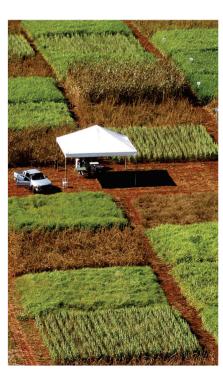
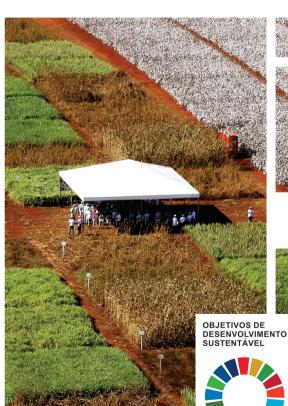
BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 111

Acúmulo de Nutrientes por Plantas de Cobertura no Sistema Plantio Direto com Rotação Soja-Algodão









Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Algodão Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 111

Acúmulo de Nutrientes por Plantas de Cobertura no Sistema Plantio Direto com Rotação Soja-Algodão

Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira Ana Luiza Dias Coelho Borin Fernando Mendes Lamas Valdinei Sofiatti

> Embrapa Algodão Campina Grande, PB 2022

Esta publicação está disponível no endereço: https://www.embrapa.br/algodao/publicacoes

Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário CEP 58428-095, Campina Grande, PB Fone: (83) 3182 4300 Fax: (83) 3182 4367

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Embrapa Algodão

Presidente

Daniel da Silva Ferreira

Secretário-Executivo

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Membros

Francisco José Correia Farias, Geraldo Fernandes de Sousa Filho, Luiz Paulo de Carvalho, Nair Helena Castro Arriel, Rita de Cássia Cunha Saboya.

Supervisão editorial Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Revisão de texto Ivanilda Cardoso da Silva

Normalização bibliográfica Enyomara Lourenço Silva

Projeto gráfico da coleção Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Fotos da capa Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira

1ª edição

Publicação digital - PDF (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Algodão

Acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura no Sistema Plantio Direto com rotação soja-algodão / Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira ... [et al.]. – Campina Grande : Embrapa Algodão, 2022.

PDF (25 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Algodão, ISSN 0103-0841 : 111).

1. Algodão. 2. Soja. 3. Nutrição vegetal. 4. Fertilidade do solo.5. SPD. I. Ferreira, Alexandre Cunha de Barcellos. II. Borin, Ana Luíza Dias Coelho. III.Lamas, Fernando Mendes. IV. Sofiatti, Valdinei. V. Embrapa Algodão. VI. Série.

CDD 631.42

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	12
Conclusões	20
Referências	20

Acúmulo de Nutrientes por Plantas de Cobertura no Sistema Plantio Direto com Rotação Soja-Algodão

Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira¹ Ana Luiza Dias Coelho Borin² Fernando Mendes Lamas³ Valdinei Sofiatti⁴

Resumo – Plantas de cobertura (PC) são fundamentais para a produção de palhada e cobertura do solo no sistema plantio direto (SPD). Entretanto, existem poucas informações do potencial de produção de matéria seca (MS) e do acúmulo de nutrientes por PC no Cerrado brasileiro, quando cultivadas na entressafra, em sucessão à soja e antecedendo ao algodoeiro. Objetivou-se nesse estudo avaliar a produtividade de MS, o acúmulo de nutrientes por PC e seus efeitos sobre a produtividade do algodoeiro. Um experimento foi conduzido no estado de Goiás, Brasil, sendo repetido durante três anos, e constou de 7 tratamentos com PC em cultivos solteiros ou consorciados: Panicum maximum Aruana, Urochloa brizantha cv BRS Piatã, Urochloa ruziziensis, Pennisetum glaucum, Sorghum bicolor + U. ruziziensis, Crotalaria spectabilis + U. ruziziensis e Pennisetum glaucum + U. ruziziensis. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As espécies U. brizantha Piată, U. ruziziensis e Panicum maximum Aruana acumularam na parte aérea pelo menos 169,6 kg ha⁻¹ de K. No ano com mais chuvas no outono e na primavera, o milheto produziu 10.817 kg ha-1 de MS, porém, nos anos com poucas chuvas a produtividade foi de 4.357 kg ha⁻¹, sendo baixos também os acúmulos de N, K e Mg na sua biomassa. A Urochloa brizantha Piatã, semeada na entressafra após a soja, produz elevadas quantidades de MS com altos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S, além de propiciar alta produtividade do algodão semeado sobre a sua palhada em SPD.

Termos para indexação: poaceae, fabaceae, segunda safra, palhada, produtividade de algodão.

¹ D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Algodão, Núcleo Cerrado

² D.Sc. em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão

³ D.Sc. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste

⁴ D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Algodão

Nutrient Accumulation by Cover Crops in Soybean-Cotton Rotation Under No-Tillage System

Abstract – Cover crops (CC) are essential to straw production and soil coverage in no-tillage cropping system (NTS). However, very few information is available on the dry matter (DM) production and nutrient accumulation by cover crops in Brazilian savannah (Cerrado), grown during the off-season, after soybean crop and preceding cotton cultivation. The objective of this work was to evaluate the DM yield and nutrients accumulation by CC and their effects on cotton yield. The experiment was carried out during three years in a Cerrado environment of the state of Goiás, Brazil. Seven treatments (cover crops cultivated in single cropping or intercropping) were tested: Panicum maximum Aruana. Urochloa brizantha cv BRS Piatã, Urochloa ruziziensis, Pennisetum glaucum, Sorghum bicolor + U. ruziziensis, Crotalaria spectabilis + U. ruziziensis and Pennisetum glaucum + U. ruziziensis. The experimental design was a randomized block design with four replicates. The species *U. brizantha* Piatã, *U. ruziziensis* and *Panicum maximum* Aruana accumulated at least 169.6 kg ha⁻¹ of K in shoot tissues. In the year with more rain in the autumn and spring, P. glaucum produced 10,817 kg ha⁻¹ of DM, however, in years of low rainfall the DM yield was reduced to 4,357 kg ha⁻¹, and the accumulation of N, K and Mg in its biomass was reduced as well. U. brizantha Piatã, sown during the off-season after soybean crop, produced high DM amount with high contents of N, P, K, Ca, Mg and S, besides to provide high cotton yield when cultivated on its straw in NTS.

Index terms: poaceae, fabaceae, second crop, straw, cotton yield.

Introdução

Os solos tropicais do Cerrado do Brasil, geralmente, apresentam baixa fertilidade natural. Essa limitação natural é superada pela correção química do solo, sendo atualmente cultivados 1,5 milhão de hectares com algodão, o que corresponde a mais de 98% da área total de algodão e da fibra produzida no País (Conab, 2022). O algodoeiro é uma cultura muito exigente em nutrientes, tornando necessário o aporte de grandes quantidades de fertilizantes, que podem representar até cerca de 30% do custo total de produção.

Dentre as práticas agrícolas mais adequadas para a sustentabilidade do bioma Cerrado destaca-se o sistema plantio direto (SPD), sistema conservacionista que tem, como um dos seus princípios, a cobertura permanente do solo propiciada pela palhada residual das culturas comerciais dos cultivos anteriores e das plantas de cobertura, previamente dessecadas antes do plantio das culturas de verão ou de inverno. Os benefícios do SPD sobre o solo e a produtividade das culturas dependem de vários fatores, dentre os quais as culturas comerciais e as plantas de cobertura usadas anteriormente, a quantidade e a qualidade da matéria seca residual deixada por elas sobre o solo, a sua persistência e capacidade de disponibilização de nutrientes às culturas em sucessão (Derpsch et al., 2010).

Uma prática ainda comum no Cerrado é o pousio após o cultivo de soja. Entretanto, esta cultura aporta baixa quantidade de palha residual sobre o solo, a qual é rapidamente decomposta devido à baixa relação C/N, resultando em solo descoberto e mais vulnerável à erosão. As chuvas após a colheita da soja também são comuns, às vezes em alta intensidade e frequência, podendo lixiviar o nitrato (Maltas et al., 2009) e o potássio (Calonego; Rosolem, 2013), principalmente na ausência de cultivo em segunda safra. Além disso, o pousio permite a reinstalação ou infestação de plantas daninhas, a multiplicação do banco de sementes delas já existentes no solo, o que dificulta seu controle, amplia a necessidade de uso de herbicidas específicos e aumenta o custo de produção.

O cultivo de plantas de cobertura, integradas aos esquemas de rotação ou sucessão de culturas, melhora a qualidade do solo e o protege da erosão (Dabney; Delgado; Reeves, 2001; Baets et al., 2011; Crusciol et al., 2015; Veras et al., 2016), reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, com des-

taque para o potássio (Calonego; Rosolem, 2013) e nitrogênio (Basche et al., 2014), diminui a incidência de plantas daninhas (Ferreira et al., 2018) e aumenta a produtividade das culturas (Crusciol et al., 2015; Mahama et al., 2016), aumentando a ocupação da mão de obra, equipamentos e máquinas existentes na propriedade durante o ano agrícola, otimizando com isso o seu fluxo de caixa.

Uma limitação para o cultivo das plantas de cobertura no Cerrado é que entre junho e agosto (inverno, que vai de 22 de junho a 22 de setembro) praticamente não chove. No entanto, depois da colheita da soja no verão, as chuvas que ocorrem até a metade do outono (21 Mar a 21 Jun) podem ser suficientes para o desenvolvimento de plantas de cobertura. Estas apresentam distintos níveis de tolerância ao déficit hídrico e, consequentemente, influenciam a produção de matéria seca e o acúmulo e ciclagem de nutrientes (Zörb; Senbayram; Peiter, 2014); entretanto, algumas têm forte desenvolvimento radicular em profundidade, com gramíneas chegando a mais de 3 m, acessando água e nutrientes que foram percolados e armazenados nos horizontes subsuperficiais do solo. Isto ajuda na manutenção de razoável massa vegetal de cobertura sobre o solo no inverno seco e frio do cerrado, que acumulam nutrientes e podem ser disponibilizados posteriormente como pastagem ou palhada dessecada. Assim, a ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura pode ser uma alternativa para disponibilizar nutrientes para o algodoeiro. Entretanto, existem poucas informações do potencial de diferentes espécies em acumular nutrientes, especificamente quando cultivadas no período de entressafra em sistema plantio direto, na rotação anual de soja com algodão.

O objetivo nesse estudo foi avaliar a produtividade de matéria seca e o acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura, cultivadas em segunda safra após a soja, e seus efeitos sobre a produtividade do algodoeiro em sucessão.

A solução tecnológica desenvolvida e publicada neste documento está alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 - Consumo e produção responsáveis: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, no município de Santa Helena de Goiás, GO, Brasil, latitude Sul 17°50'34"; longitude Oeste

50°35'58" e altitude de 560 m. O solo, com 50% de argila, é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2013) ou como Oxisol (USDA, 2014). O clima é Aw, de acordo com o sistema de classificação de Köppen-Geiger, com a média anual de precipitação pluvial de 1.800 mm, concentrada no período de outubro a março.

O experimento foi instalado durante as safras de 2009/2010, 2011/2012 e 2012/2013, e constou de 7 tratamentos, que consistiram de plantas de cobertura (Tabela 1) semeadas e cultivadas em segunda safra, após o cultivo e colheita de soja. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área de cada parcela experimental foi de 100 m² (10,0 m x 10,0 m).

Em toda a área experimental relativa aos trabalhos foram aplicados, sobre a superfície do solo e não incorporados, 2.000 kg ha-1 de calcário dolomítico, com PRNT de 85%, em agosto de 2009, e 1.000 kg ha-1 de gesso agrícola em outubro de 2009, quando as plantas de cobertura relativas ao primeiro ano já estavam estabelecidas.

Tabela 1. Plantas de cobertura para o sistema plantio direto com rotação soja-algodão.

Planta de cobertura	Quantidade de sementes viáveis (kg ha-¹) °
Panicum maximum Aruana ^a	4
Urochloa brizantha cv BRS Piatã a	5
Urochloa ruziziensis ^a	4
Pennisetum glaucumª	12
Sorghum bicolor + U. ruziziensis ^b	10 + 3
Crotalaria spectabilis + U. ruziziensis b	9 + 3
Pennisetum glaucum + U. ruziziensis b	9 + 3

a 0,45 m entre as fileiras; b Ambas plantas de cobertura foram semeadas na mesma fileira e profundidade, com distância de 0,45 m entre as fileiras; c quantidade recomendada de sementes com 100% de germinação e de pureza; de acordo com o valor cultural do lote comercial de sementes, foi ajustada a quantidade a ser semeada, obtida por meio da fórmula: (quantidade de sementes viáveis desejada/valor cultural do lote de sementes) x 100. Quando não informado na embalagem, o valor cultural (%) foi obtido pela multiplicação da % de germinação pela % de pureza, dividindo-se por 100.

Depois da colheita da soja, o solo foi sulcado mecanicamente em espaçamento de 0,45 m entre linhas, e as plantas de cobertura foram semeadas manualmente. As variações das datas de semeadura das plantas de cobertura foram em virtude do início e estabelecimento das chuvas, que influenciaram nas datas de semeadura e de colheita da soja. As plantas de cobertura não foram adubadas ou irrigadas. Imediatamente, ou até no máximo 48 horas após a semeadura das plantas de cobertura, foi aplicado o herbicida paraquat (400 g ha⁻¹ do ingrediente ativo) para o controle de plantas daninhas e das plântulas espontâneas de soja.

As datas da semeadura e das avaliações de matéria seca e do acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura foram, respectivamente, 14 de março e 16 de novembro de 2009, 18 de março e 30 de novembro de 2011, 05 de março e 28 de novembro de 2012. Os períodos entre a semeadura e as avaliações foram de 247, 254 e 268 dias para os anos de 2009, 2011 e 2012, respectivamente.

Os dados de precipitação pluvial e de temperaturas máxima e mínima mensais, entre a semeadura e o desenvolvimento das plantas de cobertura, para cada ano de condução dos experimentos, constam na Tabela 2.

A matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura foi avaliada 20 dias antes da semeadura direta do algodoeiro, em cada ano. Na amostragem foi utilizado um quadrado de 0,25 m², lançado aleatoriamente três vezes na área útil de cada parcela experimental. As plantas de cobertura vivas e os seus restos culturais foram coletados rentes ao solo e colocados em sacos de papel, e secos a 65 °C em estufa com circulação forçada de ar. A matéria seca foi quantificada e os resultados transformados em kg ha-1. No tratamento com sorgo consorciado com *U. ruziziensis*, o sorgo foi colhido mecanicamente no inverno, e a matéria seca correspondeu aos seus restos culturais e à sua massa de matéria verde proveniente da rebrota, além da *U. ruziziensis*.

Na matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura foram analisados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Com base nos teores de nutrientes e na produtividade de matéria seca das plantas de cobertura foram determinadas as quantidades acumuladas de nutrientes, em kg ha-1, deixadas na palhada sobre o solo no momento da dessecação para a semeadura direta do algodão.

Tabela 2. Precipitação (mm) pluvial mensal e temperaturas máxima média e mínima média nos períodos de cultivo das plantas de cobertura, nos três anos do experimento. Santa Helena de Goiás, GO.

Mês	Precipitação pluvial (mm)			Temperatura máxima (°C)			Temperatura mínima (°C)		
	2009*	2011*	2012**	2009*	2011•	2012**	2009*	2011*	2012**
Março	163,3	76,4	34,4	30,1	29,9	31,8	20,3	20,9	20,3
Abril	112,0	127,8	60,4	29,6	31	31,9	17,4	18,5	20,5
Maio	10,8	0,2	41	30,0	29	29,3	14,7	14,8	17,1
Junho	15,2	53	92,4	27,6	28,5	29,6	12,2	12,5	17,2
Julho	1,8	1,2	0,8	30,6	30,4	30,3	13,2	12,2	15,4
Agosto	19,0	2,8	4,6	30,8	32,7	31,6	13,7	13,6	17
Setembro	151,6	4,4	54,5	31,8	34,1	35	18,9	16,3	19,5
Outubro	157,4	193,2	61,5	31,3	31,1	35,3	20,0	20,1	20,8
Novembro	128,6	109,1	272	31,4	31,3	31,1	21,0	19,8	21,2
Total	759,7	568,1	621,6	-	-	-	-	-	-

^{*} de 14 de março a 16 de novembro; *de 18 de março a 30 de novembro; ** de 05 de março a 28 de novembro.

Sobre a palhada das plantas de cobertura foi semeado algodoeiro BRS 293, com espaçamento entre fileiras de 90 cm e população final estimada de 88.888 plantas ha-1.

As recomendações de adubação do algodoeiro foram idênticas em todos os tratamentos, independentemente da quantidade de nutrientes acumulados nas palhadas das plantas de cobertura. Em cada uma das três safras de algodão foram aplicados 110 kg ha-1, 105 kg ha-1 e 131 kg ha-1 de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Todo o adubo fosfatado foi aplicado na semeadura, junto com 14 kg ha-1 de N e 56 kg ha-1 de K_2O . O restante do N e do K_2O foi adicionado em duas adubações de cobertura, a primeira no início da emissão do primeiro botão floral, com 40 kg ha-1 de N e de K_2O , e a segunda por ocasião da abertura da primeira flor, com 56 kg ha-1 de N, tendo como fonte o sulfato de amônio, e 35 kg ha-1 de K_2O , na forma de cloreto de potássio.

Para a avaliação da produtividade de algodão em caroço, foi realizada a colheita manual de 4 linhas centrais, em uma área de 28,8 m², e os dados de produção, em gramas por parcela, foram transformados em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

A produtividade de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura, os conteúdos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas suas palhadas e a produtividade de algodão em caroço foram influenciados significativamente pelas plantas de cobertura, pelos anos e pela interação de ambos os fatores, exceto a interação para os conteúdos de Ca e S (Tabela 3). Assim, os dados médios são apresentados separadamente dentro de cada ano.

Os maiores valores observados para todas as características avaliadas foram para o ano 2009-2010 (Tabela 3). Nesta safra foram verificadas as maiores precipitações pluviais (Tabela 2), no outono e na primavera, o que deve ter influenciado na performance das plantas de cobertura e, por consequência, no conteúdo de nutrientes e na produtividade do algodão em sucessão. De acordo com Ferreira et al. (2016), um importante fator para o adequado estabelecimento e desenvolvimento das plantas de cobertura cultivadas em segunda safra no Cerrado é a suficiente ocorrência de chuvas após a semeadura, pelo menos nos primeiros 50 dias, condição essa imprescindível para que os benefícios das plantas de cobertura sejam maximizados.

Embora no terceiro ano do trabalho (2012-2013) a semeadura das plantas de cobertura tenha sido realizada mais cedo, comparada aos outros dois anos, a precipitação pluvial escassa em março e abril prejudicou a produção de quantidade satisfatória de MS. Isso foi mais evidente na espécie *Pennisetum glaucum* (milheto), que embora seja considerada uma espécie tolerante ao déficit hídrico (Soratto et al., 2012; Assis; Freitas; Mason, 2018), não produziu quantidade suficiente de MS para a sistema plantio direto (Tabela 3). Assim, Pacheco et al. (2011), em trabalhos conduzidos no Cerrado de Goiás, também observaram que onde as precipitações pluviais foram escassas, houve baixa produção de MS de milheto, sendo o oposto observado no local que apresen-

Tabela 3. Produtividade de matéria seca (MS) e conteúdo de nutrientes na parte aérea de plantas de cobertura, e efeitos sobre a produtividade de algodão em caroço (Prod), nas safras 2009/2010, 2011/2012 e 2012/2013.

Tratamentos	MS	N	Р	K	Ca	Mg	s	Prod
Plantas de cobertura (PC)	**	**	**	**	**	**	**	*
Ano	**	**	**	**	**	**	**	**
PC x Ano	**			**	ns	**	ns	**
Coeficiente de variação (%)	18,2	19,6	26,9	24,2	23	23,4	35,1	7,7
District described on				kg ha ⁻	·			
Plantas de cobertura	2009 - 2010							
Panicum maximum 'Aruana'	10.556 b	217,2 ab	19,2 abc	193,2 ab	58,8 ab	25,3 ab	25,6 abc	4.648 ab
Urochloa brizantha 'Piatã'	14.667 a	244,3 a	24,3 ab	306,0 a	58,8 ab	34,4 a	24,4 abc	4.862 ab
Urochloa ruziziensis	9.100 b	159,4 b	14,0 с	169,6 b	56,9 b	25,1 ab	23,6 bc	4.752 ab
Pennisetum glaucum	10.817 b	184,8 ab	19,6 abc	197,6 ab	45,9 b	19,4 b	19,0 с	5.048 a
Sorghum bicolor + U. ruziziensis	11.267 ab	201,4 ab	24,8 a	217,0 ab	77,2 a	27,8 ab	33,8 ab	4.288 b
Crotalaria spectabili. + U. ruziziensis	10.650 b	204,8 ab	23,9 ab	221,0 ab	64,3 ab	28,9 ab	34,3 a	4.783 ab
P. glaucum + U. ruziziensis	9.983 b	171,8 b	15,8 bc	224,6 ab	60,6 ab	29 ab	23,8 bc	4.555 ab
				2011 - 2	012			
Panicum maximum 'Aruana'	9.602 ab	134,7 a	12,0 ab	273,4 a	32,7 ab	20,5 c	9,4 a	2.754 ab
Urochloa brizantha 'Piatã'	11.113 a	149,2 a	13,0 ab	267,0 a	25,5 ab	23,3 abc	6,9 a	2.790 ab
Urochloa ruziziensis	10.192 ab	156,3 a	15,6 a	317,6 a	35,2 ab	32,7 a	9,5 a	2.565 ab
Pennisetum glaucum	4.357 c	66,4 b	6,7 b	125,6 b	16,9 b	6,6 d	3,7 a	2.334 b
Sorghum bicolor + U. ruziziensis	8.981 ab	152,1 a	13,7 ab	299,4 a	30,8 ab	21,6 bc	8,2 a	3.023 a
Crotalaria spectabilis + U. ruziziensis	11.007 ab	148,0 a	18,0 a	349,9 a	37,9 a	32,2 ab	10,5 a	2.677 ab
P. glaucum + U. ruziziensis	7.637 bc	108,7 ab	10,9 ab	245,6 a	35,8 ab	16,6 cd	6,3 a	2.541 ab
2012 - 2013								
Panicum maximum 'Aruana'	8.110 ab	103,9 ab	12,3 a	205,0 a	30,9 a	17,9 ab	10,4 a	2.793 b
Urochloa brizantha 'Piatã'	9.865 a	158,8 a	15,6 a	259,5 a	24,7 a	26,0 a	8,3 a	3.517 a
Urochloa ruziziensis	6.281 bc	96,9 b	11,3 a	191,7 ab	27,9 a	15,7 ab	6,0 a	3.820 a
Pennisetum glaucum	3.390 с	64,1 b	7,8 a	85,4 b	22,1 a	8,5 b	5,1 a	3.991 a
Sorghum bicolor + U. ruziziensis	6.294 bc	97,7 b	11,0 a	204,1 a	28,3 a	14,6 a	5,6 a	4.037 a
Crotalaria spectabilis + U. ruziziensis	5.960 bc	103,6 ab	13,3 a	185,3 ab	25,3 a	15,7 ab	6,8 a	3.833 a
P. glaucum + U. ruziziensis	4.694 bc	77,0 b	9,9 a	156,6 ab	21,3 a	10,5 b	4,8 a	3.850 a

ns, * e ** não significativo a 5% e significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Dentro de cada ano, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

tou boas precipitações pluviais. Ramos Junior et al. (2013) e Carvalho et al. (2013) também verificaram que a reduzida disponibilidade hídrica comprometeu a produtividade de MS do milheto. A cultura do milheto, embora seja muito usada no Cerrado do Brasil, nem sempre promove boa cobertura e proteção do solo (Carvalho et al., 2013; Borges et al., 2014). A baixa cobertura do solo deve-se ao fato de que a maior proporção da MS da sua parte aérea é atribuída ao colmo, associada à maior velocidade de decomposição de sua palhada residual (Silva Filho; Borin; Ferreira, 2018; Soratto et al., 2012).

Foi observado durante o experimento que os grãos de milheto produzidos e não colhidos caíram e permaneceram sobre o solo durante o período seco da entressafra, vindo a germinar e originar novas plantas após o início das chuvas da primavera, conforme também foi observado por Pacheco et al. (2017). Em 2009, as chuvas iniciaram em setembro, com grande frequência e intensidade, repetindo a boa precipitação pluvial nos meses de outubro e novembro, fato este que favoreceu a alta produtividade de MS das novas plantas de milheto naturalmente estabelecidas.

A Urochloa brizantha cv BRS Piatã mostrou-se adaptada ao restritivo ambiente de produção na entressafra, produzindo, nos três anos, as maiores quantidades de MS, cujo menor valor, de quase 10 t ha-1, foi observado em 2012. A maior produtividade da BRS Piatã, de 14.667 kg ha⁻¹ de MS, foi verificada em 2009. Algumas outras plantas de cobertura também se destacaram, não diferindo significativamente da Piatã. Os tratamentos que se sobressaíram foram o consórcio de Sorghum bicolor com U. ruziziensis (11.267 kg ha-1) em 2009; em 2011 as plantas de cobertura Panicum maximum Aruana (9.602 kg ha⁻¹), U. ruziziensis (10.192 kg ha⁻¹), S. bicolor em consórcio com U. ruziziensis (8.981 kg ha⁻¹) e Crotalaria spectabilis consorciada com U. ruziziensis (11.007 kg ha⁻¹); e no ano de 2012 o P. maximum Aruana (8.110 kg ha-1). Comparando-se apenas as espécies do gênero Urochloa, cultivadas de forma isolada, em dois dos três anos do trabalho a *U. brizantha* Piatã produziu mais matéria seca do que a *U. ruziziensis*, da ordem de 61% em 2009 e 57% em 2012. Esse fenômeno também foi observado por Tanaka et al. (2019) que relataram resposta superior da *U. brizantha*, que produziu 48% mais MS do que a *U. ruziziensis*.

O acúmulo de nutrientes também variou muito entre as plantas de cobertura e os anos (Tabela 3), da mesma forma que o observado para a MS, o que pode ser explicado pelas diferentes espécies estudadas, como também

pelas diferenças nas precipitações pluviais nos períodos de cultivo das plantas de cobertura, em cada ano (Tabela 2). Os maiores acúmulos de nutrientes ocorreram nas plantas de cobertura e nos anos com maior produtividade de MS na parte aérea, tal como foi observado por Tanaka et al. (2019). De acordo com Wendling et al. (2016), as duas formas das plantas acumularem elevadas quantidades de nutrientes nos tecidos vegetais são por meio da alta produção de biomassa ou pelas altas concentrações de nutrientes, sendo que espécies com maior potencial produtivo de biomassa são mais propícias a acumularem nutrientes nos tecidos vegetais.

A maioria das plantas de cobertura apresentou elevado potencial de absorção e acúmulo de nutrientes na parte aérea (Tabela 3), com destaque para o N e o K. O potencial de acúmulo de nutrientes na matéria seca variou de 64,1 kg ha⁻¹ a 244,3 kg ha⁻¹ de N, de 6,7 kg ha⁻¹ a 24,8 kg ha⁻¹ de P, de 85,4 kg ha⁻¹ a 349,9 kg ha⁻¹ de K, de 16,9 kg ha⁻¹ a 77,2 kg ha⁻¹ de Ca, de 6,6 kg ha⁻¹ a 34,4 kg ha⁻¹ de Mg e de 3,7 kg ha⁻¹ a 34,3 kg ha⁻¹ de S, considerando os efeitos dos anos e das plantas de cobertura. É importante ressaltar que as plantas de cobertura foram cultivadas sem o aporte de fertilizantes, absorvendo apenas os nutrientes presentes nas diferentes profundidades do solo, provenientes das adubações residuais das culturas antecessoras ou da reserva natural do solo. A absorção de nutrientes é muito influenciada pela umidade do solo, pelos teores de nutrientes disponíveis, pelas características morfofisiológicas das raízes (diâmetro, comprimento, abundância de pêlos radiculares), pela demanda da planta para a produção de alta quantidade de biomassa, pela capacidade de associação e presença de micorrizas e bactérias (solubilizadoras e rizóbios associados às raízes) na rizosfera, pela ação direta de modificação da rizosfera efetuada pelas raízes (alteração do pH, liberação de exsudados radiculares diversos), dentre outros fatores. Algumas poáceas, como espécies de Urochloa, consequem penetrar a maiores profundidades do solo, com grande volume de raízes finas e pêlos radiculares que ampliam enormemente a superfície de absorção, e apresentam elevado potencial de extração e ciclagem de nutrientes (Garcia et al., 2008), a exemplo do K pela *U. ruziziensis* (Rosolem; Vicentini; Steiner, 2012). De modo geral, as poáceas apresentam alta capacidade de absorção do K trocável do solo (White, 2013; Zörb; Senbayram; Peiter, 2014; Volf et al., 2018), fato esse relacionado à ação dos exsudatos das suas raízes (Wang et al., 2011).

Em 2009, foram observados os maiores acúmulos de Ca e S (Tabela 3) em relação aos outros anos. Em agosto e outubro de 2009, quando as plantas de cobertura já estavam com pelo menos 4 meses de cultivo, as áreas referentes aos 3 anos do trabalho receberam gesso e calcário, respectivamente, o que certamente teve influência no maior acúmulo desses macronutrientes na parte aérea das plantas de cobertura.

Os maiores acúmulos de todos os macronutrientes foram verificados na biomassa de U. brizantha Piatã (Tabela 3). Na média dos três anos, os conteúdos acumulados de N e de K foram de 184,1 kg ha-1 e 277,5 kg ha-1, respectivamente. Essas quantidades equivalem a 409 kg ha-1 de ureia e 529 kg ha-1 de cloreto de potássio. De acordo com Resende et al. (2019), para cada tonelada de algodão em caroço são necessários 58 kg de K,O e 70 Kg de N, ou seja, aproximadamente 100 kg ha-1 de cloreto de potássio e 156 kg ha-1 de ureia, obviamente se não ocorrerem perdas e se as plantas aproveitarem todo adubo aplicado. Portanto, 277,5 kg ha-1 de K acumulado na fitomassa de U. brizantha Piatã, equivalente a 334 kg ha⁻¹ de K₂O, seriam suficientes para uma produtividade de 5763 kg ha-1 de algodão em caroço, utilizando somente como fonte a ciclagem de K. Obviamente, não está sendo considerada que a liberação do K é rápida e quase toda num curto intervalo de tempo, de modo que o algodoeiro pode não conseguir utilizar como única fonte nutricional o K armazenado na palhada. No caso do N, o conteúdo presente na fitomassa da poácea seria insuficiente para a produtividade de algodão indicada. Além disso, as poáceas, por normalmente apresentarem alta relação C/N, podem resultar na deficiência de N devido à sua imobilização pelos microrganismos do solo durante o processo de decomposição (Kliemann; Braz; Silveira, 2006), sobretudo quando as adubações nitrogenadas são recomendadas em quantidades inferiores à demandada pela cultura.

A ciclagem de P alcançou 24,8 kg ha-1, equivalente a 56,8 kg ha-1 de P₂O₅, chegando a mais da metade dos 105 kg ha-1 aplicados na adubação de semeadura, representando boa economia de adubo fosfatado. Esse P reciclado na forma orgânica se transforma na fração orgânica de fósforo do solo, que reduz sua adsorção e é uma efetiva fonte do nutriente, aumentando sua disponibilidade ao longo do tempo (Alovisi et al., 2002); adicionalmente, ela aumenta sua participação relativa em profundidade e complementa o fósforo absorvido pela planta em SPD (Alovisi et al., 2002; Gatiboni et al., 2007).

O milheto cultivado de forma isolada apresentou os menores acúmulos de todos os macronutrientes em relação às outras plantas de cobertura (Tabela 3), em 2011. Em 2009 foram observados os menores valores acumulados de Ca, Mg e S, e em 2012 de N, K e Mg. Esses baixos acúmulos estão relacionados à baixa produtividade de MS dessa espécie. Soratto et al. (2012), que obtiveram cerca de 14.000 kg ha⁻¹ de MS no milheto, verificaram altos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S, equivalentes a 257, 38, 322, 57, 47 e 35 kg ha⁻¹, respectivamente, em condições ideais para a produção de matéria seca.

O consórcio de milheto com *U. ruziziensis* não aumentou a produtividade de MS e o acúmulo de nutrientes (Tabela 3), em relação aos cultivos isolados dessas duas espécies, em praticamente nenhum dos três anos, com exceção para o K acumulado em 2011, que foi 96% maior no milheto consorciado com a *U. ruziziensis*. Isso está relacionado à capacidade dessa espécie forrageira em absorver o K do solo.

O consórcio de *U. ruziziensis* com *Sorghum bicolor* também não resultou em maiores acúmulos de nutrientes (Tabela 3), quando comparado ao cultivo isolado da ruziziensis, a não ser em 2009 para o P e o Ca, que foram 77% e 35,7% superiores, respectivamente, no consórcio. Neste consórcio, os grãos de sorgo foram colhidos na entressafra, e a ruziziensis predominou na área da parcela, sobretudo após o início das chuvas. Portanto, o consórcio possibilita retorno financeiro por meio colheita dos grãos de sorgo, e ainda garante a produção de MS e o fornecimento significativo de nutrientes para a semeadura direta do algodão em sucessão.

Os acúmulos de nutrientes em 2011 e 2012 foram semelhantes (Tabela 3) entre as palhadas provenientes do cultivo consorciado de *U. ruziziensis* com *Crotalaria spectabilis* e do cultivo solteiro da *U. ruziziensis*. Somente em 2009 observou-se que o P e o S acumulados foram 70,7% e 45,3% maiores, respectivamente, no cultivo consorciado. A expectativa era de que o acúmulo de N fosse maior no consórcio, em virtude da *C. spectabilis* ser uma leguminosa e fixar biologicamente o N da atmosfera. Costa et al. (2015), em dois anos de trabalho, observaram que o acúmulo máximo de N e K pela *U. ruziziensis* foi de 74 kg ha-1 e 83 kg ha-1, respectivamente, enquanto a *U. brizantha* acumulou 87 kg ha-1 de N e 103 kg ha-1 de K, em condições de execução distintas às do presente trabalho, com semeadura entre setembro e outubro, em ambiente irrigado e dessecação precoce aos 45 dias após a semeadura. A semea-

dura do algodoeiro para o cultivo na safra ocorre geralmente em dezembro, cerca de dois meses após o início das chuvas na primavera. Dessa forma, determinadas plantas de cobertura estabelecidas no outono, como algumas poáceas e leguminosas, retomam o crescimento na primavera, voltando a acumular fitomassa e nutrientes, beneficiando com isso a semeadura direta do algodão em sucessão.

As significativas quantidades de nutrientes disponibilizadas pelas plantas de cobertura evidenciam a importância do cultivo dessas espécies durante a entressafra, tal como comentado por Calegari et al. (2013). Embora não tenha sido avaliado no presente trabalho, expressivas quantidades de nutrientes também costumam ser acumuladas nas raízes (Wendling et al., 2016) e no solo (Nascente; Stone; Crusciol, 2015). Os nutrientes acumulados nas plantas de cobertura podem retornar ao solo após a mineralização da MS (Merlin; He; Rosolem, 2013; Varela et al., 2014), processo cuja velocidade varia em função das distintas relações C/N das plantas de cobertura (Wendling et al., 2016) e das condições do ambiente. Após a mineralização, os nutrientes se tornam disponíveis no solo às plantas, podendo ser absorvidos pelas culturas em sucessão. O potássio, por não ser componente estrutural das células vegetais, fica armazenado no vacúolo. Após a morte das células do tecido vegetal e na presença de adequada disponibilidade de água, o K contido nos resíduos vegetais é rapidamente liberado para a solução do solo, podendo contribuir com a nutrição da cultura em sucessão, tal como observado por Mendonça et al. (2015). Entretanto, as plantas de soja, de milho e de algodão, semeadas em pleno período chuvoso, não apresentam vigoroso e intenso crescimento de raízes quando comparados às plantas de cobertura, principalmente em maiores profundidades. Desse modo, de acordo com o manejo, as características químicas do solo, a sua textura e as precipitações pluviais, haverá maior ou menor lixiviação do K não absorvido pelas culturas (Rosolem et al., 2019). O SPD, ao aumentar o teor de matéria orgânica do solo e sua consequente CTC efetiva, permite maior conservação do K nos complexos de cargas trocáveis do solo.

O ano de 2009 foi quando o milheto apresentou a maior produtividade de MS e, consequentemente, teve os maiores acúmulos de N, P e K. Na safra 2009/2010, o algodão após o milheto apresentou a maior produtividade (Tabela 3) em relação aos demais anos pesquisados. Neste ano, apenas o algodão cultivado sobre a palhada proveniente do consórcio de sorgo com

U. ruziziensis teve produtividade inferior à obtida sobre o milheto, produzindo 760 kg ha⁻¹ a menos. Na safra seguinte (2011/2012), o algodão apresentou a menor produtividade sobre a palhada residual de milheto, e a maior sobre a de sorgo consorciado com *U. ruziziensis*, com a diferença de 689 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. Na safra 2012/2013, as produtividades do algodão após o milheto e após o sorgo consorciado com *U. ruziziensis* não diferiram entre si.

Na safra 2012/2013, a menor produtividade de algodão (2.793 kg ha⁻¹) foi observada com o cultivo sobre a palhada de *P. maximum* Aruana, diferindo dos demais tratamentos. A disponibilização de 8.110 kg ha⁻¹ de MS dessa espécie por ocasião da semeadura direta do algodão não possibilitou a obtenção de elevada produtividade. De acordo com Ferreira et al. (2010), cerca de 8.600 kg ha⁻¹ de matéria seca de milheto foi suficiente para a obtenção de alta produtividade de algodão, que não diferiu significativamente das maiores produtividades alcançadas sobre as palhadas de *P. maximum* (cv. Tanzânia, Mombaça), *U. decumbens*, *S. bicolor* cv. BRS 700, *U. brizantha* (cv. Marandu, MG4, Piatã, e Xaraés), que produziram entre 10.337 kg ha⁻¹ e 16.584 kg ha⁻¹ de MS. Comparado aos outros anos, em 2012 foi quando houve o menor acúmulo de N na palhada de Aruana. Isso pode ter resultado na imobilização do N do solo ou dos fertilizantes por ocasião da decomposição da MS residual, e por consequência levado à deficiência de N e à baixa produtividade do algodoeiro.

Considerando-se todos os anos, a *U. brizantha* Piatã apresentou as maiores produtividades de MS, mesmo nos anos de menor disponibilidade hídrica, e de modo geral os maiores conteúdos de nutrientes. Além disso, a produtividade de algodão sobre a sua palhada residual sempre esteve entre as maiores, podendo ser indicada como uma espécie promissora para o sistema de semeadura direta do algodão. Assim, o cultivo de plantas de cobertura, com elevada capacidade de crescimento, mesmo em um ambiente com restrita disponibilidade hídrica na entressafra, é importante alternativa para a absorção e ciclagem de nutrientes, em prol da sustentabilidade produtiva agrícola no Cerrado do Brasil, onde as adubações estão entre os dois principais itens do custo de produção do algodão e demais culturas do sistema de produção.

Conclusões

A *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã, cultivada na entressafra após a soja, produz elevadas quantidades de matéria seca com altos conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S, além de propiciar altas produtividades do algodão semeado sobre a sua palhada.

As poáceas U. brizantha Piată, U. ruziziensis e Panicum maximum Aruana disponibilizam ao algodão em sucessão pelo menos 169,6 kg ha⁻¹ de K ou o equivalente a 203,5 kg ha⁻¹ de K_2O , permitindo otimizar e reduzir os custos da adubação mineral.

O *P. maximum* Aruana, embora produza elevada quantidade de matéria seca e acumule boas quantidades de N, P, K, Ca e S, nem sempre favorece a obtenção de altas produtividades de algodão em sistema plantio direto.

Referências

ALOVISI, A. M. K.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C. H.; ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1467-1476, 2002.

ASSIS, R. L.; FREITAS, R. S.; MASON, S. C. Pearl millet production practices in Brazil: A review. **Experimental Agriculture**, v. 54, p. 699-718, 2018.

BAETS, S. de; POESEN, J.; MEERSMANS, J.; SERLET, L. Cover crops and their erosion-reducing effects during concentrated flow erosion. **Catena**, v. 85, p. 237-244, 2011.

BASCHE, A. D.; MIGUEZ, F. E.; KASPAR, T. C.; CASTELLANO, M. J. Do cover crops increase or decrease nitrous oxide emissions? A meta-analysis. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 69, n. 6, p. 471-482, 2014. DOI: https://doi.org/10.2489/jswc.69.6.471.

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E.; ALVES, M. C. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. **Planta Daninha**, v. 32, p. 755-763, 2014.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, GUIMARÃES, M. de F.; SANTOS, D. R. dos. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 32-39, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2013.05.009.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn–soybean rotation under no-till and chiseling. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 96, p. 123-131, 2013.

CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J. de; ABBADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agronômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 157-166, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000200005.

CONAB. **Séries históricas das safras**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras. Acesso em:10 jan. 2022.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. de A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015. DOI: HYPERLINK "https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22434" https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22434.

CRUSCIOL, C. A.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2271-2280, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.2134/agroni14.0603.

DABNEY, S. M.; DELGADO, J. A.; REEVES, D. W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 7, 8, p. 1221-1250, 2001.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; LI, H. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.

FERREIRA, A. C. de B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. de C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 546-553, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600003.

FERREIRA, A. C. de B.; BOGIANI, J. C.; SOFIATTI, V.; LAMAS, F. M. **Sistemas de cultivo de plantas de cobertura para a semeadura direta do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 15 p. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 377). Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157493/1/Sistemas-de-cultivo-de-plantas-de-cobertura.pdf>. Acesso em: May. 28 maio 2020.

FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; BOGIANI, J. C.; LAMAS, F. M. Suppressive effects on weeds and dry matter yields of cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 5, p. 566-574, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000500005.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.002.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400010.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006. Disponível em https://www.redalyc.org/pdf/2530/253021639004.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.

MAHAMA, G. Y.; PRASAD, P. V. V.; ROOZEBOOM, K. L.; NIPPERT, J. B.; RICE, C. W. Response of maize to cover crops, fertilizer nitrogen rates, and economic return. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 1, p. 17-31, 2016. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj15.0136. Acesso em: 17 mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj15.0136.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALTAS, A.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; WERY, J.; SILVA, F. A. M. da. Cover crop and nitrogen effects on maize productivity in no-tillage systems of the Brazilian cerrados. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 5, p. 1036-1046, 2009. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2009.0055. Acesso em: 20 mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2009.0055.

MENDONÇA, V. Z. D.; MELLO, L. M. M. de; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 183-193, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xBCg3G5dzwzNHSV8pVwdbBS/abstract/?lang=pt. Acesso em: 10 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150666.

MERLIN, A.; HE, Z. L.; ROSOLEM, C. A. Ruzigrass affecting soil-phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p. 1583-1588, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/3MZhPWNv7j7QXHTPs5JDCqn/?lang=en. Acesso em: 20 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200007.

NASCENTE, A. S.; STONE, L. F.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil chemical properties affected by cover crops under no-tillage system. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 401-409, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/P67FzVcFXfF4Dvc7dSm7LvF/?lang=en. Acesso em: 12 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040010.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/BPVHKxxjn8KJ4qJBFxB7tzC/. Acesso em: 20 jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100003.

PACHECO, L. P.; MONTEIRO, M. M. de S.; PETTER, F. A.; NÓBREGA, J. C. A. Biomass and nutrient cycling by cover crops in brazilian cerrado in the state of Piauí. **Revista**Caatinga, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rcaat/a/sC4KD pmtLVY5fWvJGSQC3kx/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 12 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n102rc.

RAMOS JUNIOR, E. U.; MACHADO, R.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina**: Ciências Agrárias, v. 34, n. 1, p. 47-56, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Enyomara/Downloads/Crescimento_de_plantas_de_cobertura_sob_deficit_hi.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022. DOI:10.5433/1679-0359.2013v34n1p47.

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: SEVERIANO, E. C.; MORAIS, M. F.; PAULA, A. M. (org.). **Tópicos em ciência do solo**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2019. v. 10, p. 342-398. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1113497. Acesso em: 15 jan. 2022.

ROSOLEM, C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; VOLF, M. R.; NASCIMENTO, C. A. C. do; MARIANO, E. Dinâmica do potássio no sistema solo-planta. In: SEVERIANO, E. C.; MORAIS, M. F.; PAULA, A. M. (org.). **Tópicos em ciência do solo**. 1. ed. Vicosa, MG: SBCS, 2019. v. 10, p. 283-341.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wz9MJjMTCL7ZgwmBmngXGtG/?lang=pt. Acesso em: 23 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500015.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p. Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca. Acesso em: 20 jan. 2022.

SILVA FILHO, J. L. da; BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. de B. Dry matter decomposition of cover crops in a no-tillage cotton system. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 264-270, 2018.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M. da; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/jd7jz3fkHD9SHpCxQzyBtpp/?format=pdf&lan q=pt. Acesso em: 21 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008.

TANAKA, K. S. et al. Nutrients released by Urochloa cover crops prior to soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 13: p. 267-281, 2019.

USDA. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. **Keys to Soil Taxonomy**. 12. ed. Washington, 2014. 362 p.

VARELA, M. F.; SCIANCA, C. M.; TABOADA, M. A.; RUBIO, G. Cover crop effects on soybean residue decomposition and P release in no-tillage systems of Argentina. **Soil and Tillage Research**, v. 143, n. 22, p. 59-66, 2014. DOI: 10.1016/j.still.2014.05.005.

VERAS, M. D. S.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, D. N. S.; FIGUEIREDO, C. C. de; CARVALHO, A. M. de; PULROLNIK, K.; SOUZA, K. W. de. Cover crops and nitrogen fertilization effects on nitrogen soil fractions under corn cultivation in a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-12, e0150092, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153503/1/Arminda-Cover-crops.pdf. Acesso em: 21 jan. 2022. DOI: DOI: 10.1590/18069657rbcs20150092.

VOLF, M. R.; GUIMARÃES, T. M.; SCUDELETTI, D.; CRUZ, I. V.; ROSOLEM, C. A. Potassium Dynamics in Ruzigrass Rhizosphere. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0170370, 2018. Disponível em: https://www.rbcsjournal.org/wp-content/plugins/xml-to-html/include/lens/index.php?xml=1806-9657-rbcs-42-e0170370.xml&lang=pt-br. Acesso em: 15 jan. 2022. DOI: DOI: 10.1590/18069657rbcs20170370.

WANG, H. Y.; SHEN, Q.; WANG, J.; DU, C.; CHEN, X-Q.; ZHOU, J-M. Plants use alternative strategies to utilize nonexchangeable potassium in minerals. **Plant and Soil**, v. 343, n. 1, p. 209-220, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225739538_Plants_use_alternative_strategies_to_utilize_nonexchangeable_potassium_in_minerals. Acesso em: 12 jan. 2022. DOI:10.1007/s11104-011-0726-x.

WENDLING, M.; BÜCHI, L.; AMOSSÉ, C.; SINAJ, S.; WALTER, A.; CHARLES, R. Influence of root and leaf traits on the uptake of nutrients in cover crops. **Plant and Soil**, v. 409, p. 419-434, 2016. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11104-016-2974-2.pdf. Acesso em: 14 jan. 2022. DOI 10.1007/s11104-016-2974-2.

WHITE, P. J. Improving potassium acquisition and utilisation by crop plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, n. 3, p. 305-316, 2013. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jpln.201200121. Acesso em: 13 jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1002/jpln.201200121.

ZÖRB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture–status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 9, p. 656-669, 2014. DOI: 10.1016/j. iplph.2013.08.008.



Apoio



