



Manejo da adubação nitrogenada em solo alcalino cultivado com sorgo Sudão *Management of nitrogen fertilization in alkaline soil cultivated with sorghum sudan*

Antunes Romeu Lima do Nascimento¹, Clarissa Soares Freire², Antônia Francilene Alves da Silva³,
Emídio Cantídio Almeida de Oliveira², Fernando José Freire², Renato Lemos dos Santos⁴

¹ Centro Estadual em Educação Profissional (CEEP) Lourdes Carvalho Neves Batista, Cícero Dantas, Bahia, Brasil.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

³ Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (AGERP), Chapadinha, Maranhão, Brasil.

⁴ Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Campus Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

Contato: antunesromeu@yahoo.com.br

Palavras-Chave

Sorghum sudanens
inibidor de urease
cobertura de solo
massa seca
eficiência nutricional

RESUMO

O uso de fertilizantes nitrogenados, como ureia revestida, associado ao manejo de palha pode aumentar a eficiência do fertilizante em solos alcalinos cultivado com sorgo sudão. Objetivou-se avaliar o efeito de fontes de nitrogênio e manejo da palha de milho sobre o crescimento, a produção de massa seca e a eficiência nutricional do N em sorgo sudão cultivado em solo alcalino. O ensaio foi instalado no delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 2, combinação entre fontes de N: testemunha, sulfato de amônio, ureia e ureia revestida e manejo da palha de milho: presença ou ausência. Aos 45 dias após o plantio, avaliaram-se: altura, diâmetro do colmo, número de folhas e perfilhos, produção e alocação de massa seca para folhas, colmo e raiz, razão raiz/parte aérea, além do teor, conteúdo e eficiência nutricional do N. A ureia revestida não foi eficiente na promoção de crescimento e biomassa no sorgo sudão nas condições edafoclimáticas estudadas. Os fertilizantes nitrogenados ureia e sulfato de amônio incrementaram a produção de massa seca das folhas, compartimento comercializável do sorgo sudão. A adição da palha do milho ao sistema de cultivo aumenta a produção de massa seca e permite a manutenção da eficiência nutricional do N em sorgo sudão.

Key-word

Sorghum sudanens
urease inhibitor
ground cover
dry mass
nutritional efficiency

ABSTRACT

The use of nitrogen fertilizers, such as coated urea, associated with the management of straw can increase the efficiency of the fertilizer in alkaline soils grown with sorghum sudan. The objective was to evaluate the effect of nitrogen sources and management of corn straw on growth, dry matter production and nutritional efficiency of N in sorghum sudan grown in alkaline soil. The assay was installed in a completely randomized design, a 4 x 2 factorial scheme, a combination of N sources: control, ammonium sulfate, urea and coated urea and management of corn straw: presence or absence. At 45 days after planting, height, stem diameter, number of leaves and tillers, production and allocation of dry matter for leaves, stem and root, root / shoot ratio, as well as nutritional content, content and efficiency were evaluated do N. Urea coated was not efficient in promoting growth and biomass in sorghum sudan under the studied edaphoclimatic conditions. The nitrogen fertilizers urea and ammonium sulfate increased the production of dry leaf mass, a marketable compartment of sorghum sudan. The addition of corn straw to the cultivation system increases the dry mass production and allows the maintenance of the nutritional efficiency of N in sorghum sudan.

Informações do artigo

Recebido: 21 de maio, 2020

Aceito: 11 de agosto, 2020

Publicado: 29 de agosto, 2020

Introdução

O cultivo do sorgo tem sido indicado para uso forrageiro no semiárido Nordeste, devido à velocidade de crescimento, acúmulo de biomassa e tolerância às condições edafoclimáticas da região, inclusive ao estresse hídrico. A cultura pode atingir produção de matéria seca de até 39 Mg.ha⁻¹ em 90 dias (ALBUQUERQUE et al., 2013; TOLENTINO et al., 2016). Entretanto, para que o potencial genético da cultura seja alcançado, há necessidade de atender as necessidades nutricionais, em especial de nitrogênio (N), o nutriente mineral mais absorvido (ALBUQUERQUE et al., 2013). A demanda do sorgo por N pode ser atendida pela adubação mineral, devendo-se observar as fontes disponíveis no mercado e o pH do solo.

A maioria dos solos do semiárido do Nordeste do Brasil é vulnerável as perdas de amônia [NH₃(g)] por volatilização, devido à peculiaridade de suas condições edafoclimáticas, como: altas temperaturas e baixa pluviosidade (ALVARES et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013); altas taxas de evapotranspiração; solos com baixa capacidade de retenção de água (PÁDUA, 2013); e pH neutro a alcalino (SILVA et al., 2017; FARIA et al., 2020). Dentre essas características, a neutralidade do pH ou sua tendência a alcalinidade é a que mais favorece as perdas de NH₃ por volatilização.

De acordo com Sampaio et al. (2009), em 59% do território dos Estados do Nordeste, com exceção do Maranhão, não há necessidade de aplicação de calcário, por apresentar pH próximo a neutralidade. Se considerarmos apenas os Estados de Pernambuco, Paraíba, Sergipe e Rio Grande do Norte, o percentual é de 75%. Desse modo, as perdas de N via volatilização da NH₃ nesses Estados, podem ser altas.

Entre os fertilizantes minerais nitrogenados, a ureia e o sulfato de amônio são os mais utilizados na agricultura brasileira (CANTARELLA, 2007). Devido às perdas no sistema solo-planta, principalmente por volatilização da NH₃ e lixiviação, a eficiência da fertilização tende a ser baixa, próxima a 50% (BAYER e FONTOURA, 2006). Quando fertilizantes nitrogenados amoniacais são aplicados em solos de pH neutro ou alcalino, o amônio (NH₄⁺) pode se converter em NH₃ e liberar H⁺. Em solos ácidos, o NH₄⁺ pouco se converte e continua como a forma predominante, minimizando as perdas de NH₃ por volatilização (JANTALIA et al., 2012). No entanto, em solos alcalinos, o equilíbrio entre as formas de NH₄⁺ e a NH₃ é alterado, favorecendo a produção de NH₃ (DAWAR et al. 2011).

Estudos realizados em solos ácidos constataram que o uso do sulfato de amônio provocou perdas de N por volatilização de 7,8% (LARA CABEZAS e SOUZA, 2008) e 1,9% do N aplicado (FONTOURA e BAYER, 2010). Em solos alcalinos, a percentagem de perda se elevou quando o N foi aplicado na forma de ureia (YAMADA e ABDALLA, 2007). Portanto, a utilização de ureia em solos do semiárido do Nordeste pode elevar as perdas de N devido ao aumento da hidrólise desse fertilizante pela maior atividade da urease. Isso é causado pela pouca umidade e o caráter mais básico destes solos (LONGO e MELO, 2005).

Por isso, é necessário encontrar manejos mais adequados para a adubação nitrogenada com ureia que possam minimizar essas perdas.

De acordo com Tasca et al. (2011), em solo com pH entre 5,5 e 6,3, a adubação com ureia proporcionou perdas de N por volatilização de 20% a 24% do N adicionado ao solo. Com o aumento do pH para 6,8, as perdas aumentaram para 30% (TASCA et al., 2011). Uma das estratégias para reduzir essas perdas tem sido o uso de fertilizantes com ureia protegida (FARIA et al., 2013; CANCELLIER et al., 2016; CHAGAS et al., 2017; BRITO et al., 2020). Esses produtos podem aumentar a eficiência da ureia porque reduzem a atividade da enzima urease. Os produtos são revestidos com B e Cu para que o ácido bórico possa competir pelos mesmos sítios enzimáticos da urease e o Cu com o Ni da composição da enzima (FARIA et al., 2013).

Adicionalmente, outro manejo que pode minimizar as perdas de N por volatilização tem sido o uso da palhada na superfície do solo, por melhorar algumas propriedades físicas, químicas e biológicas que reduzem a atividade da urease. Em superfície, a palha adiciona matéria orgânica ao solo, que pode aumentar a capacidade tampão e a adsorção de NH₄⁺ (ROJAS et al., 2012). Portanto, a utilização de fertilizantes nitrogenados que protejam a ureia, associada à adição de palha na superfície do solo podem ser capazes de disponibilizar mais N, mesmo quando aplicado em solos neutros ou alcalinos, proporcionando ganhos de produtividade, como os relatados por Goes et al. (2011) e Costa et al. (2014).

Nesse contexto, o uso da fonte adequada de N combinado com a cobertura com palha pode favorecer a eficiência do nutriente e, conseqüentemente a maior produção de biomassa. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de N associada à adição de palha de milho sobre o crescimento, produção de massa seca e eficiência nutricional do N em sorgo sudão cultivado em solo alcalino.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em ambiente protegido com tela de sombreamento de 50% na área experimental da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Serra Talhada-PE (Latitude 07° 59' 31" S e Longitude 38° 17' 54" W).

O município localiza-se na microrregião do Sertão do Pajeú, com 461 m de altitude. O clima é o BSh de estepes quentes de baixa latitude e altitude ou clima semiárido quente, conforme a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1931). A temperatura média predominante oscila entre 24 e 26 °C e a precipitação média é em torno de 700 mm (ALVARES et al., 2013).

Foi utilizado solo do município classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO. Para esse ensaio, foi coletada a camada superficial até 0,20 m de profundidade. O solo foi seco ao ar e peneirado (4 mm de malha).

Uma subamostra foi peneirada (2 mm de malha) para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), que foi caracterizada física e quimicamente conforme metodologias sugeridas pela EMBRAPA (2017) (Tabela 1). Foi cultivado o sorgo sudão (*Sorghum sudanense*) var. SUDAN 4202 submetido a quatro fontes de fertilizantes minerais nitrogenados (testemunha, sulfato de amônio, ureia e ureia revestida), em duas condições de uso de palha (sem palha – SP e com palha - CP), compondo o arranjo fatorial (4 x 2). Foram utilizadas seis repetições, totalizando 48 parcelas, distribuídas inteiramente ao acaso.

As fontes de N consistiram em: sulfato de amônio (21% de N); ureia (45% de N); e ureia revestida (44,6% de N + 0,4% de B + 0,15% de Cu). A palhada utilizada no ensaio foi palha de milho com 16,1 g.kg⁻¹ de N. Os tratamentos com palha receberam 600 mL de palha por vaso.

Vasos de polietileno com capacidade de 6,5 dm³ (sem furos, para impedir perdas de N por lixiviação) foram preenchidos com nove quilogramas de solo. Apesar dos elevados teores de P do solo, optou-se pela aplicação de uma quantidade mínima de P, conforme recomenda o Manual de Recomendação de Adubação para o Estado de Pernambuco (CAVALCANTE et al., 2008). Assim, foi aplicado P numa quantidade equivalente a 20 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, como superfosfato simples. A adubação nitrogenada também foi realizada conforme Cavalcante et al. (2008), aplicando-se uma quantidade de N equivalente a 60 kg.ha⁻¹.

Tabela 1. Caracterização física e química da camada superficial de Cabissolo Háplico, do município de Serra Talhada – PE

Atributos	Profundidade 0,00-0,20 m
Areia (g.kg ⁻¹)	691,20
Silte (g.kg ⁻¹)	132,80
Argila (g.kg ⁻¹)	176,00
Classe textural	Franco-arenosa
Ds (g.cm ⁻³) ⁽¹⁾	1,29
Dp (g.cm ⁻³) ⁽²⁾	2,56
PT (%) ⁽³⁾	49,68
Argila natural	8,32
Grau de flocculação	52,73
pH (H ₂ O)	7,30
COT(g.kg ⁻¹) ⁽⁴⁾	6,32
P (mg.dm ⁻³)	14,00
K ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,54
Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	2,80
Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	3,00
Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,00
(H+Al) (cmol _c .dm ⁻³)	0,90
Na ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,63
Fe (mg.dm ⁻³)	22,90
Cu (mg.dm ⁻³)	2,60
Zn (mg.dm ⁻³)	2,00
Mn (mg.dm ⁻³)	43,3
CTC (cmol _c .dm ⁻³) ⁽⁵⁾	7,87
PST (%) ⁽⁶⁾	8,01
V (%) ⁽⁷⁾	88,56
m (%) ⁽⁸⁾	0,00

⁽¹⁾Ds – densidade do solo; ⁽²⁾Dp – densidade de partícula; ⁽³⁾PT – porosidade total; ⁽⁴⁾COT – carbono orgânico total; ⁽⁵⁾CTC – capacidade de troca de cátions potencial; ⁽⁶⁾PST – Percentagem de sódio trocável; ⁽⁷⁾V – saturação por bases; ⁽⁸⁾m – saturação por alumínio.

No plantio, foram semeadas quatro sementes de sorgo sudão por vaso. O desbaste foi realizado nove dias após a semeadura, deixando-se a plântula mais vigorosa.

Em seguida, os vasos foram irrigados com 1,5 L de água (equivalente a 75% da capacidade de pote). As irrigações subsequentes ocorreram em dias alternados, de acordo com o volume de água evapotranspirada, visando mantê-los em 70% da capacidade de pote. O monitoramento da umidade do solo foi realizado pela pesagem dos vasos. Na colheita, aos 45 dias após o plantio (DAP), realizou-se a medição da altura da planta (AP) em cm, diâmetro do colmo (DC) em mm e contagem do número de folhas (NF) e perfilhos (NP) (FEITOSA, 2019). A altura da planta foi medida do colo até a inserção da folha bandeira. O diâmetro do colmo medido entre o 1º e o 2º nó. Os perfilhos foram contados quando vivos, desconsiderando-se também aqueles em estágio avançado de senescência. Ainda, as plantas tiveram seus compartimentos separados em folhas, colmo e raiz. Considerou-se folha (folha + bainha), as folhas verdes a partir da +1. Tendo por base o colo, o colmo foi o material vegetal remanescente após a retirada das folhas. A raiz também foi coletada e quantificada. Os compartimentos foram acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, tendo a matéria seca sido mensurada em balança semi-analítica com precisão de 0,001 g. Assim, quantificou-se a massa seca das folhas (MSF), colmo (MSC), raiz (MSR) e total (MST). Com esses dados, foram calculadas a percentagem de alocação de massa seca das folhas (AMSF), caule (AMSC) e raiz (AMSR) e a razão raiz/parte aérea (R/Pa) (BENINCASA, 2003). Foi determinado o teor de N em cada compartimento e calculado conteúdo e eficiência nutricional. Para isso subamostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey e em seguida foram pesados 0,5 g desse material vegetal e o N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado por destilação e titulação pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). O conteúdo foi calculado multiplicando-se a massa seca e o teor de N. A eficiência nutricional foi calculada pela razão entre a massa seca e o conteúdo de N. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de número de folhas e perfilhos e a massa seca para o colmo, raiz e razão raiz/parte aérea foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$, visando ajustá-los a distribuição normal. Para a alocação de massa seca foi realizada estatística descritiva, média e desvio padrão. Foi utilizado o pacote estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2019).

Resultados e Discussões

A altura das plantas de sorgo sudão e o número de perfilhos não foram influenciados pelas diferentes fontes de N e manejo da palha de milho (Tabela 2). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Orso et al. (2014) quando utilizaram também 60 kg.ha⁻¹ de N e diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados. Pesquisas realizadas por Schiavinatti et al. (2011) e Prando et al. (2013) também não constataram diferenças na altura das plantas, quando aplicaram tratamentos semelhantes ao desse estudo.

Tabela 2. Altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF) e número de perfilhos (NP) em sorgo sudão variedade IPA 4202 cultivado em solo alcalino sob diferentes fontes de N e manejo da palha de milho

Fator	AP (cm) ⁽¹⁾			DC (mm) ⁽²⁾			NF ⁽³⁾			NP ⁽⁴⁾		
	SP ⁽⁶⁾	CP ⁽⁷⁾	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
	Manejo da palha											
Fontes de N	150,97	145,53	148,25	15,17	14,02	14,60 a	9,50	11,50	10,50 b	2,17	3,00	2,59
Sulfato de amônio	144,47	143,75	144,11	10,18	13,55	11,87 b	16,83	19,67	18,25 a	3,17	3,17	3,17
Ureia	133,17	142,83	138,00	11,90	12,40	12,15 b	18,33	14,33	16,33 a	3,00	2,50	2,75
Ureia revestida	140,83	137,83	139,33	12,38	12,99	12,69 ab	16,67	16,33	16,50 a	2,50	3,00	2,75
Média	142,36	142,49	142,41	12,41	13,24	13,24	15,33	15,46	15,46	2,71	2,92	2,92
	Valor de F			Valor de F			Valor de F			Valor de F		
Fontes de N	0,95 ^{ns}			4,19*			6,73*			0,89 ^{ns}		
Manejo de palha	0,00 ^{ns}			1,91 ^{ns}			0,01 ^{ns}			0,67 ^{ns}		
N x Manejo	0,48 ^{ns}			2,43 ^{ns}			1,39 ^{ns}			1,12 ^{ns}		
CV (%) ⁽⁷⁾	11,72			16,23			15,71			16,02		

⁽¹⁾AP - altura da planta; ⁽²⁾DC - diâmetro do colmo; ⁽³⁾NF - número de folhas; ⁽⁴⁾NP - Número de perfilhos; ⁽⁵⁾SP - sem palha de milho; ⁽⁶⁾CP - com palha de milho; ⁽⁷⁾CV - coeficiente de variação; Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo. *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

As diferentes fontes de N utilizadas influenciaram o diâmetro do colmo e número de folhas das plantas de sorgo sudão. A utilização de sulfato de amônio e a ureia promoveram reduções de 2,73 e 2,45 cm, respectivamente, no diâmetro do colmo em comparação as plantas testemunhas (Tabela 2). Carmo et al. (2012) não constataram efeito da aplicação de sulfato de amônio e ureia sobre o diâmetro do colmo de plantas de milho doce. O aumento do diâmetro do colmo pode influenciar negativamente o valor nutritivo da forragem devido à queda da digestibilidade, associada ao aumento dos constituintes da parede celular, sobretudo, lignina (SILVA et al., 2012).

O número de folhas das plantas de sorgo sudão se elevou com a adubação nitrogenada (Tabela 2). Portanto, a utilização de N foi responsável por plantas mais folhosas e finas, sem efeito na altura e perfilhamento. Em estudos realizados com híbridos de sorgo, a maior dose de N utilizada favoreceu a taxa de aparecimento das folhas, o número total de folhas vivas por perfilho e o número total de folhas por perfilho (SILVA et al., 2012).

Foi verificado efeito significativo do uso das fontes de N para a MSF, MST e R/Pa (Tabela 3). Diferentemente do observado para a biometria (Tabela 2), o manejo da palha de milho promoveu alteração em todas as variáveis relacionadas a produção de biomassa, exceto para a R/Pa. Interessante destacar que a MSF e MST foram significativamente afetados por ambos os fatores isolados. Assim como verificado na tabela 2, não foi observado efeito significativo para a interação entre fontes de N e manejo da palha de milho.

Dessa forma, para a MSF, o cultivo com sulfato de amônio e ureia favoreceu aumentos, em comparação à testemunha, de 5,22 e 3,29 g.planta⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Esse comportamento, possivelmente, está relacionado ao maior número de folhas registrado para essas fontes (Tabela 2).

Além disso, o sulfato de amônio foi o fertilizante que promoveu maior produção de MST, sendo superior ao da testemunha em 4,81 g.planta⁻¹. Isso pode estar relacionado aos resultados obtidos quanto ao número e produção de MSF (Tabelas 2 e 3). No entanto, salienta-se que as demais fontes, ureia e ureia revestida, apresentaram comportamento similar tanto em relação a testemunha quanto ao sulfato de amônio. Orso et al. (2014) não encontraram diferenças entre as fontes ureia, sulfato de amônio e ureia revestida para a massa seca na cultura do trigo. Lara Cabezas e Souza (2008) também relataram comportamento similar para ureia e sulfato de amônio para a massa de matéria seca e produtividade do milho.

O sulfato de amônio promoveu menor R/Pa quando comparado à testemunha (Tabela 3). Esse efeito pode ser justificado pela maior alocação de massa seca para a parte aérea, na ordem dos 70% (valor médio de folhas e colmo), em relação a produção total (Tabela 4). A proporção obtida foi de, aproximadamente, 1:2,5.

Ademais, assim como verificado para a MST, as fontes nitrogenadas não foram diferentes entre si (Tabela 3). Todos os valores observados para a R/Pa foram menores que um, revelando maior produção de massa seca para a parte aérea em detrimento da produção de raiz.

Benincasa (2003) elenca a R/Pa e alocação de massa seca entre os órgãos vegetais como algumas variáveis importantes para o monitoramento do crescimento e desenvolvimento vegetal. A razão R/Pa é uma correlação de desenvolvimento que expressa a influência do crescimento radicular sobre o da parte aérea e vice-versa. No caso do sorgo sudão, a maior produção de massa seca para a parte aérea é benéfica pois é nela que se encontram os compartimentos comercializáveis da cultura.

Tabela 3. Massa seca das folhas (MSF), colmo (MSC), raiz (MSR), total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/Pa) em sorgo sudão IPA 4202 cultivado em solo alcalino sob diferentes fontes de N e manejo com e sem palha

Fator	MSF (g vaso ⁻¹) ⁽¹⁾		MSC (g vaso ⁻¹) ⁽²⁾			MSR (g vaso ⁻¹) ⁽³⁾			MST (g vaso ⁻¹) ⁽⁴⁾			R/Pa ⁽⁵⁾			
	SP ⁽⁶⁾	CP ⁽⁷⁾	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
Fontes de N	Manejo de palha														
Testemunha	11,14	13,58	12,36 c	4,53	5,48	5,00	9,00	10,85	9,93	24,67	29,90	27,29 b	0,58	0,60	0,59 a
Sulfato de amônio	16,14	19,01	17,58 a	4,55	5,73	5,14	9,81	8,95	9,38	30,5	33,70	32,10 a	0,5	0,36	0,43 b
Ureia	14,83	16,46	15,65 ab	4,79	5,32	5,05	9,32	12,99	11,16	28,93	34,77	31,85 ab	0,47	0,60	0,54 ab
Ureia revestida	13,73	15,13	14,43 bc	3,78	5,39	4,59	8,27	10,27	9,27	25,79	30,79	28,29 ab	0,47	0,51	0,49 ab
Média	13,96 B	16,05 A		4,41 B	5,48 A		9,10 B	10,77 A		27,47 B	32,29 A		0,51	0,52	
Fontes de N	Valor de F		Valor de F			Valor de F			Valor de F			Valor de F			
Manejo de palha	10,09*		0,25 ^{ns}			1,24 ^{ns}			3,83*			2,96*			
N x manejo	9,17*		4,11*			4,98*			14,77*			0,17 ^{ns}			
N x manejo	0,25 ^{ns}		0,18 ^{ns}			1,53 ^{ns}			0,21 ^{ns}			1,50 ^{ns}			
CV (%) ⁽⁸⁾	15,9		16,26			12,35			14,54			7,06			

⁽¹⁾MSF - massa seca das folhas; ⁽²⁾MSC - massa seca do colmo; ⁽³⁾MSR - massa seca da raiz; ⁽⁴⁾MST - massa seca total; ⁽⁵⁾R/Pa - razão raiz/parte aérea; ⁽⁶⁾SP - sem palha de milho; ⁽⁷⁾CP - com palha de milho; ⁽⁸⁾CV - coeficiente de variação; Letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}não significativo. *significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Tabela 4. Alocação de massa seca para folhas (AMSF), colmo (AMSC) e raiz (AMSR) em sorgo sudão, IPA 4202, cultivado em solo alcalino, sob diferentes fontes de N e manejo de palha, média e desvio padrão

Fator	AMSF (%) ⁽¹⁾		AMSC (%) ⁽²⁾		AMSR (%) ⁽³⁾	
	SP ⁽⁴⁾	CP ⁽⁵⁾	SP	CP	SP	CP
Fontes de N	Manejo da palha					
Testemunha	45,36±6,41	45,44±9,18	18,58±6,31	18,43±6,29	36,06±6,16	36,13±9,64
Sulfato de amônio	53,42±7,24	56,59±5,84	14,64±4,32	16,88±6,56	31,94±3,70	26,54±2,18
Ureia	51,87±6,30	47,57±3,73	16,35±3,75	15,19±3,71	31,78±5,10	37,23±4,71
Ureia revestida ⁽⁶⁾	53,80±6,39	49,11±6,50	14,68±3,14	17,48±6,06	31,52±6,28	33,41±5,54

⁽¹⁾AMSF - alocação de massa seca para folhas; ⁽²⁾AMSC - alocação de massa seca para o colmo; ⁽³⁾AMSR - alocação de massa seca para a raiz; ⁽⁴⁾SP - sem palha de milho; ⁽⁵⁾CP - com palha de milho; ⁽⁶⁾ureia revestida (44,6% de N + 0,4% de B + 0,15% de Cu²⁺).

A presença da palha proporcionou acréscimos significativos de 2,09; 1,07; 1,67 e de 4,12 g.planta⁻¹ para MSF, MSC, MSR e MST, respectivamente (Tabela 3).

Esses resultados podem ser explicados devido a manutenção e/ou aumento da umidade do solo promovido pelo acréscimo da palhada de milho. Costa et al. (2014) verificaram que a remoção da palhada do campo reduziu a produtividade de colmos da cana-de-açúcar. Os autores atribuíram esse resultado a manutenção da água no solo, elencado como o aspecto mais importante. A alocação de massa seca variou entre os compartimentos, apresentando a seguinte ordem: folhas>raiz>colmo (Tabela 4). A maior média registrada foi para o cultivo sob sulfato de amônio e na presença de palha de milho. Esse comportamento ocorreu, possivelmente, devido ao direcionamento na partição e alocação de fotoassimilados para fins de maior produção de MSF, o que permite maior captação de energia luminosa e restringindo o crescimento dos demais órgãos da planta.

Também, ressalta-se a importância do número e produção de MSF na estrutura morfológica do sorgo (Tabela 3), pois em todas as formas de cultivo testadas, a alocação para esse órgão foi de, aproximadamente, 50%. A alocação de massa seca nos órgãos da planta permite inferir sobre a translocação de fotoassimilados, e sua análise facilita a compreensão do comportamento vegetal relacionados à produtividade (BENINCASA, 2003).

Esse conhecimento constitui fator essencial ao manejo adequado as culturas, pois torna possível favorecer a transferência dos fotoassimilados para os órgãos de interesse comercial e, conseqüentemente, ganhos na produtividade. Foi observado efeito significativo da interação entre as fontes de N e o manejo de palha no teor de N no tecido vegetal (Tabela 5), o que não ocorreu com as demais variáveis (Tabelas 2 e 3). Esse efeito só não se confirmou para o teor de N no colmo, em que houve

diferenças significativas para os fatores isolados. Nesse caso, o sulfato de amônio e a ureia revestida proporcionaram, se comparados à testemunha, aumento de 1,54 e de 0,64 dag.kg⁻¹, respectivamente. Além disso, a presença da palhada do milho diminuiu o teor de N em 0,58 dag.kg⁻¹.

O teor de N nas folhas e na raiz pode ser alterado em função do tipo de manejo de palha aplicado (Tabela 5).

A opção pelo sulfato de amônio e ureia possibilita ao produtor o uso ou não dessa palhada, uma vez que apresentaram comportamento similar em ambas situações. No entanto, para a testemunha e ureia revestida isso não foi verificado. Neles, a presença de palha ocasionou reduções no teor de N nas folhas em 0,89 e de 0,68 dag.kg⁻¹, respectivamente, e para as raízes em 0,20 e 0,19 dag.kg⁻¹. Sob esse aspecto, a literatura reporta resultados controversos. Lara Cabezas e Souza (2008), Schiavinatti et al. (2011) não encontraram diferenças entre as fontes ureia e sulfato de amônio para o teor de N nas folhas, o que confirma os resultados deste ensaio. Por outro lado, Scivittaro et al. (2010) relataram que o teor de N foi maior para as plantas cultivadas com ureia com inibidor (NBPT) do que com ureia. Resultado esse oposto ao de Grosh et al. (2011) que observaram que, de forma geral, o cultivo com ureia promoveu maior teor de N total se comparado ao com ureia + B e Cu. Pesquisa realizada por Bertol, Leite e Zoldan Júnior (2004) demonstrou que a decomposição da palhada de milho ocorre de forma lenta. Os autores não observaram diferenças, aos 60 dias, na quantidade de resíduos do milho, N total e relação C/N (64:1) para o tratamento "solo com resíduo + N".

Isso pode explicar o porquê que a presença de palha, por vezes, prejudicou o teor de N nas plantas, o que indica que não houve tempo suficiente para que o N da palhada (16 g.kg⁻¹) fosse disponibilizado às plantas.

Tabela 5. Teor, conteúdo e eficiência de N nas folhas, colmo e raiz de sorgo sudão, IPA 4202, cultivado em solo alcalino, sob diferentes fontes de N e manejo de palha

Fator	Teor de N (dag.kg ⁻¹)								
	Folhas			Colmo			Raiz		
	Manejo de palha								
Fontes de N	SP ⁽¹⁾	CP ⁽²⁾	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
Testemunha	2,70 aA	1,81 bB	2,26	1,36	0,98	1,17 c	0,83 aA	0,63 aB	0,73
Sulfato de amônio	3,06 aA	2,83 aA	2,95	2,80	2,61	2,71 a	0,73 aA	0,77 aA	0,75
Ureia	2,86 aA	2,98 aA	2,92	2,27	1,70	1,99 b	0,73 aA	0,74 aA	0,74
Ureia revestida ⁽³⁾	3,39 aA	2,71 aB	3,05	2,95	1,74	2,35 ab	0,84 aA	0,65 aB	0,75
Média	3,00	2,58		2,34 A	1,76 B		0,78	0,70	
CV (%) ⁽⁴⁾		13,14			19,13			12,48	

Fator	Conteúdo de N (g.planta ⁻¹)								
	Folhas			Colmo			Raiz		
	Manejo de palha								
Fontes de N	SP	CP	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
Testemunha	36,61 bA	23,10 bB	29,86	6,91 bA	4,41 bB	5,66	5,40 aA	5,25 cA	5,33
Sulfato de amônio	48,85 aA	48,40 aA	48,63	8,85 abA	10,81 aA	9,83	8,38 aA	7,10 bcA	7,74
Ureia	47,69 bA	45,74 aA	46,72	8,61 abA	8,94 aA	8,78	7,24 aB	11,21 aA	9,23
Ureia revestida	40,55 abB	53,55 aA	47,05	11,00 aA	5,40 bB	8,20	6,24 aB	8,59 abA	7,42
Média	43,43	42,70		8,84	7,39		6,82	8,04	
CV (%)		12,92			19,78			21,64	

Fator	Eficiência nutricional de N (g.g ⁻¹)								
	Folhas			Colmo			Raiz		
	Manejo de palha								
Fontes de N	SP	CP	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
Testemunha	0,38 aB	0,56 aA	0,47	0,78 aB	1,05 aA	0,92	1,20 aB	1,64 aA	1,42
Sulfato de amônio	0,33 aA	0,34 bA	0,34	0,38 bA	0,39 bA	0,39	1,36 aA	1,33 aA	1,35
Ureia	0,39 aA	0,34 bA	0,37	0,49 abA	0,69 bA	0,59	1,38 aA	1,35 aA	1,37
Ureia revestida	0,32 aA	0,37 bA	0,35	0,37 bA	0,49 bA	0,43	1,19 aB	1,53 aA	1,36
Média	0,36	0,40		0,51	0,66		1,28	1,46	
CV (%)		13,81			26,73			13,83	

⁽¹⁾SP – sem palha de milho; ⁽²⁾CP – com palha de milho; ⁽³⁾ Ureia revestida (44,6% de N + 0,4% de B + 0,15% de Cu²⁺); ⁽⁴⁾CV – coeficiente de variação; ^{NS}não significativo. *significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de F. Letras minúsculas comparam as fontes de N em um mesmo manejo de palha e letras maiúsculas comparam os manejos de palha em uma mesma fonte e N. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Caso se priorize o manejo da palha do milho em detrimento das fontes de N no sistema de cultivo, observa-se que, na presença da palha do milho, apenas as folhas apresentaram diferenças entre as fontes de N (Tabela 5). O sulfato de amônio e ureia promoveram aumentos no teor de N em 1,02 e 1,17 dag.kg⁻¹, quando comparados à testemunha. Esses resultados podem ser explicados pela composição desses fertilizantes, com 21% e 45% de N, respectivamente. Por outro lado, esperava-se comportamento similar para a ureia revestida (44,6% de N). Esse fertilizante, pode, a princípio formar compostos indisponíveis às plantas e outros compostos insolúveis, o que prejudica seu desempenho (GROHS et al., 2011).

Assim como observado para o teor de N, para o seu conteúdo, o uso do sulfato de amônio e ureia permite flexibilidade no manejo de palha para folhas e colmo (Tabela 5). No entanto, se opção for pela ausência de adubação nitrogenada pôde-se observar que a adição de palha reduziu o conteúdo de N nas folhas em 13,51 g planta⁻¹ e em colmos em 2,5 g.planta⁻¹. Para a ureia revestida, nos compartimentos folhas e raiz foram constatados aumentos de 13 e 2,35 g.planta⁻¹, respectivamente. Por outro lado, no colmo houve reduções em 5,6 g.planta⁻¹.

Se optar, primeiramente, pela adição de palha, pôde-se constatar que o uso de fertilizantes nitrogenados, sobretudo, a ureia, proporcionou aumentos no conteúdo de N (Tabela 5). Nas folhas, os acréscimos observados para sulfato de amônio, ureia e ureia revestida foram de 25,30; 22,64; 30,45 g.planta⁻¹.

No colmo, os aumentos foram de 6,40 e 4,53 g. planta⁻¹. Já na raiz, o acréscimo foi de 5,96 dag.kg⁻¹. Lara Cabezas e Souza (2008) não encontraram diferenças entre ureia e sulfato para essa variável.

Ressalta-se, contudo, que as diferenças observadas para o conteúdo de N estão mais relacionadas a produção de massa seca (Tabela 3) do que às diferenças no teor de N (Tabela 5). Isso pode ser a causa de não se observar um comportamento lógico para essa variável quando se compara aos resultados obtidos aos observados pelo teor de N (Tabela 5).

Tendo por prioridade o manejo da palhada do milho, com a ausência de palha, apenas o compartimento colmo teve a sua eficiência nutricional prejudicada (Tabela 5). Nele, houve reduções de 0,40 e 0,41 g.g⁻¹ quando se utiliza sulfato de amônio e ureia revestida como fontes de N, respectivamente. Esse fato indica que, nessas circunstâncias, seria necessária maior dose de fertilizante para uma mesma biomassa de colmo. No entanto, se optar pelo uso da palhada, deve verificar com maior atenção a fonte a ser utilizada. Nesse entendimento, a eficiência nutricional do N para as folhas foi reduzida, em relação a testemunha, em 0,22 g.g⁻¹ para sulfato de amônio e ureia e em 0,25 g.g⁻¹ para a ureia revestida. No colmo, as diminuições foram de 0,66, 0,96 e 0,76 g.g⁻¹. Silva et al. (2010) não verificaram diferenças entre as fontes de N para a eficiência agrônômica e fisiológica em capim-marandu, o que discorda dos resultados obtidos nesse ensaio.

Avaliando fontes de N, observa-se que a testemunha apresentou maiores valores quanto cultivada na presença da palhada no qual apresentou acréscimos de 0,18, 0,27 e 0,44 g.g⁻¹ para folhas, colmo e raiz, respectivamente (Tabela 5). Neste ensaio, de forma geral, a presença de palha favoreceu a eficiência nutricional (Tabela 5). Assim como descrito para a alocação de massa seca (Tabela 4), observar a exigência nutricional de uma cultura permite alterações no seu manejo a fim de se conquistar maiores produtividades.

O ensaio indicou que houve resposta da cultura à adubação nitrogenada (Tabelas 2, 3, 4 e 5), o que demonstra que a taxa de mineralização foi superior à de imobilização, aumentando o aporte de N às plantas. No entanto, pôde-se verificar comportamento similar entre as fontes nitrogenadas, sobretudo, entre a ureia e a ureia revestida (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Isso pode ser explicado pelo manejo da irrigação, em dias alternados e até 70% da capacidade de pote, que pode ter causado a incorporação desses fertilizantes ao solo.

Civardo et al. (2011) verificaram que a incorporação da ureia não só possibilitou melhoria para todas as variáveis estudadas como também melhor desempenho do que a revestida aplicada em superfície. Tasca et al. (2011) recomendam a incorporação da ureia convencional e com inibidor de urease.

Lara Cabezas, Korndörfer e Motta (1997) enfatizam que o umedecimento do solo imediatamente após a aplicação dos fertilizantes é mais importante do que a umidade do solo no momento da aplicação. Porém a quantidade de água deve ser suficiente para diminuir a volatilização do N-NH₃, senão a volatilização é estimulada devido a hidrólise do fertilizante.

Além disso, o pH do solo pode ter contribuído também para a redução no desempenho da ureia e da ureia revestida, como relatado por Tasca et al. (2011) que utilizaram ureia convencional e a misturada com NBPT. Quando a ureia é aplicada em solos de pH mais elevado, as perdas de N por volatilização são potencializadas (TASCA et al., 2011). Isso pode ocorrer devido a formação da amônia (DAWAR et al. 2011).

Por outro lado, esperava-se que a ureia revestida apresentasse maior desempenho quando comparada a ureia (Tabela 3), uma vez que os fertilizantes foram aplicados em superfície. Além disso, a ureia revestida possui B e Cu na sua formulação. Seu objetivo é reduzir as perdas de N por volatilização e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de uso do N e a produtividade das culturas. Grohs et al. (2011) relatam que o menor desempenho da ureia-NBCu pode estar relacionado ao fato do Cu reagir com a matéria orgânica do solo e formar compostos que, a princípio, ficam indisponíveis as plantas. Também, o Cu quando misturado a fertilizantes nitrogenados, caso da ureia revestida testada, forma compostos que se tornam insolúveis, a exemplo dos fosfatos de amônio.

Pesquisas em que se utilize especificamente a ureia revestida e com B e Cu são incipientes na literatura. Orso et al. (2014) não encontraram diferenças entre as fontes sulfato de amônio, nitrato de amônio, ureia e ureia revestida para a biometria, massa seca e produtividade. Grohs et al. (2011) testaram um composto similar de ureia revestida com B e Cu, o Nitromais® (45% de N, na forma

amídica, 2,4% peso/peso de ácido bórico e 1,5% de sulfato de cobre pentahidratado) e verificaram que, apesar de alguns resultados positivos, também não houve incremento na produtividade. Tanto os resultados acima descritos como os encontrados nesse ensaio confirmam a conclusão de Cantarella (2007). O autor expôs que apesar desse tipo de produto manter o N em uma forma mais estável no solo, isso não implica em ganhos de produtividade, o que não o torna vantajoso economicamente.

Em relação ao sulfato de amônio, apesar da vantagem pela presença de S, 23% de sua composição, o pH do substrato pode ter prejudicado seu desempenho, como visto para os demais fertilizantes. Yamada e Abdalla (2007) relatam perdas severas de amônia por volatilização quando o sulfato de amônio é aplicado em solos com pH superior a 7,0.

No tocante a cobertura vegetal, representada, nesse ensaio, pela palha de milho, sua presença favoreceu o crescimento e desenvolvimento das plantas. Costa et al. demonstraram que em áreas com remoção da palhada a cana-de-açúcar expressou maior estresse hídrico e, portanto, menor produtividade. Nesse ensaio, as plantas de sorgo foram cultivadas a 70% da capacidade de campo (CP). Possivelmente com remoção da palha, o solo perde umidade com maior rapidez e, assim, as plantas deveriam ter sido mantidas acima dos 70% da CP. Além disso, de forma geral, houve poucas diferenças entre os tratamentos quanto ao teor de N nos compartimentos do sorgo sudão (Tabela 5), o que revela o quanto a umidade do solo é importante para explicar os ganhos na produção de massa seca (Tabela 3).

No entanto, a utilização de palha no sistema de cultura não é uma prática adotada pela maioria dos produtores, e que esse fato não está relacionado a fatores de ordem econômica. Costa et al. (2014) alertam que a retirada da palhada, a longo prazo, em cultivo de cana-de-açúcar, causa perdas de produtividade que não são compensadas mesmo se aumentada a dose da adubação nitrogenada para 180 kg.ha⁻¹.

Portanto, diante dos resultados encontrados, pode-se inferir que a ureia revestida não foi eficiente nas condições edafoclimáticas estudadas, visto que apresentou resultados similares em relação aos demais fertilizantes. Ademais, os fertilizantes nitrogenados ureia e sulfato de amônio incrementaram a produção de MSF, compartimento comercializável do sorgo sudão, cabendo ao produtor ponderar a viabilidade de cada fertilizante, sobretudo, em relação ao custo unitário de N. E, que a presença de palha de milho favorece a produção e alocação de massa seca em sorgo sudão para o compartimento de interesse comercial.

Conclusão

A ureia revestida não foi eficiente na promoção de crescimento e biomassa no sorgo sudão nas condições edafoclimáticas estudadas.

Os fertilizantes nitrogenados ureia e sulfato de amônio incrementaram a produção de massa seca das folhas, compartimento comercializável do sorgo sudão.

A adição da palha do milho ao sistema de cultivo aumenta a produção de massa seca e permite a manutenção da eficiência nutricional do N em sorgo sudão.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE) pela estrutura e apoio na condução desse ensaio e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, ao primeiro autor, durante o curso de mestrado.

Referências

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; CAMARGO, R.; SOUZA, M.F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, p. 10-20, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. **Dinâmica do nitrogênio no solo, pré-culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto**. In: Fontoura SMV, Bayer C, editores. *Manejo e fertilidade de solos em plantio direto*. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003. 41 p.
- BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 369-375, 2004.
- BRITO, J. R. F.; DALVI, L. P.; MARDGAN, L.; SANTOS JUNIOR, H. J. G.; ATAIDE, J. O.; ZAGO, H. B. Ureia tradicional e protegida no desenvolvimento e produção de forragem de milho. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, p.60-65, 2020.
- CANCELLIER, E. L.; SILVA, D. R. G.; FAQUIN, V.; GONÇALVES, B. A.; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian cerrado with improved soil fertility. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 133-144, 2016.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade dos solos**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. cap. 7, p.376-470.
- CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade na cultura do milho doce (*Zea mays convar. Saccharata var. rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p.223-231, 2012.
- CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 2. ed. rev. Recife, PE: IPA, 2008. 212 p.
- CHAGAS, P. H. M.; GOUVEIA, G. C. C.; COSTA, G. G. S.; BARBOSA, W. F. S.; ALVES, A.C. Volatilização de amônia em pastagem adubada com fontes nitrogenadas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 76-80, 2017.
- CIVARDO, 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. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p.52-59, 2011.
- COSTA, L. G.; MARIN, F. R.; NASSIF, D. S. P.; PINTO, H. M. S.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C. Simulação do efeito do manejo da palha e do nitrogênio na produtividade da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, p.469-474, 2014.
- DAWAR, K.; ZAMAN, M.; ROWARTH, J. S.; BLENNERHASSETT, J.; TURNBULL, M. H. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: Effects of urease inhibitor and irrigation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, p.139-146, 2011.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574p.
- FARIA, L. A.; NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; GUEDES, E. M. S. Loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to maize and soybean straw. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 969-975, 2013.
- FARIA, L. A.; KARP, F. H. S.; MACHADO, M. C.; ABDALLA, A. L. Ammonia volatilization losses from urea coated with copper, boron, and selenium. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 1415-1420, 2020.
- FEITOSA, D.R.C. **Trocas gasosas, crescimento e produção de sorgo sacarino sob lâminas de irrigação com água salobra e doses de potássio**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – P, 74 p., 2019.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira De Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.
- FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the state of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1677-1684, 2010.
- GROHS, M.; MARCHESAN, E.; SANTOS, D. S.; MASSONI, P. F. S.; SARTORI, G. M. S.; FERREIRA, R. B. Resposta do arroz irrigado ao uso de inibidor de uréase em plantio direto e convencional. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 2, p.336-345, 2011.
- JANTALIA, C. P.; HALVORSON, A. D.; FOLLETT, R. F.; ALVES, B. J. R.; POLIDORO, J. C.; URQUIAGA, S. Nitrogen Source Effects on Ammonia Volatilization as Measured with Semi-Static Chambers. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 1595-1603, 2012.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; SOUZA, M. A. Volatilização de amônia, lixiviação de nitrogênio e produtividade de milho em resposta à aplicação de misturas de uréia com sulfato de amônio ou com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2331-2342, 2008.

- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I., efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.481-487, 1997.
- LONGO, R. M. MELO, W. J. Hidrólise da uréia em latossolos: efeito da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 651-657, 2005.
- NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; FARIA, L. A.; LUZ, P. H. C.; MENDES, F. L. Ammonia volatilization from coated urea forms. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1057-1063, 2013.
- ORSO, G.; VILLETTI, H. L.; KRENCHINSKI, F. H.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; RODRIGUES, D. M.; MORAES, M. F. Comportamento da cultura do trigo sob efeito de fontes e doses de nitrogênio. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 5, p. 44-52, nov. 2014.
- PÁDUA, V. L. **Proteção sanitária das cisternas utilizadas na preservação de águas pluviais para uso domiciliar**: aspectos técnicos e educacionais. 5º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: FUNASA, 2013. 166p. il.
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p.34-41, 2013.
- ROJAS, C. A. L. Volatilização da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 261-270, 2012.
- SCIVITTARO, W. B.; GONCALVES, 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 inibidor de uréase NBPT, **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1283-1289, 2010.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO, I.H.; MENEZES, R.S.C. **Agricultura sustentável no semi-árido nordestino**. Editora Universitária da UFPE, Recife-PE, 2009, 152p. il.
- SCHIAVINATTI, A. F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; PARIZ, C. M.; LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011.
- SILVA, D. R. G.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SOUZA, M. R. F.; SOUZA, M. A. S. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n.2, p.242-249, 2011.
- SILVA, D. F.; PEGORARO, R. F.; MAIA, V. M.; KONDO, M. K.; SOUZA, G. L. O. D.; MOTA, M. F. C. Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de urease e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Revista Ceres**, v. 64, p. 327-335, 2017.
- SILVA, W. L.; BASSO, F. C.; RUGGIERI, A. C.; VIEIRA, B. R.; ALVES, P. L. C. A.; RODRIGUES, J. A. S. Características morfológicas e estruturais de híbridos de sorgo submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 691-696, 2012.
- TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 493-502, 2011.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e amp. Porto Alegre, RS: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174 p.
- TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. A. S.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. B.; MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientia Animal Science**, v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016.
- YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. **Informações recentes para otimização da produção agrícola**, Piracicaba: INPI, 2007. 21 p. (Informações agronômicas, 117).