

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2016

Autores

Flavia Cristina dos Santos

Eng.-Agrôn., D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, Cx Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG,

flavia.santos@embrapa.br

Alexandre Martins Abdão dos Passos

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, Cx Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG,

alexandre.abdao@embrapa.br

Alvaro Vilela da Resende

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, 35701-970 Sete Lagoas, MG,

alvaro.resende@embrapa.br

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, 35701-970 Sete Lagoas, MG,

mricardo@cnpms.embrapa.br

André May

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, 35701-970 Sete Lagoas, MG,

andre.may@embrapa.br

Rafael Augusto da Costa Parrella

Eng.-Agrôn., D.Sc. Melhoramento Genético, Melhoramento de Plantas, Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45, 35701-970 Sete Lagoas, MG,

rafael.parrella@embrapa.br

Guilherme Moura Ferreira Júlio

Estudante de agronomia UFSJ, guilhermemoura15@hotmail.com

Daniel Rocha Nogueira

Estudante de agronomia UFSJ, danielrlnogueiraufsj@gmail.com



Manejo de Nitrogênio e Potássio na Adubação de Cobertura para Sorgo Energia em Solos Argilosos da Região Central de Minas Gerais

Introdução

A demanda nacional por energia elétrica e combustíveis renováveis tem projeção de crescimento em torno de 3,5 a 5,0% ao ano até 2020 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015; SORGO..., 2016), bem como há uma pressão mundial para a produção de energia limpa, buscando-se alcançar o desenvolvimento sustentável (GOLDEMBERG, 2007; PARRELLA, 2009). Nesse sentido, o uso de material vegetal para a geração ou cogeração de energia elétrica e para a produção de combustíveis renováveis é uma alternativa que vai ao encontro dos anseios da sociedade. O processo envolvido na produção da energia a partir desta matéria-prima reduz o volume de emissões de gases do efeito estufa, as incertezas a respeito da disponibilidade futura de recursos não renováveis e diminui as tensões geopolíticas em regiões produtoras de combustível fóssil (PARRELLA, 2009).

Dentre as matérias-primas existentes para a produção de energia, destacam-se os sorgos biomassa e sacarino. O sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L) Moench] apresenta-se como uma interessante fonte para produção de bioenergia por sua versatilidade, tendo seu ciclo de produção completo em cerca de seis meses, além disso apresenta maior tolerância ao déficit hídrico, menor incidência de pragas e atinge produtividades elevadas para fins energéticos, com relatos de produtividade de mais de 100 t ha⁻¹ de massa verde (VINUTHA et al., 2014). O sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L) Moench] apresenta açúcares fermentáveis em seu colmo, semelhante à cana-de-açúcar, podendo ser cultivado no verão com boa disponibilidade hídrica, maior radiação solar e temperaturas adequadas, o que resulta em elevado potencial produtivo.

Diante da demanda por energia renovável limpa, a Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas-MG, vem trabalhando na obtenção de híbridos de sorgo biomassa e sacarino para a geração de energia, muitos destes estudos desenvolvidos em parceria com a iniciativa privada.

O sorgo, por sua rusticidade, costuma ser cultivado em áreas marginais e sem o devido manejo da correção do solo e adubação, entretanto, é comprovadamente uma cultura responsável à fertilização (RESENDE et al., 2009). Além disso, na utilização do sorgo para produção de energia, toda a planta é colhida, o que resulta em exportação elevada de nutrientes da área de cultivo. Nesse caso, a exportação corresponde ao conteúdo

dos nutrientes ou extração medida na parte aérea. Logo, para se buscar patamares de produtividade satisfatórios e para que não ocorra degradação do solo é preciso repor as quantidades demandadas de nutrientes por meio das adubações.

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas e diretamente relacionados aos ganhos de produtividade. Consequentemente, são necessárias doses altas desses nutrientes via adubação química. Além disso, são elementos químicos de grande mobilidade no solo, com possibilidade de perdas por lixiviação, favorecida pela aplicação de doses elevadas, principalmente em solos com textura mais arenosa e sob regime hídrico mais intenso. Portanto, o manejo do seu fornecimento em cultivos de sorgo para energia merece especial atenção. Há necessidade de se estabelecerem doses economicamente viáveis e esclarecer sobre a necessidade ou não de parcelamento da adubação de cobertura com esses nutrientes.

Dinâmica de N e K no Solo e Planta

O nitrogênio possui um ciclo complexo envolvendo o sistema solo-planta-atmosfera, e se apresenta em seis estados de valência ou níveis de oxidação no solo (TRIVELIN; FRANCO, 2011). No entanto, as principais formas de N encontradas no solo e absorvidas pelas plantas são o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+), sendo a primeira a mais abundante. As particularidades de cada uma dessas formas é que, sendo um cátion, o amônio fica ligado eletrostaticamente a superfícies negativamente carregadas dos minerais de argila e grupos funcionais da matéria orgânica do solo, o que limita sua perda por lixiviação. O mesmo não ocorre com o nitrato, que é pouco adsorvido nas camadas superficiais, sendo altamente móvel no solo e, por isso, mais sujeito a perdas por lixiviação (CANTARELLA, 2007).

Entre os diversos processos envolvendo o N no solo, a sua mobilidade vertical é um dos mais importantes. A lixiviação é influenciada pela textura, em que solos arenosos são mais propensos a perdas que os mais argilosos, embora estes também exijam cuidado quando da aplicação de doses elevadas e em situações de pluviosidade alta. Para avaliar a dinâmica de N nos solos é preciso considerar outros fatores além da textura, uma vez que as perdas por lixiviação estão relacionadas, também, à fertilização excessiva, à interação entre as transformações a que está sujeito, ao balanço hídrico, às propriedades químicas do solo e às características da cultura, como a marcha de absorção do N.

Na planta, o N absorvido como amônio é incorporado diretamente em esqueletos de carbono; enquanto o nitrato, que é a forma preferencialmente absorvida, precisa ser reduzido a amônio, por meio da ação sequencial das enzimas nitrato redutase e nitrito redutase para ser assimilado (SOUZA; FERNANDES, 2006). O nitrogênio desempenha importantes funções na planta, sendo componente de muitas moléculas e estruturas vegetais, como proteínas e a clorofila. Além disso, tem importância no balanço cátion-ânion da célula para a osmorregulação (MARSCHNER, 1997). Por ser um nutriente móvel na planta, os sintomas de deficiência de N, quando ocorrem, são visualizados nas partes mais velhas das plantas, que se apresentam amareladas e, de forma geral, a planta tem o crescimento reduzido.

O potássio é um cátion monovalente, sendo retido na matriz coloidal dos solos por ligações eletrostáticas fracas, podendo ocorrer perda por lixiviação para camadas mais profundas, principalmente em solos de textura leve e com baixa CTC. Assim como o P, o K é transportado principalmente por difusão até a zona de absorção radicular. No entanto, o teor de K na solução do solo atinge concentrações mais elevadas, conferindo-lhe, assim, maior

mobilidade em relação ao P (COSTA et al., 2009).

O coeficiente de difusão de K varia com o conteúdo volumétrico de água e, quanto mais seco estiver o solo, mais tortuoso será o caminho da difusão, o que diminui o fluxo do nutriente até as raízes (OLIVEIRA et al., 2002). Em água pura, o fator de impedância é igual a 1. Mehta et al. (1995) consideram a impedância unitária no caso de solos arenosos com elevada umidade, em que a influência das partículas de argila é muito pequena. Assim, a mobilidade do K em solo arenoso é bem maior que no argiloso. Entretanto, no caso de adubações mais robustas e em períodos de maior pluviosidade, o manejo do K em solos argilosos também merece atenção. Assim como para o N, a lixiviação de K depende de uma série de fatores, com destaque para o regime de chuva, a dose aplicada, a cultura, ou sistema de cultivo estabelecido, além da textura do solo.

Na planta, o K não faz parte de compostos específicos, sendo sua função estrutural. É ativador de diversas enzimas e atua na regulação osmótica das células, além da manutenção de água na planta por meio do controle de abertura e fechamento dos estômatos. Adicionalmente, o potássio tem efeito na resistência da planta à incidência de pragas e doenças por meio do aumento da lignificação do tecido vascular, aumento da espessura das cutículas e parede celular, aumento da produção de inibidores de doenças e efeito na permeabilidade das membranas plasmáticas, entre outros (ERNANI et al., 2007; IMAS, 2013).

A deficiência de potássio reduz o crescimento das plantas e em fase mais avançada ocorrem clorose e necrose nas pontas e margens das folhas mais velhas.

Assim, esses nutrientes devem ser manejados com cautela, buscando minimizar os riscos

de perdas, o que pode ser obtido com boas práticas conservacionistas, como cobertura do solo e rotação de culturas, para preservar a matéria orgânica nos ambientes de cultivo.

Estudos Envolvendo Manejo da Adubação NK em Cobertura para Sorgo Energia na Região Central de Minas Gerais

Para avaliar o manejo da adubação nitrogenada e potássica em cobertura no sorgo biomassa e sacarino, foram instalados experimentos durante três safras (2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016), na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, sob irrigação. A área consiste de um Latossolo Vermelho distroférrico típico, com as seguintes características químicas e físicas antes da instalação das pesquisas (camada 0-20 cm): pH H₂O = 5,4; Al = 0,07; Ca = 4,4; Mg = 1,1; eT = 12,2 (cmol_c dm⁻³); P = 5,5; e K = 31,8 (mg dm⁻³); V = 45 %; teores de matéria orgânica e argila = 3,9 e 76,0 (dag kg⁻¹), respectivamente. De acordo com Alvarez V. et al. (1999), os teores iniciais de matéria orgânica e K podem ser interpretados como médio e baixo, respectivamente, sendo esses os atributos mais relacionados à disponibilidade de N e K, nutrientes alvo do presente estudo. Na safra 2014/2015, o experimento foi instalado na mesma área da safra 2013/2014. Na safra 2015/2016, os experimentos foram montados em áreas adjacentes e próximas às safras anteriores.

O delineamento experimental utilizado nos experimentos foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Na safra 2013/2014, os tratamentos consistiram de três doses de N-K₂O (80-80, 160-160 e 240-240 kg ha⁻¹), fontes ureia e cloreto de potássio, respectivamente, aplicadas em dose única no estádio de desenvolvimento V3 ou parceladas, metade em V3 e metade em V5, mais o tratamento adicional sem NK.

Na safra 2014/2015, os tratamentos consistiram de três doses de N-K₂O (80-80, 160-160 e 240-240 kg ha⁻¹), fontes ureia e cloreto de potássio, respectivamente, aplicadas em dose única no estádio de desenvolvimento V3, dose única no estádio V5, ou, ainda, parceladas, metade em V3 e metade em V5, mais o tratamento adicional sem aplicação de NK.

Na safra 2015/2016, os tratamentos envolveram as mesmas doses e formas de aplicação da safra 2014/2015. Entretanto, no sorgo biomassa foram aplicadas apenas as doses de K, e no sorgo sacarino, apenas as doses de N, pois nesta safra estes experimentos eram componentes de outro projeto e com novo desenho experimental.

Nas três safras, o genótipo de sorgo biomassa utilizado foi o híbrido BRS 716, sensível ao fotoperíodo, com alto potencial produtivo, ciclo de seis meses, cultivado com um estande de 110.000 plantas por hectare. No caso do sorgo sacarino, em 2013/2014 e 2014/2015, trabalhou-se com a variedade BRS 506, ciclo de 120 dias, semeada com estande de 120.000 plantas por hectare e na safra 2015/2016 foi utilizado o híbrido 2014 381(B) 61, com ciclo de 120 dias e semeado com estande de 120.000 plantas por hectare. As datas de semeadura e colheita de cada safra, bem como a pluviosidade durante os ciclos da cultura, são apresentadas na Tabela 1.

A adubação de semeadura foi realizada no sulco com dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 + 50 kg ha⁻¹ de FTE BR12. As doses de N e K foram aplicadas em cobertura, conforme tratamentos descritos anteriormente, sendo os adubos aplicados em linha à distância de 20 cm da fileira das plantas.

Na maturação das plantas de sorgo biomassa, foram avaliadas a produtividade de massa verde e seca da planta, a extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca de parte aérea produzida e a qualidade da fibra. No sorgo sacarino foram avaliadas a produtividade de massa seca da planta, produtividade de massa verde de colmo, massa do caldo, diâmetro do colmo, porcentagem de fibra e a porcentagem de sólidos solúveis totais do caldo (°Brix), além dos teores foliares de macronutrientes (safra 2013/2014) e da extração/exportação por tonelada de massa seca produzida (safras 2014/2015 e 2015/2016). Cabe relatar que os restos culturais não coletados dos experimentos foram removidos da área ao final de cada colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p<0,05$) e, quando houve efeito significativo de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p<0,05$), utilizando-se o programa estatístico R (www.r-project.org).

Tabela 1. Datas de semeadura e colheita do sorgo biomassa e sacarino, e pluviosidade (mm), em cada safra. Sete Lagoas-MG.

Safra	Sorgo biomassa			Sorgo sacarino		
	Semeadura	Colheita	Pluviosidade	Semeadura	Colheita	Pluviosidade
2013/2014	31/10/2013	13/06/2014	807	02/12/2013	04/04/2014	622
2014/2015	11/11/2014	19/05/2015	1.131	20/11/2014	23/03/2015	1.080
2015/2016	02/02/2016	10/06/2016	219	02/02/2016	25/05/2016	216

Resultados com Sorgo Biomassa

Nas Tabelas 2 a 6 são apresentadas as médias das variáveis avaliadas nos experimentos conduzidos com o sorgo biomassa nas três safras e a comparação estatística dos

tratamentos, quando pertinente. No subtópico seguinte, faz-se uma discussão conjunta desses resultados.

Tabela 2. Produtividade de massa verde (MV) e seca (MS) da planta e extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida pelo sorgo biomassa em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2013/2014. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O ^{/1}	MV ^{ns}	MS ^{ns}	N*	P ^{ns}	K*	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----				-----kg t ⁻¹ -----			
0-0	52,2	22,6	5,00b	0,42	3,64b	2,96	2,01	0,64
80-80 DU	50,8	22,7	5,03b	0,42	3,87b	2,99	1,99	0,68
80-80 P	52,1	22,7	5,90a	0,51	4,26b	3,01	2,12	0,75
160-160 DU	53,8	23,6	5,50b	0,45	4,53b	2,78	1,84	0,63
160-160 P	47,3	19,6	6,38a	0,51	5,63a	2,84	1,90	0,79
240-240 DU	54,0	22,4	4,95b	0,33	4,22b	2,60	1,67	0,60
240-240 P	48,5	21,4	6,65a	0,49	5,57a	2,88	2,10	0,72
Média Geral	57,2	22,1	5,63	0,45	4,53	2,86	1,95	0,68
C.V. (%)	17,2	13,8	12,1	16,2	20,5	6,9	11,7	12,3

^{/1} P = DU = dose única em V3; dose parcelada em V3 e V5.

ns – não significativo na análise de variância($p < 0,05$).

* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$).

Tabela 3. Qualidade da fibra – lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CIN) do sorgo biomassa em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2013/2014. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O ¹	LIG ^{ns}	CEL ^{ns}	HEM ^{ns}	CIN*
kg ha ⁻¹	-----%-----			
0-0	6,58	33,96	26,51	2,49b
80-80 DU	6,61	34,32	27,92	2,48b
80-80 P	6,41	33,33	27,27	2,73a
160-160 DU	6,52	34,48	26,99	2,55b
160-160 P	7,69	34,15	27,06	2,84a
240-240 DU	7,38	34,54	26,58	2,31b
240-240 P	7,86	34,48	27,45	2,88a
Média Geral	7,01	34,18	27,11	2,61
C.V. (%)	15,6	4,2	4,4	9,0

¹ P = DU = dose única em V3; dose parcelada em V3 e V5.ns – não significativo na análise de variância ($p < 0,05$).* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$).

Tabela 4. Produtividade de massa verde (MV) e seca (MS) da planta e extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida pelo sorgo biomassa em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2014/2015. Sete Lagoas-MG

Trat NK ₂ O V3	NK ₂ O V5	MV	MS	N	P ^{ns}	K	Ca	Mg ^{ns}	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----				kg t ⁻¹			
0-0	0-0	79,50	25,79	6,73	0,77	5,61	3,72	2,56	0,71
80-80	0-0	100,57	33,06	7,53	0,90	6,53	3,60	2,39	0,69
0-0	80-80	87,58	28,21	6,83	0,71	5,56	3,10	2,11	0,62
40-40	40-40	97,36	31,54	7,15	0,86	6,48	3,73	2,57	0,71
160-160	0-0	103,90	34,77	6,63	0,72	6,69	3,41	2,19	0,65
0-0	160-160	96,40	32,29	7,58	0,85	7,18	3,33	2,26	0,64
80-80	80-80	101,82	35,50	6,85	0,79	6,46	3,31	2,13	0,62
240-240	0-0	91,46	31,14	7,50	0,86	7,34	3,47	2,33	0,67
0-0	240-240	99,44	34,09	5,95	0,67	7,02	2,79	1,88	0,56
120-120	120-120	97,48	32,23	7,43	0,76	8,33	3,25	1,99	0,67
F.V.	G.L.								
Bloco	3								
Forma (F)	2					*			
Dose (D)	2					*			
F x D	4			*					
Adic. x Fat.	1	*	*			*			
Média Geral		95,6	31,9	7,02	0,79	6,72	3,37	2,24	0,65
C.V. (%)		12,8	14,3	13,3	16,9	19,8	13,9	17,9	12,5

ns; * – não significativo; significativo na análise de variância($p<0,05$).

Tabela 5. Qualidade da fibra – lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e cinzas (CIN) do sorgo biomassa em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2014/2015. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O V3 kg ha ⁻¹	NK ₂ O V5 kg ha ⁻¹	LIG ^{ns}	CEL ^{ns}	HEM ^{ns}	CIN ^{ns}
0-0	0-0	8,20	34,53	29,09	3,29
80-80	0-0	7,03	33,72	30,72	3,34
0-0	80-80	7,15	34,66	30,04	3,59
40-40	40-40	7,99	35,47	27,76	3,68
160-160	0-0	7,21	34,51	29,37	3,21
0-0	160-160	7,73	33,75	29,23	3,38
80-80	80-80	8,18	34,81	28,89	3,36
240-240	0-0	8,39	34,24	29,47	3,48
0-0	240-240	8,18	33,80	28,43	3,20
120-120	120-120	7,11	34,36	29,66	3,61
Média Geral		7,72	34,38	29,27	3,41
C.V. (%)		21,0	5,2	5,2	12,8

ns – não significativo na análise de variância ($p<0,05$).

Tabela 6. Produtividade de massa verde (MV) e seca (MS) da planta e extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida pelo sorgo biomassa em função dos tratamentos com K em cobertura. Safra 2015/2016. Sete Lagoas-MG.

Trat K ₂ O ¹	MV ^{ns}	MS ^{ns}	P ^{ns}	K	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----			-----kg t ⁻¹ -----			
0-0	38,22	13,65	0,69	11,59	3,46	3,02	0,75
80-0 DU	44,45	15,85	0,66	11,11	3,28	2,96	0,68
0-80 DU	38,57	14,82	0,69	8,06	3,51	2,92	0,70
40-40 P	46,23	16,77	0,55	10,63	3,47	3,03	0,66
160-0 DU	40,92	14,27	0,73	12,77	3,41	3,26	0,73
0-160 DU	38,70	14,28	0,63	10,44	3,24	2,27	0,67
80-80 P	40,77	14,03	0,66	13,92	3,78	2,99	0,72
240-0 DU	42,93	15,19	0,57	14,04	3,41	2,39	0,68
0-240 DU	44,32	15,78	0,81	15,89	3,42	2,81	0,74
120-120 P	45,24	16,87	0,64	12,63	3,28	2,63	0,64
F.V.	G.L.						
Bloco	3						
Forma (F)	2						
Dose (D)	2			*			
F x D	4						
Adic. x Fat.	1						
Média Geral	42,0	15,2	0,66	12,11	3,42	2,83	0,70
C.V. (%)	18,4	20,9	23,6	27,2	10,4	25,6	10,2

¹ P = DU = dose única em V3 ou V5; dose parcelada em V3 e V5.

ns; * – não significativo; significativo na análise de variância($p<0,05$).

Discussão das Respostas do Sorgo Biomassa

Observando os dados das Tabelas 2, 4 e 6, verifica-se, de maneira geral, que as variáveis produtivas avaliadas não foram afetadas pelas doses e formas de aplicação de NK em cobertura. Na safra 2014/2015 (Tabela 4), apenas houve diferença entre a média do fatorial com adubação NK em cobertura em relação ao tratamento adicional (testemunha sem NK). Nesse caso, o uso de NK em cobertura proporcionou ganhos médios de 17,8 e 6,7 t ha⁻¹ de massa verde e seca, respectivamente. Cabe a ressalva de que, nesta safra, a produtividade do sorgo biomassa foi praticamente o dobro das demais, o que pode ser atribuído à

adequada época de semeadura e ao melhor regime hídrico, mesmo o experimento sendo conduzidos em condições irrigadas (Tabela 1). Dito isso, pode-se assumir que a demanda nutricional mais acentuada de cultivos de maior potencial produtivo é fator condicionante da resposta ao fornecimento de N e K, como observado na safra 2014/2015. Portanto, ao se visar alta produtividade de biomassa, a necessidade de reforço na adubação com esses nutrientes não pode ser desconsiderada, independentemente de ter havido algum aporte por ocasião da semeadura.

A extração de macronutrientes foi pouco afetada pelos tratamentos, à exceção dos nutrientes alvo (N e K) (Tabelas 2, 4 e 6), que

no geral tiveram maior extração por tonelada de massa seca produzida quando a adubação foi parcelada e na maior dose de NK (240 kg ha^{-1}), conforme resultado do teste de médias realizado após a anova. Esta maior extração de nutrientes pela planta na aplicação parcelada de NK pode ser justificada pelo fornecimento mais sincronizado do fertilizante com a demanda da planta, favorecendo a absorção destes plantas e, consequentemente, seu acúmulo.

Em 2014/2015, para uma produtividade média de $31,9 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca, que pode ser considerada bastante satisfatória, os valores de exportação de N e K foram em média 224 e 214 kg, respectivamente. Esses montantes são substanciais e ilustram como o sorgo biomassa de alta produtividade pode se tornar uma cultura esgotante da fertilidade do solo, caso não sejam repostos nas adubações de manutenção ao longo dos ciclos de cultivo.

A qualidade da fibra praticamente não foi afetada pelos tratamentos avaliados; sendo apenas os valores das cinzas maiores na safra 2013/2014 (Tabela 3) quando a adubação de NK foi parcelada.

A falta de resposta, no geral, das variáveis avaliadas às doses de NK dos tratamentos do fatorial pode ser justificada, em parte, pelo teor médio de matéria orgânica do solo, com estimativa de fornecimento de 90 kg ha^{-1} de N (1 dag kg^{-1} de matéria orgânica pode fornecer 30 kg ha^{-1} de N) (SOUZA; LOBATO, 2004), bem como pela contribuição de formas não trocáveis de K do solo (MELO et al., 2005).

Além disso, o sorgo é reconhecido pela alta eficiência na utilização do N (MARANVILLE; MADHAVAN, 2002), e Barbanti et al. (2006) relatam que o sorgo pode produzir cerca de 20 t ha^{-1} de massa seca apenas com a reserva de N do solo, valor que foi superado apenas na safra 2014/2015 neste trabalho. Adicionalmente, à exceção da safra 2014/2015, observa-se que a produtividade de massa

verde e seca da planta foi baixa se comparada ao potencial produtivo desse material (acima de 100 t ha^{-1} de massa verde) (Tabelas 2, 4 e 6).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que, nas condições avaliadas, e considerando solo muito argiloso, o melhor manejo da adubação NK de cobertura seria em dose única, pois além da planta ter produzido mais, numericamente, ela extrai menos nutrientes do solo, o que é de grande importância neste tipo de exploração agrícola, que tem como característica marcante um elevado potencial de extração/exportação de nutrientes do solo, pois toda a planta é colhida. Além disso, as principais características de qualidade da fibra (lignina, celulose, hemicelulose) não foram afetadas pelos tratamentos. Outro ponto a ser destacado na adubação de cobertura em dose única com N e K é que os custos de produção e os danos ao solo e plantas são reduzidos em comparação à adubação parcelada. Há que se considerar que, em solos com texturas mais arenosas, este resultado pode não se repetir, principalmente para aplicações de doses mais elevadas de N e K, em que haveria maior risco de lixiviação dos nutrientes.

Embora a fonte de variação doses, no geral, não tenha apresentado efeito significativo para a maioria das variáveis avaliadas, sugere-se atenção com a adubação no sorgo biomassa pelo alto valor de extração/exportação de nutrientes pela cultura (Tabelas 2, 4 e 6).

Resultados com Sorgo Sacarino

Nas Tabelas 7 a 12 são apresentadas as médias das variáveis avaliadas nos experimentos conduzidos com o sorgo sacarino nas três safras e a comparação estatística dos tratamentos, quando pertinente. Na sequência, faz-se uma discussão conjunta desses resultados.

Tabela 7. Produtividade de massa seca da planta (MS), massa verde do colmo (MVC), massa do caldo (MC), diâmetro do colmo (DC), porcentagem de fibra (PF) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) do sorgo sacarino em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2013/2014. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O ¹	MS ^{ns}	MVC ^{ns}	MC ^{ns}	DC ^{ns}	PF ^{ns}	$^{\circ}$ Brix ^{ns}
kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----			mm	%	
0-0	20,38	61,98	35,2	14,58	17,7	15,45
80-80 DU	18,77	56,14	31,2	14,86	17,7	15,80
80-80 P	18,50	56,19	30,5	14,80	18,5	15,28
160-160 DU	19,33	58,56	33,5	14,26	17,3	15,08
160-160 P	20,96	63,52	35,9	14,09	17,6	15,05
240-240 DU	18,12	57,16	33,5	14,36	17,1	15,40
240-240 P	20,57	68,02	39,6	14,98	17,1	15,28
Média Geral	19,52	60,22	34,2	14,56	17,6	15,33
C.V. (%)	14,7	14,8	16,3	6,7	3,9	4,4

¹ DU = dose única em V3; P = dose parcelada em V3 e V5.ns – não significativo na análise de variância ($p<0,05$).**Tabela 8.** Teores foliares de macronutrientes do sorgo sacarino em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2013/2014. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O ¹	N ^{ns}	P ^{ns}	K ^{ns}	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----					
0-0	32,93	2,62	7,85	5,79	3,54	1,59
80-80 DU	33,03	2,40	7,97	5,76	3,29	1,51
80-80 P	32,70	2,34	8,23	5,10	3,04	1,47
160-160 DU	33,73	2,55	8,28	4,96	2,70	1,54
160-160 P	35,25	2,65	8,14	4,88	2,87	1,57
240-240 DU	33,53	2,41	7,82	5,66	3,50	1,59
240-240 P	33,78	2,68	8,38	5,93	3,65	1,66
Média Geral	33,56	2,52	8,09	5,44	3,23	1,56
C.V. (%)	3,9	9,8	9,8	10,7	19,1	7,9

¹ DU = dose única em V3; P = dose parcelada em V3 e V5.ns – não significativo na análise de variância ($p<0,05$).

Tabela 9. Produtividade de massa seca da planta (MS), massa verde do colmo (MVC), massa do caldo (MC), diâmetro do colmo (DC), porcentagem de fibra (PF) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) do sorgo sacarino em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2014/2015. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O V3	Trat NK ₂ O V5	MS	MVC ^{ns}	MC ^{ns}	DC ^{ns}	PF ^{ns}	$^{\circ}$ Brix
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----	-	mm	%		
0-0	0-0	17,37	58,42	39,8	13,54	13,6	15,90
80-80	0-0	12,31	44,48	29,7	13,98	14,0	15,73
0-0	80-80	17,47	58,81	41,2	13,73	12,8	15,58
40-40	40-40	18,01	61,33	42,4	14,11	13,0	16,35
160-160	0-0	16,61	55,15	38,1	13,71	13,1	15,93
0-0	160-160	16,23	58,04	40,9	14,39	12,6	14,98
80-80	80-80	17,09	61,33	42,9	13,49	12,9	15,88
240-240	0-0	16,85	58,07	40,0	13,49	13,2	16,48
0-0	240-240	18,47	65,84	45,3	13,62	13,4	15,55
120-120	120-120	14,76	50,81	35,4	13,43	13,1	15,03
F.V.	G.L.						
Bloco	3						
Forma (F)	2						
Dose (D)	2						
F x D	4	*					*
Adic. x Fat.	1						
Média Geral		17,14	57,23	39,6	13,72	13,2	15,74
C.V. (%)		16,9	16,6	17,6	4,1	5,6	4,9

ns; *– não significativo; significativo na análise de variância($p<0,05$).

Tabela 10. Extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida pelo sorgo sacarino em função dos tratamentos NK em cobertura. Safra 2014/2015. Sete Lagoas-MG.

Trat NK ₂ O V3	Trat NK ₂ O V5	N ^{ns}	P	K	Ca ^{ns}	Mg ⁿ s	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹			kg t ⁻¹			
0-0	0-0	8,95	0,92	7,10	3,01	2,77	0,78
80-80	0-0	9,35	0,95	8,63	3,28	2,71	0,85
0-0	80-80	8,38	0,94	7,20	3,06	2,56	0,78
40-40	40-40	9,20	0,97	8,53	2,97	2,60	0,81
160-160	0-0	8,75	0,86	9,55	2,82	2,31	0,80
0-0	160-160	8,60	0,82	10,19	2,82	2,53	0,79
80-80	80-80	8,05	0,72	10,13	2,56	2,45	0,72
240-240	0-0	9,68	1,03	12,19	2,79	2,45	0,83
0-0	240-240	10,00	1,00	11,41	2,69	2,51	0,84
120-120	120-120	8,20	0,86	11,23	2,74	2,49	0,74
F.V.	G.L.						
Bloco	3						
Forma (F)	2						
Dose (D)	2	*	*				
F x D	4						
Adic. x Fat.	1		*				
Média Geral		8,92	0,91	9,62	2,87	2,54	0,79
C.V. (%)		12,0	18,6	21,8	14,9	12,4	11,2

ns; *– não significativo; significativo na análise de variância($p<0,05$).

Tabela 11. Produtividade de massa seca da planta (MS), massa verde do colmo (MVC), massa do caldo (MC), diâmetro do colmo (DC), porcentagem de fibra (PF) e sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) do sorgo sacarino em função dos tratamentos com N em cobertura. Safra 2015/2016. Sete Lagoas-MG.

Trat N ¹	MS ^{ns}	MVC ^{ns}	MC ^{ns}	DC ^{ns}	PF ^{ns}	$^{\circ}$ Brix
kg ha ⁻¹	-----t ha ⁻¹ -----			mm	%	
0-0	17,41	52,65	31,5	16,24	16,9	16,65
80-0 DU	17,25	52,09	31,6	16,01	16,3	17,00
0-80 DU	16,52	51,93	32,6	16,37	15,6	16,68
40-40 P	17,83	56,66	35,6	16,29	15,5	16,48
160-0 DU	16,90	52,94	33,2	16,00	15,8	16,20
0-160 DU	17,60	55,76	33,3	16,06	16,7	16,53
80-80 P	16,15	50,75	30,9	15,92	15,8	16,38
240-0 DU	18,54	60,01	37,9	16,24	15,5	15,83
0-240 DU	15,92	50,08	31,4	16,35	15,5	16,28
120-120 P	17,56	54,72	32,9	15,73	16,2	17,23
F.V.	G.L.					
Bloco	3					
Forma (F)	2					
Dose (D)	2					
F x D	4					*
Fat. x Adic.	1					
Média Geral	17,17	53,76	33,1	16,12	15,9	16,5
C.V. (%)	16,2	16,7	17,8	2,8	7,1	4,2

¹ DU = dose única em V3 ou V5; P = dose parcelada em V3 e V5.

ns; * – não significativo; significativo na análise de variância($p<0,05$).

Tabela 12. Extração/exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida pelo sorgo sacarino em função dos tratamentos com N em cobertura. Safra 2015/2016. Sete Lagoas-MG.

Trat N ¹	P ^{ns}	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹	-----kg t ⁻¹ -----				
0-0	0,74	6,17	2,27	2,82	0,53
80-0 DU	0,63	7,27	1,92	2,46	0,46
0-80 DU	0,62	7,08	1,94	2,37	0,46
40-40 P	0,68	7,62	1,92	2,38	0,47
160-0 DU	0,57	7,84	1,78	2,20	0,45
0-160 DU	0,60	7,53	1,75	2,14	0,43
80-80 P	0,72	7,22	1,95	2,46	0,49
240-0 DU	0,75	7,57	1,98	2,54	0,52
0-240 DU	0,70	7,54	1,85	2,29	0,47
120-120 P	0,64	7,37	1,81	2,26	0,45
F.V.	G.L.				
Bloco	3				
Forma (F)	2				
Dose (D)	2				
F x D	4				
Adic. x Fat.	1	*	*	*	*
Média Geral	0,66	7,32	1,92	2,39	0,47
C.V. (%)	18,2	10,3	11,1	12,6	11,3

¹ DU = dose única em V3 ou V5; P = dose parcelada em V3 e V5.ns; * – não significativo; significativo na análise de variância ($p < 0,05$).

Discussão das Respostas do Sorgo Sacarino

Os resultados apresentados nas Tabelas 7, 9 e 11 mostram que as variáveis produtivas do sorgo sacarino foram pouco afetadas pelas doses e formas de aplicação do NK em cobertura. Apenas a massa seca da planta, na safra 2014/2015, sofreu influência da interação dose x forma (Tabela 9), sendo que, pelo teste de médias realizado, na dose de 80 kg ha⁻¹ de NK, a massa seca da planta foi semelhante na aplicação parcelada e em dose única aplicada em V5 e estas maiores que a aplicação em dose única em V3. Enquanto na aplicação em dose única em V3 a massa seca da planta foi semelhante para as doses de 240 e 160 kg ha⁻¹ e estas maiores que a dose de 80 kg ha⁻¹ de NK em cobertura.

O Brix foi afetado pela interação dose x forma tanto na safra 2014/2015 quanto na 2015/2016, mas sem uma tendência clara, pois, aplicando-se o teste de médias, na safra 2014/2015 na dose de 240 kg ha⁻¹ o Brix foi maior na aplicação em dose única em V3 e na safra 2015/2016, na mesma dose, o Brix foi maior na aplicação parcelada em V3 e V5 (Tabelas 9 e 11).

O teor de K no solo é classificado como médio (VILELA et al., 2004) e baixo por Alvarez V. et al. (1999) e, desta forma, seria bem provável obter resposta das variáveis avaliadas às doses de NK aplicadas, principalmente as produtivas. Entretanto, possíveis justificativas para esta falta de resposta podem ser as mesmas já citadas anteriormente para o sorgo biomassa.

A extração pela planta de K por tonelada de massa seca produzida foi maior, na safra 2014/2015, na dose de 240 kg ha⁻¹ em relação às demais, pelo teste de médias, e foi também maior nos tratamentos adubados (fatorial) em relação à testemunha (tratamento adicional sem adubação) nas safras 2014/2015

e 2015/2016 (Tabelas 10 e 12). Enquanto na safra 2015/2016, o teste de médias mostrou que a extração de Ca, Mg e S foi maior no tratamento testemunha em relação ao fatorial (Tabelas 10 e 12).

Mesmo não havendo resposta das principais variáveis produtivas do sorgo sacarino às doses de NK aplicadas em cobertura, é preciso considerar os valores elevados de extração/exportação de nutrientes pelo sorgo sacarino (média das três safras de 174 e 146 kg ha⁻¹ de N e K, respectivamente) de forma a se atentar para o correto manejo da adubação com esses nutrientes, evitando-se possível degradação do solo ao longo da exploração agrícola.

Conclusão e Recomendações

Pelos resultados obtidos neste trabalho, a adubação de cobertura com NK no sorgo energia pode ser realizada em dose única no estádio V3 ou V5, em solos argilosos.

Embora não tenha havido resposta da maioria das variáveis avaliadas neste trabalho à adubação NK de cobertura para o sorgo energia, o que pode, em parte, ser justificado pelas baixas produtividades do sorgo, à exceção da safra 2014/2015 para o sorgo biomassa, deve-se atentar para o correto manejo da adubação no sentido de se preservar a capacidade produtiva do solo ao longo dos anos de cultivo, pois a extração/exportação de nutrientes pelo sorgo energia é da ordem de 180 e 160 kg ha⁻¹ de N e K, respectivamente (média das três safras e do sorgo biomassa e sacarino) ou cerca de 220 e 210 kg ha⁻¹ de N e K, respectivamente (considerando a safra mais produtiva 2014/2015 e o sorgo biomassa). Logo, adotando-se um manejo sustentável da adubação, há necessidade de, no mínimo, repor essas quantidades extraídas/exportadas do solo, sendo elas um dos componentes a ser inserido na equação de cálculo da adubação para o sorgo energia.

Agradecimentos

À Embrapa e à Finep pelo financiamento das pesquisas.

Referências

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S.

Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P.T. G.; ALVAREZ V., V. H (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5^a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

BARBANTI, L.; GRANDI, S.; VECCHI, A.; VENTURI, G. Sweet and fibre sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. **European Journal of Agronomy**, v. 25, p. 30-39, 2006.

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

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; BASTOS, A. L.; ALBUQUERQUE, A. W. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 56-62, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 5 anos (2016-2020)**. Rio de Janeiro, 2015. 88 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. (Ed.). **Fertilidade do solo**.

Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção, e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, Washington, v. 315, n. 5813, p. 808-810, 2007.

IMAS, P. (Comp.). **Potássio, o elemento da qualidade na produção agrícola**. Horgen: International Potash Institute, 2013. 38 p.

MARANVILLE, J. W.; MADHAVAN, S. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency in sorghum. **Plant and Soil**, The Hague, v. 245, p. 25-34, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

MEHTA, B. K.; SHIOZAWA, S.; NAKANO, M. Measurement of molecular diffusion of salt in unsaturated soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 159, p. 115-121, 1995.

MELO, V. F.; CORRÊA, G. F.; RIBEIRO, A. N.; MASCHIO, P. A. Cinética de liberação de potássio e magnésio pelos minerais da fração areia de solos do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p. 533-545, 2005.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; MORTATTI, J. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 861-868, 2002.

PARRELLA, R. A. C. Sorgo sacarino desponta como alternativa promissora na produção de

etanol. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, ano 3, n. 14, 2009.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).

SORGO biomassa é aposta como fonte de energia renovável. Rio de Janeiro: Sociedade Nacional de Agricultura, 2016. Disponível em: <<http://sna.agr.br/sorgo-biomassa-e-aposta-como-fonte-de-energia-renovavel>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogen-acquisition by plants in a sustainable environment. In: SINGH, R. P.; JAIWAL, P. K. (Ed.). **Biotechnological approaches to improve nitrogen use efficiency in plants**. Houston: Studium Press, 2006. p. 41-62.

TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J. Adubação nitrogenada e a sustentabilidade de agrossistemas. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 193-219.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 169-183.

VINUTHA, K. S.; RAYAPRLU L.; YADAGIRI, K.; UMAKANTH, A. V.; PATIL, J. V.; RAO, P. S. Sweet sorghum research and development in India: status and prospects. **Sugar Tech**, v. 16, n. 2, p. 133-143, 2014.

Literatura Recomendada

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, jan./mar. 2001.

CASTRO, F. M. R. **Potencial agronômico e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. 84 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

PEREIRA, G. de A.; PARRELLA, R. A. da C.; PARRELLA, N. N. N. L. D.; SOUSA, V. F.; SCHAFFERT, R. E.; COSTA, R. K. Desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. **Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos expandidos**. Campinas:

Instituto Agronômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 82-88.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, A. C.; GOMES, T. C.; OLIVEIRA, M. S. Adubações nitrogenada e potássica no sorgo biomassa-produtividade e qualidade de fibra. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, p. 1-13, 2014.

STEEGE, M. W.; STULEN, I.; MARY, B. Nitrogen in the environment. In: LEA, P. J.; MOROT-GAUDRY, J. F. (Ed.). **Plant nitrogen**. New York: Springer-Verlag, 2001. p. 379-397.

UCHÔA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.

Circular Técnica, 226

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
www.embrapa.br/fale-conosco
1ª edição
Versão Eletrônica (2016)

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau.
Membros: Antonio Claudio da Silva Barros,
Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda de Castro.

Expediente

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros.
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro.
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.