ao acaso na parcela, sempre no terço superior em oito plantas por parcela. A determinação do teor de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foi realizada com uso do clorofilômetro (ClorofiLOG, modelo CFL 1030), conforme especificações do fabricante.

Nestes mesmos dias também foi realizada a medição de atividade fotossintética em μmol de $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, utilizando o medidor de trocas gasosas no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), com livre circulação de ar. Estas medidas foram realizadas no horário entre 9 e 11 horas da manhã, em duas plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela. Em cada planta escolheu-se uma folha livre de doenças e pragas, localizada no terço superior das plantas para avaliação com equipamento. As variáveis radiação, concentração de CO_2 e umidade do ambiente foram fixadas em $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 340 ppm e 18 mb, respectivamente, para minimizar as variações ambientais.

Aos 74 dias após o corte de uniformização foi realizado a colheita de duas plantas centrais da parcela (cortando-se a 30 cm de altura do solo). Imediatamente após a colheita, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e perfurados para serem levados a estufa de circulação forçada de ar a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, por 72 horas para secagem. Sendo posteriormente pesada em balança de precisão para determinação da massa seca para posterior extrapolação de área para determinação da produtividade.

Também foi analisada a eficiência agrônômica da utilização do N pela *T. diversifolia*, segundo a metodologia determinada por Fageria; Baligar (2005). De acordo com a equação adaptada e ajustada calcular determinou-se de forma similar a eficiência do inibidor NBPT[®].

$$EA = (\text{PMScf} - \text{PMSsf})/(\text{QNa}), \text{ expressa em kg kg}^{-1}$$

onde:

EA, é a eficiência agrônômica;

PMScf, produção de massa seca no tratamento com adubação nitrogenada;

PMSsf, produção de massa seca no tratamento sem adubação nitrogenada (testemunha);

QNa, quantidade em kg de N aplicado.

$$EI = (\text{PMScNBPT}^{\text{®}} - \text{PMSsNBPT}^{\text{®}})/(\text{QNBPT}^{\text{®}}), \text{ expressa em kg kg}^{-1}$$

onde:

EI, é a eficiência do inibidor;

PMScNBPT[®], produção de massa seca com NBPT[®];

PMSsNBPT[®], produção de massa seca sem NBPT[®];

QNBPT[®]a, quantidade em kg de NBPT[®] aplicado.

A perda de nitrogênio na forma de volatilização do N-NH_3 , a eficiência agrônômica do N aplicado e a eficiência do inibidor NPBT[®] foram apresentadas de forma descritiva, e a produtividade de massa seca, os teores de clorofila e taxa fotossintética foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e em casos de significância, foi

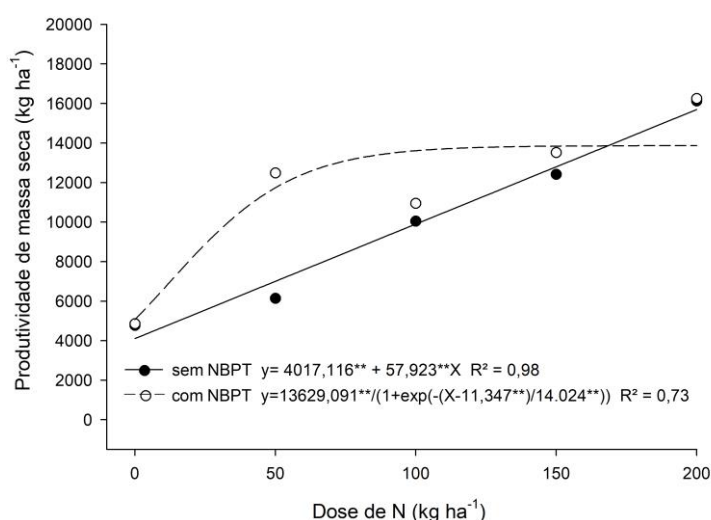
realizada a análise de regressão em função das doses de nitrogênio, por meio dos programas estatísticos R-studio e Sigmaplot® versão 10.0.

Resultados e Discussão

A adubação com ureia em diferentes doses de N sem inibidor NBPT® proporcionou aumento linear na produtividade (kg ha^{-1} massa seca) da *T. diversifolia* enquanto que com inibidor NBPT® esse ajuste foi sigmoidal (GRÁFICO 2).

O aporte de N garantiu maior produção de biomassa da cultura com valores máximos de $16.000 \text{ kg ha}^{-1}$ de massa seca com aplicação de 200 kg ha^{-1} de N, sem NBPT® (GRÁFICO 2), durante um ciclo de 74 dias.

Gráfico 2 – Produtividade de massa seca (kg ha^{-1}) após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de *Tithonia diversifolia*, utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®



**Significativo a $p < 0,05$ pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A utilização de ureia sem inibidor NBPT® propiciou o aumento de 57 kg de massa seca na *T. diversifolia* para cada Kg de N adicionado ao solo, na produção inicial de 4.017 kg ha^{-1} de massa seca, enquanto que a aplicação de ureia com NBPT® proporcionou com o ajuste da equação para produtividade maior incremento até a dose de 50 kg ha^{-1} de N de aproximadamente $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$ de massa seca, próximo a uma estabilização da produtividade com incremento das doses de N superiores a 130 kg ha^{-1} . Esse resultado indica melhor aproveitamento fisiológico da cultura em relação à disponibilidade de nitrogênio e uma menor perda de N-NH_3 por volatilização quando do uso do NBPT®.

O uso de NBPT® proporcionou maior disponibilidade do nutriente quando da aplicação de 50 kg ha^{-1} de N para as plantas, que implica em maior eficiência do inibidor na menor dose

de N testada (Tabela 1). A eficiência do NBPT[®] decresce drasticamente com aumento das doses de N aplicadas em *T. diversifolia* irrigada.

Tabela 1. Eficiência do inibidor, durante o ciclo completo da *Tithonia diversifolia*, após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com NBPT[®] no cultivo irrigado

Dose de N	Eficiência do Inibidor (kg kg ⁻¹)
50	21062
100	1373
150	1132
200	93

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O Uso do NBPT[®] misturado à ureia promoveu maior eficiência agrônômica do uso do N quando comparado ao uso isolado desse fertilizante, independentemente da dose aplicada. A aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N com NBPT[®] apresentou a maior eficiência agrônômica do uso desse fertilizante e a maior resposta produtiva por valor investido na fertilização (Tabela 2). Fageira *et al.* (2003) relatam que a eficiência agrônômica pode ser aumentada quando fazemos o uso de dose adequadas e aplicações na época apropriada de acordo com a necessidade da cultura. Farinelli e Lemos (2011) descrevem que a eficiência do uso do N reduz em relação ao aumento de doses aplicadas, no qual relatam que o aproveitamento de N decresceu com o uso de maiores doses, em razão do excedente do N necessário pela cultura.

Segundo Fernandes *et al.* (2005) a aplicação de maiores doses de N aplicada esta associada a menor eficiência agrônômica do uso desse nutriente, dada a disponibilidade maior do que a demanda pelas culturas. Adicionalmente, altas doses de N aplicado na forma de ureia pode ocasionar elevadas perdas por volatilização do N-NH₃, promovendo um decréscimo na eficiência agrônômica (FARINELLI e LEMOS, 2011).

Tabela 2. Eficiência Agrônômica do N aplicado e custo econômico durante o ciclo completo da *Tithonia diversifolia* após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com e sem NBPT[®] no cultivo irrigado

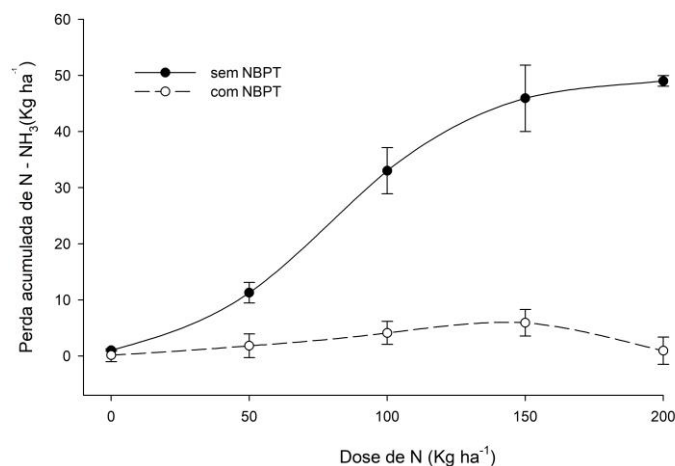
Dose de N	Eficiência Agrônômica do N aplicado (kg kg ⁻¹)	Custo com Adubação (R\$)	*Custo Parcial (kg de MS/R\$ investido)
50 sem NBPT	27,24	97,77	62,79
50 com NBPT	176,16	104,59	124,14
100 sem NBPT	52,70	195,55	51,37
100 com NBPT	67,69	209,20	52,32
150 sem NBPT	50,90	293,00	42,36
150 com NBPT	62,27	313,80	43,07
200 sem NBPT	57,32	391,11	41,23
200 com NBPT	60,32	418,41	38,81

*Custo parcial de quilo de massa seca por real investido em ureia

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O aumento das doses de N com ureia sem inibidor incrementou a volatilização de N-NH₃ após a adubação (GRÁFICO 3), apresentando médias superiores às aquelas obtidas nos tratamentos que receberam NBPT®.

Gráfico 3 – Perdas acumulada de N-NH₃ no solo durante 18 dias após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de *Tithonia diversifolia*, utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®. As barras verticais indicam o erro padrão da média



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

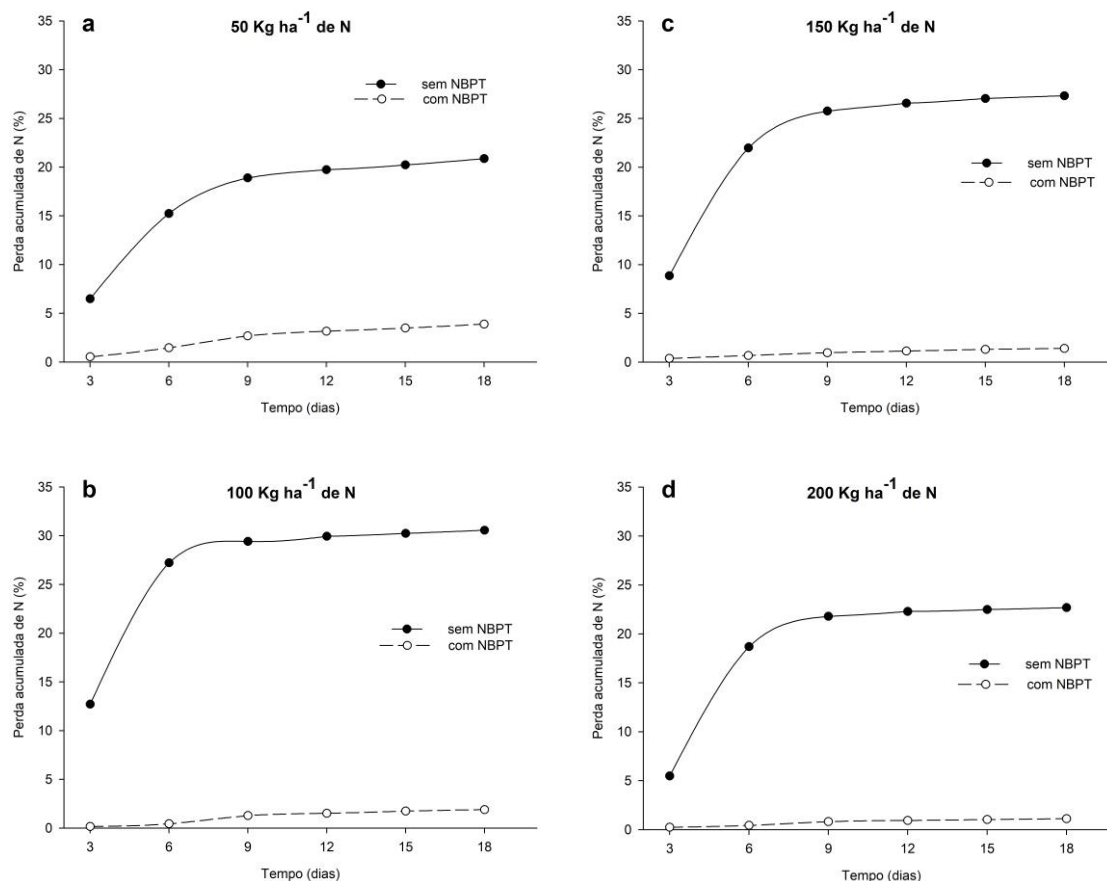
Após a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N obteve-se a perda acumulada de 49 kg ha⁻¹ de N-NH₃ no tratamento sem o uso de NBPT®. A ureia apresenta alguns aspectos indesejáveis, como reação inicial alcalina no solo que associado ao manejo de aplicação e dose elevada do fertilizante, resulta em maior perda de N-NH₃ (SCIVITTARO et al., 2010).

O NBPT® é adicionado à ureia como alternativa para reduzir e retardar as perdas de N-NH₃, que ocorrem de forma mais acentuada na primeira semana após a aplicação de ureia (SILVA et al., 2017). O NBPT tem a função de inibir a ação da enzima urease responsável por desencadear o processo de volatilização da ureia (SILVA et al., 2017), deixando disponível por maior tempo o nitrogênio para que a planta o absorva.

Também o uso da água de irrigação promove maior incorporação da molécula de ureia nos colóides do solo, ocasionando menores perdas de N-NH₃. Esse processo aumenta o tempo para a difusão do fertilizante em maiores volumes de solo, diminuindo as perdas de N-NH₃ (CANTARELLA, 2008). Entretanto as perdas observadas no presente estudo são elevadas, mesmo com irrigação, o que ressalta a importância do trabalho e a preocupação com as perdas em áreas com cultivo de sequeiro.

As perdas de N-NH₃ acumuladas em porcentagem durante os 18 dias de avaliação, variaram com as diferentes combinações nitrogenadas e doses de N (GRÁFICO 4 a, b, c e d).

Gráfico 4 – Perda acumulada de N-NH₃ no solo, em porcentagem, durante 18 dias após aplicação de doses de nitrogênio na forma de ureia com e sem NBPT[®] no cultivo irrigado de *Tithonia diversifolia*

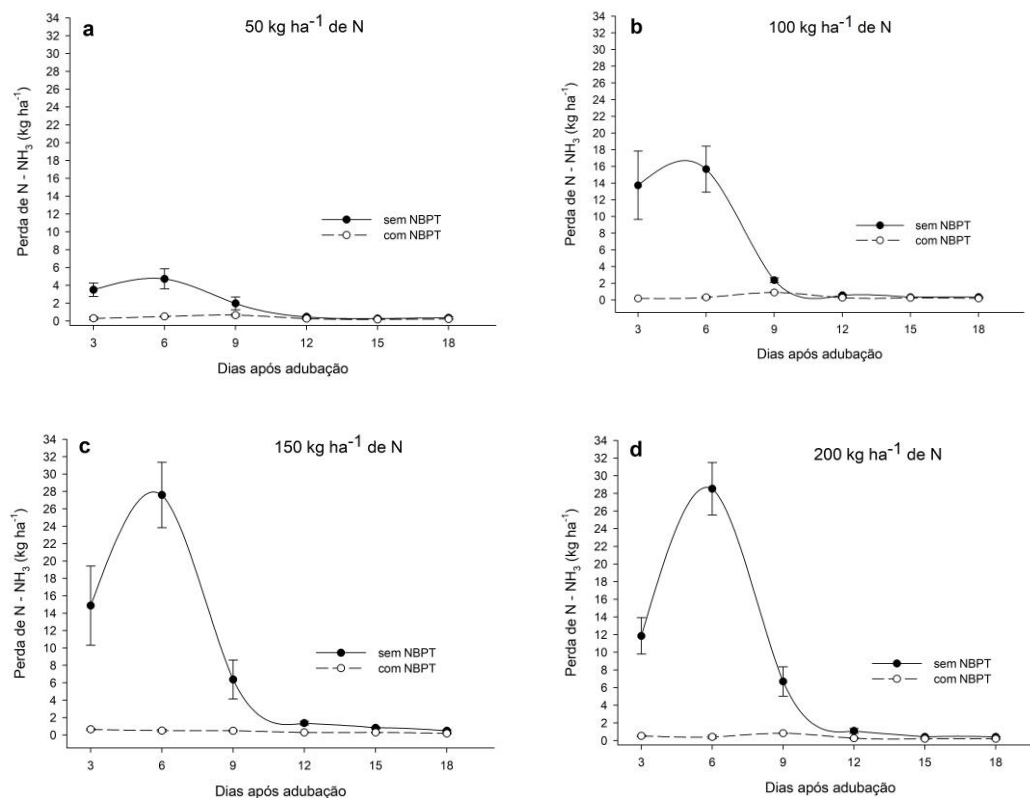


Fonte: elaborada pelo autor, 2018.

No entanto, as maiores perdas relativas de N-NH₃ foram obtidas após a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N no tratamento sem NBPT[®] (Gráfico 4 b), com perda acumulada de 33% do N aplicado, aos 18 dias após a adubação, enquanto, na dose de 200 kg ha⁻¹ de N no tratamento sem NBPT[®] (Gráfico 4 d) a perda relativa de N-NH₃ correspondeu a 24,5%. A redução na perda relativa de N-NH₃ para a maior dose aplicada pode ser atribuída a maior saturação dos sítios de ação da enzima urease dada a maior disponibilidade de ureia no solo conforme observado por Silva *et al.*, (2017). No entanto, na presença de NBPT[®] a saturação dos sítios de ação da enzima foi menor ou inexistente, retardando o efeito do aumento das doses de N na redução das perdas (GRÁFICO 4 a, b, c e d). A diminuição da hidrólise da ureia com o uso do NBPT[®] mantém maior proporção do N-fertilizante por período de tempo. Dessa maneira o uso do NBPT[®] impediu que ocorresse alta concentração de N na forma amoniacal NH₄⁺ e a elevação excessiva do pH, localizado no entorno da granula de ureia, reduzindo a perda de N-NH₃ (STAFANATO *et al.*, 2013).

No presente estudo as maiores taxas de perda de N-NH₃ foram observados no sexto dia e menores a partir do nono dia (GRÁFICO 5 a, b, c e d).

Gráfico 5 – Perdas de N-NH₃, em função dos dias após aplicação de doses de nitrogênio no cultivo irrigado de *Tithonia diversifolia*, utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®. As barras verticais indicam o erro padrão da média



Fonte: elaborada pelo autor, 2018.

Scivittaro *et al.* (2010) constataram pico de volatilização do N-NH₃ no quinto dia e um decréscimo no décimo dia após aplicação de ureia na cultura do arroz irrigado. Indicando uma maior velocidade da hidrólise da ureia, no qual ocorre uma reação do fertilizante com esta enzima presente no solo, liberando o N amoniacal que ocasiona um aumento nas perdas por volatilização (CANTARELLA *et al.*, 2008). Mesmo em áreas com irrigação, mas associadas as regiões de condições climática semelhantes ao Norte de Minas Gerais, que apresentam elevadas temperaturas essas perdas ainda foram acentuadas. Durante o sexto dia para dose 150 e 200 kg há⁻¹ de N (GRÁFICO 5 c e d) obteve-se a perda de 28 e 29 Kg de N-NH₃, no tratamento sem NBPT®.

A taxa de hidrólise da ureia pela enzima urease é mais expressiva durante os primeiros dias após adubação (SILVA *et al.*, 2017; SCIVITTARO *et al.*, 2010). Alguns trabalhos têm relatado perdas de N-NH₃ de até 60% do N aplicado, com uma média entre 20 a 30%, em condições experimentais (CANTARELLA *et al.*, 2008; SCIVITTARO *et al.*, 2010).

Observa-se também (GRÁFICO 5 a, b, c e d) que na presença do inibidor de urease os picos de perda de N-NH₃ foram menores e ocorreram em período posterior ao nono dia após a aplicação da ureia em todas as doses testadas. Esses resultados corroboram com Okumura e Cinque (2012) que observaram que o NBPT® é capaz de inibir por até 14 dias a degradação

enzimática da ureia, proporcionando menor perda de N-NH₃. Diante disso, foi possível observar nesse trabalho que o período crítico de perda de N-NH₃ ocorreu até o 9º dia após adubação nitrogenada, na ocasião em que o uso desse inibidor demonstrou-se eficiente.

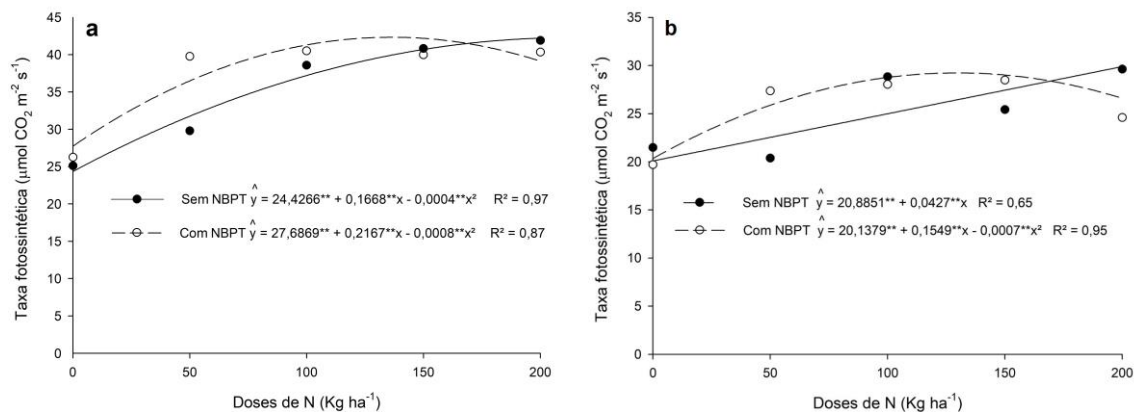
A presença de elevadas temperaturas atmosféricas durante o período experimental (GRÁFICO 1) contribuíram para obtenção de intenso processo de perda de N-NH₃ no período inicial de cultivo da *T. diversifolia*, conforme observa-se pelos dados climáticos da região no período experimental, com temperatura máxima próxima a 35°C e radiação elevada. Silva *et al.* (2017) trabalhando com a cultura do abacaxi em área irrigada também observaram elevadas perdas de N-NH₃ quando da fertilização com ureia.

A elevada temperatura local associada a condições de intensa radiação solar também contribuem para o aumento da perda de água por evaporação. No qual, as taxas de evaporação associado com a umidade do solo, são parâmetros que ajudam determinar o momento adequado de aplicação dos fertilizantes nitrogenados sem incorporação. No entanto o solo com baixa umidade favorece as perdas de N-NH₃ devido às elevadas concentrações de NH₄⁺ e NH₃ em solução, favorecendo a emissão da forma gasosa de NH₃. (SILVA *et al.*, 2017).

Em regiões tropicais o clima pode ser determinante na volatilização da amônia. Entretanto a interação com os fatores do solo como teor de carbonato de cálcio, CTC, concentração de cátions trocáveis, textura, temperatura, umidade e pH devem ser levados em consideração. Solos com reação alcalina, podem desenvolver micro sítios com elevada alcalinidade no torno de partículas de solo (pH 8 - 9,0), favorecendo a volatilização de N-NH₃ (NOVAIS, 2007). Essas condições podem ser observadas em solos do Norte de Minas Gerais com pH superior a 7,0 que também apresentam elevado teor de matéria orgânica 3,66 dag/kg, fator que favorecem a atividade da enzima urease e a transformação da ureia em N-NH₃.

Para a taxa fotossintética da *T. diversifolia* observou-se interação significativa entre as doses de N aplicadas com uso ou não do NBPT[®], durante os períodos de 60 e 70 dias após adubação nitrogenada (GRÁFICO 6 a e b).

Gráfico 6 – Taxa fotossintética de *Tithonia diversifolia* aos 60 (a) e 70 (b) dias após adubação com doses de nitrogênio utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT[®], em cultivo irrigado



**Significativo a $p < 0,05$ pelo teste t.

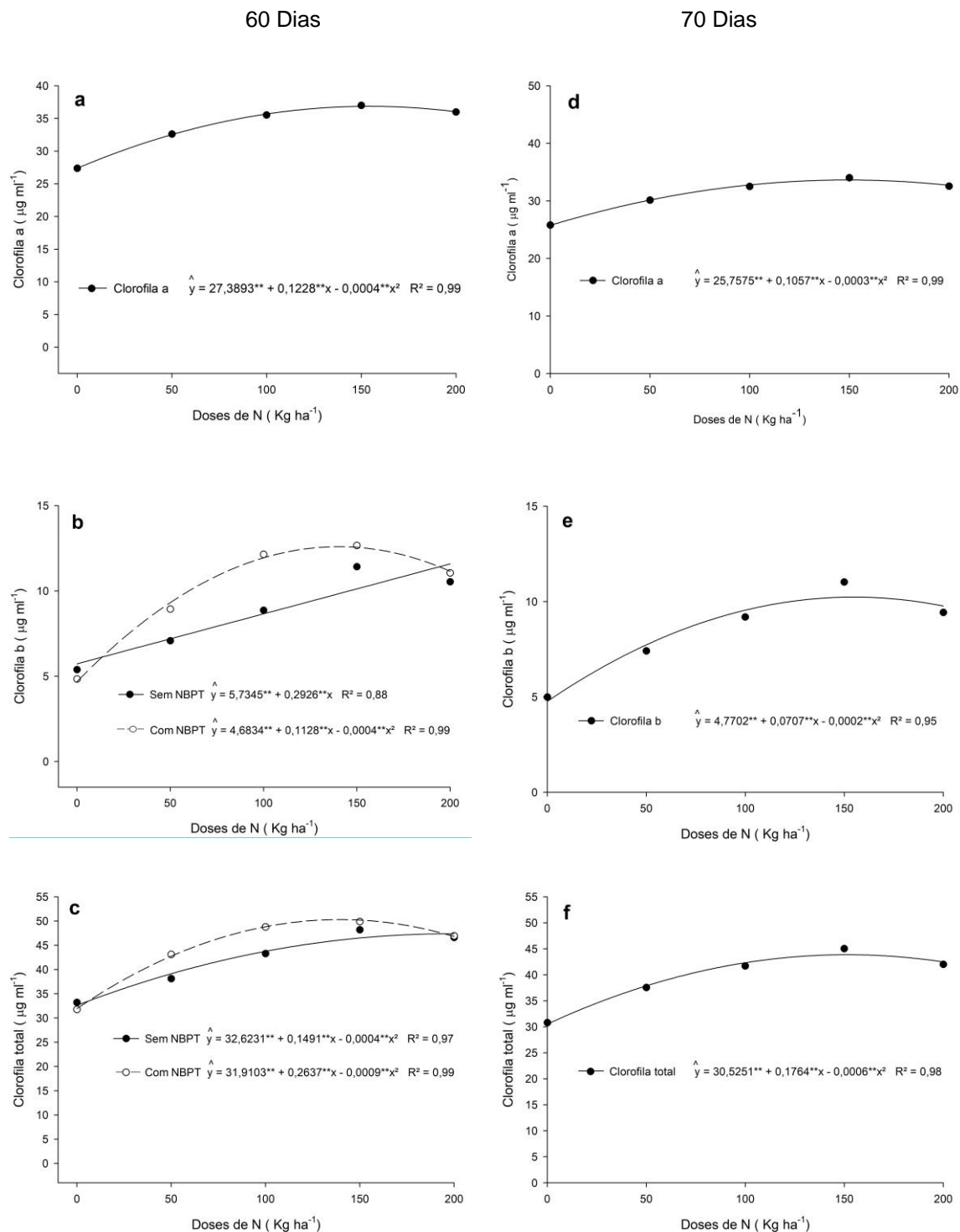
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Independente da época de avaliação a taxa fotossintética da *T. diversifolia* sob adubação de ureia com NBPT[®] apresentou resposta quadrática com incremento da taxa fotossintética (GRÁFICO 6 a, b). Aos 60 dias após aplicação da adubação nitrogenada (GRÁFICO 6 a), foi observado o ponto máximo de taxa fotossintética que ocorreu na dose de 135,43 kg ha^{-1} de N com NBPT[®]. Demonstrando que o uso do inibidor proporcionou maior disponibilidade do nutriente no solo para ser aproveitado pela planta, garantindo melhor taxa fotossintética de 42,36 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 60 dias após adubação nitrogenada e aos 70 dias após adubação nitrogenada (GRÁFICO 6 b), taxa fotossintética de 28,7036 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na dose de 110,64 kg ha^{-1} de N com NBPT[®]. Souza, (2017) trabalhando com período de rebrota da *T. diversifolia*, obteve taxa fotossintética de 21,31 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, aos 39 dias de rebrota e depois essas taxas fotossintéticas foram decrescendo de acordo com o avançar do ciclo da cultura, com valores inferiores ao encontrado no presente estudo.

A aplicação de ureia sem NBPT[®] aos 70 dias após adubação nitrogenada (GRÁFICO 6 b) proporcionou ajuste linear crescente em função do aumento das doses de N para taxa fotossintética de *T. diversifolia*. Resultados próximos ao do presente trabalho foram encontrados também por Silva *et al.* (2013), utilizando a cultura do girassol, que pertence a mesma família da *T. diversifolia*, com taxa fotossintética de 31,90 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na dose de 60 kg ha^{-1} de N como fonte ureia.

O teor de clorofila foliar da *T. diversifolia* foi influenciado pelas doses de N e a adição ou não de NBPT[®] aos 60 dias (GRÁFICO 7 a, b, c) e somente pelas doses de N aos 70 dias após adubação (GRÁFICO 7 d, e, f).

Gráfico 7 - Clorofila a, b e total de *Tithonia diversifolia*, aos 60 dias (a, b e c, respectivamente) e 70 dias após adubação (d, e, f) em cultivo irrigado sob doses de nitrogênio utilizando fertilizante ureia com e sem inibidor NBPT®



**Significativo a $p < 0,05$ pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

À medida que se aumentou a dose de N no solo obteve-se incremento nos teores de clorofila *a*, sendo os valores máximos observados na dose 153,50 Kg ha⁻¹ de N, aos 60 dias após a fertilização. Aos 70 dias teor máximo de clorofila *a* foi observado na dose 176,16 Kg ha⁻¹ de N (GRÁFICO 7 a, d) com e sem NBPT[®].

A clorofila *b* e total aos 60 dias após adubação nitrogenada (GRÁFICO 7 b e c) obtiveram maior acúmulo na presença de NBPT[®] e para as doses 141,00 e 186,37 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Esses resultados podem ser atribuídos a maior capacidade do NBPT[®] em manter o N disponível no solo para as plantas e por maior período de tempo, contribuindo de modo eficiente para aumento no teor foliar de clorofila (LARCHER, 2006). Esse fenômeno pode ter contribuído para maior produção de biomassa da *T. diversifolia*, uma vez que cerca de 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (Pôrto *et al.*, 2011) e para produção de tecido novo.

Aos 70 dias após adubação nitrogenada (GRÁFICO 7 e, f) os pontos máximos dos teores clorofila *b* e clorofila total nas folhas de *T. diversifolia* foram observados nas doses de 176,75 e 147,00 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. As doses de ureia aplicadas no solo durante esse experimento aumentaram os teores de clorofila total, clorofila *a* e clorofila *b* (GRÁFICO 7), contribuindo para melhor desempenho da taxa fotossintética e acúmulo de massa seca. Reis *et al.* (2016) observaram que com incremento nas doses de biofertilizante bovino promoveu aumento no teor de clorofila total, clorofila *a* e clorofila *b* nas plantas irrigadas *T. diversifolia*. Já Santos *et al.* (2012), utilizando o girassol, observaram valores de teor de clorofila na folha total, nas doses de 90 Kg ha⁻¹ de N com média de 35,3 µg ml⁻¹, próximos dos valores observados no presente estudo.

Conclusões

A fertilização com nitrogênio em cobertura com uso de ureia em área irrigada de cultivo de *T. diversifolia* provoca perdas por volatilização de cerca de 30% do N aplicado. Com aplicação do inibidor de urease NBPT[®] em mistura a ureia às perdas de N por volatilização são inferiores a 5% das doses aplicadas.

O uso do NBPT[®] em mistura a ureia aumenta a eficiência do uso do N pela *T. diversifolia* em comparação ao uso do fertilizante sem esse inibidor de urease. Entretanto a eficiência do uso do nutriente aplicado possui comportamento inverso, com variação entre 176,16 e 60,32 kg kg⁻¹ quando da fertilização com as doses de 50 e 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicadas em cobertura. Melhor custo benefício para produtividade da *T. diversifolia* foi obtido com a aplicação do N na dose de 50 kg ha⁻¹ de N com uso do inibidor de urease NBPT[®].

O aumento das doses de N aplicadas, sobretudo com uso do inibidor de urease NBPT[®] misturado a ureia, promove resposta positiva no aumento dos teores de clorofila, da taxa fotossintética e, conseqüentemente, maior crescimento e produtividade de *T. diversifolia*.

Referências

- ADFERT Aditivos Agroicolas. **UREMAX NBPT** 2013. Disponível em: <<http://www.adfert.com.br/produtos/uremax-nbpt/>>. Acesso em: 29 abr. 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, JL; SENTELHAS, PC; GONÇALVES, JLM; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol.**, v. 22, n. 1.p. 711-728, 2013.
- CANTARELLA, H. CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutr. Cycl. in Agro.**, Netherlands, v. 67, n.3, p.215-223, 2003.
- CANTARELLA, H. TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Sci. Agrí.**, Piracicaba, v.65, n.4, p.397-401, 2008.
- CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; DE CARVALHO, M. M.; DE FONSECA, D. M.; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; DE OLIVEIRA, F. T. T.. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação** Ed. Viçosa 1999. p. 299
- 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. **Rev. de Agric. Neot.**, v. 4, n. 2, p. 76-80, 2017.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.
- FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Rev. Bras. de Mil. e Sorg.**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Adv. in Agro.**, New., v. 88, p. 97-185, 2005.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 250p
- FARINELLI, R; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Rev. Bras. de Mil. e Sorg.**, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2011.
- LARCHER, W. **Ecof. Veg.** São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2006. p. 204
- MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Bet. Crop.**, v. 93, n. 4, p.9-11, 2009.
- NOVAIS, R. F. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- OKUMURA, R. S; CINQUE, M. D. Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de urease Agronomic aspects of urease inhibitor-treat edurea. **Amb.**, v. 8, n. 2, p. 403-414, 2012.
- PÔRTO M. L.; PUIATTI M.; FONTES P. C. R.; CECON, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Hort. Bras.**, v. 29, p. 311-315, 2011.

REIS, M. M.; SANTOS L. D, T.; PEGORARO, R. F.; COLEN, F.; ROCHA, L. M.; FERREIRA, G. A. D. P. Nutrition of *Tithonia diversifolia* and attributes of the soil fertilized with biofertilizer in irrigated system. **Rev. Bras. de Eng. Agric. e Amb.**, v. 20, n. 11, p. 1008-1013, 2016.

RIBEIRO, D. S. **Crescimento inicial da cana-de-açúcar em função de doses de adubo nitrogenados revestidos com micronutrientes ou não.** 2016. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Rev. de Agric. Neot.**, v. 3, n. 1, p. 16-20, 2016.

SANTOS, M. E. M.; SANTOS, M. E. M.; COELHO, E. L.; CELEDONIO, C. A.; PEREIRA, N. S.; LIMA, C. S.; SILVA, J. R. E. C. C. Índice de clorofila na folha do girassol submetido a doses crescentes de nitrogênio. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Tocantins. **Anais...** Tocantins, 2012.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. 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. **Ciê. Rur.**, v. 40, n. 6, 2010.

SILVA, A. R. A. BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA, J. V.; FREITA, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Rev. Ciên. Agro.**, v.44, p. 86-93, 2013.

SILVA, F. D.; PEGORARO R. F.; MARTINS V, M; KONDO, M, K; DORASIO. S, OLIVEIRA, G. L; MOTA, M. F. C. Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de urease e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Rev. Ceres.**, v. 64, n. 3, 2017.

SOUZA, S. N. M. **Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia*.** 2017. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.

STAFANATO, J. B.; GOULART, R. S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C. G.; SOUZA, H. N. Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado. **Rev. Bras. de Ciên. do Sol.**, Viçosa, v. 37, n.3, p. 726-732, 2013.

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. **Rev. Bras. de Ciên. do Sol.**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 493-502, 2011.

TEDESCO, J. M. GIONELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Departamento de solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento dessa pesquisa traz informações sobre o cultivo de *Tithonia diversifolia* no Norte de Minas Gerais como forrageira alternativa de alta produtividade, bem como de práticas de cultivo intensificado em relação ao uso da adubação nitrogenada e sua eficiência em áreas irrigadas.

A *T. diversifolia* é uma cultura que apresenta ótimas opções para ser trabalhada na região do semiárido, devido ao seu uso múltiplo e rusticidade. Caracterizada como uma planta que tolera solos ácidos, cortes intensos, com capacidade de rebrota elevada, boa produtividade de matéria seca por hectare e valores nutricionais como proteína alta, comparado com outras opções forrageiras presentes e adaptadas a região.

A fertilização com nitrogênio em cobertura com uso de ureia provoca perdas por volatilização de cerca de 30% do N aplicado, mesmo sendo a área de cultivo de *T. diversifolia* irrigada. Essa informação traz preocupação sobre o manejo da adubação nitrogenada empregado atualmente, sobretudo em regiões mais quentes e quando do uso de elevadas doses de N. Com aplicação do inibidor de urease NBPT[®] em mistura a ureia às perdas de N por volatilização são inferiores a 5% das doses aplicadas, demonstrando ser um produto eficiente e interessante do ponto de vista agrônomo e ambiental.

O uso do NBPT[®] em mistura a ureia aumenta a eficiência do uso do N pela *T. diversifolia* em comparação ao uso do fertilizante sem esse inibidor de urease. O aumento das doses de N promove resposta produtiva linear crescente, informação comumente encontrada em experimentos dessa natureza com outras forrageiras em sistemas de cultivo irrigado. Entretanto a eficiência do uso do nutriente aplicado possui comportamento inverso, com variação entre 176,16 e 60,32 kg kg⁻¹ da eficiência agrônoma para as doses de 50 e 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicadas em cobertura.

O aumento das doses de N aplicadas, sobretudo com uso do inibidor de urease NBPT[®] misturado a ureia, promove resposta positiva no aumento dos teores de clorofila, da taxa fotossintética e, conseqüentemente, maior crescimento e produtividade de *T. diversifolia*. O aumento nos teores de clorofila pode ser relacionado ao aumento dos teores foliares de nitrogênio, uma vez que 50% do N foliar está associado à clorofila em outras plantas. Tal informação precisa ser investigada, mas traz possibilidade interessante quanto à qualidade da forragem produzida por *T. diversifolia* sobre doses mais elevadas de N.