

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

DEYVISON DE ASEVEDO SOARES

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO EM SORGO
GRANÍFERO OUTONAL CONSORCIADO OU NÃO COM CAPIM-PAIAGUÁS**

Ilha Solteira
2017

DEYVISON DE ASEVEDO SOARES

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO EM SORGO
GRANÍFERO OUTONAL CONSORCIADO OU NÃO COM CAPIM-PAIAGUÁS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade Sistemas de Produção

Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Orientador

Ilha Solteira
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S676m Soares, Deyvison de Asevedo.
Manejo da adubação nitrogenada e inoculação em sorgo granífero outonal consorciado ou não com capim-paiaguás / Deyvison de AsevedoSoares. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2017
61 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2017

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. Nitrogênio. 2. Urochloa brizantha. 3. Sorghum bicolor. 4. Azospirillum brasilense. 5. Acúmulo de nutrientes.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO EM SORGO GRANÍFERO OUTONAL CONSORCIADO OU NÃO COM CAMPIM-PAIGUÁS

AUTOR: DEYVISON DE ASEVEDO SOARES

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Ilha Solteira, 20 de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que me concedeu até aqui e por estar sempre presente na minha vida.

Aos meus pais, Lucinilde Maria de Azevedo Soares e José Orlando França Soares, pelo exemplo de vida, caráter e por todo o apoio nessa caminhada.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcelo Andreotti, pela confiança, por me acolher no seu grupo de pesquisa, pela orientação e valiosos ensinamentos.

Ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, em especial o Allan Hisashi Nakao, Viviane Cristina Modesto, Lourdes Dickmann e Leandro Alves Freitas.

Aos meus irmãos, David de Azevedo Soares, Deyse de Azevedo Soares e Deyne Rose de Azevedo Soares, que sempre me apoiaram da maneira como puderam.

Aos colegas e amigos com quem tive a honra de compartilhar da mesma república, Daniel Noe Coaguila Nuñez e Elizabete Nunes da Rocha e aos que conheci ao longo do curso.

À Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da banca, pela participação e valiosas contribuições.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

RESUMO

O consórcio do sorgo com braquiária na entressafra, no Cerrado de baixa altitude, tem se mostrado como uma alternativa para a produção de grãos e forragem nesse período de condições climáticas adversas para outras culturas. Entretanto, são necessárias informações sobre a viabilidade do consórcio de ambas as culturas sob tais condições e se o uso de bactérias diazotróficas é uma alternativa na economia da adubação nitrogenada. Este estudo objetivou determinar o manejo mais adequado da adubação nitrogenada do sorgo granífero, inoculado ou não com *Azospirillum brasilense*, em cultivo solteiro ou em consórcio com capim, na safrinha, bem como acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de ambas as culturas em sistema plantio direto. O experimento foi conduzido em Selvíria-MS, num Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, e o delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 3x2x2, com o manejo do N (ureia) da seguinte forma: aplicação de 100% da dose na semeadura; 100% apenas em cobertura; e parcelada (30% na semeadura e 70% em cobertura), na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, no início do florescimento do sorgo; cultivo do sorgo solteiro ou em consórcio com capim; com as sementes de sorgo inoculadas ou não com *A. brasilense*. Foram avaliados os componentes morfológicos e produtividade de matéria seca da parte aérea do sorgo, sua produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea do capim. Em geral, o manejo da adubação nitrogenada não diferiu no crescimento e produtividade de matéria seca e grãos do sorgo. O consórcio do sorgo com capim e a inoculação com *A. brasilense* proporcionam maior produtividade de matéria seca das plantas de sorgo. A inoculação das sementes de sorgo com *A. brasilense* aumenta a produtividade de grãos e o cultivo do sorgo consorciado com *Urochloa brizantha* é viável na safrinha em Cerrado de baixa altitude. Em geral, a adubação nitrogenada total na semeadura ou cobertura, ou parcelada, assim como o consórcio do sorgo com o capim-paiaguás, não influenciam os acúmulos de N, P e K na parte aérea do sorgo. O cultivo do capim Paiaguás em consórcio com sorgo inoculado por *A. brasilense* proporciona maior acúmulo de macronutrientes na forrageira.

Palavras-chave: Nitrogênio. *Urochloa brizantha*. *Sorghum bicolor*. *Azospirillum brasilense*. Acúmulo de nutrientes.

ABSTRACT

The intercrop of sorghum with *Urochloa* grass in the off-season, in the Cerrado of low altitude, has been showed to be an alternative for the production of grains and forage in this period of limited climatic conditions to other crops. However, information is needed about the viability of the intercrop of both cultures under such conditions. This study aimed to determine the most appropriate management of nitrogen fertilization of sorghum inoculated or not with *Azospirillum brasilense*, in single crop or in a intercrop with grass in off-season conditions, as well as accumulation of macronutrients in the dry matter of the aerial part of both crops. The experiment was conducted in Selvíria-MS, in a dystrophic Red Latosol, and the experimental design was a randomized complete block design with four replications, in a 3x2x2 factorial scheme, with the management of N (urea) as follows: application of 100% of the dose at sowing; 100% coverage only; 30% at sowing and 70% at coverage at a dose of 120 kg ha⁻¹, at the beginning of flowering of sorghum; single sorghum or in intercrop with grass; with sorghum seeds inoculated or not with *A. brasilense*; The morphological components and dry matter yield of aerial part grass and sorghum were evaluated, and grain yield and dry matter of the aerial part of the grass. In general, nitrogen fertilization management did not differ in the sorghum growth and yield. The sorghum intercrop with grass and inoculation with *A. brasilense* provide higher dry matter and grain sorghum yield. The inoculation of sorghum seeds with *A. brasilense* increases grain yield and the cultivation of sorghum intercropped with *Urochloa brizantha* is feasible in the low altitude Cerrado. In general, total nitrogen fertilization at sowing or cover, or in split, as well as the sorghum intercrop with the Paiaguás grass, do not influence N, P and K accumulations in the aerial part of sorghum. The intercrop Paiaguás grass with sorghum inoculated by *A. brasilense* provides greater accumulation of macronutrients in the forage.

Keywords: Nitrogen. *Urochloa brizantha*, *Sorghum bicolor*, *Azospirillum brasilense*. Nutrient accumulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	INTEGRAÇÃO LAVOURA–PECUÁRIA ASSOCIADA AO PLANTIO DIRETO COMO ESTRATÉGIA DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL	9
2.2	MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO SORGO	10
2.3	CULTIVO DE GRAMÍNEAS EM CONSÓRCIO COM FORRAGEIRAS ...	11
2.4	ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA À INOCULAÇÃO POR <i>Azospirillum</i> EM GRAMÍNEAS.....	13
2.5	ACÚMULO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO SORGO.....	15
2.6	ACÚMULO DE NUTRIENTES EM FORRAGEIRAS.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS EMPREGADOS	21
3.3	AVALIAÇÕES DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS NOS SISTEMAS	22
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO SORGO E PRODUTIVIDADE DA FORRAGEIRA	24
4.2	ACÚMULOS DE N, P E K NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DO SORGO.....	35
4.3	ACÚMULOS DE Ca, Mg E S NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DO SORGO.....	40
4.4	ACÚMULOS DE N, P E K NA MATÉRIA SECA DA FORRAGEIRA <i>Urochloa brizantha</i>	43
4.5	ACÚMULOS DE Ca, Mg E S NA MATÉRIA SECA DA FORRAGEIRA <i>Urochloa brizantha</i>	46
5	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A manutenção e/ou aumento da produtividade de alimentos nos campos, mantendo, contudo, a qualidade ambiental, é o grande desafio para a agricultura do século XXI. A partir da necessidade de se produzir alimentos sem abrir novas áreas de matas nativas, e desenvolver uma gestão sustentável das áreas já cultivadas, a busca pela sustentabilidade dos agrossistemas passou a ser considerada, constantemente, na pauta sobre a intensificação do uso da terra.

A agricultura passa por uma nova revolução e, diferente daquela vivida a partir da década de 1960, agora o foco principal não é a expansão de fronteiras agrícolas, mas sim a intensificação da produção nas áreas cultivadas. Nesse cenário, o Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) têm recebido atenção, sendo reconhecido pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2010) como uma alternativa para a intensificação sustentável da produção agropecuária.

Os sistemas ILP são baseados na produção de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia, entre outros, na mesma área, em cultivo consorciado, sequencial ou rotacionado. Essa tecnologia agrícola associada ao Sistema Plantio Direto (SPD) visa a recuperação de áreas degradadas, redução dos custos de produção e o uso intensivo da área, principalmente sob lavoura durante todo o ano (LANDERS, 2007; MACEDO, 2009).

Entre as modalidades de sistemas ILP empregados no Cerrado, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, principalmente do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), com culturas graníferas (PEREIRA, et al. 2011; SILVA et al. 2013; SEIDEL et al. 2014). Nesse sistema, a forrageira é manejada como planta anual, utilizada para produção de forragem após a colheita da cultura granífera e para formação de palhada para a próxima safra de verão no SPD (BORGHI et al., 2008).

O consórcio sorgo-capim é utilizado frequentemente no sistema ILP e atende perfeitamente às necessidades da propriedade para produção de grãos, silagem e/ou pastagens (ALVARENGA et al., 2011). O potencial produtivo do sorgo granífero cultivado na safrinha deve-se à sua excelente adaptação sob condições em que o déficit hídrico e a baixa fertilidade do solo oferecem riscos para outras culturas.

O sorgo é altamente exigente em nitrogênio (N) (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2009), portanto, é necessário um correto manejo da adubação nitrogenada para a cultura expressar o seu máximo potencial produtivo. Segundo

Fageria e Baligar (2005), o uso eficiente das fontes de N pelas culturas anuais está em torno de 50%. Essa baixa eficiência pode estar relacionada a vários fatores técnicos, edafoclimáticos e operacionais, como a adubação nitrogenada em épocas inadequadas.

Os solos brasileiros, em especial os do Cerrado, não suprem adequadamente a demanda de N às culturas, portanto, a complementação com fertilizantes nitrogenados é essencial, o que onera significativamente os custos de produção. Nesse sentido, a melhoria da eficiência de uso do N é desejável para aumentar a produtividade das culturas, reduzir os custos de produção e manter a qualidade ambiental (SANT'ANA et al., 2011).

Em vista do que foi exposto, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura, visando o fornecimento de N às culturas com baixo custo econômico e impacto ambiental (HUNGRIA et al., 2007). Assim, vários trabalhos com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* spp. tem avaliado a produtividade de culturas associadas e com resultados positivos (PUENTE et al., 2009; HUNGRIA et al., 2010; SCHULTZ et al., 2012; ARAÚJO et al., 2014).

Uma vez que esse gênero de bactéria é considerado promotor de crescimento de plantas, capaz de colonizar as raízes, estimular o crescimento radicular, e fixar N atmosférico, pode também melhorar a absorção de água e outros nutrientes pelas plantas (FIGUEIREDO et al., 2009; PUENTE et al., 2009; HUNGRIA et al., 2010), e, com isso, potencializar a nutrição das culturas inoculadas, com reflexos positivos na sua produtividade e ciclagem de nutrientes por meio dos seus resíduos remanescentes no campo, para o SPD.

Este trabalho objetivou determinar o manejo mais adequado da adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* nas sementes, cultivado em consórcio ou não com capim Paiaguás em plantio direto na safrinha. Avaliar, ainda, de que forma as interações entre essas práticas podem influenciar o desempenho agrônomo e acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do sorgo e do capim em consórcio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA–PECUÁRIA ASSOCIADA AO PLANTIO DIRETO COMO ESTRATÉGIA DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL

No Brasil, a produção animal, sobretudo a de bovinos de corte e de leite, é realizada principalmente em pastagens. Os sistemas extensivos de exploração predominam sobre os demais, e as pastagens utilizadas podem ser nativas ou cultivadas (MACEDO, 2009). No entanto, o autor ressalta que os solos ocupados por pastagens, em geral, são marginais quando comparados àqueles usados para a agricultura, dessa forma, é de se esperar que as áreas destinadas à pecuária apresentem problemas de produtividade e de sustentabilidade da produção.

Ao mesmo tempo, o monocultivo e práticas culturais inadequadas na agricultura, como o preparo tradicional do solo com contínuas ações de grades, têm causado redução na produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais (MACEDO, 2009; QUINTINO et al., 2013).

Nesse cenário, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) em sistema plantio direto (SPD) (LANDERS, 2007; MACEDO, 2009), apresenta-se como uma tecnologia agrícola voltada para a recuperação de áreas degradadas, para a redução dos custos de produção e o uso intensivo da área, principalmente sob lavoura durante todo o ano.

No início da década passada, a FAO (2010) reconheceu os sistemas ILPs como alternativas para intensificação sustentável da produção agropecuária. Esses sistemas consistem na implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia, entre outros, na mesma área, em cultivo consorciado, sequencial ou rotacional (MACEDO, 2009).

O interesse no modelo ILP apoia-se nos benefícios que podem ser obtidos pelo sinergismo entre pastagens e culturas anuais, com maior estabilidade e sustentabilidade à produção agropecuária em relação ao sistema convencional predominante no Cerrado (SOUZA et al., 2008; VILELA et al., 2011).

Em experimento de longa duração em Dourados, Mato Grosso do Sul, Salton et al. (2014) avaliaram o desempenho de estratégias simples e complexas de produção e observaram que o sistema ILP apresentou melhor desempenho do que a

pastagem permanente, com ganhos de 8,7% na produtividade por animal e de 12,9% na produtividade por área.

Os sistemas ILP apresentam maiores produções por área, e se mostram sistemas sustentáveis devido à capacidade de repor e manter a matéria orgânica do solo, ciclagem e eficiência no uso de nutrientes, sequestrar gases do efeito estufa, manutenção da qualidade do solo (TRACY; ZHANG 2008; HENDRICKSON et al., 2008; CERRI et al., 2010; MORAES et al., 2014; SALTON et al., 2014) e, entre vários outros benefícios, podem ainda contribuir para a redução da taxa de acidificação do solo em relação à monocultura (SILVA et al., 2014).

A adoção da ILP associada ao SPD veio somar benefícios aos sistemas agrícolas com a cobertura morta que protege o solo da radiação solar, dissipa a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo o escoamento superficial, para evitar erosões e poluição dos corpos d'água e reduzir a evaporação de água, aumentando também a eficiência na ciclagem dos nutrientes (MATEUS et al., 2004; FRANZLUEBBERS, 2007).

2.2 MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO SORGO

A cultura do sorgo destaca-se pela grande tolerância ao déficit hídrico, o que tem favorecido sua expansão no Brasil, principalmente como alternativa para safrinha, quando a disponibilidade de água e/ou nutrientes não é suficiente para proporcionar produtividade satisfatória de outras espécies anuais (RESENDE et al., 2009). Entretanto, esses autores ressaltam que a cultura responde intensamente ao incremento de água e da adubação, alcançando ou superando as produções de massa seca da parte aérea e de grãos normalmente obtidas pelo milho.

Sob diferentes condições de cultivo, o sorgo tem apresentado o seu excelente potencial produtivo (SCIVITTARO et al., 2005; LOPES et al., 2005; LOPES et al., 2009; CRUSCIOL et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2011; FREITAS et al., 2014). A cultura é altamente exigente em nitrogênio (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2009), no entanto, esse fato é ignorado pela maioria dos produtores que, normalmente, não costumam realizar a adubação nitrogenada na cultura, tradicionalmente cultivada apenas sobre os resíduos provenientes da adubação realizada nas culturas de verão, como milho e soja (GOES et al., 2011). Essa é uma tradição que tem efeitos negativos sobre o desempenho agrônomo da cultura,

refletindo nos baixos níveis de produtividade observados nos levantamentos, como na safra 2015/2016, quando a produtividade nacional da cultura foi em torno de apenas 1.866 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Um programa racional de adubação deve envolver, principalmente, o requerimento nutricional de acordo com a finalidade de exploração, grãos ou forragem; os padrões de absorção; e o acúmulo dos nutrientes, principalmente N e K (BULL, 1993). Resultados de pesquisas realizadas sob condições diversas de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a produtividade da cultura (COELHO et al., 2002; GOES et al., 2011; SCIVITTARO et al., 2005). Há, também, relatos de que a cultura não respondeu à adubação nitrogenada (GALLO et al., 1986; MATEUS et al., 2011).

Ao avaliarem formas de parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, Mateus et al. (2011) observaram que no primeiro ano de cultivo, o parcelamento 50 + 50 kg ha⁻¹ proporcionou maior produtividade de grãos, e no segundo ano não foram observadas diferenças em função do parcelamento. Segundo os autores, o período de cultivo da área em SPD proporcionou a manutenção da cobertura do solo e, com à rápida decomposição dos resíduos, houve disponibilização de grande quantidade de N para a cultura.

Ao avaliarem formas de parcelamento da adubação nitrogenada no sorgo granífero em Santa Maria – RS, Silva e Lovato (2008) observaram que cerca de 50% do N aplicado nos estádios iniciais da cultura foram absorvidos até a sétima semana (uma semana antes do florescimento). Segundo eles, a planta de sorgo tem mais dificuldades para absorver o N quando aplicado tardiamente, enquanto que a aplicação no início do desenvolvimento facilita a absorção.

Portanto, a resposta da cultura à adubação nitrogenada é muito variável e está condicionada principalmente ao material genético, à produtividade, ao teor de matéria orgânica (MO) do solo, à disponibilidade hídrica para a cultura (MATEUS et al., 2011), e pode estar relacionado, ainda, às doses e/ou épocas de aplicação inadequadas, que contribuem para a baixa eficiência da adubação causada por processos como lixiviação, desnitrificação, imobilização e erosão do solo (FAGERIA e BALIGAR, 2005).

2.3 CULTIVO DE GRAMÍNEAS EM CONSÓRCIO COM FORRAGEIRAS

No Cerrado, segundo Vilela et al. (2011), três modalidades do sistema ILP se destacam: I) culturas de grãos (arroz, soja, milho e sorgo) introduzidas em áreas de pastagens; II) lavouras de grãos, que introduzem gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em sistema plantio direto, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos ("safrinha de boi"); e III) rotação sistemática de pasto e lavoura, intensificando o uso da terra e se beneficiando do sinergismo entre as duas atividades.

Entre estas modalidades, destaca-se o cultivo consorciado de espécies forrageiras tropicais, como *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*), com culturas como milho, soja, sorgo, milheto, arroz e girassol, entre outras (PEREIRA, et al., 2011; SILVA et al., 2013; SEIDEL et al., 2014; MACEDO, 2014). Nesse sistema de cultivo, a espécie forrageira é manejada como planta anual, sendo utilizada para produção de forragem após a colheita da cultura produtora de grãos e, em seguida, para formação de palha para semeadura da próxima safra de verão no sistema plantio direto (BORGHI et al., 2008).

A inclusão da forrageira *U. brizantha* nos sistemas de consórcio é devido à sua excelente adaptação aos solos de baixa fertilidade, com produção considerável de biomassa ao longo do ano, proporcionando boa cobertura vegetal do solo (TIMOSSI et al., 2007). Essas características a torna interessante para o uso em sistema ILP sob SPD, uma vez que, nas diversas condições climáticas e edáficas, um fator determinante para a consolidação e sucesso desse sistema é o emprego de espécies que produzam palhada em quantidades adequadas para a cobertura do solo (ANDREOTTI et al., 2008; MACEDO, 2014).

As pesquisas têm avaliado a viabilidade dessa modalidade de cultivo sob diferentes regiões e condições edafoclimáticas no país, e tem demonstrado resultados contrastantes; pois há interferência negativa sobre a produtividade de grãos de milho cultivado em consórcio *U. decumbens*, como obtido por Cruz et al. (2009), ou sem interferência como obtido por Kluthcouski e Aidar (2003) e Jakelaitis et al. (2004), que não observaram diferença significativa na produtividade do milho consorciado com espécies de *Urochloa*.

Para explicar estes resultados, Kluthcouski e Aidar (2003) justificaram a baixa competição interespecífica, devido ao sombreamento do milho sobre os capins, que pode ter restringido o desenvolvimento dos capins em consórcio.

Ao avaliarem o desempenho agrônômico da cultura do sorgo consorciado com *U. brizantha*, sob SPD, Kluthcouski et al. (2000) verificaram redução na produtividade de grãos inferior a 2%, em relação ao cultivo solteiro, podendo atingir até 10%. Eles atribuíram essa redução à competição por nutrientes, principalmente o N, uma vez que esse nutriente é o mais extraído e o mais limitante para a produção dessas espécies.

Uma questão técnica que pode tornar-se um gargalo no cultivo consorciado, foi observada por Mateus et al. (2011), onde a grande deposição de palhada sobre o solo, após o manejo dos capins provenientes dos consórcios com o sorgo, no ano anterior, pode ter alterado o estabelecimento do sorgo quando semeado em sucessão. Para minimizar esse efeito na cultura do milho cultivado sobre a palhada do capim, Pariz et al. (2011a) empregaram o manejo mecânico dos capins com um triturador de resíduos vegetais após a dessecação química antecessora.

Por outro lado, Cruz et al. (2009) não encontraram diferenças significativas para o estande de plantas de milho cultivado em consórcio com *U. decumbens*. Kluthcouski e Aidar (2003), em experimento com 18 híbridos de milho em diferentes condições edafoclimáticas, consorciados com *U. brizantha*, observaram maiores estandes finais das plantas de milho nas parcelas consorciadas, em relação ao cultivo solteiro.

A adoção do consórcio de culturas graníferas e capins forrageiros é uma realidade no Cerrado, intensificando o uso da terra, com potenciais efeitos sinérgicos sobre os cultivos sucessores. No entanto, muitas questões ainda precisam ser definidas pela pesquisa sobre essa prática que, segundo Vilela et al. (2011), é justificada, dentre outros fatores, pela possibilidade de antecipar o estabelecimento das pastagens e melhorar a cobertura de solo para o plantio direto.

2.4 ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA À INOCULAÇÃO POR *Azospirillum* EM GRAMÍNEAS

O aumento da demanda por fertilizantes nitrogenados, aliado ao seu elevado custo, tem direcionado as pesquisas para o processo de fixação natural (SAIKIA; JAIN, 2007). A fixação biológica de nitrogênio (FBN) pode ser responsável por aproximadamente 65% do total de N fixado na terra, sendo, assim, considerado o segundo processo biológico mais importante depois da fotossíntese (CANTARELLA, 2007).

Os benefícios da interação *Azospirillum*-planta hospedeira tem sido sugeridos, segundo Bhattacharjee et al. (2008), como resultados de: 1) FBN pelas bactérias colonizadoras e 2) substâncias promotoras de crescimento de plantas, produzidas pelas rizobactérias; podendo ocorrer em alguns casos, uma participação simultânea de ambos os mecanismos descritos.

Diversas espécies de bactérias possuem a capacidade de estabelecer associações com várias espécies de gramíneas (BHATTACHARJEE et al., 2008). Essa interação quando a favor da produção vegetal, pode resultar em economia significativa para o produtor, uma vez que, segundo Hungria et al. (2010), em gramíneas a adoção desta tecnologia pode proporcionar redução de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Pesquisadores da Embrapa Soja testaram diferentes estirpes de *A. brasilense* e *A. lipoferum* nas culturas de milho e trigo e observaram que a inoculação com *A. brasilense* resultou incrementos de 24 a 30% na produtividade de grãos da cultura do milho, quando comparado ao controle sem inoculação. A partir desses resultados identificaram-se as primeiras estirpes autorizadas para a produção de inoculantes comerciais no Brasil (HUNGRIA et al., 2010).

No sul do Brasil, Bergamaschi et al. (2007) estudaram a ocorrência de bactérias diazotróficas associadas à genótipos de sorgo e observaram que todos os 14 genótipos testados estabeleceram associação com bactérias diazotróficas, sendo que 76 isolados obtidos tiveram 100 % de similaridade com as estirpes padrão de algumas espécies dos gêneros *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*, e todos foram aptos a fixar nitrogênio e produzir ácido indol-acético in vitro.

Ao estudarem a eficiência de uso de nitrogênio na cana-de-açúcar, na Índia, Suman et al. (2008) observaram que as variedades de cana com maior número de bactérias diazotróficas apresentaram maior potencial de FBN e que, nessas condições, quando submetidas à metade da dose recomendada de fertilizante nitrogenado, atingiram produtividades similares aos de plantas com a dose completa. Oliveira et al. (2006), de forma semelhante, constataram que a inoculação da cana-de-açúcar, cultivada em solos de baixa fertilidade, promoveu produtividade similar às de áreas que receberam fertilizantes nitrogenados.

As pesquisas envolvendo a inoculação de *A. brasilense* em gramíneas atestam vários benefícios para a cultura hospedeira, como alterações morfológicas da planta, nutricionais, incremento de produtividade, entre outros. Longhini et al. (2016)

avaliaram o efeito da inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* e adição controlada de N em cobertura sobre a nutrição da cultura e observaram que a inoculação promoveu o aumento da altura da planta e produtividade de grãos. Dartora et al. (2013) combinaram a inoculação das estirpes de *A. brasilense* e *H. seropedicae* no milho e observaram que a inoculação incrementou o diâmetro basal do colmo, produção de matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos.

Ao avaliarem o desempenho agrônomo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum* em associação com a adubação nitrogenada, Quadros et al. (2014) observaram produtividade em torno de 11 t ha⁻¹, representando um incremento de quase 5 t ha⁻¹ de matéria seca no tratamento com inoculação, em relação ao do tratamento controle.

A eficiência da inoculação de *Azospirillum* nas culturas pode ser influenciada por vários fatores das culturas, de ordem ambiental e/ou técnica. Segundo Longhini et al. (2016), de maneira geral, essa eficiência resulta da combinação da inoculação da cultura com outras práticas, como um bom manejo e conservação do solo em SPD; manutenção da fertilidade do solo a níveis adequados e/ou emprego de tecnologias como a irrigação. Há vários relatos de melhoria na nutrição das plantas em função da inoculação com *Azospirillum* spp. (DIDONET; RODRIGUES; KENNER, 1996; REIS JUNIOR et al., 2008; ARDAKANI, et al. 2011).

No entanto, dependendo das condições nas quais a pesquisa é conduzida, pode-se obter resultados contrastantes com os encontrados na literatura. Godoy et al. (2011) e Vasconcelos et al. (2016) utilizaram inoculante com *A. brasilense*, e não encontraram respostas positivas da inoculação sobre a produtividade do milho. Resultados como este sugerem que os efeitos da associação *Azospirillum*-planta podem variar de acordo com fatores como a cultivar e as condições edafoclimáticas predominantes, entre outros (QUADROS 2009). Com isso, é necessário a investigação desta tecnologia sob condições ambientais específicas, a fim de determinar-se práticas adequadas para a melhor resposta da interação *Azospirillum*-planta e, conseqüentemente, maior produtividade da cultura.

2.5 ACÚMULO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO SORGO

Algumas plantas de cobertura têm a capacidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes, em especial o N, para a cultura em sucessão, pela ciclagem de nutrientes dos resíduos culturais e/ou pela fixação biológica do N₂ atmosférico, no caso das leguminosas (LOURENTE et al., 2007).

Entre os vários benefícios atribuídos ao sistema plantio direto, alegados na literatura, destacam-se a barreira física proporcionada pelos resíduos vegetais acumulados na superfície do solo, que contribui para o controle de plantas daninhas e protegem o solo contra ação nociva do impacto da gota da chuva; além do incremento de matéria orgânica no solo; e a ciclagem de nutrientes proporcionada pela decomposição dos resíduos vegetais remanescentes (FERREIRA et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2013). A soma desses fatores, aliadas à atividade biológica do solo, contribui para a melhoria da sua qualidade e estabilização da produção agrícola (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

Ao longo dos anos agrícolas, além dos princípios básicos do SPD, deve-se levar em consideração fatores como as modificações químicas, físicas e biológicas do solo, causadas pelas diferenças na extração de nutrientes do solo pelas raízes das espécies (TEIXEIRA et al., 2008). Esses autores chamam a atenção para o fato de que a exploração do solo (exportação de nutrientes) depende do objetivo do produtor, seja para produção de grãos, aproveitando os restos culturais para o SPD, ou o cultivo de espécies, exclusivamente para este fim, ou se o cultivo é voltado para a produção de silagem, neste último caso a exportação dos nutrientes é mais intensa, uma vez que colhe-se a planta inteira.

No SPD, a adequada distribuição de espécies gramíneas e leguminosas, no espaço ou no tempo, é de suma importância para a manutenção do equilíbrio da relação C/N do solo. Segundo Giacomini et al. (2003), o consórcio entre gramíneas e leguminosas resulta no acúmulo de palhada com relação C/N intermediária, que além de proteger o solo e de adicionar nitrogênio, garante ciclagem de nutrientes por mais tempo, o que permite a sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas comerciais (BOER et al., 2007).

No que se refere à qualidade dos resíduos das gramíneas, estes apresentam maior relação C/N em relação aos resíduos das leguminosas. Portanto, essas espécies demonstram um bom potencial para a utilização como plantas de cobertura para a região do Cerrado, principalmente na entressafra, pois além de aportarem

grandes quantidades de matéria seca, promovem a reciclagem de nutrientes e sua liberação gradativa (BOER et al., 2007).

Por outro lado, a decomposição dos resíduos das leguminosas proporciona liberação dos nutrientes mais rapidamente, acelerando a disponibilização para a cultura cultivada em sucessão (GIACOMINI et al. 2003). Dessa forma, a disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com o requerimento da cultura, em quantidade, forma e tempo (BULL e CANTARELLA, 1993), para que sejam aproveitados eficientemente. Neste caso, um ponto importante a ser levado em consideração é o intervalo de tempo entre a colheita da cultura antecessora e a semeadura da cultura em sucessão, uma vez que a liberação dos nutrientes dos resíduos da leguminosa pode não apresentar sincronismo com a demanda de nutrientes pela cultura semeada em sucessão, devido à rápida taxa de mineralização do resíduo da leguminosa, sobretudo nas condições climáticas do cerrado, onde, em geral, não há restrições para a atividade microbiana.

O sorgo também pode beneficiar os sistemas integrados de produção agropecuários, pois os resíduos remanescentes da cultura semeada na safrinha protegem o solo da área e promovem a ciclagem de nutrientes para a cultura a ser implantada na safra de primavera/verão (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Segundo Fribourg et al. (1976), o P e o N absorvido pela planta de sorgo são quase todos translocados para os grãos, seguindo-se do Mg, K e Ca. Isso significa que os resíduos da cultura ciclam parte dos nutrientes, principalmente K, Ca e Mg, contidos na palha remanescente para o SPD.

Deve-se ressaltar que, de maneira geral, pela baixa exportação de K pelos grãos no sorgo granífero, aproximadamente 75% do nutriente absorvido pela planta é passível de retornar ao solo (BORGES et al., 2016). Esses autores observaram acúmulo total de até 302 kg ha⁻¹ de K no sorgo, sugerindo, portanto, uma excelente alternativa de cultura recicladora do nutriente.

Entretanto, ainda assim, a adubação química é indispensável para a reposição desses nutrientes para os cultivos seguintes. No caso do Ca e Mg, a correção da acidez é o suficiente para a manutenção de adequados teores dessas bases no solo para as culturas (FRIBOURG et al., 1976).

De acordo com Pitta et al. (2001) e Albuquerque et al. (2013), quanto maior a produtividade da cultura, maiores serão as taxas de extração e exportação de nutrientes. Portanto, é necessário um manejo ponderado da adubação em cada caso.

Assim, dependendo do objetivo do produtor – se é grãos ou planta inteira para forragem (silagem) – obviamente, haverá grande diferença nas taxas de exportações de nutrientes, ainda que se utilize o mesmo cultivar para cada caso.

2.6 ACÚMULO DE NUTRIENTES EM FORRAGEIRAS

Um dos pré-requisitos do SPD é a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo. Além de todos os benefícios que o sistema oferece, difundidos pela pesquisa, os resíduos vegetais tem papel de uma “poupança do solo”, pois conforme Rosolem et al. (2003), constituem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa. A dinâmica da mineralização desses resíduos vai depender de fatores ambientais, operacionais e intrínsecos do resíduo.

A preferência pelo cultivo da forrageira tropical *U. brizantha* com culturas graníferas no sistema ILP, no Cerrado, é devido à sua excelente adaptação às condições edafoclimáticas das regiões produtoras, com produção considerável de biomassa ao longo do ano, proporcionando boa cobertura com elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período prolongado (BORGHI et al., 2006; TIMOSSI et al., 2007; MACEDO, 2014; PARIZ et al., 2011b).

Espécies dos gêneros *Urochloa* e *Panicum* possuem sistema radicular vigoroso e profundo, o que as conferem elevada tolerância à deficiência hídrica, e grande capacidade de absorver nutrientes em camadas mais profundas do solo, comparadas a outras espécies utilizadas para cobertura do solo (BARDUCCI et al., 2009). Essas características são desejáveis em plantas de cobertura, uma vez que potencializam a absorção de nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e, posteriormente, liberam na camada superficial pela decomposição dos resíduos (Duda et al., 2003) para as culturas subsequentes. Além disso, essas espécies contribuem significativamente para a infiltração de água, agregação e aeração do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2004; SILVA et al., 2007).

Existem diferenças nos padrões de desenvolvimento das forrageiras, ainda que dentro do mesmo gênero, que podem determinar a escolha mais adequada para cada modalidade de cultivo. Conforme Ikeda et al. (2013), a *U. decumbens* difere da *U. brizantha* por apresentar menor crescimento e cobertura mais densa do solo, o que pode influenciar significativamente o manejo das plantas daninhas infestantes em cultivos consorciados e na competição com a cultura em consórcio. Porém, segundo

Borghetti et al. (2007) em sistemas consorciados com o milho, as plantas forrageiras diminuem a produção de biomassa por efeito de competição, entretanto, após a colheita de grãos o capim prioriza a produção de folhas, que contribui consideravelmente para o acúmulo de matéria seca e nutrientes.

Ao avaliarem o desempenho de plantas de cobertura quanto à fitomassa, acúmulo e liberação de nutrientes no Cerrado goiano, Pacheco et al. (2011) observaram que as espécies *U. brizantha* cv. Marandu, *U. ruziziensis* e o consórcio *U. ruziziensis* + *Cajanus cajan* apresentaram alto potencial de acúmulo de fitomassa e nutrientes ao final da entressafra.

A *U. brizantha* é uma espécie de grande potencial para ciclagem de nutrientes, sobretudo de N e K (PARIZ et al., 2011b; PACHECO et al., 2013; COSTA et al., 2015; MENDONÇA et al., 2015). No Cerrado sul-mato-grossense, Mendonça et al. (2015) observaram que o consórcio do milho com forrageiras no outono é alternativa para elevar a quantidade de palhada e ciclagem de macronutrientes no SPD. Na mesma região, Costa et al. (2014) demonstraram que *U. brizantha* cv. Xaraés e *U. ruziziensis* são boas alternativas para a produção de palhada por apresentarem elevada produtividade de palhada em antecessão à cultura do milho sob SPD.

Assim, é notório a necessidade de manutenção da palhada para a cobertura do solo, dada a sua importância para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, uma vez que mantém a umidade, equilibra o microclima adequado para a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (KLIEMANN et al., 2006).

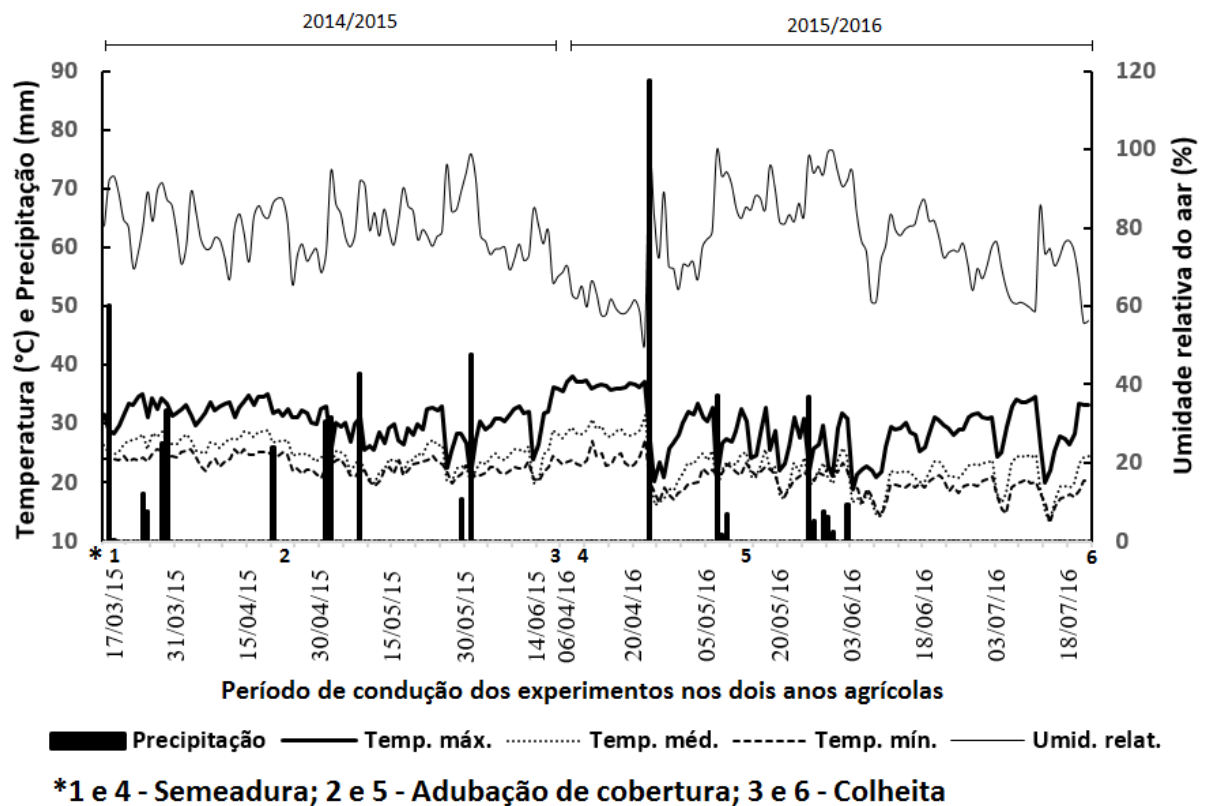
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia (FE/UNESP), câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20° 18' S e 51° 22' W, altitude de 370 m), em área de sequeiro por dois anos consecutivos.

O tipo climático da região é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Durante a condução dos experimentos, foram mensuradas a precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e as temperaturas (°C) máxima, média e mínima (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e as temperaturas (°C) máxima, média e mínima, durante a condução dos experimentos. Selvíria – MS, 2015 e 2016.



Fonte: Estação meteorológica - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP. Selvíria, Mato Grosso do Sul.

O experimento foi implantado numa área com histórico de cinco anos de plantio direto, com cultivo do algodoeiro até meados de 2013, a partir de então permaneceu em pousio até o final do ano de 2014. Após o primeiro experimento, ano agrícola 2015, a área foi cultivada com a cultura da soja, como cultura de verão, e, em sucessão, implantou-se o segundo experimento, no ano agrícola 2016.

O solo da área foi classificado como um Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa (580 g kg^{-1}) (EMBRAPA, 2013). Antes da implantação do experimento, foi realizado um levantamento da fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m, com a coleta de vinte subamostras com estrutura deformada, com o auxílio de um trado de rosca, para a caracterização de sua fertilidade numa amostra composta. A análise da química do solo (RAIJ et al., 2001) apresentou os seguintes resultados: 17 mg dm^{-3} de P (resina); 22 g dm^{-3} de M.O.; 5,5 de pH (CaCl_2); 1,4; 26,0; 18,0 e 28,0 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, Ca, Mg e H+Al; 44,9 e 73,1 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de SB e CTC; V de 62% e 0 de m%.

Com base nos resultados das análises químicas, conforme a necessidade da cultura do sorgo, a adubação foi realizada segundo Cantarella et al. (1997). Antes da implantação do experimento, nos dois anos agrícolas, realizou-se uma dessecação da flora daninha da área, com uso do herbicida Glyphosate ($1,44 \text{ kg ha}^{-1}$ do i. a.), em seguida foi realizada a trituração dos resíduos vegetais empregando um triturador horizontal (Triton).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS EMPREGADOS

Nos dois anos (2014/15 e 2015/16), o experimento foi implantado na segunda safra (safrinha) em 17/03/2015 e 06/04/2016. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados e os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial $3 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, consistindo os seguintes fatores:

- Sorgo cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás;
- Sorgo inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* (estirpes Abv5 e Abv6);
- Aplicação de nitrogênio na semeadura ou em cobertura ou parcelada, sendo 30% na semeadura e 70% em cobertura, no início do estágio EC2 (iniciação da panícula), na dose de 120 kg ha^{-1} de N, utilizando-se ureia como fonte, aplicada nas entrelinhas do sorgo.

Nos dois anos agrícolas, o sorgo foi semeado mecanicamente, com o emprego de uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 0,03 m e com uma densidade de semeadura em torno de 10 sementes m^{-1} . A adubação de semeadura constou de 90 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O , utilizando-se superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

O experimento foi composto de 48 parcelas com sete linhas de sorgo, espaçadas em 0,45 m, com 6 m de comprimento e 3,15 m de largura. Nos dois anos, o cultivar de sorgo utilizado foi o híbrido Ranchero, com aptidão para produção de grãos, e nos tratamentos em consórcio utilizou-se a forrageira *Urochloa brizantha*, cultivar BRS Paiaguás. A bactéria diazotrófica foi fornecida pelo inoculante AZO Total (EMBRAPA), na dose de 100 mL/20 kg de sementes. A inoculação foi efetuada momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes de sorgo.

A semeadura do capim Paiaguás foi realizada simultaneamente ao sorgo, sendo efetuada com outra semeadora-adubadora, nas entrelinhas do sorgo, no mesmo espaçamento de 0,45 m, utilizando-se aproximadamente 10 kg ha^{-1} de sementes puras viáveis (VC=60%) do cultivar BRS Paiaguás. As sementes do capim foram semeadas na profundidade de 0,06 m, conforme Kluthcouski et al. (2000), com o objetivo de atrasar a emergência do capim em relação à cultura produtora de grãos e diminuir a provável competição entre as espécies no período inicial de desenvolvimento da cultura do sorgo.

A adubação nitrogenada na cultura foi realizada manualmente a cerca de 10 cm das plantas de sorgo conforme os tratamentos citados. A aplicação de N em cobertura, foi realizada aproximadamente 30 dias após a emergência (DAE), quando as plantas apresentavam em torno de 0,30 m de altura (24/04/2015 e 13/05/2016), quando se encontravam no estágio EC2 (iniciação da panícula). Em seguida simulou-se uma precipitação de 15 mm, por meio de irrigação por aspersão convencional.

3.3 AVALIAÇÕES DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS NOS SISTEMAS

Na ocasião da colheita (18/06/2015 e 26/07/2016, em torno de 90 e 110 DAE, nos dois anos, respectivamente), foram determinados na cultura do sorgo: o estande final de plantas (EFP), contando-se as plantas nas 3 linhas centrais da parcela; o diâmetro basal de colmos (DBC), com o auxílio de um paquímetro; altura de plantas

(AP) e comprimento de panícula (CP) com régua graduada; o número de grãos por panícula (NGP) e a relação colmo+folhas/panícula (C+F/P), em que essa variável é o produto da soma das massas da matéria seca das folhas e colmos dividido pela massa da matéria seca das panículas do sorgo. Para tais determinações foram utilizadas 10 plantas coletadas aleatoriamente na área útil da parcela experimental. A massa de mil grãos (MMG) foi determinada a partir da pesagem de quatro subamostras por parcela e corrigidas para 13% de umidade.

A coleta de material para a determinação da produtividade de grãos (PG), matéria seca da parte aérea do sorgo (PMS) e da forrageira (PMSF), em ambos os anos, foi realizada no mesmo dia da colheita do sorgo, a partir da coleta das plantas das três linhas centrais, desprezando-se 1,5 m em cada extremidade, extrapolando-se para um hectare. Na cultura do sorgo as frações colmos e folhas foram separadas com auxílio de uma tesoura de poda. Posteriormente, esse material foi pesado e colocado em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir a massa constante, para a determinação da quantidade de matéria seca que ficou como palhada na área. Também, no dia da colheita do sorgo, foram realizadas amostragens para determinação da produtividade de matéria seca da parte aérea do capim em 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m), em 3 repetições por parcela, adotando-se como altura de corte rente ao solo.

Da matéria seca produzida em ambas as culturas, após pesada e moída, foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997). A partir do produto da multiplicação dos teores de nutrientes em cada tecido das plantas (colmos e folhas do sorgo e parte aérea do capim) foram obtidos os dados de acúmulo dos macronutrientes na massa de matéria seca nas duas culturas.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) com o auxílio do programa computacional SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO SORGO E PRODUTIVIDADE DA FORRAGEIRA

Nos dois anos agrícolas, o estande final de plantas (EFP) de sorgo não foi influenciado pelos efeitos isolados do manejo da adubação nitrogenada, das modalidades de semeadura (consórcio ou não com o capim paiaguás), e em função da inoculação ou não das sementes com *A. brasilense* (Tabela 1).

A semeadura consorciada da cultura anual com o capim pode resultar em menor estande de plantas da cultura (SILVA et al., 2015), haja vista que a possível competição interespecífica pode prejudicar a exploração do espaço e, assim, interferir na interceptação de luz e aquisição dos demais recursos do ambiente. Neste estudo, entretanto, apesar de ocorrer um maior estande final de plantas do sorgo cultivado solteiro, em relação ao sorgo em consórcio, a diferença não foi significativa ($p < 0,05$).

No ano agrícola 2015, o manejo da adubação nitrogenada influenciou a altura (AP) e o diâmetro basal do colmo (DBC) do sorgo. Este último atributo foi influenciado, ainda, pelo efeito isolado do consórcio (Tabela 1). As maiores médias de altura de plantas foram observadas nos tratamentos com as maiores proporções de N na cobertura, em relação ao tratamento de 100% do N em semeadura. Tal resultado pode ser atribuído ao efeito da aplicação tardia de N, que incrementou o crescimento do sorgo em altura, em detrimento do diâmetro, nesse caso o adequado teor de matéria orgânica do solo (22 g dm^{-3}), possivelmente, foi suficiente para atender à demanda de N para a cultura, no seu estágio inicial de crescimento.

À medida em que foram aplicadas as quantidades equivalentes de 0%, 30% e 100% de N na semeadura, observa-se um comportamento inversamente proporcional entre a altura da planta e o diâmetro basal de colmo, ou seja, maiores quantidades de N aplicadas na semeadura, proporcionaram plantas de porte mais baixo, em contrapartida com plantas de maior diâmetro basal de colmos (Tabela 1).

Tais resultados diferem dos obtidos por Mateus et al. (2011), que não encontraram diferenças para a altura de plantas de sorgo granífero, empregando as mesmas formas de parcelamento utilizadas no presente estudo. Quanto ao maior diâmetro basal de colmos nas plantas de sorgo consorciadas, resultados semelhantes foram obtidos por Crusciol et al. (2011) e Mateus et al. (2011), que observaram

diâmetro basal de colmos de sorgo em consórcio com *U. brizantha* (cv. Marandu) e *Panicum maximum* (cv. Mombaça) iguais ou superiores aos das plantas cultivadas solteiras. Tal comportamento resulta do efeito competição com os capins, em que o sorgo, para ganhar na competição, acumula maior quantidade de fotoassimilados no colmo, e com isso há o incremento no seu diâmetro.

As plantas de sorgo do primeiro ano, em geral, apresentaram a altura superior em relação às plantas do segundo ano do experimento. Este resultado pode estar relacionado à semeadura mais tardia do sorgo no segundo ano, quando houve a redução do fotoperíodo e a indução mais precoce do florescimento da planta, alterando assim o seu crescimento, o que também foi observado por Almeida et al. (2012).

Tabela 1. Estande final de plantas (EFP), altura de plantas (AP), comprimento de panícula (CP), diâmetro basal de colmo (DBC) de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	2015				2016			
	EFP	AP ⁽²⁾	CP ⁽²⁾	DBC	EFP	AP	CP	DBC ⁽²⁾
<u>Adubação*</u>	(plantas ha ⁻¹)	(m)	(cm)	(mm)	(plantas ha ⁻¹)	(m)	(cm)	(mm)
0% - 100%	173.181	1,39a	24,05	15,14b	175.834	1,29	25,86	15,41
30% - 70%	174.883	1,38a	24,48	16,36a	176.280	1,27	26,51	16,46
100% - 0%	163.734	1,29b	24,31	16,81a	173.534	1,26	25,79	15,96
<u>Semeadura</u>								
Consórcio	166.794	1,35	24,37	16,66a	173.489	1,28	26,01	15,83
Solteiro	174.405	1,36	24,19	15,54b	176.943	1,27	26,09	16,06
<u>Inoculação</u>								
Com	164.197	1,36	24,31	15,90	174.328	1,27	26,16	16,58
Sem	177.002	1,35	24,25	16,30	176.104	1,28	25,95	15,31
ANOVA (P>f)								
A	0,3511	0,0000	0,4453	0,0030	0,9539	0,3224	0,1173	0,0724
S	0,2622	0,5588	0,5201	0,0055	0,6617	0,3260	0,7842	0,5192
I	0,0636	0,4835	0,8484	0,2884	0,8218	0,3260	0,4915	0,0012
A x S	0,6846	0,8771	0,0951	0,6003	0,3856	0,3373	0,5989	0,5788
A x I	0,3258	0,7854	0,0855	0,6899	0,5142	0,6285	0,6465	0,7624
S x I	0,7834	0,0001	0,0006	0,3617	0,2602	0,5648	0,1027	0,0263
A x S x I	0,9625	0,7537	0,0982	0,6752	0,8120	0,0570	0,2454	0,4239
Bloco	0,1887	0,0222	0,0000	0,9943	0,8570	0,0231	0,4698	0,6429
CV%	14	4	4	8	15	3	4	8

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); ⁽²⁾Interação entre os fatores semeadura e inoculação; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Ainda no ano de 2015 houve interação entre semeadura e inoculação sobre a altura de plantas e o comprimento de panículas (Tabela 2). O sorgo inoculado cultivado em consórcio com o capim apresentou altura de plantas e comprimento de panículas superiores, quando comparado ao solteiro, fato este que pode ser atribuído ao efeito competição, que faz com que o sorgo apresente maior crescimento, neste caso vegetativo e reprodutivo, pelo estiolamento, além do efeito da bactéria promotora de crescimento por aumento dos teores de auxinas nos tecidos.

O contrário foi observado no sorgo sem inoculação, onde essas variáveis (altura de plantas e o comprimento de panículas) foram superiores nas plantas cultivadas solteiras, assim demonstrando o sinergismo do *Azospirillum* com o sorgo consorciado com o capim (Tabela 2). Para a inoculação dentro de cada sistema de cultivo (com ou sem capim), observa-se que no cultivo consorciado, a altura de plantas e o comprimento das panículas foram superiores nas plantas inoculadas (estiolamento por efeito competição), sendo o contrário observado no cultivo solteiro, onde essas duas variáveis foram superiores nas plantas sem inoculação.

No ano agrícola 2016, o mesmo efeito sinérgico do *Azospirillum* com o sorgo consorciado foi verificado no DBC, como anteriormente, no crescimento em altura e comprimento da panícula, onde a inoculação das sementes do sorgo cultivado em consórcio com o capim Paiaguás proporcionou maior diâmetro basal do colmo, ao passo que sem inoculação, o maior DBC das plantas foi no cultivo solteiro (Tabela 2).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre semeadura e inoculação, para altura de planta, comprimento de panícula (2015) e diâmetro basal de colmo (2016) de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás⁽¹⁾.

Tratamentos		Semeadura	
Inoculação	Consortio		Solteiro
		ALP (m)	
Com	1,38Aa		1,33Bb
Sem	1,31Bb		1,38Aa
		CP (cm)	
Com	24,92Aa		23,69Bb
Sem	23,81Bb		24,69Aa
		DBC (mm)	
Com	16,88A		16,28
Sem	14,78Bb		15,84a

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em trabalho recente de revisão de literatura, Subbarao et al. (2016) relatam que

em cultivos consorciados de gramíneas com plantas do gênero *Urochloa* há maior eficiência no uso do N pela espécie granífera, pois os capins deste gênero têm a capacidade de liberar compostos no solo que diminuem a nitrificação, portanto com mais N disponível, as plantas de sorgo tendem a crescer mais em altura e diâmetro, fato este concordante com os resultados aqui obtidos no tratamento em consórcio.

As variáveis relacionadas à produtividade de grãos e palha da cultura do sorgo não diferiram em relação ao efeito isolado do manejo da adubação nitrogenada nos dois anos agrícolas (Tabela 3). No ano 2014/2015, as modalidades de semeadura influenciaram a produtividade de matéria seca (PMS) (colmos + folhas) e a relação colmos + folhas/panícula (C+F/P). Para estas variáveis, as plantas de sorgo cultivadas em consórcio apresentaram as maiores médias, com incremento em torno de 9% na matéria seca em relação às cultivadas solteiras (Tabela 3), fato este interligado pela maior altura e diâmetro de plantas (Tabelas 1 e 2) em consórcio, pois como anteriormente relatado, no consórcio há maior eficiência no uso do N (SUBBARAO et al., 2016).

Plantas com colmos mais finos, segundo Mateus et al. (2011), têm menor acúmulo e conseqüente capacidade de translocação de água e nutrientes, isso pode justificar a maior produtividade de matéria seca no sorgo em consórcio, uma vez que, como observado na Tabela 1, neste tratamento, o diâmetro basal do colmo foi superior ao obtido nas plantas cultivadas solteiras.

A maior produtividade de matéria seca no sorgo consorciado com capim não implicou em maior produtividade de grãos (PG), o que refletiu, portanto, numa maior relação colmo+folhas/panícula neste tratamento, uma vez que houve acréscimo da massa de matéria seca das partes vegetativas da planta em relação à parte reprodutiva, contudo resultado este interessante pela maior quantidade de palha visando o SPD.

Vale ressaltar que o estande final de plantas é um atributo que se relaciona diretamente à produtividade da cultura granífera (CRUSCIOL et al., 2011; SILVA et al., 2015; VIAN et al., 2016). Contudo, uma vez que o estande não diferiu entre os manejos da adubação nitrogenada e modalidades de semeadura (Tabela 1), as produtividades de grãos foram equiparadas entre os tratamentos de cada um desses fatores (Tabela 3).

No ano agrícola 2014/2015, a massa de mil grãos e a produtividade de matéria seca foram influenciadas pelo efeito isolado da inoculação das sementes do sorgo

com *A. brasilense*. Nos dois anos agrícolas, a inoculação aumentou o número de grãos por panícula e conseqüentemente a produtividade de grãos (Tabela 3). Araújo et al. (2015) também verificaram aumento do número de grãos por espiga, entretanto, na cultura do milho inoculada com *A. brasilense*, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Tabela 3. Massa de mil grãos (MMG), produtividade de matéria seca (PMS), produtividade de grãos (PG), relação colmo+folhas/panícula (C+F/P), número de grãos por panícula (NGP) de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	2015					2016				
	NGP	MMG	PMS	PG	C+F/P	NGP	MMG ⁽²⁾	PMS	PG	C+F/P ⁽³⁾
<u>Adubação*</u>	-	(g)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	-	-	(g)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	-
0% - 100%	1290	19,43	6679,9	5455,1	0,99	1243	19,65	6249,4	5384,1	0,93
30% - 70%	1298	19,80	6625,2	5987,3	0,93	1352	19,73	6480,6	5704,1	0,88
100% - 0%	1382	19,07	6441,1	5733,2	0,93	1393	19,03	6604,4	5536,6	0,87
<u>Semeadura</u>										
Consórcio	1363	19,72	6882,5a	5927,6	1,01a	1310	19,92	6323,8	5602,0	0,87
Solteiro	1283	19,15	6281,6b	5522,7	0,90b	1349	19,02	6565,8	5481,2	0,93
<u>Inoculação</u>										
Com	1397a	18,69b	6888,0a	6137,5a	0,93	1394a	18,92	6314,3	5868,4a	0,88
Sem	1249b	20,17a	6276,1b	5312,8b	0,97	1265b	20,02	6575,3	5214,8b	0,92
ANOVA (P>f)										
A	04308	0,4558	0,7656	0,1322	0,4537	0,1109	0,3213	0,7960	0,7166	0,8161
S	0,2231	0,2358	0,0383	0,0619	0,0143	0,5057	0,0340	0,5809	0,7069	0,4257
I	0,0265	0,0034	0,0351	0,0004	0,2688	0,0350	0,0104	0,5517	0,0482	0,6136
A x S	0,6488	0,9947	0,9183	0,6537	0,6052	0,8834	0,4861	0,7907	0,8120	0,2135
A x I	0,1361	0,1621	0,5421	0,8662	0,3216	0,4985	0,2048	0,3100	0,3723	0,0127
S x I	0,6334	0,0689	0,5142	0,0562	0,0670	0,1016	0,0184	0,5009	0,3794	0,2724
A x S x I	0,7434	0,3643	0,6845	0,5522	0,6324	0,9910	0,0775	0,2492	0,7369	0,5549
Bloco	0,9823	0,6541	0,9714	0,8295	0,4220	0,2749	0,9036	0,6368	0,9714	0,8376
CV%	17	8	15	13	15	15	7	23	20	25

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); ⁽²⁾Interação entre os fatores semeadura e inoculação; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

No segundo ano (2016), a interação entre semeadura e inoculação influenciou a massa de mil grãos (Tabela 4). O cultivo do sorgo sem inoculação e em consórcio aumentou a massa de mil grãos, quando comparado ao inoculado. Na análise das modalidades de semeadura dentro de inoculação, observa-se que o consórcio com o capim proporcionou a maior massa de mil grãos do sorgo sem inoculação. Novamente, o efeito do consórcio com capins do gênero *Urochloa*, demonstrou que os compostos inibidores da nitrificação podem resultar na maior eficiência do uso do N e conseqüentemente aumentar a massa de grãos.

Conforme Aguiar et al. (2007), o uso consuntivo de água para o sorgo durante seu ciclo varia de 380 mm e 600 mm, dependendo das condições climáticas dominantes. O presente estudo foi conduzido em condições de sequeiro, no período da safrinha, época em que há redução das precipitações no Cerrado, sendo comum a ocorrência de veranicos. As precipitações acumuladas durante o ciclo da cultura, nos dois anos, foram de 296 e 364 mm (Figura 1), respectivamente, mal distribuídos no tempo e abaixo do limite inferior relatado pelos autores.

Assim, apesar destes inconvenientes climáticos, ao longo do experimento, nos dois anos agrícolas, a produtividade de grãos da cultura se manteve em patamares considerados adequados para a época, segundo Freitas et al. (2014). Esses autores destacam o bom potencial produtivo do híbrido Ranchero na região noroeste paulista, e o recomendam como uma boa opção para a safrinha da região, mesmo em condições de estresses hídricos, característica dessa época.

Além disso, destaca-se a maior produtividade de grãos das plantas inoculadas, nos dois anos, com um incremento de 13,4 e 11,1%, respectivamente, comparado ao sem inoculação, e ambas superiores à obtida pela cultura do milho, relatado por Puente et al. (2009) de 10,7%, abaixo do intervalo relatado por Hungria et al. (2010) de 24 a 30% e dentro do intervalo relatado por Lana et al. (2012) (de 7 a 15%), ambos para a cultura do milho. Bactérias diazotróficas associadas a gramíneas conferem melhor exploração do solo e maior absorção de água e nutrientes por essas espécies (GRAY; SMITH, 2005; SCHULTZ et al., 2012). Portanto, a maior produtividade de grãos do sorgo, neste estudo, pode ser atribuída à melhor habilidade da planta em explorar o solo, sob inoculação com *A. brasilense*.

Conforme Mateus et al. (2011), a massa de mil grãos (MMG) é uma das principais variáveis relacionados à PG da cultura do sorgo. Entretanto, essa relação não foi observada no presente estudo, pois a produtividade de grãos do sorgo foi

influenciada pelo número de grãos por panícula (Tabela 3), o que está de acordo com Magalhães et al. (2014), uma vez que estes autores reportaram que numa condição de estresse durante EC1 e EC2, a diferenciação da panícula pode ser prejudicada, resultando em menor número de sementes, compensadas pelo incremento da sua massa durante a etapa seguinte de crescimento (EC3). A este comportamento pode ser atribuído as maiores massas de mil grãos do sorgo não inoculado, uma vez que foram obtidos os menores números de grãos por panícula nesse tratamento, que, por sua vez, pode ter sido acarretado devido ao estresse das plantas sob condições de baixa disponibilidade de água num momento de alta demanda da cultura, em virtude da má distribuição hídrica durante o seu ciclo (Figura 1).

Em contrapartida, as menores massas de mil grãos obtidas no sorgo inoculado foram decorrentes do maior número de grãos por panículas nesse tratamento, o que pode ter gerado um efeito competitivo entre estes drenos por fotoassimilados na época do enchimento. Portanto, com base no que foi reportado, o maior número de grãos observados nas plantas inoculadas pode ser atribuído, possivelmente, à maior capacidade dessas plantas em resistirem aos estresses ambientais, como já foi observado em outros estudos com inoculação por *A. brasilense*, pelo seu efeito hormonal no crescimento radicular (GRAY; SMITH, 2005; SCHULTZ et al., 2012).

A produtividade de matéria seca das plantas inoculadas apresentou um acréscimo em torno de 9% em relação às plantas sem inoculação. Quadros (2009) avaliou o desempenho agrônomo de híbridos de milho inoculados com *A. brasilense* em associação com a adubação nitrogenada, e obteve expressivo incremento de até 53% na produção de matéria seca da parte aérea no tratamento inoculado em relação ao controle.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre semeadura e inoculação, massa de mil grãos de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás (2016)⁽¹⁾.

Inoculação	Semeadura	
	Consórcio	Solteiro
	MMG (g)	
Com	18,87B	18,98
Sem	20,98Aa	19,07b

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferente na coluna e minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

No ano 2016, a relação colmo+folhas/panícula foi influenciada pela interação entre o manejo da adubação nitrogenada e a inoculação por *Azospirillum* (Tabela 5). A inoculação das plantas que receberam a adubação nitrogenada total apenas na cobertura proporcionou maior desenvolvimento da panícula em relação às partes vegetativas, quando comparado às plantas sem inoculação, pelo efeito de aplicações tardias contribuírem com o dreno reprodutivo em detrimento do vegetativo. Comportamento contrário foi observado nas plantas que receberam a adubação total apenas na semeadura, onde a inoculação proporcionou maior desenvolvimento das partes vegetativas em relação à parte reprodutiva.

Na análise de adubação dentro de cada nível de inoculação, observa-se que as plantas sem inoculação apresentaram o maior desenvolvimento da panícula com a aplicação total do N apenas na ocasião da semeadura, sobressaindo-se em relação às aquelas adubadas com o N total apenas na cobertura. Quanto ao parcelamento recomendado (30% - 70%), este não diferiu dos demais manejos (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre Adubação e inoculação, para a relação colmo+folhas/panícula de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás (2016)⁽¹⁾.

Adubação*	Inoculação	
	Com	Sem
	----- C+F/P -----	
0%-100%	0,80B	1,06A
30%-70%	0,84Aa	0,93Aab
100%-0%	1,00Aa	0,77Bb

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *Semeadura e em cobertura.

Estes resultados evidenciam o efeito negativo da aplicação de altas doses de N nos primeiros estádios de crescimento da cultura do sorgo, quando realizada a inoculação por *A. brasilense*. Hungria (2011) observou que a aplicação de N via ureia em plantas de milho inoculadas, em geral, anulou o efeito da inoculação com *Azospirillum*. Este resultado pode ser devido à inibição da colonização das plantas pelas bactérias diazotróficas em função das altas doses de N aplicado durante os primeiros estádios de crescimento da cultura (ROESCH et al., 2006), o que pode ter diminuído a proporção de diazotróficos no solo devido à adição do fertilizante nitrogenado (REPKE et al., 2013).

Não foram detectadas interações entre o manejo da adubação e a inoculação do sorgo para a produtividade de matéria seca do capim (PMSF), nos dois anos agrícolas. O cultivo do capim em consórcio com as plantas de sorgo inoculadas, no primeiro ano, influenciou positivamente na sua produtividade de matéria seca (Tabela 6).

Tabela 6. Produtividade de matéria seca da forrageira (PMSF) cultivada em consórcio com o sorgo granífero, com adubação nitrogenada em diferentes momentos, inoculado ou não com *A. brasilense* nas sementes, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	PMSF (kg ha ⁻¹)	
	2015	2016
<u>Adubação*</u>		
0% - 100%	1809,0	1240,0
30% - 70%	1696,3	1435,1
100% - 0%	1441,6	1444,3
<u>Inoculação</u>		
Com	1921,8a	1439,9
Sem	1376,1b	1306,4
ANOVA (P>f)		
A	0,2897	0,2809
I	0,0107	0,2571
A x I	0,1559	0,1495
Bloco	0,1560	0,9860
CV%	28	20

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Conforme Loomis e Williams (1969), pequenas diferenças em altura de plantas podem ter grandes efeitos na competição por luz, pois uma diferença mínima é suficiente para uma folha se sobrepor à outra. Apesar da análise de variância não detectar diferença significativa ($p < 0,05$) para o estande da cultura granífera, pode ter ocorrido um efeito fisiológico, devido à maior penetração de luz nesse tratamento e, conseqüente, maior interceptação de luz pelo capim. Assim, a maior produtividade de matéria seca do capim consorciado com o sorgo inoculado com *Azospirillum*, pode ser atribuído tanto à menor densidade de plantas de sorgo nesse tratamento (Tabela 1), quanto ao efeito da bactéria utilizada no sorgo, que pode ter migrado para o capim, pois segundo Hungria (2011), plantas do gênero *Urochloa* são hospedeiras desta bactéria.

4.2 ACÚMULOS DE N, P E K NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DO SORGO

Nos dois anos agrícolas (2015 e 2016), o manejo da adubação nitrogenada não influenciou nos acúmulos de N na matéria seca da cultura do sorgo. Para o fator modalidades de semeadura (consórcio ou não com o capim), não houve diferenças significativas nos acúmulos de N, P e K, nos dois anos de experimento (Tabela 7).

Tabela 7. Acúmulo de N, P e K na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	2015			2016		
	N	P ⁽³⁾	K ⁽³⁾	N	P	K ^(2,3,4)
<u>Adubação*</u>	(kg ha ⁻¹)					
0% - 100%	108,4	13,2	91,7	56,2	9,0	108,6
30% - 70%	107,6	14,4	87,8	51,1	8,1	103,6
100% - 0%	95,6	14,4	82,1	57,3	9,1	106,7
<u>Semeadura</u>						
Consórcio	101,7	13,8	87,7	52,5	8,5	103,0
Solteiro	106,0	14,3	86,7	57,2	8,9	109,6
<u>Inoculação</u>						
Com	96,1a	13,7	81,2	51,8b	8,3	100,7
Sem	111,7b	14,4	93,2	57,9a	9,1	111,9
ANOVA (P>f)						
A	0,0615	0,3096	0,0609	0,1237	0,1065	0,6336
S	0,3720	0,4985	0,7484	0,0806	0,3853	0,1354
I	0,0024	0,3033	0,0006	0,0221	0,0845	0,0126
A x S	0,7480	0,0950	0,5475	0,9376	0,8634	0,0014
A x I	0,6530	0,0014	0,0089	0,4079	0,1415	0,0021
S x I	0,8612	0,2456	0,1351	0,5062	0,5409	0,0130
A x S x I	0,1320	0,5715	0,9658	0,2265	0,0791	0,1301
Bloco	0,8781	0,1089	0,1917	0,4291	0,4456	0,3989
CV%	16	17	13	16	18	14

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).⁽²⁾Interação entre os fatores adubação e semeadura; ⁽³⁾Interação entre os fatores adubação e inoculação;

⁽⁴⁾Interação entre os fatores semeadura e inoculação; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Conforme Clarkson (1985), a baixa disponibilidade de alguns nutrientes no solo, principalmente N e P, faz com que as raízes se tornem o dreno mais forte, em detrimento da parte aérea da planta, o que resultaria na redução do crescimento da parte aérea. No presente estudo, as condições de competição do capim com o sorgo

e a omissão da aplicação N na semeadura (0% - 100%), em tese, poderia limitar a disponibilidade do N e o desenvolvimento radicular do sorgo, que resultaria em menor aproveitamento dos demais nutrientes do solo, no entanto, em geral o desenvolvimento da cultura não foi prejudicado, refletindo nos acúmulos de N, P e K equiparados aos obtidos no tratamento com cultivo solteiro (sem competição) e demais manejos da adubação nitrogenada (sem omissão da aplicação do N até os 30 DAE).

Desta forma, o consórcio do sorgo granífero com o capim Paiaguás se mostrou vantajoso, dentro dos moldes da sustentabilidade do sistema de produção, pois não reduziu os acúmulos de N, P e K na matéria seca do sorgo, por efeito de competição entre as espécies, ademais, ainda mostrou bom potencial para a ciclagem desses nutrientes pelo aporte de expressivas quantidades nos seus resíduos, o que está de acordo com Albuquerque et al. (2013) e Borges et al. (2016).

O fator inoculação, isolado, influenciou significativamente os acúmulos de N nos dois anos de experimento, entretanto, no primeiro ano houve menor acúmulo de N no tratamento sem inoculação e no segundo ano o efeito foi o contrário, ou seja, as plantas de sorgo sem inoculação acumularam a maior quantidade de N na massa de matéria seca total (Tabela 7).

No primeiro ano, os acúmulos de N e P foram superiores aos acúmulos obtidos no segundo ano, em geral acumulando até o dobro de cada nutriente no primeiro ano em relação ao segundo. Mesmo que a precipitação pluvial tenha sido mal distribuída e as temperaturas tenham sido menores no segundo ano, em relação ao primeiro (Figura 1), tal discrepância não era esperada, pois o experimento do segundo ano foi implantado em sucessão à cultura da soja, portanto, esperava-se que esses acúmulos fossem superiores no segundo ano, ou, no mínimo, equiparados aos obtidos no primeiro. Outra hipótese para tal resultado discrepante pode estar associado à semeadura mais tardia no segundo ano e, portanto, pelo efeito do fotoperíodo ter reduzido o crescimento (Tabela 1) e acúmulo de nutrientes do sorgo pelo seu ciclo produtivo mais precoce.

Ao avaliarem o acúmulo de matéria seca e macronutrientes em cultivares de sorgo sacarino, Soares et al. (2014) observaram que as curvas de acúmulo total de N, P e K seguiram a mesma tendência que as de matéria seca. Em geral, essa tendência não foi verificada para o sorgo granífero no presente estudo, visto que apenas o

acúmulo de P foi proporcional ao acúmulo de matéria seca, no segundo ano, uma vez que diferentemente do sorgo sacarino, neste caso o dreno mais forte é o grão.

É importante ressaltar ainda que, mesmo que o sorgo inoculado tenha produzido a mesma quantidade de matéria seca das partes vegetativas que o não inoculado, com a maior produtividade de grãos em relação ao sorgo sem inoculação, o P, como um macronutriente altamente móvel na planta e um dos mais remobilizados para os grãos (COELHO, 2002; PRADO, 2008), não teve redução significativa do seu acúmulo na matéria seca das partes vegetativas. Este resultado é interessante do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, pois mesmo apresentando a maior produtividade de grãos, que significa maior potencial de remobilização de P para os grãos, o sorgo inoculado manteve o acúmulo de P equiparado ao observado no sorgo sem inoculação.

No primeiro ano, a interação entre os fatores adubação e inoculação influenciou significativamente os acúmulos de P e K. As maiores médias de acúmulo de P foram obtidas quando o sorgo inoculado foi cultivado com adubação nitrogenada parcelada (30% - 70%) e com a aplicação da quantidade recomendada total apenas na ocasião da semeadura (Tabela 8).

O N é um nutriente de grande importância para o “arranque” inicial das gramíneas, sobretudo quanto ao crescimento radicular. A ausência da adubação nitrogenada no sorgo nos primeiros estádios de crescimento (tratamento 0% - 100%) possivelmente limitou o desenvolvimento radicular da cultura, o que pode ter contribuído para a menor absorção de P neste tratamento, uma vez que, o processo de interceptação radicular e difusão - os principais responsáveis pelo contato do ânion com as raízes – além da umidade do solo, são altamente dependentes do desenvolvimento radicular. Na cultura do milho, Gondim et al. (2016) observaram que a omissão de N, além de promover diminuição de seu teor na parte aérea da planta, causou desequilíbrio entre os demais nutrientes e, conseqüentemente, houve alterações morfológicas no crescimento da planta.

Ademais, o experimento do primeiro ano foi instalado após um período de pousio da área, onde não haviam resíduos vegetais em quantidade e qualidade para que o sorgo pudesse se beneficiar da ciclagem de nutrientes.

No desdobramento de Inoculação dentro de cada nível de adubação, as plantas não inoculadas acumularam maior quantidade de P com a adubação nitrogenada total realizada apenas na cobertura, em relação às plantas inoculadas (Tabela 8).

Para o K, observou-se que a interação entre os fatores adubação e inoculação resultou em incremento no acúmulo do nutriente nas plantas não inoculadas, quando adubadas com 100% do N apenas na cobertura, em relação aos demais manejos da adubação nitrogenada (Tabela 8).

No desdobramento de inoculação dentro de cada nível de adubação, de forma semelhante da que ocorreu para o acúmulo de P, observou-se que as plantas adubadas com 100% do N apenas na cobertura acumularam maior quantidade de K na matéria seca, na ausência da inoculação, em relação às plantas inoculadas (Tabela 8). O menor acúmulo desses nutrientes nas plantas inoculadas pode ser atribuído, possivelmente, ao efeito diluição, devido à maior produtividade de matéria seca nessas plantas, pois, mesmo o estande de plantas não diferindo entre os tratamentos com e sem inoculação, o acúmulo de matéria seca no tratamento com inoculação foi superior (Tabela 3), evidenciando, portanto, um maior acúmulo de matéria seca por planta, o que pode ter acarretado na menor concentração do nutriente por kg de matéria seca.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre os fatores adubação e Inoculação, para os acúmulos de P e K na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás (2015)⁽¹⁾.

Adubação*	Inoculação	
	Com	Sem
	----- P (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	10,9Bb	15,6Aa
30%-70%	15,1A	13,7A
100%-0%	14,9A	13,9A
	----- K (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	78,6b	104,7Aa
30%-70%	87,2	88,3B
100%-0%	77,8	86,5B

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

No segundo ano, o acúmulo de K foi influenciado pela interação entre os fatores adubação e semeadura, adubação e inoculação, e inoculação e semeadura (Tabela 9). Houve incremento no acúmulo de K na matéria seca do sorgo cultivado solteiro, com a adubação nitrogenada total apenas na semeadura (100% - 0). Neste tratamento o acúmulo de K foi superior ao obtido no tratamento com a adubação parcelada (30% - 70%) e não diferiu do acúmulo obtido com a adubação total apenas

na cobertura.

O desdobramento de modalidades de semeadura dentro de cada nível de adubação, indicou que, com o N total apenas na semeadura, o consórcio proporcionou menor acúmulo de K na matéria seca do sorgo (Tabela 9). Neste caso, foi notório o efeito competitivo do capim com a cultura granífera.

Na interação entre os fatores adubação e inoculação, observou-se que a aplicação do N total apenas na cobertura, nas plantas não inoculadas, proporcionou maior acúmulo de K na matéria seca da cultura, em relação aos demais manejos da adubação nitrogenada, bem como o maior acúmulo do nutriente em relação às plantas inoculadas e com a mesma forma de adubação (0% - 100%) (Tabela 9).

Na planta de sorgo, a absorção de K apresenta um padrão diferente em relação à de N e de P, o seu pico ocorre no estágio vegetativo da cultura, com maior taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 DAE (COELHO et al., 2002). Esses autores relatam que a taxa de absorção do K é superior à de N e P, sugerindo, portanto, que a maior necessidade deste nutriente seja nos estádios iniciais de crescimento, com grande importância para o desenvolvimento da cultura.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre os fatores adubação e semeadura, para o acúmulo de K; adubação e inoculação para acúmulo de K; e semeadura e inoculação para acúmulo de K na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás (2016)⁽¹⁾.

Adubação*	Semeadura	
	Consórcio	Solteiro
	----- K (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	109,1a	108,0Aba
30%-70%	108,4	98,8B
100%-0%	91,6b	121,9Aa
	Inoculação	
	Com	Sem
0%-100%	91,3b	125,9Aa
30%-70%	103,8	103,4B
100%-0%	106,9	106,5B
Inoculação	Semeadura	
	Consórcio	Solteiro
Com	91,8B	109,5
Sem	114,3A	109,6

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Desta forma, mais uma vez, observa-se que a adubação nitrogenada nas plantas de sorgo, aos 30 DAE (tratamento 0% - 100%), evidentemente não alterou o desenvolvimento radicular da planta, uma vez que sob as mesmas condições, a absorção de K neste tratamento não diferiu dos acúmulos do nutriente nos demais manejos da adubação nitrogenada. Este resultado pode ser explicado devido a aplicação do N total apenas na cobertura ter sido realizada dentro do intervalo de dias considerado de maior exigência de K pela cultura (30 a 40 DAE). Ademais, é importante ressaltar que diferente das condições do primeiro ano, no segundo ano, o experimento foi implanto em sucessão à cultura da soja, portanto, nesta condição, o sorgo pôde se beneficiar do efeito residual do cultivo anterior, bem como da ciclagem de nutrientes dos resíduos da leguminosa, como observado por Albuquerque et al. (2013).

Quanto à interação entre Inoculação e semeadura, a maior média de acúmulo de K na matéria seca das plantas cultivadas em consórcio foi obtida na ausência da inoculação (Tabela 9), o que pode estar relacionado, possivelmente, à maior remobilização desse nutriente das partes vegetativas das plantas inoculadas para os grãos, uma vez que neste tratamento a produtividade de grãos foi superior (Tabela 3). Assim, as plantas sem inoculação, por apresentarem menor produtividade de grãos, é possível que tenham remobilizado menores quantidades de K para o dreno reprodutivo (grãos) permanecendo maiores quantidades deste nutriente nas partes vegetativas da planta.

4.3 ACÚMULOS DE Ca, Mg E S NA MATÉRIA SECA DAS PLANTAS DO SORGO

No ano agrícola 2015 não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para os acúmulos de Ca, Mg e S na matéria seca das plantas de sorgo em função do manejo da adubação nitrogenada e modalidades de semeadura. Houve diferença significativa para o acúmulo de Ca em função da inoculação com *A. brasilense*, em que as plantas de sorgo inoculadas acumularam menores quantidades do nutriente, em relação às não inoculadas (Tabela 10).

As modalidades de semeadura influenciaram significativamente os acúmulos de Ca e Mg no segundo ano (2016). O consórcio do sorgo com o capim proporcionou redução nos acúmulos de Ca e Mg na matéria seca das plantas de sorgo (Tabela 10). Esses valores representam cerca de 14,1 e 23,2% desses nutrientes,

respectivamente, a menos ciclados no sistema, em relação ao tratamento com cultivo solteiro. Entretanto, neste caso, vale ressaltar que esses aportes podem ser compensados pelos acúmulos obtidos pela matéria seca remanescente do capim que vai ficar na área como palha para a continuidade do SPD.

Ainda no segundo ano, tanto o manejo da adubação nitrogenada quanto a inoculação influenciaram significativamente o acúmulo de S na matéria seca das plantas. A adubação nitrogenada realizada com o N total apenas na semeadura, proporcionou o maior acúmulo de S, significativamente superior ao acúmulo observado no tratamento com o parcelamento do N. O acúmulo de S no tratamento com a adubação do N total apenas na cobertura não diferiu dos demais manejos (Tabela 10).

Tabela 10. Acúmulos de Ca, Mg e S na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	Ca	Mg ⁽²⁾	S	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾	S
	2015			2016		
<u>Adubação*</u>	(kg ha ⁻¹)					
0% - 100%	24,1	25,9	9,2	19,5	32,0	6,9ab
30% - 70%	23,0	24,9	9,9	19,7	29,8	6,2b
100% - 0%	21,7	23,4	9,3	20,2	33,3	7,2a
<u>Semeadura</u>						
Consórcio	23,6	25,1	9,2	18,5b	28,4b	6,6
Solteiro	22,2	24,3	9,7	21,1a	35,0a	6,9
<u>Inoculação</u>						
Com	21,9b	23,1	9,7	19,3	31,2	6,3b
Sem	23,9a	26,3	9,2	20,3	32,2	7,2a
ANOVA (P>f)						
A	0,1196	0,1150	0,2868	0,8308	0,1069	0,0462
S	0,1314	0,0963	0,1978	0,0079	0,0000	0,3817
I	0,0319	0,0020	0,2388	0,2542	0,4461	0,0067
A x S	0,8045	0,8794	0,8372	0,6433	0,4720	0,5553
A x I	0,1137	0,0366	0,2299	0,0071	0,0252	0,9136
S x I	0,1240	0,4990	0,3106	0,3807	0,8735	0,6930
A x S x I	0,2153	0,0821	0,0506	0,4775	0,5367	0,1595
Bloco	0,5015	0,2278	0,7564	0,4188	0,4866	0,5923
CV%	14	13	15	16	15	17

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ⁽²⁾Interação entre os fatores adubação e inoculação; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

No primeiro ano, houve interação significativa entre os fatores adubação e inoculação, que influenciou no acúmulo de Mg. As plantas não inoculadas acumularam maior quantidade do nutriente quando adubadas com o N total apenas na cobertura, superando a quantidade acumulada no tratamento com a adubação parcelada, no entanto, não diferindo do tratamento com a adubação apenas na semeadura. Quanto ao desdobramento de inoculação dentro de cada nível de adubação, as adubações com o N total realizadas apenas na semeadura ou na cobertura, proporcionaram os maiores acúmulos de Mg nas plantas não inoculadas (Tabela 11), em relação às inoculadas.

No segundo ano, o desdobramento de adubação dentro de cada nível de inoculação indicou o mesmo comportamento para os acúmulos de Ca e Mg, ou seja, foram constatados os maiores acúmulos na matéria seca das plantas inoculadas quando adubadas com o N total apenas na semeadura, enquanto que a adubação parcelada (30% - 70%) proporcionou os menores acúmulos desses nutrientes, não diferindo, no entanto, do tratamento com o N total aplicado apenas na cobertura. Quanto às plantas não inoculadas, os diferentes manejos da adubação nitrogenada não influenciaram nos acúmulos de Ca e Mg (Tabela 11).

No desdobramento de inoculação dentro de cada nível de adubação, observou-se que tanto para o Ca quanto para o Mg, os maiores acúmulos foram obtidos nas plantas sem inoculação, em relação às inoculadas, com a adubação do N total apenas na cobertura e no tratamento com o N parcelado, entretanto, houve diferença significativa apenas no tratamento com o N parcelado.

De maneira geral, as extrações de N, P, K, Ca e Mg aumentam com o acréscimo da produtividade (PITTA et al., 2001; SÁ et al., 2011). A quantidade de nutrientes extraídos dependerá da produtividade obtida e do acúmulo de nutrientes nos grãos e em outras partes da planta (POLLMER et al., 1979). No que se refere à exportação dos nutrientes, o P e N são quase todo translocados para os grãos, seguindo-se do Mg, K e Ca (COELHO, 2002; PRADO, 2008).

No presente estudo, observou-se que o tratamento com inoculação, em geral, apresentou os menores acúmulos dos macronutrientes na matéria seca das partes vegetativas. Este estudo não contemplou o acúmulo dos macronutrientes nos grãos, no entanto, em vista dos resultados apresentados, sugere-se que o menor acúmulo de nutrientes na matéria seca das partes vegetativas das plantas inoculadas foi devido à maior intensidade na remobilização desses nutrientes das partes vegetativas para

os grãos, uma vez que neste tratamento a produtividade de grãos foi superior (Tabela 3).

No caso do Ca, no tratamento de adubação 100% - 0, houve efeito contrário aos observados até então para os demais nutrientes, ou seja, houve maior acúmulo do nutriente nas plantas inoculadas em relação às não inoculadas. Segundo Borges et al. (2016), a redistribuição do Ca pela cultura do sorgo granífero é relativamente baixa pela sua imobilidade na translocação para os grãos. Assim tal resultado justifica o maior acúmulo do nutriente na matéria seca das partes vegetativas das plantas inoculadas.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre os fatores adubação e inoculação para acúmulo de Mg (2015) e adubação e inoculação para acúmulo de Ca e Mg (2016) na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás ⁽¹⁾.

Adubação*	Inoculação	
	Com	Sem
	----- Mg (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	22,7b	29,0Aa
30%-70%	25,0	24,9B
100%-0%	21,7b	25,1ABa
Adubação	Inoculação	
	Com	Sem
	----- Ca (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	18,1Aba	20,9a
30%-70%	17,9Bb	21,6a
100%-0%	21,8Aa	18,5b
	Com	Sem
	----- Mg (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	31,1Aba	33,0a
30%-70%	27,1Bb	32,4a
100%-0%	35,4A	31,3

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05);*Semeadura e em cobertura, respectivamente..

4.4 ACÚMULOS DE N, P E K NA MATÉRIA SECA DA FORRAGEIRA *Urochloa brizantha*

Nos dois anos agrícolas, o acúmulo de K não foi influenciado nem pela interação entre adubação e inoculação, nem pelo efeito isolado de cada fator. No segundo ano, o acúmulo de P foi influenciado pelo fator inoculação isolado (Tabela

12), com o maior acúmulo do nutriente no capim em consórcio com o sorgo inoculado, representando um incremento em torno de 27,8% em relação ao tratamento sem inoculação, demonstrando que há mobilização da bactéria inoculada no sorgo para o capim em consórcio.

Sob condições similares às quais foi realizado o presente estudo, Costa et al. (2015) relataram acúmulos de K, N, P, Mg, Ca e S na matéria seca da *U. Brizantha* (cv. Marandu), em torno de 119, 91, 20, 17, 12 e 6 kg ha⁻¹, respectivamente. Tais resultados foram possíveis em monocultivo, onde a espécie chegou a produzir 3.867 kg ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea.

Tabela 12. Acúmulo de N, P e K na massa de matéria seca do capim cultivado em consórcio com plantas de sorgo granífero com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	N	P	K	N	P	K
	2015 ⁽²⁾			2016		
<u>Adubação*</u>	(kg ha ⁻¹)					
0% - 100%	34,5a	4,3a	28,1	22,7	1,9	26,1
30% - 70%	33,9ab	4ab	25,3	25,3	2,3	29,2
100% - 0%	23,8b	3,2b	21,6	24,9	2,1	29,7
<u>Inoculação</u>						
Com	35,5a	4,3a	27,6	25,3	2,3a	28,6
Sem	25,9b	3,4b	22,3	23,3	1,8b	28,1
ANOVA (P>f)						
A	0,2882	0,0364	0,2133	0,4427	0,1349	0,3557
I	0,0092	0,0147	0,0609	0,2622	0,0043	0,8272
A x I	0,0254	0,0140	0,1374	0,0852	0,9108	0,4583
Bloco	0,2484	0,2239	0,2833	0,8222	0,4727	0,8880
CV%	14	13	14	18	17	19

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ⁽²⁾Dados transformados para raiz de x+0,5; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

No presente estudo, as médias de acúmulos dos nutrientes foram baixas, este resultado foi devido às baixas produtividades de matéria seca do capim (Tabela 6), pois a amostragem do material fresco para a estimativa de acúmulo de matéria seca e de nutrientes, foi realizada na mesma época da colheita dos grãos, quando o capim ainda estava sob efeito de sombreamento da cultura do sorgo, com o agravante de cultivo na safrinha (baixas temperaturas e escassez de água – Figura 1). Borghi et al.

(2007) reportam que em sistemas consorciados com o milho, as plantas forrageiras diminuem a produção biomassa, entretanto, após a colheita de grãos o capim prioriza a produção de folhas, que contribui consideravelmente para o acúmulo de matéria seca e nutrientes. Portanto, as menores médias de acúmulo de nutrientes no capim, no presente estudo, eram esperadas devido à sua baixa produtividade de matéria seca na ocasião da amostragem da biomassa das espécies.

É importante ressaltar que, mesmo os acúmulos dos nutrientes estando aquém dos obtidos em outros estudos, pelo fato da avaliação ter sido realizada no final do ciclo da cultura granífera, quando a forrageira ainda não estava em desenvolvimento pleno, a *U. brizantha* mostrou um bom potencial como espécie cicladora, sobretudo de N e K, o que está de acordo com outros trabalhos (PARIZ et al., 2011; PACHECO et al., 2013; COSTA et al., 2015).

No primeiro ano, a interação entre os fatores adubação e inoculação influenciou significativamente os acúmulos de N e P (Tabela 13). Os efeitos do manejo da adubação nitrogenada sobre os acúmulos de ambos os nutrientes na matéria seca do capim em consórcio com o sorgo sem inoculação foram similares, obtendo-se a maior média com a adubação nitrogenada realizada apenas na cobertura, e menor média com a adubação realizada apenas na semeadura.

Uma estratégia utilizada no Sistema ILP denominado Santa Fé, para evitar a emergência simultânea do capim e da cultura principal, seja ela granífera ou forrageira, é a maior profundidade do sulco de semeadura do capim em relação à outra cultura consorciada, estratégia preconizada por Kluthcouski et al. (2000). Logo, os maiores acúmulos de N e P no capim consorciado com o sorgo não inoculado, com a aplicação do N total apenas na cobertura, no primeiro ano, pode ser explicado pelo fato de, neste tratamento, o fornecimento do N ter sido realizado num momento em que o capim já tenha se desenvolvido o suficiente (30 DAE do sorgo) para as suas raízes explorarem maior volume de solo e serem capazes de compartilhar, de forma mais eficiente, do N aplicado no sorgo.

No desdobramento de inoculação dentro de cada modo de adubação, observou-se que o consórcio com o sorgo inoculado proporcionou os maiores acúmulos de N no capim, com a adubação parcelada e com a adubação total apenas na semeadura. Nos dois casos, os incrementos equivaleram a cerca de duas vezes os acúmulos obtidos nos mesmos modos de adubação no tratamento sem inoculação (Tabela 13).

Para o P, o capim consorciado com o sorgo sem inoculação apresentou o maior acúmulo com a adubação do N total realizada apenas na cobertura, ao passo que no desdobramento de inoculação dentro de cada modo de adubação, o capim consorciado com o sorgo inoculado apresentou o maior acúmulo de P com a adubação nitrogenada realizada apenas na semeadura, equivalendo cerca de duas vezes o acúmulo obtido no capim sem inoculação, no mesmo modo de adubação.

Tabela 13. Desdobramento da interação entre os fatores adubação e inoculação para acúmulo de N e P na matéria seca do capim paiaguás cultivado em consórcio com sorgo granífero com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes (2015)⁽¹⁾.

Adubação*	Inoculação	
	Com	Sem
	----- N (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	32,3	36,6A
30%-70%	43,5a	24,3ABb
100%-0%	30,8a	16,8Bb
	----- P (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	4,0	4,7A
30%-70%	4,6a	3,3Aba
100%-0%	4,4a	2,1Bb

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05);*Semeadura e em cobertura, respectivamente.

4.5 ACÚMULOS DE Ca, Mg E S NA MATÉRIA SECA DA FORRAGEIRA *Urochloa brizantha*

Para os acúmulos de Ca, Mg e S, em geral, os efeitos dos manejos da adubação nitrogenada e o consórcio com sorgo inoculado com *A. brasilense*, foram significativos apenas no primeiro ano. Houve efeito isolado do fator adubação sobre o acúmulo de S, em que as plantas inoculadas acumularam a maior quantidade do nutriente quando receberam a adubação nitrogenada parcelada, sendo significativamente superior ao acumulado no tratamento com a aplicação do N total apenas na semeadura. O consórcio do capim com o sorgo inoculado proporcionou os maiores acúmulos de Ca e S, em relação ao capim consorciado com o sorgo sem inoculação (Tabela 14).

Ao avaliarem o acúmulo de matéria seca e nutrientes em forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Urochloa* consorciadas com o milho safrinha, em função da adubação nitrogenada, Borghi et al. (2007) concluíram que quando as forrageiras são

semeadas no centro da entrelinha do milho, a adubação nitrogenada em cobertura não interfere na produção de matéria seca nem no acúmulo de nutrientes pelas forrageiras.

No presente estudo, apenas no segundo ano de experimento, os manejos da adubação nitrogenada adotados, em geral, não influenciaram os acúmulos de nutrientes. Mais uma vez, vale ressaltar que, antes da implantação do experimento do primeiro ano, a área experimental se encontrava em pousio, enquanto que no segundo ano, o sorgo foi semeado em sucessão à cultura da soja, cultivada na área como cultura de verão. Assim, é possível que no segundo ano o sorgo tenha se beneficiado do efeito residual da leguminosa, desenvolvendo-se e aproveitando satisfatoriamente os nutrientes ciclados pelos resíduos da leguminosa, independente dos tratamentos aplicados.

Tabela 14. Acúmulo de Ca, Mg e S na matéria seca do capim cultivado em consórcio com plantas de sorgo granífero com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado solteiro ou em consórcio com capim-paiaguás, nos anos agrícolas 2015 e 2016

Tratamentos	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	2015 ⁽²⁾			2016		
<u>Adubação*</u>	(kg ha ⁻¹)					
0% - 100%	6,0	8,1	2,8ab	4,4	7,5	1,8
30% - 70%	5,4	7,3	2,9a	5,2	8,0	2,3
100% - 0%	4,6	4,1	1,9b	5,0	8,3	2,1
<u>Inoculação</u>						
Com	6,7a	8,3	2,9a	5,3	8,6	2,2
Sem	4,0b	5,1	2,2b	4,5	7,3	2,0
	ANOVA (P>f)					
A	0,2020	0,0057	0,0270	0,3156	0,6589	0,0699
I	0,0004	0,0004	0,0303	0,0903	0,1046	0,1875
A x I	0,0825	0,0197	0,0726	0,3718	0,5398	0,3393
Bloco	0,0850	0,0539	0,2062	0,5456	0,9978	0,8295
CV%	14	14	13	22	24	19

⁽¹⁾Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ⁽²⁾Dados transformados para raiz de x+0,5; *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Na interação entre adubação e inoculação, observou-se que o consórcio do capim com o sorgo inoculado proporcionou o maior acúmulo de Mg quando a adubação nitrogenada foi parcelada, quando comparado com a adubação apenas na

semeadura. Para o capim consorciado com o sorgo sem inoculação, o maior acúmulo do nutriente foi obtido com a adubação nitrogenada realizada apenas na cobertura (Tabela 15).

O desdobramento de inoculação dentro de cada modo de adubação indicou que a adubação parcelada do N e a aplicação total apenas na semeadura proporcionaram os maiores acúmulos de Mg no capim consorciado com o sorgo inoculado, em relação aos acúmulos do nutriente no capim que recebeu as mesmas formas de adubação, no consórcio com o sorgo sem inoculação (Tabela 15).

Tabela 15. Desdobramento da interação entre os fatores adubação e inoculação para acúmulo de Mg na matéria seca do capim paiaguás cultivado em consórcio com sorgo granífero com adubação nitrogenada em diferentes momentos, com e sem inoculação de *A. brasilense* nas sementes e cultivado (2015)⁽¹⁾.

Adubação*	Inoculação	
	Com	Sem
	----- Mg (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	8,4AB	7,8A
30%-70%	10,3Aa	4,2Bb
100%-0%	6,3Ba	3,4Bb

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada apenas na semeadura ou em cobertura ou parcelada (30% na semeadura e 70% em cobertura) não interfere na produtividade de grãos e de palha do sorgo granífero em consórcio com *U. brizantha*.

Em condições de sequeiro e na safrinha, a inoculação das sementes de sorgo com *A. brasilense* proporciona incrementos na produtividade de grãos, independente se consorciado ou não com capim Paiaguás.

A aplicação de altas doses de nitrogênio na semeadura do sorgo inoculado por *Azospirillum brasilense* pode reduzir a participação da panícula na matéria seca total da planta.

A adubação nitrogenada apenas na semeadura ou em cobertura ou parcelada, bem como o consórcio do sorgo com o capim-paiaguás, não influenciam os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do sorgo.

O cultivo do capim Paiaguás em consórcio com o sorgo inoculado por *A. brasilense* proporciona maior acúmulo de macronutrientes na forrageira.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_3_ed/clima.htm> . Acesso em: 16 out. 2016.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 10-20, 2013.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.278-285, 2011.
- ALMEIDA, C. M. de; LANA, A. M. Q.; RODRIGUES, J. A. S.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, I. Influência do tipo de semeadura na produtividade do consórcio sorgo - *Urochloa brizantha* cv Marandu no sistema de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, n.1, p. 60-68, 2012.
- ALVARENGA, R. A.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C.; SANTOS F. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M. **A cultura do sorgo em sistemas integrados lavoura-pecuária ou lavoura-pecuária floresta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 14 p (Circular técnica, 172).
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V.F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- ARAÚJO, E. de O.; MERCANTE, F.M.; VITORINO, A.C.T. Effect of nitrogen fertilization associated with inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* on corn. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.10, n. 3, p.137-145, 2015.
- ARAÚJO, R. M.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L.A. P. L.; FIGUEIREDO, M. V. B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p.1556-1560, 2014.
- ARDAKANI, M. R.; MAZAHARI, D.; MAFAKHERI, S.; MOGHADDAM, A. Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces* sp., *Glomus intraradices* and manure application. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, New Delhi, v. 17, n. 2, p. 181–192, 2011.
- BARDUCCI, R. S. A.; COSTA, C. A. C.; CRUSCIOL, E. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 222, 211-222, 2009.

- BERGAMASCHI, C. **Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas às raízes e colmos de cultivares de sorgo**. 2006. 71 p. Dissertação, (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BERGAMASCHI, C.; ROESCH, L. F. W.; DE QUADROS, P. D.; CAMARGO, F. A. O. Ocorrência de bactérias diazotróficas associadas a cultivares de sorgo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 727-733, 2007.
- BHATTACHARJEE, R. B.; SINGH, A.; MUKHOPADHYAY, S. N.; Use of nitrogen-fixing bacteria as biofertiliser for non-legumes: prospects and challenges. **Applied Microbiology Biotechnology**, Berlim, v.80, p.199-209, 2008.
- BOER, C. A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A. e PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, 2007.
- BORGES, I.D.; FRANCO, A.A.N.; KONDO, M.K.; MARTINS, D. C.; TEIXEIRA, E.C. e MOREIRA, S.G. Acúmulo de macronutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.2, p. 294-304, 2016.
- BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy** Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- BORGHI, É.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p.163-171, 2007.
- BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 130-145.
- BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100**: Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo; IAC, 1997. p.43-71.

CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n.1, p.102-116, 2010.

CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annual Revista Plant Physiology**, Palo Alto v. 36, p.77-115, 1985.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; JUNIOR, C. C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.1, p.102-116, 2010.

COELHO, A.M.; WAQUIL, J.M.; KARAN, D.; CASELA, C.R.; RIBAS, P.M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 14).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2015/2016**. Brasília, DF: Conab, v. 3, n. 12, 2016.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; FERNANDES, J.C.; CAVASANO, F.A.; ULIAN, N.A.; PARIZ, C.M.; SANTOS, F.G. Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 9, p. 166 - 73, 2014.

COSTA, J. A. A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. 199 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, É.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. da. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-Marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1234-1240, 2011.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. DA S.; BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. DE; MACHADO, C. G. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo de solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 633-639, 2009.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de Nitrogênio e de Massa Seca em Plantas de Trigo Inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 9, p. 645-651. 1996.

DUDA, G.P.; GUERRA, J.G.M.; MONTEIRO, M.T.; DE-POLLI, H. & TEIXEIRA, M.G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 139 - 147, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Newark, v.88, p.97-185, 2005.

FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 5, n. 5, p. 182-190, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p.36-41, 2008.

FIGUEIREDO, M. V. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; MESSIAS, A. S.; RÔMULO SIMÕES CEZAR MENEZES, R. S. C. Potential Impact of biological nitrogen fixation and organic fertilization on corn growth and yield in low external input systems. In: DANFORTH, A.T. (Ed.). **Corn crop production growth, fertilization and yield**. New York: Nova Science Publisher, 2009. p.227-255.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification**. Rome, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/images/iclsd/documents/crop_livestock_proceedings.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2015.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. D. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: FUNEP, 2009, p. 202.

FRANZLUEBBERS, A.J. Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, p.361-372, 2007.

FREITAS, R. S.; BORGES, W. L. B.; TICELLI, M. Sorgo Granífero – Desempenho Agrônomico de Cultivares. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 11, n. 1, p.1-6, 2014.

FRIBOURG, H. A.; BRYAN, W. E.; LESSMAN, G. M.; MANNING, D. M. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 2, p. 260-263, 1976.

GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Interação calagem e adubação nitrogenada na produção de sorgo sobre deficiência hídrica em rotação em soja. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2, p. 231-238, 1986.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 325-334, 2003.

GODOY, J. C. S.; WATANABE, S. H.; FIORI, C. C. L.; GUARIDO, R. C. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. **Campo Digital**, Campo Mourão, v. 6, p. 26-30, 2011.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, G.; ARRUDA, O. G. A.; VILELA, R. G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 121-129, 2011.

GONDIM, A.R.O.; PRADO, R.M.; FONSECA, I.M.; ALVES, A.U. Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 706-714, 2016.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v.37, p.395-412, 2005.

HENDRICKSON, J. R.; HANSON, J. D.; TANAKA, D. L.; SASSENATH, G. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v. 23, n. 4, p. 265–271. 2008.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M. S.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 331, n. 1/2, p. 413-425, 2010.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Jaboticabal, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.).

Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, 2004. p. 1-20. (Encarte técnico, 106).

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P. de. COSTA, J.L. da S.; SILVA, J.G. da; VILELA, L.; BACELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé** - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 38).

LANDERS, J. N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture. The Brazilian experience.** Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007. 92 p.

LONGHINI, V. Z.; SOUZA, W. C. R. de; ANDREOTTI, M.; SOARES, N. de A.; COSTA, N. R. Inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization in topdressing in irrigated corn. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 338 – 347, 2016.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAN BAVEL, C. H. M.; DINAUER, R. C. (Eds.). **Physiological aspects of crop yield.** Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p. 27- 47.

LOPES, S.J.; BRUM, S.; STORK, L.; LÚCIO, A.D.; SILVEIRA, T.R.; TOEBE, M. Espaçamento entre plantas de sorgo granífero: produtividade de grãos e qualificação do modelo estatístico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.649-656, 2009.

LOPES, S.J.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.C.; LORENTZ, L.H.; LOVATO, C.; DIAS, V.O. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 525 - 530, 2005.

LOURENTE, E. R. P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C. MARCHETTI, M. E.; RODRIGUES, E. T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 29, n. 1, p. 55 - 61, 2007.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M. Integração Lavoura-pecuária-floresta: Alternativa de agricultura conservacionista para os biomas brasileiros. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. de. (Ed.) **Agricultura conservacionista no Brasil.** Brasília, DF, Embrapa, 2014. cap. 1, pag. 381-410.

MAGALHÃES, P.C.; SOUZA, T.C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O.F.; SANTOS, F.C.; MOREIRA, J.A.A.; LEITE, C.E.P.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, R.S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PARRELLA, R.A.C. (Eds). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 58-88p.

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.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M. ANDREOTTI, M., PARIZ, C. M.; YANO, É. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Brasília, DF, v. 39, p. 183 - 193, 2015.

MORAES, S. A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRAT, T. R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 4–9, 2014.

OLIVEIRA, A. L. M.; CANUTO, E. L.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.; BALDANI J. I. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with endophytic diazotrophic bacteria. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 284, p. 23-32, 2006.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO/ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2012-2021**. Paris, 2012. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5112051e.pdf?expires=1427857452&id=id&accname=ocid54025470&checksum=9DFBE1042A1BAB3B1B249A36913B2929>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO/ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2014-2023**. Paris, 2012. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5114041e.pdf?expires=1427857952&id=id&accname=ocid54025470&checksum=C099C402DCA3D193997828BA66B0A162>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

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**, Brasília, DF, v. 46, p. 17-25, 2011.

PACHECO, L.P.; BARBOSA, J.M.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A.; ASSIS, R.L. DE; MADARI, B.E. E PETTER, F.A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 9, p.1228-1236, 2013.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S.; COSTA, N.R.; CAVALLINI, M.C.; ULIAN, N.A.; LUIGGI, F.G. Yield chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaça grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.40, p.728-738, 2011a.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F. A.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 2029 - 2037, 2011b.

PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; SOUZA, R. O.; SILVA, A. D.; SANTOS, J. P. A. BARROS, E. S.; MEDEIROS, P. V. Q. Sistemas de manejo do solo: soja [*Glycine max* (L.)] consorciada com *Brachiaria decumbens* (STAPF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 44-51, 2011.

PITTA, G. V. E.; VASCONCELLOS, C. A.; ALVES, V. M. C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2001. cap. 9, p. 243-262.

POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D. & DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 82-86, 1979.

PRADO, R. de M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Funep, 2008. 500p.

PUENTE, M. L.; GARCIA, J. E.; ALEJANDRO, P. Effect of the bacterial concentration of *Azospirillum brasiliense* in the inoculum and its plant growth regulator compounds on crop yield of corn (*Zea mays* L.) in field. **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 5, n. 5, p. 604-608, 2009.

QUADROS, P. D. DE; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F. DA; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; F. A. DE O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

- QUINTINO, A.C.; ABREU, J.G.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; CABRAL, L.S.; GALATI, R.L. Production and nutritive value of piatã grass and hybrid sorghum at different cutting ages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 243-249, 2013.
- RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284 p.
- REIS JUNIOR, F. B. dos; MACHADO, C. T. de T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.
- REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, p. 214-226, 2013.
- RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Circular Técnica, 119).
- ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de; CAMARGO, F. A. O. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, p. 967-974, 2006.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicosa, MG, v. 27, p. 355 - 362, 2003.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. Efeito de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo sacarino em um Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 635-641, 1985.
- SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 70-79, 2014.
- SÁ, J. C. de M.; FERREIRA, A. de O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A. M.; FIGUEIREDO, A. G. de. Extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho afetados por níveis de palha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 715-722, 2011.
- SÁ, J.C.M.; FERREIRA, A.O.; BRIEDIS, C.; VIEIRA, A.M. e FIGUEIREDO, A.G. de. SAIKIA, S. P.; JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma? **Current Science**, Bangalore, v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-acucar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 2, p. 261 - 268, 2012.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, G. G.; FARIAS, D. G.; ANDRES, A.; CASTILHOS, R. M. V. Doses de nitrogênio e de atrazine em cultivo de sorgo em terras baixas. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 315-321, 2005.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de semeadura da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014.

SILVA, A. G.; MORAES, L. E.; HORVATHY NETO, A.; TEIXEIRA, I. R.; ANDRÉ SIMON, G. A. Consórcio na entrelinha de sorgo com braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3475-3488, 2013.

SILVA, A.G. da; HORVATH NETO, A.; TEIXEIRA, I.R.; COSTA, K.A.P. da; BRACCINI, A.L. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2951-2964. 2015.

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, A. F.; CAIRES, E. F. DIAS, C. T. S. Chemical and physical soil attributes in integrated crop-livestock system under no-tillage. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 946-955, 2014.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 12, p. 1755 -1761, 2007.

SILVA, P. C. S. da; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 15, n. 1, p. 15-33, 2008.

SOARES, E. R.; COUTINHO, E. L. M.; RAMOS, S. B.; SILVA, M. S. DA; BARBOSA, J. C. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por cultivares de sorgo sacarino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 3015-3030, 2014.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1273- 1282, 2008.

- SOUZA, W. P.; SILVA, E. M. B.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 575–580, 2013.
- SUBBARAO, G.V.; KISHII, BRAUN, H.; ANDO, Y.; YOSHIHASHI, T.; NAKAHARA, K.; ISHIKAWA, T.; NAKAMURA, S.; PETERS, M.; RAO, I.M.; ARANGO, J.; DESHPANDE, S.; PRADHAN, P.R.; GRANDO, S.; WHITBREAD, A.; TOBITA, S. Biological nitrification inhibition (BNI) – a novel approach for enhancing nitrogen-use efficiency (NUE) in crops and pastures. In: FERTIBIO, 2016, Goiânia. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 1.
- SUMAN, A.; SHRIVASTAVA, A.K.; GAUR, A.; SINGH, P.; SINGH, J.; YADAV, R.L. Nitrogen use efficiency of sugarcane in relation to its BNF potential and population of endophytic diazotrophs at different N levels. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 54, p. 1-11, 2008.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; ANDRADE, M. J. B. de; FURTINI NETO, A. E. Fitomassa, teor e acúmulo de micronutrientes do milheto, feijão- heto, feijão-deporco e guandu- porco e guandu-anão, em cultivo solteiro e consorciado anão, em cultivo solteiro e consorciado anão, em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 4, p. 533-538, 2008.
- TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.
- TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.
- VASCONCELOS, A. C. P. DE; SIQUEIRA, T. P.; LANA, R. M. Q.; FARIA, M. V. DE; NUNES, A. A.; LANA, A. M. Q. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and N fertilization of corn in the Cerrado biome. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n.5, p. 732-740, 2016.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, K. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 213-223, 2011.
- VIAN, A.L.; SANTII, A.L. AMADO, T.J.C.; CHERUBIN, M.C.; SIMON, D.H.; DAMIAN, J.M.; BREDEMEIE, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.3, p.464-471, 2016.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.