



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

ANDERSON TERUO TAKASU

**MANEJO DO SOLO E CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS OU
LEGUMINOSAS NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO
MILHO PRIMEIRA SAFRA E FEIJÃO DE INVERNO EM SUCESSÃO
NO SISTEMA PLANTIO DIRETO NO CERRADO**

Ilha Solteira
2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANDERSON TERUO TAKASU

Engenheiro Agrônomo

**MANEJO DO SOLO E CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS OU
LEGUMINOSAS NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO
MILHO PRIMEIRA SAFRA E FEIJÃO DE INVERNO EM SUCESSÃO
NO SISTEMA PLANTIO DIRETO NO CERRADO**

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia – UNESP - Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Prof. Dr. Orivaldo Arf

Orientador

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- T136m Takasu, Anderson Teruo.
Manejo do solo e consórcio de gramíneas ou leguminosas no desenvolvimento e produtividade do milho primeira safra e feijão de inverno em sucessão no sistema plantio direto no cerrado / Anderson Teruo Takasu. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
144 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019
- Orientador: Orivaldo Arf
Inclui bibliografia
1. *Azospirillum brasilense*. 2. *Cajanus cajan*. 3. *Crotalaria spectabilis*. 4. Escarificação. 5. *Phaseolus vulgaris* L. 6. *Rhizobium tropici*.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção

Setor Técnico de Biblioteca, Arquivo e Documentação
Divisão Técnica de Biblioteca e Documentação
UNESP - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Manejo do Solo e consórcio de gramíneas ou leguminosas no desenvolvimento e produtividade do milho primeira safra e feijão de inverno em sucessão no sistema de plantio direto no cerrado

AUTOR: ANDERSON TERUO TAKASU

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ORIVALDO ARF

Depto. de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Depto. de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Depto. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia - Unesp Ilha Solteira

Dr. WANDER LUÍS BARBOSA BORGES

Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais / Instituto Agronômico - IAC

Prof. Dr. FLÁVIO HIROSHI KANEKO

Câmpus Universitário de Iturama / UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Ilha Solteira, 15 de abril de 2019

DEDICO,

Aos meus pais Ioshikazu e Gisela, que me deram não somente a vida, mas a minha educação e caráter.

Obrigado pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis da minha vida, pelo exemplo de humildade e dignidade, pelo carinho, dedicação, confiança, paciência e acima de tudo, o amor que vocês me deram em todas as fases de minha vida.

Por isso, devo muito a vocês pela pessoa que sou hoje. Minha gratidão, amo vocês!

Aos meus irmãos Fabiano e Cristiane pela amizade e apoio.

Em especial ao meu avô Yoshio (in memorian), pelos grandes ensinamentos, incentivos e compreensão.

Aos meus avós Toshiko (in memorian), Yoshime (in memorian) e Namie (in memorian) que apesar da distância, com certeza sempre estiveram ao meu lado e trabalharam incansavelmente me protegendo dos percalços para a realização de mais essa conquista em minha vida pessoal, profissional e científica.

MUITO OBRIGADO!

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, pela vida, por sempre me iluminar e me guiar e por ter me privilegiado e proporcionado a realização de mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e me incentivaram, oferecendo as condições necessárias para conclusão dessa etapa.

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Sistemas de Produção, pelo acolhimento e estrutura oferecidos ao longo do curso para desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Orivaldo Arf pela orientação, profissionalismo, competência, paciência, humildade, dignidade, companheirismo, amizade, ensinamentos, conselhos, e especialmente pela confiança depositado para realização desta pesquisa. Foi uma grande honra e satisfação tê-lo como orientador.

Aos professores Dr. Marco Eustáquio de Sá, Dr. Marcelo Andreotti, Dr. Flávio Hiroshi Kaneko e ao pesquisador Dr. Wander Luís Barbosa Borges pela participação como membros integrantes da Comissão Examinadora da Defesa Pública de Doutorado.

Aos professores Dr. Marcelo Minhoto de Carvalho Teixeira Filho e Dr. Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues que fizeram parte da minha banca de qualificação, pelas sugestões e colocações.

Aos professores do Campus de Ilha Solteira: Dr. Edson Lazarini, Dr. João Antônio da Costa Andrade, Dr. Marco Eustáquio de Sá, Dr. Antônio Cesar Bolonhezi, Dr. Marcelo Andreotti, Dr. Elcio Hiroyoshi Yano e Dr. Alan Rodrigo Panosso pelos ensinamentos passados através das disciplinas ministradas.

Aos amigos e companheiros de estágio da “Equipe Arf” por todo auxílio na condução do experimento, além da amizade, apoio e trabalho em equipe: Flávia C. Meirelles, José R. Portugal, Nayara F. S. Garcia, Fernando S. Buzo, Lucas M. Garé, Juliana T. Martins, Daiene C. D. C. Corsini, Paulo Pissolito, João M., Marco A. Gabriel, Fabio, Isabela, Bárbara, João W. Bossolani e Fernando A.

Agradecimento especial a Eder N. de L. Milhossi pelo apoio na instalação, condução e coleta de dados dos experimentos.

Aos amigos de jornada da República ParanaZona Hélio, Lucas, João M., Fernando A., Marco A., Miguel T., Pedro e os agregados Osvaldo, Leandro, João V., Henrique, Bruno, Pedro, Erik, Henrique, Eder pelos grandes momentos de convívio, descontração e aprendizados.

A todos os amigos (as) da Graduação e da Pós-Graduação pela amizade e agradável convivência, respeito e contribuição que ofereceram ao meu crescimento como ser humano e prazer das vivências divididas nesse período oportuno.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia, UNESP Campus de Ilha Solteira, pelo exemplo de simplicidade e amizade e pelos esforços perante a realização deste trabalho. Julianio, César, Baiano, Sidival, Alvino, Osmar, Elton, Alexandre, Airton, Alexandre Marques, Buchada, Teginho, Jaú.

Aos funcionários da biblioteca e da seção de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia, UNESP Campus de Ilha Solteira pela dedicação e atenção concedida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“ CULTIVAR A TERRA E CRIAR ANIMAIS SÃO AS MAIS NOBRES
ATIVIDADES PRATICADAS PELO HOMEM.
PRODUZIR ALIMENTOS VEGETAIS É A ARTE DE COLHER O SOL.
PRODUZIR PROTEÍNA ANIMAL É A ARTE DE TRANSFORMAÇÃO
DESTA MAGIA.
IMAGINE, ENTÃO, QUÃO NOBRE É O HOMEM QUE CULTIVA A
TERRA, CRIA OS ANIMAIS E AINDA RESPEITA E PROTEGE SEUS
SEMELHANTES E O AMBIENTE.
SAUDEMOS NOSSOS NOBRES E MÁGICOS
AGRÔNOMOS! ”

Autor desconhecido

“ QUANDO TODOS PENSAM DA MESMA FORMA É PORQUE NINGUÉM ESTÁ A
PENSAR”

Walter-Lippmann

RESUMO

O uso de práticas conservacionistas como a consorciação do milho com gramíneas ou leguminosas é essencial para a sustentabilidade do sistema plantio direto, sendo fundamental a seleção de coberturas vegetais com elevada capacidade de produção de massa seca, visando à formação de palhada de maior persistência para proteção do solo e desenvolvimento das culturas em sucessão. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos manejos de solo e semeadura do milho consorciado com gramíneas ou leguminosas nas características agronômicas e produtividade do milho na “primeira safra” em solo compactado, a persistência das coberturas vegetais do milho consorciado ou não e o cultivo do feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici* ou co-inoculado com *Azospirillum brasilense* no sistema plantio direto no Cerrado. O experimento foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2015/16, 2016/17 e 2017/18, no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental na cultura do milho foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, sendo manejos de solo (sistema plantio direto e cultivo mínimo) e milho consorciado ou não (milho exclusivo; milho + *Urochloa ruziziensis*; milho + *U. brizantha*; milho + *Crotalaria spectabilis* e milho + guandu anão) e para a cultura do feijão de inverno no esquema fatorial 2 x 5 x 2, com dois manejos, cinco coberturas vegetais e dois inoculantes (*Rhizobium tropici* e *R. tropici* + *Azospirillum brasilense*). O consórcio do milho com leguminosas ou gramíneas, semeadas nas entrelinhas, quando implantadas e conduzidas adequadamente não afeta a produtividade média do cereal. O cultivo mínimo não influenciaram na produtividade média de grãos de milho e de feijão de inverno em sucessão cultivado sob pivô central. A consorciação simultânea de milho com gramíneas ou leguminosas resulta em maior quantidade de cobertura vegetal e ciclagem de nutrientes para o cultivo em sucessão, além da melhoria na persistência deste material sobre o solo que é correlativo à maior relação C/N e a quantidade de massa seca total produzida. Sementes de feijão co-inoculadas com *R. tropici* + *A. brasilense* não interferem na produtividade de grãos da cultura do feijão de inverno. Cultivo do feijão de inverno em sucessão à cobertura vegetal do consórcio do milho com guandu anão acarretou em menor produtividade de grãos de feijão. Num período de 3 anos, a sucessões de milho exclusivo ou consorciados com gramíneas ou leguminosas e feijão de inverno em sucessão não alteraram o teor de matéria orgânica do solo.

Palavras-chave: *Azospirillum brasilense*. *Cajanus cajan*. *Crotalaria spectabilis*. Escarificação. *Phaseolus vulgaris* L.. *Rhizobium tropici*. *Urochloa* sp. *Zea mays* L.

ABSTRACT

The use of conservation practices such as corn intercropping with grasses or legumes is essential for the sustainability of the no-tillage system, and being fundamental the selection of covers crops with high production capacity dry mass, aiming at the formation of straw of high persistence for soil protection and development of crops in succession. Thus, his study aimed to evaluate the effects of soil management and sowing of corn intercropped with grasses or legumes in the agronomic characteristics and corn productivity in the “first crop” in compacted soil, the persistence of the covers crops of corn intercropped or not and the cultivation of winter common bean in succession inoculated with *Rhizobium tropici* or co-inoculated with *Azospirillum brasilense* in the no-tillage system in the Cerrado. The experiment was developed in the agricultural years of 2015/16, 2016/17 and 2017/18, in the town of Selvíria, in the State of Mato Grosso do Sul - Brazil. The experimental design was a randomized block, , in a 2x5 factorial scheme, being soil management (no-tillage and minimum tillage) and corn intercropping or not (exclusive corn; corn + *U.ruziziensis*; corn + *U. brizantha*; corn + *C. spectabilis* and corn + *Cajanus cajan*) and for the winter common bean crop in the 2 x 5 x 2 factorial scheme with two managements, five covers crops and two inoculants (*Rhizobium tropici* e *R. tropici* + *Azospirillum brasilense*). The intercropping of corn with legumes or grasses, sown simultaneously between the rows, when deployed and adequately conducted does not affect the average productivity of the cereal. The minimum tillage did not influence the average productivity of corn grains and winter common beans in succession cultivated under central pivot. The simultaneous intercropping of corn with grasses or legumes results in a greater amount of cover crop and nutrient cycling for the grown in succession, in addition to the improving the persistence of this material on the soil that is correlative to the C/N ratio and the amount of total dry mass produced. Common bean seeds co-inoculated with *R. tropici* + *A. brasilense* do not affect the grain productivity of the winter common bean crop. Cultivation of the winter common bean in succession to the vegetation cover of the corn intercropping with *Cajanus cajan* resulted in lower yield of common bean grains. In a period of three years, the succession of exclusive or intercropped corn with grasses or legumes and winter common beans in succession did not alter the soil organic matter content.

Keywords: *Azospirillum brasilense*. *Cajanus cajan*. Chiseling. *Crotalaria spectabilis*. *Phaseolus vulgaris* L. *Rhizobium tropici*. *Urochloa* sp. *Zea Mays* L.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	IMPORTÂNCIA DO MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	12
2.2	MANEJOS DE SOLO	13
2.3	MILHO CONSORCIADO	16
2.4	COBERTURAS VEGETAIS E SUA PERSISTÊNCIA	19
2.5	IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	23
2.6	USO DE INOCULANTES EM FEIJÃO	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	29
3.2	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	31
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	34
3.4	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	34
3.5	AVALIAÇÕES REALIZADAS	41
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	CULTURA DO MILHO	47
4.2	MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE PLANTA DE MILHO, DA COBERTURA VEGETAL, TEOR DE CARBONO, RELAÇÃO C/N E TEOR DE MACRONUTRIENTES NA COBERTURA VEGETAL	60
4.3	PERSISTÊNCIA DAS COBERTURAS VEGETAIS	81
4.4	CULTURA DO FEIJÃO	90
4.5	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	106
5	CONCLUSÕES	110
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE - FOTOS DO EXPERIMENTO	134

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho no Brasil vem passando por mudanças tecnológicas, resultando em ganhos significativos na sua produtividade. A área brasileira cultivada com o cereal praticamente não se alterou nos últimos sete anos e os recordes de produção se devem em grande parte ao aumento da produtividade, com destaque para a região do Cerrado. Assim, se faz importante cada vez mais pesquisas com objetivo de melhorar o manejo das tecnologias voltadas para elevação de produtividade da cultura do milho, uma das quais se destaca o cultivo consorciado do milho com gramíneas ou leguminosas.

O consórcio é uma tecnologia em que se cultivam concomitantemente duas ou mais espécies vegetais na mesma área agrícola, tendo como objetivo a produção de grãos, cobertura vegetal para a cultura subsequente, forragem para alimentação animal, seja na forma de silagem ou feno, e mesmo a reforma de pastagem, com inegáveis benefícios para a sustentabilidade e consolidação da produção no sistema plantio direto (SPD) em áreas de Cerrado (CECCON, 2013).

As vantagens da consorciação do milho com “adubos verdes” estão no aumento da produção de matéria seca, maior cobertura do solo durante o período de desenvolvimento da cultura, maior eficiência na ciclagem e disponibilização de nutrientes devido à exploração de diferentes volumes de solo por sistemas radiculares com padrões distintos e na persistência das coberturas vegetais sobre o solo por maior período de tempo (ALVARENGA *et al.*, 1995), além da melhora na quantidade e qualidade da microbiota do solo.

Com o advento do SPD, muitas áreas em uso na agricultura, para produção de grãos e/ou com integração à pecuária passaram a apresentar problemas de compactação (MAZURANA *et al.*, 2011). A compactação aumenta a resistência do solo à penetração e diminui sua permeabilidade ao ar e à água, o que pode levar à concentração das raízes na camada superficial do solo, com reflexos negativos sobre o volume de solo explorado e a absorção de água e nutrientes pelas plantas, reduzindo a produtividade (SECCO *et al.*, 2009).

Uma das opções para mitigar a compactação do solo seria a sua escarificação sob SPD que tem sido proposto como alternativa viável para minimizar as limitações físicas ao crescimento das plantas e a degradação do solo (KLEIN *et al.*, 2008). Desta forma, o uso de escarificadores (Cultivo Mínimo) além de romper a camada superficial compactada também proporciona maior infiltração de água, crescimento radicular, exploração do solo pelas raízes e mantém a superfície coberta pelos resíduos vegetais (DEBIASI *et al.*, 2013).

Outro aspecto importante é a implantação de culturas após a colheita da cultura do milho que resultem em renda ao produtor, mais precisamente na segunda safra. Neste ponto tem-se a cultura do feijão de inverno, que apresenta bom desenvolvimento e produtividade na região do Cerrado com inverno seco e baixa precipitação.

O feijoeiro, por ser uma leguminosa, apresenta condições de se beneficiar da associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium* (BASSAN *et al.*, 2001). O tratamento de sementes de feijão com inoculantes à base de bactérias denominadas diazotróficas, pode substituir, mesmo que em parte, a adubação nitrogenada no feijoeiro, devido sua capacidade de fixar o N atmosférico e fornecê-lo à cultura (STRALIOTTO *et al.*, 2002) e realizada de forma adequada, seguindo as orientações técnicas, podem proporcionar ganho de receita ao agricultor.

Atualmente, o inoculante comercial para a cultura do feijão no Brasil é produzido com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais, *Rhizobium tropici* (STRALIOTTO *et al.*, 2002). No mercado existem outros microrganismos que podem trazer benefícios às culturas, entre as quais está um grupo representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de vários processos, como a produção de hormônios de crescimento e a capacidade de realizar fixação biológica do nitrogênio (FBN), com destaque às pertencentes ao gênero *Azospirillum* (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Uma técnica alternativa denominada de co-inoculação ou inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas (PERES *et al.*, 2016). A técnica consiste na utilização de combinações de diferentes microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, onde se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma isolada (BÁRBARO *et al.*, 2008).

A consorciação do milho, associada a um sistema que possibilite melhorar os atributos físicos do solo, pode ser importante no aumento da produtividade do cereal, adição e manutenção de cobertura vegetal ao sistema e para a semeadura do feijão de inverno em sucessão. Por isso, a importância da referida pesquisa permite estudar a eficiência das tecnologias citadas anteriormente a fim de se estabelecer parâmetros confiáveis para a recomendação aos agricultores, aumentando sua renda. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos dos manejos de solo e semeadura do milho consorciado com gramíneas ou leguminosas nas características agronômicas e produtividade do milho na “primeira safra” em solo compactado, a persistência das coberturas vegetais do milho consorciado ou não e o cultivo do feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici* ou co-inoculado com *Azospirillum brasilense* no sistema plantio direto no Cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO (*Zea mays* L.)

A cultura do milho tem grande importância econômica e social. Econômica, pelo valor nutricional de seus grãos e por seu uso intenso na alimentação humana e principalmente para animal e como matéria-prima para a indústria. Social, por ser um alimento de baixo custo, pela viabilidade de cultivo, tanto em grande, quanto em pequena propriedade, e por ser à base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne. Portanto, o milho é um dos principais cereais cultivado no mundo e o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

Seu uso em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo, sendo que no Brasil ao redor de 65% da produção total tem essa destinação, dos quais, 58% é utilizado para a ração de aves, 26% para a se suínos, 9% para a pecuária, principalmente a leiteira e 7% para outros animais. O uso industrial é de 9% e na alimentação humana, 3% do total produzido (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO – ABIMILHO, 2018). Além de ter importância no agronegócio, é base de sustentação para a pequena propriedade, constituindo-se em um dos principais insumos do complexo agroindustrial, além disso, representa um importante papel na rotação de culturas, no sistema plantio direto (QUADROS *et al.*, 2014).

Os grãos de milho apresentam em sua composição média e em base seca 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4% de óleo. Sendo seus derivados utilizados na composição de vários produtos nas indústrias alimentares, como margarinas, molhos de salada, óleos comestíveis, pães, etc; além disso, também possui propriedades muito utilizadas nas indústrias químicas, farmacêutica, de celulose, têxtil, entre outras (PAES, 2006). Nos Estados Unidos (EUA), um dos principais produtores de cerveja no mundo, os principais adjuntos mais utilizados para sua fabricação são milho (46% do total de adjuntos), arroz (31%), cevada (1%) e açúcares e xaropes (22%), o que permite notar um grande emprego de matérias-primas contendo amido em sua composição (PRIEST; STEWART, 2006).

A produção mundial de milho na safra 2017/18 foi de cerca de 1.000 milhão de toneladas e dentre os maiores produtores mundiais, o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor, ficando atrás dos EUA, com 371 milhões de toneladas e da China, com 215 milhões de toneladas. O consumo mundial também é de 1.000 milhões de toneladas, com os EUA

sendo o maior consumidor, em segundo a China e em terceiro a União Europeia (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP, 2018).

No Brasil, o milho é cultivado praticamente em todo território nacional, totalizando uma área na safra 2017/18 de 16,6 milhões de hectares aproximadamente, com uma produção de 81,3 milhões de toneladas de grãos e uma produtividade média de 4.890 kg ha^{-1} , sendo os principais estados produtores o Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, que juntos corresponderam, em 2018, por aproximadamente 74% da produção nacional. Desse total, na primeira safra são cultivados cerca de 5 milhões de hectares com o cereal, com uma produção de 26,8 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2018).

A produtividade média brasileira do milho “primeira safra” é muito baixa, com 5.270 kg ha^{-1} (CONAB, 2018) em comparação a algumas regiões brasileiras, onde existem produtores que obtiveram produtividade superior a $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$, não sendo raros aqueles que produzem mais de $14.000 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo umas das principais causas o manejo da cultura não adequada, além da diversidade das condições climáticas.

Por isso, mudanças no manejo, no sistema de cultivo, no uso e tratamento de sementes que vêm ocorrendo na produção de milho no Brasil, comprovam a profissionalização dos produtores. Essas transformações, associadas ao papel cada vez mais importante de técnicos, consultores e extensionistas da rede pública e especialmente da rede privada, além do maior fluxo de informações, são as principais causas para essa profissionalização do setor produtivo e aumento da produtividade de milho.

2.2 MANEJOS DE SOLO

O manejo do solo é definido pelo conjunto de diferentes práticas associadas para torná-lo apto ao desenvolvimento pleno de uma atividade (BERTOL *et al.*, 2014). Os solos sob cultivos devem ser manejados de modo que as alterações nos seus atributos físico-químicos e biológicos sejam positivos, especialmente aqueles que influenciam na infiltração e na retenção de água, como porosidade e agregação (KAPPES, 2012), proporcionando obtenção de altas produtividades por tempo indeterminado.

A utilização do solo tem sido intensificada para aumentar a renda dos agricultores, oferta de alimentos e de matérias primas, acarretando em maior número de cultivos por ano. Nas regiões tropicais, os sistemas de produção agrícolas que promovem a pulverização da camada superficial do solo pelo seu manejo, resultando na decomposição acelerada dos componentes orgânicos, tornando-os mais sujeitos às variações rápidas que afetam

negativamente o desenvolvimento da planta (ARF *et al.*, 2007) tem sido substituído por sistemas conservacionistas como sistema plantio direto.

O sistema plantio direto é uma técnica eficiente no controle das perdas de solo e água, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece, tem sido adotado por um número cada vez maior de agricultores. No entanto, apesar das inúmeras vantagens, alguns fatores têm causado frustrações com a adoção dessa tecnologia, motivando o retorno ao sistema convencional de preparo do solo, dentre os quais se destaca a excessiva compactação do solo em superfície, decorrente da ausência de revolvimento do solo (TORMENA *et al.*, 1998), além da não formação ou persistência da cobertura vegetal.

A compactação nas camadas superficiais do solo vem ocorrendo em SPD de forma sistemática em diversos sistemas de produção na região do Cerrado, devido à mobilização do solo apenas no sulco de semeadura. Somada ao processo de compressão causado por tráfego de maquinário nas operações agrícolas de semeadura, tratos culturais e colheita com solo em condições de umidade acima da ideal (plástica, aderente e fluida), particularmente em solos argilosos, aliado à maior retenção de água no solo, o que determina um curto período de tempo com a umidade adequada às operações mecanizadas (NASCIMENTO, 2015).

As avaliações dos atributos físicos sob diferentes sistemas de preparo do solo é importante para caracterizar o ambiente para o crescimento radicular (CAVALIERI *et al.*, 2006). Entre os atributos físicos mais adotados como indicativo da compactação do solo está a resistência à penetração-RP, (MONTANARI *et al.*, 2011; DRESCHER *et al.*, 2016) que apresenta relações diretas com o crescimento das plantas, sendo mais eficiente na identificação da compactação quando acompanhada da umidade e da densidade do solo (D_s) (FREDDI *et al.*, 2006), podendo assim indicar a necessidade de realização de prática mecânica de descompactação do solo com a utilização do subsolador e/ou do escarificador.

A resistência do solo aos impactos do penetrômetro é similar ao fator de crescimento que representa a resistência mecânica que a raiz enfrenta ao crescer (FROEHLICH, 1978). Apesar da resistência à penetração ser alterada pela textura, densidade e conteúdo de água, Canarache (1990) afirmou que valores acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes das plantas. Segundo Sá e Santos Jr. (2005), os valores de resistência à penetração do solo limitantes ao crescimento radicular são 2,0 MPa para culturas anuais e 2,5 MPa para pastagens.

Freddi *et al.* (2006) avaliando a resistência mecânica à penetração de um LVd em região de Cerrado, submetido ao preparo convencional, concluíram que a resistência mecânica do solo à penetração variando entre 0,9 e 2,0 MPa não restringiram a produtividade da cultura

do milho. Enquanto que Freddi *et al.* (2009) estudando a resposta de híbridos de milho em diferentes níveis de compactação em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd) em área de pivô central, constataram que a produtividade dos híbridos de milho foi menor quando a resistência do solo à penetração atingiu o valor de 2,15 MPa.

A densidade do solo é de grande importância para os estudos agrônômicos, pois permite avaliar indiretamente os atributos como a porosidade, condutividade hidráulica, difusividade do ar, entre outros, além da utilização como indicador do estado da compactação do solo (KIEHL, 1979). Para Lima *et al.* (2007), a porosidade do solo ideal é quando $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ do seu volume total apresentar com a microporosidade variando entre $0,25$ e $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, e a macroporosidade ficar entre $0,17$ e $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Nesta linha de pesquisa, Reinert *et al.* (2001) afirmam de forma generalizada que os valores críticos de densidade caracterizando um solo como compactado são de $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos com mais de 550 g kg^{-1} de argila; $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos entre 200 e 550 g kg^{-1} de argila e $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos com menos de 200 g kg^{-1} de argila.

Bergamin *et al.* (2010) estudando a relação da compactação induzida em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf) muito argiloso sobre o crescimento radicular do milho, relataram que as raízes de milho crescem pelos espaços dos macroporos e que a partir de $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ tem pouca influência sobre o comprimento radicular do milho, e para D_s a partir de $1,32 \text{ Mg m}^{-3}$ e $RSP > 0,64 \text{ MPa}$, apresentaram influência negativa no crescimento radicular do milho. Foloni *et al.* (2003) trabalhando LVdf de textura média com o desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho em diferentes densidades de solo concluíram que uma camada compactada com densidade de $1,69 \text{ Mg m}^{-3}$ impediu que o sistema radicular do milho rompesse essa camada e se desenvolvesse em profundidade.

De acordo com Reichert *et al.* (2009) solos de textura argilosa quando apresentarem resistência do solo à penetração superior a $2,0 \text{ MPa}$, densidade maior que $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ e volume de macroporos inferior a 10% , indicam estarem compactados.

Uma das opções para resolver o problema da compactação superficial seria a prática da escarificação mecânica do solo que tem sido indicada e empregada para solos compactados, gerando benefícios imediatos com a ruptura das camadas adensadas ou compactadas (BOTTA *et al.*, 2006), como redução da densidade, aumento da rugosidade superficial, condutividade hidráulica e da taxa de infiltração de água no solo (CAMARA; KLEIN, 2005b). A escarificação consiste na utilização do escarificador, que é um implemento agrícola, destinado ao preparo do solo sem revolvê-lo, possui hastes que trabalham em profundidades maiores que outros implementos, demandam 40 a 50% e 30 a 40% menos força

de tração para uma mesma largura de trabalho e volume de solo mobilizado, respectivamente, em relação a um arado (ORTIZ-CAÑAVATE, 1995). A escarificação superficial ajuda a preservar grande parte dos resíduos vegetais na superfície, com pequeno impacto nos teores de matéria orgânica do solo (TORRES *et al.*, 1998). Segundo Machado *et al.* (1996), a melhoria ou manutenção das condições físicas do solo não pode ser atribuída somente com práticas mecânicas de preparo do solo, mas que estas, quando corretamente empregadas, propiciam condições adequadas para o estabelecimento das culturas.

Secco *et al.* (2009), estudando três estados de compactação correlacionados com a densidade e a resistência à penetração na produtividade de milho, concluíram que, para o LVdf, os valores médios de D_s de $1,54 \text{ Mg m}^{-3}$ e de RP de 3,26 MPa foram elevados para reduzir a produtividade de grãos do milho em aproximadamente 38%, e ao se realizar a escarificação do solo, houve aumento na produtividade em relação aos três estados de compactação do solo (maior estado de compactação: RP = 2,1-2,8 MPa e $D_s = 1,55 \text{ Mg m}^{-3}$). Seki *et al.* (2012) avaliando o desempenho operacional e demanda energética na operação de semeadura e produtividade do milho concluíram que a subsolagem e escarificação esporádica em solos sob SPD não interferiram no desenvolvimento das plantas e na produtividade de grãos. Enquanto que Mahl *et al.* (2008), em um NITOSSOLO VERMELHO, também não verificaram efeito da escarificação do solo na produtividade do milho em comparação ao SPD, e ainda, em área cultivada em SPD, o efeito do preparo do solo com escarificador sobre a resistência à penetração tende a desaparecer no período de 18 meses.

2.3 MILHO CONSORCIADO

A técnica de consorciação de plantas envolve a semeadura de duas ou mais espécies em uma mesma área, de modo que as culturas convivam durante todo o seu ciclo ou pelo menos em parte dele (PORTES *et al.*, 2003).

A cultura do milho possui características favoráveis para o cultivo consorciado, como alto porte das plantas e altura de inserção das espigas, permitindo que a colheita ocorra sem interferência das plantas forrageiras (ALVARENGA *et al.*, 2006), é tida também como muito competitiva em consórcios, devido ao seu metabolismo de fixação de carbono (C_4) e rápido crescimento inicial (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Para o sucesso do milho consorciado deve-se obedecer a critérios técnicos, evitando que os adubos verdes venham a competir com o cereal e o seu manejo proporcione melhoria na produtividade da cultura principal (PORTES *et al.*, 2003; PEREIRA *et al.*, 2011).

Entre as espécies utilizadas na consorciação com o milho, destacam-se as pertencentes à família Poaceae, gramíneas, dentre as quais espécies do gênero *Urochloa*, pelo fato de possuir sistema radicular vigoroso e profundo, capacidade de absorver nutrientes em camadas profundas do solo, elevada tolerância ao déficit hídrico (BARDUCCI *et al.*, 2009), além do desenvolvimento decumbente e em condições ambientais desfavoráveis, solos compactados. As gramíneas têm sistema radicular bastante eficiente em promover a estruturação do solo, proporcionando um ambiente favorável ao crescimento da cultura subsequente (SALTON; TOMAZI, 2014), geralmente não conseguem adicionar nitrogênio ao solo via fixação biológica, mas atuam evitando que uma grande parte do N adicionado seja perdido, por meio da absorção e imobilização do nutriente em sua biomassa (ANDREOLA *et al.*, 2000). O consórcio com gramíneas pode ser implantado simultaneamente à semeadura da cultura anual ou cerca de 10 a 20 dias após a emergência destas (KLUTCHCOUSKI *et al.*, 2000).

Além das gramíneas, destacam-se na consorciação com o milho as espécies pertencente à família Fabaceae (KAPPES *et al.*, 2013a), leguminosas, caracterizadas pela menor relação C/N comparada as Poaceae e capacidade de fixação do N₂, podendo aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo para o consórcio, resultando em aumento da produtividade de milho (KAPPES, 2011) ou para a cultura em sucessão. Entre as Fabaceae, diversas espécies são promissoras para adubação verde na região dos Cerrados, tais como guandu anão (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, e *C. spectabilis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-deporco (*Canavalia ensiformis*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (OLIVEIRA, 2010).

Dentre estas espécies, evidencia-se o guandu anão, espécie adaptada ao clima tropical, compensa a redução da produção de massa seca da parte aérea (MSPA) com o aumento da população de plantas, e 59% do N presente na parte aérea advém da FBN de nitrogênio (MOREIRA *et al.*, 2003). A menor produção de matéria seca da planta evita a competição com o cereal em consórcio e não compromete a colheita mecanizada (CORTEZ *et al.*, 2009). Também a *Crotalaria spectabilis*, que é uma espécie de ampla adaptação ecológica, muito recomendada para adubação verde, atua como planta armadilha em solos com problemas de nematóides de diferentes espécies (ABADE *et al.*, 2016). Estas leguminosas são plantas arbustivas, de crescimento ereto e determinado, relativamente precoces, tem de 1,0 a 1,5 m de altura (BRAGA *et al.*, 2005), favoráveis no consórcio com a cultura do milho.

Geralmente, dentre os principais fatores que determinam a adoção do sistema consorciado pelo produtor destacam-se a redução de riscos de perdas de produtividade, melhor aproveitamento da área da propriedade, maior retorno econômico (PORTES, 1996),

podendo haver melhorias dos atributos físico-hídricas e químicas do solo e também a redução do custo de implantação de pastagens (SANTOS *et al.*, 2014b). Além disso, se as plantas de cobertura não forem semeadas em consórcio com a cultura principal, deverão ocupar o terreno em cultivo isolado, motivo de resistência por parte dos agricultores em utilizar-se da prática da adubação verde (KAPPES; ZANCANARO, 2015). Assim, a utilização de práticas conservacionistas visando não somente a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, mas também a organização e a ocupação dos espaços produtivos tem grande importância no estabelecimento dos principais processos ecológicos e hidrológicos, minimizando os impactos ocasionados ao ambiente (CALEGARI, 2006).

A partir do ano de 2000, a consorciação de milho com forrageiras gramíneas teve um grande destaque nas propriedades rurais bem como na pesquisa, muito devido ao objetivo que consistia em produzir grãos e formar pastagem de alta qualidade nutricional, bem como palhada para o Sistema Plantio Direto (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Outra modalidade de consorciação de sucesso é o Sistema Santa Brígida, milho consorciado com adubos verdes, onde a consorciação é realizada especificamente com guandu anão ou *C. spectabilis* e em consórcio triplo onde se cultiva também uma gramínea (*U. brizantha*) concomitante. Pode-se citar também como vantagens desse sistema a melhoria na qualidade das pastagens ou forrageira no período seco do ano, quando no consórcio também se cultiva braquiárias e a diversificação das palhadas para o SPD, principalmente devido ao consórcio triplo (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Chioderoli *et al.* (2010) verificaram maior produtividade de grãos no consórcio do milho com a *U. ruziziensis* em comparação a consorciação com a *U. brizantha*, porém todos os tratamentos produziram quantidade de palha suficiente para a manutenção da estabilidade do SPD na região do Cerrado, apontando que, embora haja particularidades entre as espécies, ambas são indicadas para esta modalidade de cultivo. Entretanto Brambilla *et al.* (2009) constataram menor produtividade do milho quando na presença de *U. ruziziensis*, em contrapartida, a produção de matéria seca por área foi maior quando houve o consórcio, viabilizando assim a produção de forragem e aumento da lucratividade por área. Enquanto que Correia *et al.* (2013), estudando o consórcio de milho com a *U. ruziziensis*, com semeadura da forrageira 22 dias após a semeadura do milho, concluíram que a consorciação não interferiu negativamente na produção de grãos da cultura em relação ao milho solteiro.

De acordo com Gitti *et al.* (2012), estudando sobre épocas de semeadura de crotalárias consorciada na entrelinha do milho de 0,90 m, o consórcio simultâneo da *C. juncea* nas entrelinhas do milho altera a sua produtividade devido a competição interespecífica, além do

porte alto da leguminosa, e a utilização de *C. spectabilis* com semeadura simultânea nas entrelinhas do milho e nos estádios V₄ ou V₇ aumenta a produção de matéria seca total e não interfere na produtividade do milho e na operação de colheita. Ademais, Kappes e Zancanaro (2015) afirmaram que os efeitos benéficos com a utilização das coberturas vegetais em consórcio com o milho foram observados no cultivo da cultura em sucessão. Heinrichs *et al.* (2005), avaliando o consórcio do milho com diversas culturas, entre elas o guandu anão e a *C. spectabilis*, semeados na entrelinha do milho de 0,90 m, verificaram que no primeiro ano de cultivo, as consorciações não afetaram a produtividade do milho, e no segundo ano, o melhor consórcio foi com o feijão-de-porco, entretanto, ao comparar o milho exclusivo ou consorciado com *C. spectabilis* ou guandu anão, não houve diferença entre eles.

Arf *et al.* (2018), pesquisando o consorciação do milho com gramíneas ou leguminosas, concluíram que a utilização do milho consorciado promoveu aumento da massa seca sobre o solo para o SPD, principalmente quando se utilizou a gramínea no consórcio, além da quantidade acumulada de N, P e K que foi o dobro quando comparado ao cultivo de milho exclusivo; contudo o consórcio do milho com *C. spectabilis*, guandu, feijão-de-porco e *U. ruziziensis* reduziu a produtividade de grãos de milho em aproximadamente 10, 11, 14 e 9%, respectivamente, na média de dois anos de cultivo.

Assim, fica evidente que não existe uma melhor consorciação da cultura do milho com gramíneas ou leguminosas, mas sim o manejo mais adequado a cada realidade, o adubo verde que mais se adapta à necessidade e à condição do agricultor e ao sistema que ele pretende conduzir, trazendo-lhe melhores benefícios e rentabilidade.

2.4 COBERTURAS VEGETAIS E SUA PERSISTÊNCIA

A produção de cobertura vegetal é de grande interesse e importância para o estabelecimento do SPD no Cerrado, uma vez que, condições ambientais com altos índices pluviométricos e temperaturas elevadas aceleram a taxa de decomposição dos restos vegetais sobre a superfície do solo, inviabilizando a manutenção destas coberturas por muito tempo.

Para a consolidação e sucesso do SPD, é de fundamental importância a implantação de culturas para a produção de palha, em quantidade adequada à cobertura do solo (ANDREOTTI *et al.*, 2008). A presença de restos culturais na superfície do solo apresenta benefícios físico-químicos e biológicos, melhoria na ciclagem de nutrientes, efeitos alelopáticos sobre pragas e inibição da emergência de plantas daninhas (PRADO *et al.*, 2002), também atuam na diminuição do efeito da ação direta das chuvas causadoras do escoamento

superficial, redução da lixiviação de nutrientes presentes no solo na forma solúvel e diminuição do arraste de solo pelo vento (ROLDÁN *et al.*, 2003).

Segundo Alvarenga *et al.* (2001), para o bom estabelecimento e formação de fitomassa de plantas de cobertura, devem-se selecionar espécies com maior potencial para condições locais, observando entre outros fatores, as condições de solo, tolerância à deficiência hídrica, possibilidade de uso comercial e o potencial de serem hospedeiras de pragas e doenças.

De acordo com Mello Filho e Richetti (1997), a cultura do milho caracteriza-se por sua importância agronômica, sendo utilizada em sistemas de rotação de culturas, principalmente em agrossistemas em que a soja é a cultura predominante. Devido à quantidade de resíduos produzidos, há uma relação de dependência entre o SPD e a cultura do milho (FANCELLI, 2002). Ainda no SPD, a decomposição de resíduos de milho e soja é mais lenta que em semeadura convencional (GONÇALVES *et al.*, 2010).

A persistência dos resíduos das coberturas vegetais sobre o solo é definida pela sua velocidade de decomposição, a qual é uma variável importante no manejo de solo. Este processo é essencialmente biológico, sujeito à interferência de diversos fatores como o clima, temperatura, tipo de solo, relação C/N, e dentre esses a relação C/N assume importante papel na decomposição e na imobilização/mineralização de N do solo (SANTI *et al.*, 2003).

Entretanto não existe um consenso na literatura com relação ao melhor método para avaliação da decomposição/persistência, sendo que alguns autores sugerem a concentração de N e as relações C/N e lignina/N (MELLILO *et al.*, 1982; BERG, 1986). Outros autores avaliam esta decomposição por meio da incubação de material vegetal com solo, em laboratório ou no campo, sendo esta taxa estimada pela perda de peso decorrente da liberação de carbono na forma de CO₂ (HOLTZ, 1995; SILVA *et al.*, 1997; SCHUNKE, 1998).

Neste aspecto, a persistência/decomposição das coberturas vegetais do milho consorciado ou não, pode influenciar durante o ciclo de desenvolvimento da cultura semeada em sucessão, resultando até em aumento de produtividade. Devido estes resíduos constituírem importante reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM *et al.*, 2003), ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos, quantidade e qualidade das coberturas vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2002; PARIZ *et al.*, 2011). Assim, Torres *et al.* (2005) reforçaram a preocupação de se produzir cobertura vegetal com capacidade de decomposição reduzida para gerar um tempo maior de palhada no sistema.

Pelo fato de a persistência ser um fator que depende, além da espécie vegetal, também das condições climáticas, torna-se difícil uma recomendação generalizada da cultura a ser utilizada, devido a grande variação de clima no território brasileiro, justificando estudos de

comportamento de palha de diferentes espécies em condições específicas de temperatura e precipitação (CALONEGO *et al.*, 2012).

Pesquisas em solos manejados sob SPD em condições tropicais têm indicado a necessidade de quantidades cada vez maior de palhada para a sua manutenção. Darolt (1998) e Ruedell (1998) sugeriram adição anual de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca, enquanto para Bayer *et al.* (2000) esse aporte deve ser de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de massa seca, ambos na Região Sul do Brasil. Enquanto que para a região do Cerrado, de acordo com Seguy e Bouzinac (1995) e Fidelis *et al.* (2003), a produção de 10.000 a 12.000 kg ha⁻¹ de massa seca por ano propicia cobertura morta ao solo suficiente para adoção do SPD. Para Sá *et al.* (2001), a quantidade mínima de palhada para manter em equilíbrio o preparo convencional é de 13.840 kg ha⁻¹ e no SPD é de 8.000 kg ha⁻¹ de massa seca em regiões tropicais.

Em experimentos realizados por Saraiva e Torres (1993), encontraram que 1.000; 2.000 e 4.000 kg ha⁻¹ de massa seca de cobertura vegetal cobrem, respectivamente, cerca de 20%, 40% e 60-70% da superfície do solo. Acima de 7.000 kg ha⁻¹, a quase totalidade da superfície do terreno fica protegida. Silva *et al.* (1997) avaliaram a taxa de decomposição de crotalária, guandu, mucuna-preta e braquiária em solo sob cerrado nativo e solos descobertos, e obtiveram taxas de decomposição de 61,3; 61,9; 65,6 e 78,9% respectivamente, decorridos 60 dias após a implantação das bolsas de decomposição.

Calonego *et al.* (2012), estudando a persistência de palhas de milho (C/N=46), *U. brizantha* (C/N=43) e labe-labe (C/N=22) no outono-inverno, concluíram que as palhas de milho e braquiária são as mais indicadas para cobertura do solo, pois proporcionam proteção do solo por mais tempo e também são eficientes na reciclagem de nutrientes. Aos 45 dias verificaram redução de 46%; 25% e 33% e ao final dos 135 dias de avaliação, a redução foi de 55%; 41% e 42% da matéria seca de palha de labe-labe, milho e braquiária, respectivamente. Kliemann *et al.* (2006), estudando a taxa de decomposição de diversas espécies de cobertura em LVdf no Cerrado, verificaram que o capim-marandu exclusivo produziu 12.426 kg ha⁻¹ de massa seca e apresentou perdas de 48% dessa massa aos 150 dias de avaliação e 62% aos 360 dias, e quando consorciado com o milho, produziu 3.889 kg ha⁻¹ de massa seca e as perdas foram de 56% aos 150 dias e de 86% aos 360 dias.

Resultados de Costa *et al.* (2014) demonstraram que *U. brizantha* cv. Xaraés e *U. ruziziensis* consorciada com milho são boas alternativas para a produção de palhada por apresentarem produtividade acima de 4.000 kg ha⁻¹ massa seca na entressafra, com manutenção de 15 a 60% dessa quantidade aos 120 dias após o manejo, em SPD na região do Cerrado, assim validando o potencial de utilização das braquiárias visando à formação de

palhada para o cultivo do feijoeiro de inverno irrigado em sucessão, visto que além da boa produção de massa seca, sua decomposição é mais lenta, mantendo o solo protegido de efeitos climáticos adversos por mais tempo, além de disponibilizarem nutrientes. Os valores de nutrientes acumulados na palhada do consórcio do milho com a *U. brizantha* foi de 87,0; 23,9; 100,8; 15,0; 13,1; 4,7 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S respectivamente, e no consórcio com a *U. ruziziensis* foi de 74,2; 18,6; 83,2; 14,8; 12,1; 4,1 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S respectivamente na safra 2008/09.

Silveira *et al.* (2010), avaliando os atributos químicos do solo cultivado com diferentes coberturas, relataram que as produtividades médias anuais de massa seca da parte aérea das coberturas foram 11.000 kg ha⁻¹ (*U. brizantha* cv. Marandu); 4.300 kg ha⁻¹ (milho + *U. brizantha*); 3.600 kg ha⁻¹ (guandu anão); 6.600 kg ha⁻¹ (milheto); 8.200 kg ha⁻¹ (mombaça); 4.600 kg ha⁻¹ (sorgo) e 6.900 kg ha⁻¹ (*C. juncea* L.). Estas coberturas afetaram o pH e o teor de Mg²⁺ do solo na camada superficial e houve tendência de o solo sob cultivo com gramíneas apresentar maiores valores de atributos químicos que sob cultivo com leguminosas.

Estudos realizados por Gitti *et al.* (2012), avaliando a modalidades de cultivo do consórcio do milho com a *C. juncea* e *C. spectabilis* e épocas de semeadura, com o objetivo de aumentar a produção de palha para o SPD, constataram que a produção de massa seca da cultura do milho, tanto no cultivo exclusivo, como no consorciado, não foram influenciadas pelas épocas de semeadura e pela modalidade de cultivo das crotalárias. No consórcio simultâneo, a produção de massa acumulada foi de 13.120 kg ha⁻¹ para a *C. juncea* e 7.770 kg ha⁻¹ para a *C. spectabilis*, produzindo mais do que o milho exclusivo que foi de 6.450 kg ha⁻¹.

Em pesquisa com o cultivo do feijão em sucessão às coberturas vegetais do milho consorciado ou não, Souza (2016) verificou maior produtividade de feijão e massa seca (ms) de cobertura vegetal, cultivado em sucessão sobre a palhada de milho + *C. spectabilis* (7.450 kg ha⁻¹ ms), seguido do milho + *U. ruziziensis* (6.670 kg ha⁻¹ ms) e a menor produtividade sobre palhada de milho exclusivo (6.000 kg ha⁻¹ ms). Enquanto que Mingotte *et al.* (2014) não constataram maiores produtividades para o feijoeiro cultivado em palhada de milho com *U. ruziziensis* quando comparado com o cultivo em palhada de milho exclusivo, porém constataram maior produção de massa seca do consórcio em relação ao cultivo exclusivo.

Oliveira *et al.* (2010), avaliando o cultivo do feijão em sucessão as palhadas de milho e *U. brizantha* exclusivo e milho consorciado com leguminosas, concluíram que a produtividade de feijão foi numericamente maior no cultivo sobre palhadas de milho consorciado com guandu-anão ou crotalária e de *U. brizantha*, do que àquela obtida sobre palhada exclusiva de milho. Carneis Filho *et al.* (2014), estudando o cultivo do feijão em

sucessão a palhada de milho e *U. ruziziensis*, certificaram que a cultura da feijão em sucessão ao sistema de produção de palhada de *U. ruziziensis* permite a obtenção de maior massa de grãos e rendimento de peneira em comparação a palhada do consórcio do milho + *U. ruziziensis*, que foi maior que em palhada de milho exclusivo, porém a maior produção de palhada foi no cultivo consorciado, ultrapassando os 8.000 kg ha⁻¹ de massa seca.

2.5 IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma das principais culturas produzidas e consumidas no Brasil e no mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, por sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional, além da sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

É um alimento típico da população brasileira, sendo consumido juntamente com o arroz em pelo menos uma das suas refeições diárias, considerado fonte de proteína da classe de menor poder aquisitivo, é de extrema importância como fonte de ferro, fibras e minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2017). O consumo aparente per capita, que vinha crescendo desde 1990 e chegou ao máximo de 17,07 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ em 2012, a partir de 2013 iniciou uma ligeira queda, chegando a 15,15 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ em 2016 (WANDER, 2017).

O feijão deixou de ser considerada apenas uma cultura de subsistência e passou a ser cultivado no inverno, por médios e grandes produtores que adotam tecnologias, como a irrigação por aspersão (YOKOYAMA *et al.*, 1996). Por isso, além de ser uma fonte de alimento da população brasileira, também é uma das culturas principais na composição dos sistemas agrícolas de produção de grãos na região Centro-Sul do Brasil (SORATTO *et al.*, 2015), passando a ser importante na sucessão de cultivos ao longo do ano, e, devido a sua boa adaptação as mais variadas condições edafoclimáticas do Brasil, os produtores optam por produzir o feijão como uma aposta de curto prazo, em razão do seu curto ciclo produtivo (COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRADE FEIJÃO - CTSBF, 2012).

O feijoeiro-comum é considerado cultura atípica, por se cultivado em três épocas de semeadura, 1ª safra: “das águas”, onde é cultivado de agosto a novembro; 2ª safra: “da seca”, onde o cultivo é realizado entre dezembro a março e a 3ª safra “de inverno” onde é cultivado de abril a julho, nesta safra havendo necessidade de irrigação (SILVA; WANDER, 2015).

Em termos de produção mundial, são produzidos 26,0 milhões de toneladas de grãos de feijão, e o Brasil foi considerado, na safra de 2017, o terceiro maior produtor mundial, respondendo por 12% da produção, ficando atrás da Índia (26%) e Myanmar (20%) e à frente

dos Estados Unidos (6%), da China (5%), do México (4%) e da Tanzânia (4%). Estes países foram responsáveis pela produção de 60% do feijão mundial (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2018).

No Brasil, na safra 2017/18, foram cultivados 3,17 milhões de hectares com uma produção de 3,11 milhões de toneladas de grãos e uma produtividade de 981 kg ha^{-1} . Onde na primeira safra foram cultivadas aproximadamente 33% do total de área com produção de 1,3 milhões de toneladas, na segunda safra ao redor de 48% e produção de 1,2 milhões de toneladas e na terceira safra 19% da área com produção de 620 mil toneladas. Os estados com maiores área de cultivo de feijão com representatividade na produção são a Bahia, seguido por Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e São Paulo, que juntos representam 53% da área cultivada no Brasil e 72% do total de grãos produzidos (CONAB, 2018).

O comércio mundial do feijão é bastante limitado em função do consumo ser relativamente inelástico, pois se trata de um produto de consumo eminentemente interno, com poucos países visando o comércio externo. Todavia, para suprir as necessidades de demanda interna, o Brasil importa em torno de 150 mil toneladas ao ano, sendo a maioria de feijão preto proveniente da Argentina (CONAB, 2017).

2.6 USO DE INOCULANTES EM FEIJÃO

A produtividade de grãos de feijão no Brasil, ao redor de 981 kg ha^{-1} , é considerada baixa, sendo que em alguns estados ultrapassa 2.000 kg ha^{-1} (CONAB, 2018), haja vista que maior parte do feijão produzido no Brasil vem da agricultura familiar, responsáveis por cerca de 70% da produção nacional, sendo uma das causas da baixa produtividade, devido muitos destes agricultores utilizarem pouca ou nenhuma quantidade de insumos agrícolas, além de tecnologias disponíveis. Mesmo assim, em razão das características técnicas, agrônômicas e culturais da cultura do feijão a credenciam como uma excelente alternativa de exploração agrícola para pequenas propriedades (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

O feijoeiro, a exemplo de outras leguminosas, apresenta a características de aproveitar-se do nitrogênio atmosférico fixado pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, o que pode contribuir para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados (KANEKO *et al.*, 2010a). De acordo com Malavolta (1987), o feijoeiro consegue fixar de 20 a 30% do N que necessita através da FBN, podendo contribuir com 20 a 40 kg ha^{-1} de nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2007). Já Saito (1982) estimou uma fixação média de 60 kg ha^{-1} de N, que segundo a autora, representaria de 30 a 50% do N total acumulado pela planta. Para

Moreira e Siqueira (2006), a fixação média de N para o feijoeiro varia de 4 a 165 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, enquanto que Romanini Jr. *et al.* (2007) constataram que a inoculação proporcionou, na média de dois cultivos, incremento superior a 17% na produtividade de grãos do feijoeiro cultivado no período de inverno em SPD.

A inoculação do feijoeiro é uma técnica difundida pela pesquisa, no entanto, pouco utilizada pelos agricultores, devido à falta de consistência nos resultados das pesquisas em campo (ARAÚJO *et al.*, 2007), além da falha na transferência das tecnologias pelos técnicos e extensionistas aos produtores. Por isso, o mercado de inoculantes para o feijoeiro-comum no Brasil ainda é insipiente, representando apenas 4% do mercado nacional, contra 95% dos destinados à cultura da soja (FIGUEIREDO, 2012). No ano de 2016 foram comercializadas 445 mil doses de inoculantes para o feijão e 4,5 milhões de doses para as gramíneas (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES – ANPII, 2016).

Na atualidade, o inoculante comercial para a cultura do feijão no Brasil é produzido com uma espécie de rizóbio adaptada aos solos tropicais, o *Rhizobium tropici* (STRALIOTTO *et al.*, 2002; BRITO *et al.*, 2011). Pesquisas demonstraram que estirpes de *Rhizobium tropici* são consideradas mais tolerantes a estresses, como temperatura elevada e acidez do solo, e são simbioticamente mais estáveis (MARTÍNEZ-ROMERO *et al.*, 1991). Para que uma estirpe (s) de *R. tropici* possa ser recomendada para inoculação do feijão, é preciso que possua dentre outros atributos, eficiência na fixação de N₂ e capacidade de se estabelecer no solo e competir com os microrganismos ali presentes (ARAÚJO *et al.*, 2007).

A recomendação técnica para a cultura do feijão quando a inoculação for feita via semente, é que a dose de inoculante forneça pelo menos $1,2 \times 10^6$ células semente⁻¹; enquanto que, quando a inoculação for realizada no sulco de semeadura, a concentração deve ser maior, no mínimo $2,5 \times 10^6$ células semente⁻¹, ademais, o inoculante à base de *Rhizobium* deve conter, até a data de vencimento, no mínimo, 1×10^9 unidades formadoras de colônia (Ufc) por g ou mL do produto (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Entretanto, a quantidade de nitrogênio fixado pelas bactérias tem sido insuficiente para atender às exigências nutricionais da cultura (KANEKO *et al.*, 2010a). Uns dos motivos pelo qual o processo da FBN no feijoeiro-comum não ser tão eficiente seria, principalmente, devido o feijoeiro ser uma planta originária das Américas, onde são encontradas estirpes nativas de rizóbio que competem pelos mesmos sítios de infecção nodular com as estirpes introduzidas, contribuindo para a limitação do sucesso da inoculação do feijoeiro (URQUIAGA *et al.*, 2005). Outro motivo seria em decorrência de diversos fatores

relacionados ao ambiente, à bactéria, à planta e à interação entre eles (FIGUEIREDO, 2012), assim justificando a recomendação do uso da técnica de co-inoculação na tentativa de maximizar a FBN na cultura do feijão ou até sanar essa deficiência.

Neste cenário, esta técnica denominada de co-inoculação ou também chamada de inoculação mista com bactérias simbióticas e assimbióticas tem sido estudada em leguminosas (FERLINI, 2006), onde consiste na utilização de combinações de microrganismos, os quais produzem efeito sinérgico, em que se superam os resultados produtivos obtidos quando utilizados na forma isolada (BÁRBARO *et al.*, 2008). Dentre os microrganismos existentes no mercado e que podem trazer grandes benefícios às culturas está um grupo que é representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas e realizar FBN, dentre as quais se destacam as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* (HUNGRIA *et al.*, 2013).

O gênero *Azospirillum* remete ao grupo das bactérias promotoras de crescimento de plantas, que possuem como principais características a capacidade do aumento da atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas e a produção de hormônios de crescimento como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno (TIEN *et al.*, 1979; BOTTINI *et al.*, 1989; STRZELCZYK *et al.*, 1994; CASSÁN *et al.*, 2008). Normalmente, o *Azospirillum* é um colonizador geral de raízes; sendo assim, não é uma bactéria específica, uma vez que não apresenta preferência por plantas cultivadas, daninhas, anuais ou perenes (BASHAN; HOLGUIN, 1997).

As estirpes de *Azospirillum brasilense*, selecionadas e aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para produção de inoculantes comerciais no Brasil são Ab-V₅ e Ab-V₆. A exigência legal para inoculantes contendo *Azospirillum* é dez vezes menor do que para aqueles à base de rizóbio; portanto, 1×10^8 Ufc g⁻¹ ou mL⁻¹ do produto comercial (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Nos casos onde se tem utilizado o *A. brasilense* em leguminosas, a bactéria foi capaz de aumentar a produção de massa seca, nodulação precoce e o número de nódulos por planta, e este benefício sendo associado à capacidade que a bactéria tem de produzir fitormônios, resultando em maior desenvolvimento do sistema radicular, portanto, havendo a possibilidade de explorar um volume maior de solo (VOLPI; KAPULNIK, 1994; BURDMAN *et al.*, 1996, 1997; BÁRBARO *et al.*, 2008).

Assim, com a co-inoculação, combinação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* na cultura do feijão, tem-se o intuito de melhorar o desempenho do rizóbio,

aumentando a nodulação e o crescimento de plantas, consequentemente a eficiência da FBN no feijoeiro-comum (RAMASNS *et al.*, 2008; GILABEL, 2018).

Souza *et al.* (2011), estudando o efeito da adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado no SPD em sucessão à cobertura vegetal de milho safrinha consorciado com *U. brizantha* ou com *U. ruziziensis*, e inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* para fornecimento de N para a cultura do feijão concluíram que a inoculação não interferiu na produtividade de grãos de feijão, o mesmo ocorrendo para as coberturas vegetais.

Burdman *et al.* (1997) avaliando o efeito de *Azospirillum* e *Rhizobium* sobre a nodulação e crescimento do feijoeiro em laboratório, observaram que a co-inoculação aumentou o número total de nódulos e da fixação de N comparados com a inoculação apenas com *Rhizobium*. German *et al.* (2000) verificaram maior desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, em decorrência da inoculação com *Azospirillum* spp., com aumento em 95% no comprimento e 66% na massa fresca de raízes, em relação ao tratamento sem inoculação. Dardanelli *et al.* (2008) estudando a co-inoculação em feijão com *A. brasilense* e *R. tropici* sob estresse salino em hidroponia, relataram o efeito positivo da co-inoculação no desenvolvimento radicular, fixação de nitrogênio, produção de mais sinais flavonoides e alívio dos efeitos negativos causado por NaCl, além disso os resultados sugerem que *Azospirillum* permitiu uma exsudação mais longa e mais persistente dos flavonoides das raízes de feijão, conferindo maior proteção oxidativas as raízes.

Para Hungria *et al.* (2012), a inoculação das sementes de feijoeiro-comum com *R. tropici* aumentou a produtividade da cultura, em média de 98 kg ha⁻¹ (8,3%), enquanto a co-inoculação com *A. brasilense* no sulco resultou em incremento médio de 285 kg ha⁻¹ (19,6%). Também Hungria *et al.* (2013), ao conduzirem experimentos com feijoeiro em dois locais e por três anos de cultivo, observaram que a co-inoculação de *R. tropici* via sementes e *A. brasilense* via sulco de semeadura, resultaram em aumento na produtividade de grãos, em média 19,6% em comparação com a população de rizóbios nativos, e 14,7% quando comparado com a inoculação exclusivamente com rizóbios.

Corsini (2014), avaliando a semeadura do feijão de inverno em dois anos consecutivos concluiu que a co-inoculação com *A. brasilense* + *R. tropici* proporcionou às plantas de feijão maior massa de sistema radicular e aumentou o número de vagens no primeiro ano, e no segundo ano de cultivo, a produtividade foi influenciada positivamente pela inoculação com *A. brasilense*. Meirelles *et al.* (2014), avaliando a co-inoculação de *A. brasilense*+*R. tropici* em feijão irrigado, observaram maior produtividade de grãos no tratamento com uma dose de *R. tropici* via semente + duas doses de *A. brasilense* via aplicação foliar, além de proporcionar

maior número e massa de nódulos na raiz principal. Enquanto que para Souza (2015), a co-inoculação das sementes de feijão com duas doses de *R. tropici* e aplicação de três doses de *A. brasilense* via pulverização no estágio V₂-V₃, proporcionou ganhos de produtividade de 5% em relação ao tratamento nitrogenado e de 15% em relação ao tratamento com inoculação simples de *R. tropici*.

Contudo, pesquisas relatam valores de produtividade de grãos de feijão que ultrapassam 3.000 kg ha⁻¹ nos mais diversos manejos para a cultura do feijão (FARINELLI *et al.*, 2006; SANT'ANA; SILVEIRA, 2008; PELEGRIN *et al.* 2009; CUNHA *et al.*, 2011; PACHECO *et al.*, 2012), demonstrando a possibilidade de maximizar a produção nas áreas de cultivo, utilizando manejos adequados e sistemas de produção sustentáveis no tempo e espaço (CORSINI; CASSIOLATO, 2015).

As estratégias de ações adotadas pela pesquisa e a transferência destas tecnologias precisam levar em consideração as diferenças e peculiaridades regionais da produção de feijão no Brasil, pelo fato da leguminosa ser cultivada em praticamente todo o território nacional. Técnicas eficientes como utilização de coberturas vegetais, associado a um sistema que possibilite melhorar os atributos físicos do solo, somado ao emprego do tratamento de sementes com bactérias diazotróficas, sejam de forma isoladas ou co-inoculadas, que possam reduzir o custo de produção do cultivo do feijão, resultando em aumento de produtividade da cultura e rentabilidade ao produtor, devem ser avaliadas e aprimoradas.

Por isso, a importância do referido estudo, onde se possa validar a eficiência das tecnologias citadas, estabelecendo parâmetros confiáveis para as recomendações aos agricultores para sua utilização nos mais diversos sistemas de produção agrícola.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi composta por dois experimentos sequenciais, desenvolvidos em área experimental pertencente Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria - MS (20°20'S e 51°24'W), com altitude de 335 metros.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (SANTOS *et al.*, 2018), cultivado sob sistema plantio direto há aproximadamente 20 anos. A análise granulométrica do solo da área experimental na camada de 0 a 0,20 m com valores de 440, 165 e 395 g kg⁻¹ das frações argila, silte e areia, respectivamente.

Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens de solo da camada de 0 a 0,20 m, no ano de 2015, para determinação dos atributos químicos do solo, conforme metodologia descrita por Raij *et al.* (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização inicial dos atributos químicos do solo, da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m. Selvíria, MS (2015).

pH	P _{resina}	M.O.	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	S	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----		mmol _c dm ⁻³	-----			mg dm ⁻³	%
5,8	21	20	2,2	36	19	28	57,2	85,2	5	67

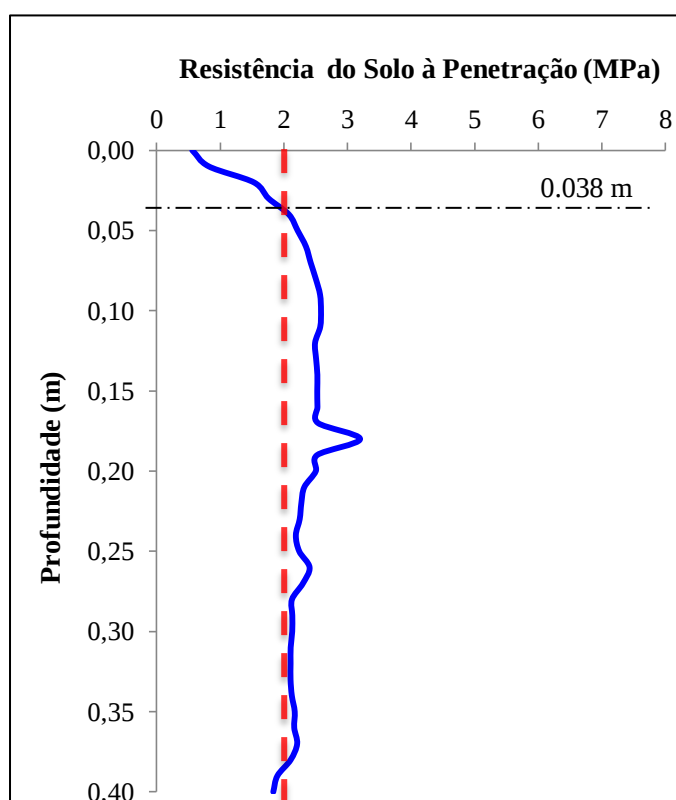
Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Realizou-se avaliação dos atributos físicos do solo, onde foram tomados de forma aleatória na área, vinte perfis utilizando penetrômetro de impacto (STOLF, 1991) para a avaliação física de resistência do solo à penetração. Esta resistência ao longo do perfil do solo até a profundidade de 0,40 m da área experimental está exibida na Figura 1. Nestes mesmos pontos foram avaliadas a densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (Tabela 2) pelo método do anel volumétrico, com volume de 10⁻⁴ m³, e da mesa de tensão (TEIXEIRA *et al.*, 2017), nas camadas de 0,00 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m de profundidade respectivamente, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

Ao analisar os resultados dos atributos físicos do solo (Tabela 2) da área experimental, constatou-se que o solo apresenta alta densidade (1,59 Mg m⁻³), alta resistência à penetração

(2,56 MPa), além da menor macroporosidade ($0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) na camada 0,00 a 0,20 m. Verificando a resistência do solo à penetração ao longo do perfil até a profundidade de 0,40 m (Figura 1), observou-se que na profundidade de 0,038 m a resistência do solo à penetração foi maior que 2,0 MPa e ao redor de 0,18 m encontrou-se o maior valor ao longo do perfil, com resistência de 3,20 MPa.

Figura 1 - Resistência do solo à penetração ao longo do perfil do solo até a profundidade de 0,40 m da área experimental.



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Tabela 2 - Caracterização dos atributos físicos do solo. Selvíria, MS (2015).

Camada	D _s Mg m ⁻³	MA ----- m ³ m ⁻³ -----	MI	PT	RSP MPa
0,0 - 0,10 m	1,59	0,06	0,31	0,37	2,41
0,10 - 0,20 m	1,60	0,05	0,31	0,36	2,66

D_s = densidade do solo; MA = macroporosidade; MI = microporosidade; PT = porosidade total; RSP = resistência do solo à penetração.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

3.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O clima predominante da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresentando precipitação pluvial média anual de 1.313 mm, sendo a temperatura anual mínima de 19°C e máxima de 31°C, e umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80% (PORTUGAL *et al.*, 2015).

O fornecimento de água suplementar aos experimentos de milho e feijão foi realizado utilizando sistema fixo de irrigação por aspersão do tipo pivô central, quando necessário e sempre que possível, com lâmina de água de aproximadamente 13 mm h⁻¹, na tentativa de repor a água perdida. A irrigação foi realizada em ambas as culturas até próximo à colheita.

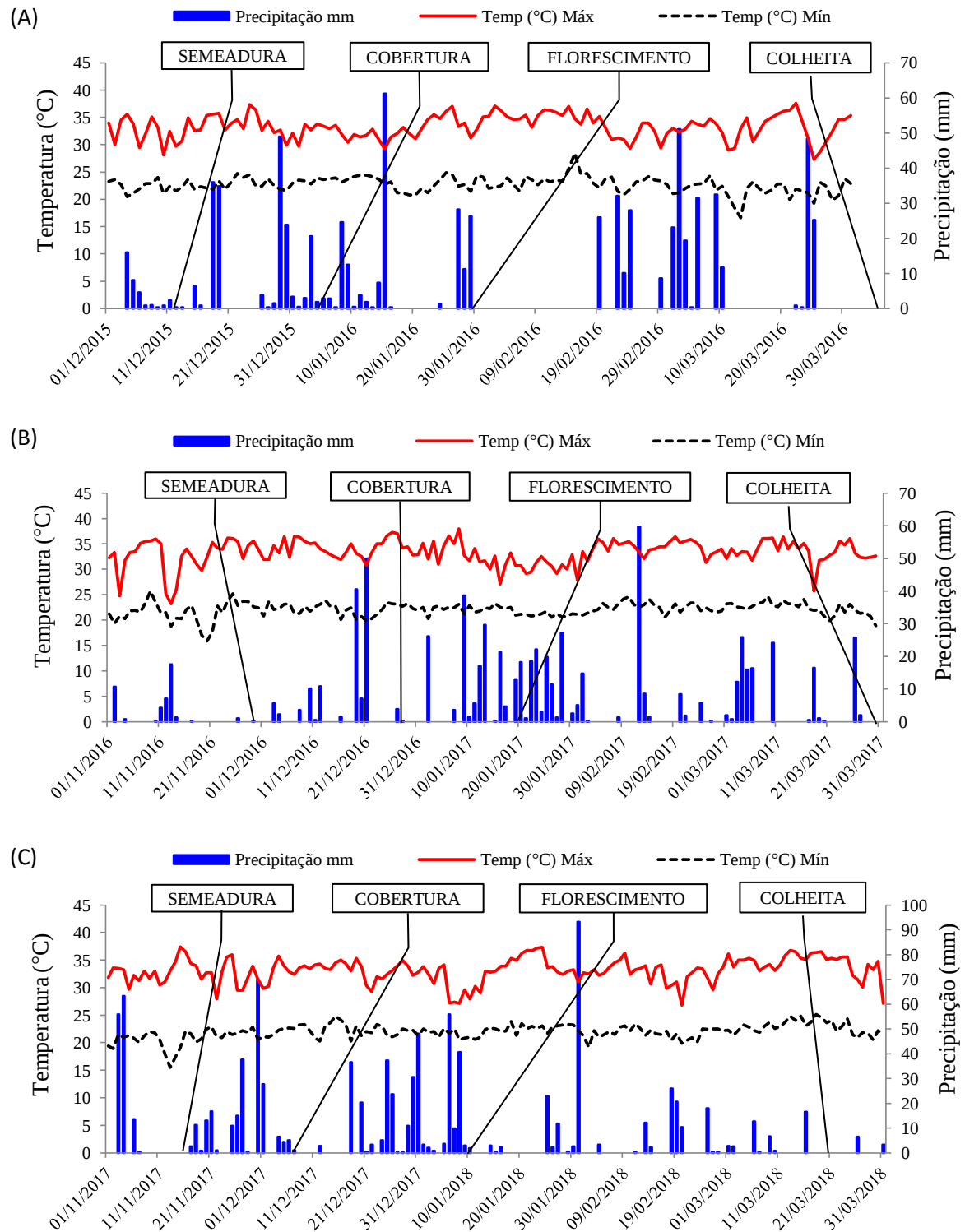
Os dados climáticos diários referentes à precipitação pluvial e as temperaturas máxima e mínima do ar durante a condução do experimento da cultura do milho na safra 2015/16; 2016/17 e 2017/18 estão apresentados na Figura 2 e na condução do experimento da cultura do feijão de inverno na safra 2016 e 2017 estão indicados na Figura 3.

O acumulado de precipitação no experimento do milho, para o primeiro, segundo e terceiro anos de cultivo foi de 720 mm; 674 mm e 839 mm (Figura 2), respectivamente. No primeiro ano de cultivo, houve distribuição irregular de chuvas, e logo após o pendoamento, à localidade do experimento passou por um período de 20 dias de estiagem, somado a incidência de altas temperaturas, o que pode ter influenciando na produtividade de grãos de milho. Na primeira safra o sistema de irrigação teve alguns problemas técnicos, por isso não teve uma boa eficiência no suprimento da demanda hídrica.

No segundo e terceiro anos de cultivo, a distribuição de chuvas foi mais regular e o problema com o pivô central sanado, embora ao final do ciclo do milho no terceiro ano de pesquisa, houve problemas com o pivô central novamente.

De acordo com o valor acumulado de precipitação para a cultura do milho no primeiro ano de cultivo (720 mm), segundo (674 mm) e terceiro anos (839 mm) (Figura 2), pode-se inferir que o volume de água foi adequado, visto que, de acordo com Fancelli e Dourado Neto (2000), a cultura exige no mínimo 350-500 mm de precipitação no verão para que produza normalmente, sem a necessidade da prática de irrigação, desde que bem distribuída ao longo do ciclo da cultura. Os autores citaram que o consumo de água pelo milho, em clima quente e seco, raramente excede 3,0 mm dia⁻¹, enquanto a planta estiver com altura inferior a 0,30 m. No entanto, durante o período entre o embonecamento e a maturação, o consumo pode elevar para 5,0 a 7,5 mm diários.

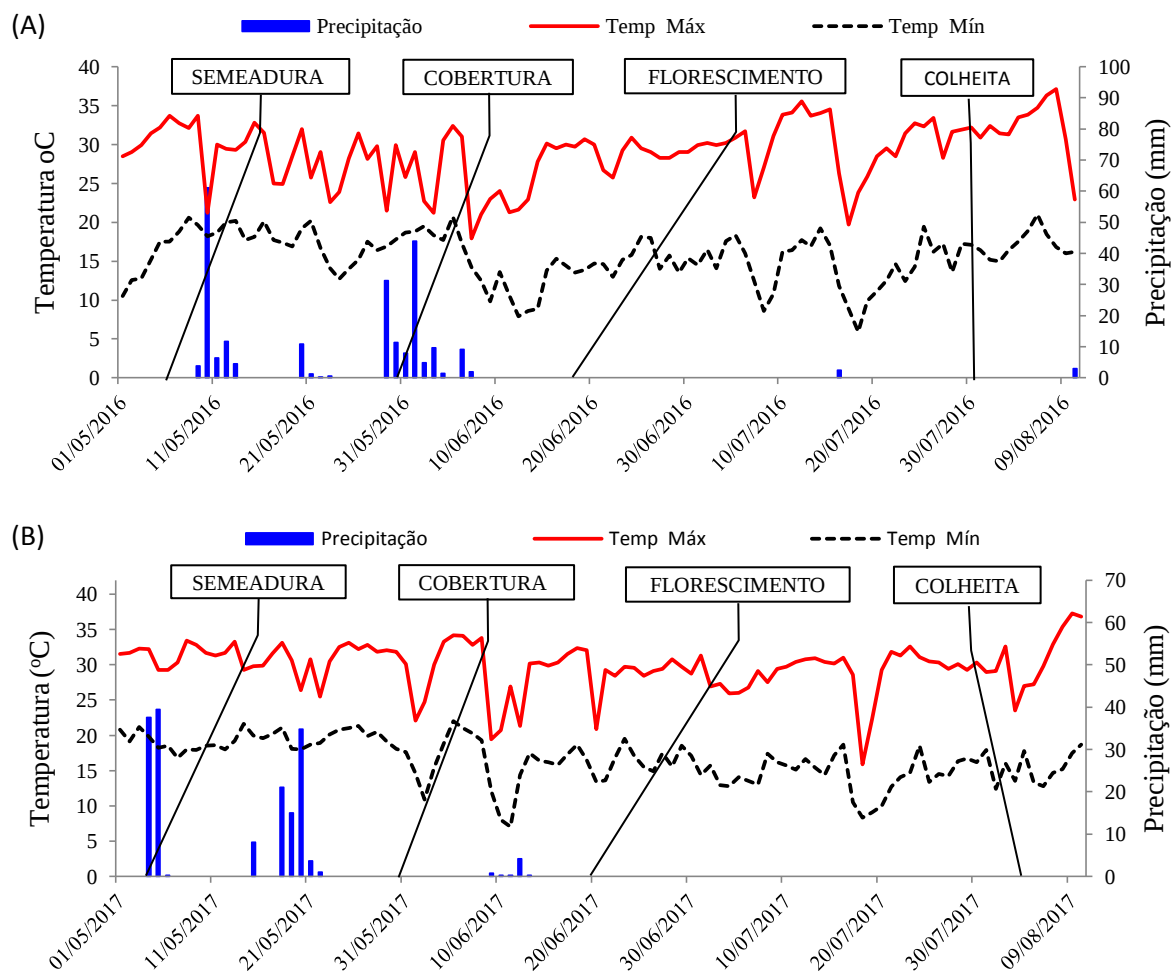
Figura 2 - Valores diários de precipitação pluvial e de temperaturas mínima e máxima do ar registrados durante a condução dos experimentos de milho consorciados com gramíneas ou leguminosas. (A) Safra 2015/16. (B) Safra 2016/17. (C) Safra 2017/18. Selvíria, MS, Brasil.



Fonte: Universidade Estadual Paulista - UNESP (2018).

As quantidades acumuladas de precipitação no experimento do feijão de inverno para o primeiro e segundo anos foram de 227 mm e 166 mm (Figura 3), respectivamente. No primeiro ano de cultivo, além do maior volume de chuvas verificou-se também a melhor distribuição da precipitação durante a fase de desenvolvimento da cultura até próximo à realização da adubação nitrogenada em cobertura em relação ao segundo ano. Assim, ao se cultivar o feijoeiro no período do inverno tem suas vantagens, porém a maior desvantagem é a necessidade de haver um sistema de irrigação, visto que, segundo Manos *et al.* (2013), a necessidade hídrica durante o ciclo do feijoeiro é ao redor de 300 a 400 mm de água.

Figura 3 - Valores diários de precipitação pluvial e de temperaturas mínima e máxima do ar registrados durante a condução dos experimentos de feijão de inverno inoculado com *R. tropici* ou co-inoculado com *A. brasilense* cultivado em sucessão a coberturas vegetais de milho consorciados ou não. (A) Safra 2016. (B) Safra 2017. Selvíria, MS, Brasil.



Outro fator importante se refere à temperatura noturna próxima ou no momento do florescimento que no primeiro ano foi menor que no segundo, com médias de 13,7°C e 16,3°C para o primeiro e segundo anos respectivamente, média esta, calculada 7 dias antes e depois ao florescimento. Além da oscilação térmica entre temperatura diurna e noturna que foi de 14,5°C no primeiro ano e 12,5°C no segundo.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Manejes de solo e milho exclusivo ou consorciado com gramíneas e leguminosas

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial de 2 x 5, constituídos pela combinação de manejes de solo (sistema plantio direto e cultivo mínimo escarificado) e o milho consorciado ou não (milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis*; milho + *U. brizantha* cv. Marandu; milho + *Crotalaria spectabilis* Roth e milho + *Cajanus cajan* cv. IAPAR 43), perfazendo 10 tratamentos, com quatro repetições cada. Nos três anos de experimento, cada unidade experimental foi constituída por 8 linhas de milho com espaçamento de 0,90 m e os consórcios semeados nas entrelinhas do milho, equidistante a 0,45 m do cereal, todos com comprimento de 5 m, com área de 36 m² por parcela.

Cultura do feijão de inverno em sucessão

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial de 2 x 5 x 2, constituídos pela combinação manejes de solo (sistema plantio direto e cultivo mínimo escarificado), coberturas vegetais antecessoras do milho consorciado ou não (milho exclusivo, milho + *Urochloa ruziziensis*; milho + *U. brizantha* cv. Marandu; milho + *Crotalaria spectabilis* Roth e milho + *Cajanus cajan* cv. IAPAR 43) e tratamentos com duas inoculações de sementes (*Rhizobium tropici* e co-inoculação de *R. tropici* + *Azospirillum brasilense*), perfazendo 20 tratamentos, com quatro repetições cada. Nos dois anos de experimento, cada unidade experimental foi constituída por 7 linhas de feijão com espaçamento de 0,45 m, todos com comprimento de 5 m, com área de 15,75 m² por parcela.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Manejes de Solo

No que se refere à adoção dos manejes de solo, a área experimental foi dividido em área de sistema plantio direto e área do manejo cultivo mínimo.

Em relação à área reservado ao sistema plantio direto não foi realizado nenhuma operação, ficando restrita somente a dessecação, sendo uma área cultivada há mais de 20 anos sob o sistema.

Quanto à área destinada à implantação do cultivo mínimo, a mobilização do solo foi realizada somente no primeiro ano, safra 2015/16, posteriormente ao manejo da cultura do milho (dessecação) e antes de iniciar a instalação dos experimentos. A camada compactada foi eliminada pela operação de escarificação, utilizando um escarificador da marca JAN, modelo Jumbo-Matic. Composto por cinco hastes (duas na barra dianteira e três na traseira), espaçadas em 0,43 m, com ponteiros estreitos (0,075 m de largura), ângulo de ataque de 18°, equipado com rolo destorreador e discos lisos para corte da palha. A profundidade média de trabalho foi de 0,40 m, seguido de uma operação com grade leve (32 x 20"). A operação foi realizada em 04 de dezembro de 2015, quando o solo encontrava-se com teor de umidade próximo ao do ponto de friabilidade.

Durante os três anos de cultivo da pesquisa, sempre em setembro, antecedendo a instalação dos experimentos de milho e seus consórcios, com intuito de proteção e formação de palhada sobre o solo, semeou-se o milho BRS 1501 (25 kg ha⁻¹ de semente), sem adubação, tanto em área com sistema plantio direto como a de cultivo mínimo, para cobertura vegetal. Ao redor de 60 dias após a semeadura (DAS) do milho (florescimento), realizou-se a dessecação da área utilizando herbicidas a base de glifosato (1440 g i.a ha⁻¹) e 2,4-D amina (670 g i.a ha⁻¹) e 15 dias após o manejo, fez-se a desintegração dos restos culturais utilizando o triturador horizontal de palha (triton).

Espécies consorciadas com o milho

➤ Gramíneas

***Urochloa brizantha* cv. Marandu:** é uma planta de origem africana, perene, de hábito de crescimento cespitoso, com ampla adaptação climática, tolerância ao sombreamento, grande produtora de massa verde e de bom valor nutritivo (SANO *et al.*, 1999). A produtividade média de forragem seca chega a 17.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (solteira). Essa espécie pode ser cultivada em sistema plantio direto, em cultivo exclusivo ou em consórcio com culturas anuais de primavera/verão, como o milho, sendo destinada à alimentação animal após a colheita do cereal (WUTKE *et al.*, 2014) ou palhada para manutenção do SPD.

Urochloa ruziziensis: esta espécie tem plantas semieretas, não tolerantes ao encharcamento do solo e com altura entre 0,9 m e 1,3 m. São produzidas, em média, 10.000 a 14.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca (solteira). Pode ser destinada à produção de fitomassa para

os SPD e cobertura das entrelinhas em pomares, além de ser usada em consórcio com arroz, milho, milheto e sorgo (WUTKE *et al.*, 2014). É uma das espécies mais utilizadas, por apresentar boa produtividade de massa durante o cultivo com milho, facilidade e menor dose de controle com herbicidas, além do pequeno intervalo entre a dessecação e a semeadura subsequente (CECCON; CONCENÇO, 2014).

➤ Leguminosas

***Crotalaria spectabilis* Roth:** é originária das Américas do Sul (Brasil) e do Norte, planta anual, com crescimento inicial lento, arbustivo ereto e determinado, pode atingir altura de 1,0 a 1,5 m, com potencial de produção de massa seca de 4.000 a 6.000 kg ha⁻¹, solteiro. É utilizada para adubação verde, recomendado para redução das populações em solos infestados de nematóides formadores de galhas e do cisto (MATEUS; WUTKE, 2006) e de lesões radiculares (MONTEIRO, 1993). Possui raiz pivotante profunda, pode romper camadas compactadas, apresenta bom comportamento nos diferentes tipos de textura de solo, inclusive nos solos relativamente pobres em fósforo (CALEGARI *et al.*, 1993). Época de semeadura de outubro a março, florescimento ao redor do 90 dias, capacidade de fixar entre 60 a 120 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N para semeaduras em épocas mais favoráveis (WUTKE *et al.*, 2014).

Guandu anão [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] cv. IAPAR 43-Aratã: planta anual, crescimento arbustivo ereto, com 1,0 a 1,2 m de altura, potencial de produção no cultivo exclusivo de 4.000 a 7.000 kg ha⁻¹ de massa seca (CALEGARI, 1995). É adaptada às latitudes variáveis entre 30°N e 30°S, rústica, necessita de 200 a 400 mm de precipitação, florescimento ao redor dos 70 dias, apresenta grande multiplicidade de uso, é considerada planta “protetora”, “recuperadora” e “mobilizadora” de nutrientes em áreas degradadas, além de servir de alimento humano e animal, elevado valor proteico como forrageira. Pode fixar de 41 a 280 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, com efeitos benéficos para as culturas em sucessão devido às exsudações radiculares de ácidos piscídicos, que faz a solubilização e disponibilização do P combinado ao Fe. Não hospedeira de nematóides de cistos (WUTKE *et al.*, 2014).

Experimento com a cultura do milho e seus consórcios

Os experimentos de milho e seus consórcios foram implantados em área de pivô central, sob sistema plantio direto há aproximadamente 20 anos, onde foram conduzidos durante os anos agrícolas de 2015/16; 2016/17 e 2017/18 sempre após o manejo da cultura do milheto.

No primeiro ano de cultivo semeou-se o híbrido da DeKalb, o DKB350PRO, híbrido triplo, transgênico VT PRO[®], precoce. No segundo e terceiro anos o híbrido semeado foi da Dow AgroSciences, o 2B710PW, híbrido simples, transgênico PowerCore[™] (PW), precoce, com ciclo de 136 dias. As sementes de ambos híbridos de milho estavam tratadas com fludioxonil (0,025 g i.a/kg semente) + metalaxil-M (0,02 g i.a/kg semente) + tiabendazol (0,15 g i.a/kg semente) + deltametrina (0,002 g i.a/kg semente) + pirimifós-metílico (0,008 g i.a/kg semente). Realizou-se tratamento adicional nos três anos de cultivo tanto para os híbridos de milho como para as sementes dos consórcios, devido à ocorrência de doenças fúngica do solo (*Fusarium* spp. e *Macrophomina* spp.), utilizando piraclostrobina (0,05 g i.a/kg semente) + tiofanato metílico (0,45 g i.a/kg semente) + fipronil (0,50 g i.a/kg semente).

A semeadura do milho e dos consórcios no primeiro ano de cultivo ocorreu no dia 12/12/2015, no segundo ano em 29/11/2016 e no terceiro ano em 16/11/2017. Nos três anos de cultivo e em ambos os manejos de solo, a semeadura do milho foi realizada mecanicamente com semeadora-adubadora para sistema plantio direto, com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e distribuição de 6,2 sementes m⁻¹, para obter uma população final ao redor de 60.000 plantas ha⁻¹. Tomou-se o cuidado de sempre utilizar o elemento de abertura de sulcos para deposição do fertilizante do tipo disco duplo desencontrado para não afetar o efeito da escarificação. Mantiveram-se as linhas da semeadora no espaçamento de 0,45 m para preparar o sulco que receberiam as sementes dos consórcios. Para a adubação mineral de semeadura do milho no primeiro ano utilizou-se 300 kg ha⁻¹ do adubo formulado NPK 04-20-20, no segundo e terceiro ano 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16.

As culturas a serem consorciadas com o milho foram semeadas no mesmo dia e após a semeadura do milho, na sua entrelinha, de modo a ficarem intercaladas às linhas do milho, com espaçamento de 0,45 m entre as culturas, manualmente a uma profundidade de 0,03 m, sem adubação, utilizando-se matracas. Para a semeadura dos consórcios utilizou-se 20 sementes por metro de guandu anão (25 kg ha⁻¹ de sementes), para a *Crotalaria spectabilis* foram 30 sementes por metro (12 kg ha⁻¹ de sementes), para a *Urochloa brizantha* ao redor de 12 kg ha⁻¹ de sementes (VC=36%) e para a *Urochloa ruziziensis* ao redor de 7 kg ha⁻¹ de sementes (VC=70%).

A emergência das plântulas de milho ocorreu 5 DAS nos três anos de cultivo, e a emergência dos consórcios aconteceu aos 5 DAS para as leguminosas e aos 7 DAS para as gramíneas nos três anos.

Realizou-se a adubação nitrogenada em cobertura somente na cultura do milho, sendo no primeiro ano em 05/01/2016 (19 dias após emergência - DAE) no estágio V₅-V₆; no

segundo ano em 27/12/2016 (23 DAE) no estágio V₅-V₆, e no terceiro ano em 08/12/2017 (17 DAE) no estágio V₅, onde se utilizou 90 kg ha⁻¹ de N e como fonte o nitrato de amônio.

Em relação ao manejo de pragas, embora tenham sido utilizados híbridos com gene Bt, foi necessário no segundo ano de cultivo, em estágio V₈, uso de defensivos agrícolas para controle de lagarta do cartucho e incidência de cigarrinha-do-milho, onde se utilizou inseticidas a base de metomil (129 g i.a ha⁻¹) e de tiametoxam (112,5 g i.a ha⁻¹). No terceiro ano foram realizadas duas pulverizações com inseticida para controle de cigarrinha-do-milho nos estádios V₄ e V₇ da cultura do milho, utilizando inseticida a base de tiametoxam (112,5 g i.a ha⁻¹) em ambas as pulverizações.

O florescimento feminino (estádio R₁) do milho ocorreu no primeiro ano de cultivo em 30/01/2016 (44 DAE), no segundo em 20/01/2017 (48 DAE) e no terceiro ano em 10/01/2018 (48 DAE). A colheita das parcelas do milho, dentro da área experimental, foi realizada manualmente, no primeiro ano ocorreu aos 110 DAE (05/04/2016), no segundo ano aos 116 DAE (30/03/2017) e no terceiro ano aos 120 DAE (21/03/2018) da cultura.

Persistência das coberturas vegetais (“Litter bags”)

Ao término da colheita dos grãos de milho da área experimental pela fazenda, nos anos agrícolas de 2016 e 2017, realizou-se a dessecação da área total utilizando herbicida a base de glifosato (1440 g i.a ha⁻¹) + carfentrazona etílica (20 g i.a ha⁻¹) + éster metílico de óleo de soja – adjuvante (720 g i.a ha⁻¹).

Passado 7 dias da dessecação, efetuou-se o manejo dos restos culturais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas, utilizando para desintegração das coberturas vegetais o triturador horizontal de palha (triton), com passada transversal a linha de semeadura para evitar mistura das coberturas vegetais. Na sequência, foram coletadas duas amostras aleatórias por parcela de material vegetal com o auxílio de um quadrado de metal de área amostral de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m). As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante. Em seguida, foram pesadas e determinadas a produtividade de massa seca total da cobertura vegetal (MSTC) da área amostral e extrapolado para kg ha⁻¹.

Logo após, confeccionou-se as bolsas de decomposição, os “litter bags” (PARIZ *et al.*, 2011) ou sacola de decomposição, em náilon, com malha de 2 mm e área de 0,06 m² (0,2 x 0,3 m). Para o preenchimento das sacolas utilizou-se o mesmo material da quantificação da MSTC, simulando assim o tamanho natural dos fragmentos obtidos no manejo de corte. A quantidade de resíduos vegetais colocada em cada “litter bag” foi proporcional à produzida

em cada parcela pelas respectivas coberturas vegetais. Foram confeccionados 4 “litter bags” por parcela, um para cada época de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias).

Os litter bags foram depositados em contato direto sobre o solo, no dia da semeadura do experimento de feijão, nas parcelas correspondentes e em 3 blocos.

Experimento da cultura do feijão de inverno

Os experimentos de feijão de inverno inoculado e co-inoculado foram implantados na mesma área e em sucessão ao cultivo do milho e seus consórcios e manejos de solo, e conduzidos durante os anos de 2016 e 2017, sempre após a colheita do milho da área experimental pela fazenda e o manejo da parte aérea das coberturas vegetais.

O cultivar de feijão utilizado nos dois anos de experimento foi o BRS Estilo, que apresenta grãos do tipo carioca, plantas arbustivas, arquitetura ereta, tolerância ao acamamento, hábito de crescimento indeterminado tipo II, adaptada a colheita mecânica, resistência à antracnose, ao vírus do mosaico-comum, moderadamente suscetível ferrugem e o crestamento-bacteriano-comum, com ciclo normal de 85 a 90 dias, massa de 100 grãos de 26,0 g, indicação de cultivo nas safras “das águas” em São Paulo, na safra “da seca” no Mato Grosso do Sul, nas safras “das águas”, “da seca” e “de inverno” em Goiás e Distrito Federal (MELO *et al.*, 2011).

Foi realizado, em ambos os anos, o tratamento de sementes de feijão com inseticida/fungicida de ação protetora a base de piraclostrobina (0,05 g i.a/kg semente) + tiofanato metílico (0,45 g i.a/kg semente) + fipronil (0,50 g i.a/kg semente) e após esta prática, as sementes foram deixadas secando a sombra.

Depois do tratamento das sementes, efetuou-se a inoculação destas com o *Rhizobium tropici*, utilizou-se o inoculante comercial sólido turfoso para feijão, o MASTERFIX Feijão[®], composta pela estirpe SEMIA 4080 2×10^9 Ufc g⁻¹, na dose de 100 g do inoculante para cada 25 kg de semente. A inoculação foi feita à sombra e misturou-se ao inoculante solução açucarada a 10%, na proporção de 50 mL da solução para 100 g de inoculante com finalidade de melhorar a adesão do inoculante nas sementes e posteriormente deixado secando a sombra.

Em seguida, realizou-se em parte das sementes inoculadas com o *R. tropici*, a co-inoculação com o *Azospirillum brasilense*, utilizou-se o inoculante comercial líquido MASTERFIX[®]L gramíneas, composta pelas estirpes AbV₅ e AbV₆ (UFPR) com 2×10^8 Ufc mL⁻¹, na dose de 100 mL do inoculante para 25 kg de sementes e posterior secagem.

Imediatamente após a inoculação e a co-inoculação das sementes, foi realizada a semeadura do feijão. No primeiro ano a semeadura ocorreu em 03/05/2016 e no segundo ano

em 04/05/2017. Logo após a semeadura foram instalados os “litter bags” nas parcelas. Nos dois anos de cultivo, tanto em sistema plantio direto como em cultivo mínimo, a semeadura do feijão foi realizada mecanicamente com semeadora-adubadora para sistema plantio direto, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e distribuição de 13,0 sementes m^{-1} , para obter uma população final ao redor de 230.000 plantas ha^{-1} . Tomou-se o cuidado de utilizar, nos dois anos de pesquisa, o elemento de abertura de sulcos para deposição do fertilizante do tipo disco duplo desencontrado para não influenciar no efeito da escarificação, além de realizar primeiro a semeadura do tratamento com a inoculação e depois o da co-inoculação.

Para a adubação mineral de semeadura do feijão, no primeiro e segundo anos, utilizou-se 250 kg ha^{-1} do adubo formulado NPK 08-28-16, calculado de acordo com as características químicas do solo e recomendações de Ambrosano *et al.* (1997).

A emergência das plântulas de feijão ocorreu 6 dias após semeadura, nos dois anos de cultivo, para todos os tratamentos. O controle de plantas daninhas em toda a área experimental foi realizado no estágio V_4 de desenvolvimento da cultura, em ambos os anos de cultivo, com aplicação primeiro do herbicida a base de fomesafem (250 g i.a ha^{-1}) + polioxietileno alquilfenol éter (200 mL para cada 100L de calda) e após 7 dias, fez-se aplicação do herbicida a base de fenoxaprope-p-etílico (82,5 g i.a ha^{-1}). O controle de pragas e doenças foi realizado sempre que necessário utilizando inseticida a base de acefato (562,5 g i.a ha^{-1}); clorantraniliprole (10 g i.a ha^{-1}); tiametoxam (50 i.a ha^{-1}), abamectina (8,1 i.a ha^{-1}) para controle de ácaro branco, e fungicida a base de tiofanato-metílico (147 g i.a ha^{-1}); mancozeb (1.200 g i.a ha^{-1}); procimidona (750 i.a ha^{-1}); fluazinam (500 i.a ha^{-1}), sendo este dois últimos específicos para o controle de mofo branco e aplicados no início do florescimento da cultura do feijão.

A adubação nitrogenada em cobertura do feijão foi realizada no estágio V_{4-5} tanto na safra de 2016 como de 2017, e ocorreu aos 21 dias após emergência das plantas, nos dias 30/05/2016 e 31/05/2017, no primeiro e segundo anos de cultivo, respectivamente. Foram utilizados 60 kg ha^{-1} de N, fonte uréia e logo em seguida a adubação, a área foi irrigada para diminuir perdas por volatilização da amônia com lâmina de 13 mm.

O florescimento (estádio R_6) do feijão aconteceu aos 39 dias após a emergência no dia 18/06/2016 e 19/06/2017, no primeiro e segundo anos de cultivo respectivamente. A colheita das parcelas de feijão foi realizada manualmente. No primeiro ano ocorreu aos 84 dias (01/08/2016) e no segundo ano aos 87 dias (05/08/2017) após emergência.

3.5 AVALIAÇÕES REALIZADAS

Cultura do milho

Para a determinação do comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos na fileira e número de grãos por espiga, foram coletas 6 espigas seguidas dentro de cada unidade experimental, fora da área útil, despalhadas e feito às análises posteriormente. Em relação à avaliação de massa de 100 grãos e produtividade na cultura do milho, nos três anos de cultivo, foram colhidas às 2 linhas centrais de 5 metros de cada parcela, com área útil de $9,0 \text{ m}^2$.

Massa seca da parte aérea de plantas de milho e por área (kg ha^{-1})

Por ocasião do florescimento das plantas de milho, aos 49 DAE para o primeiro ano e aos 53 DAE das plântulas para o segundo e terceiro anos, coletou-se 6 plantas de cada parcela em local pré-determinado, dentro da unidade experimental contando-as rente ao solo. As plantas permaneceram ao ar livre em barracão com ventilação natural, e em seguida, foram trituradas e acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa constante, para posterior pesagem com balança precisão ($0,1 \text{ g}$), onde se calculou a massa seca em gramas por planta (g planta^{-1}) e extrapolado para a área em kg ha^{-1} .

Altura de planta

Foi realizada por ocasião do pleno florescimento (estádio R1), medindo a distância entre a superfície do solo e a extremidade da inflorescência masculina, utilizando régua graduada em cm, amostrando 6 plantas em sequência na área útil ($9,0 \text{ m}^2$) de cada parcela, com dados expressos em metros.

Altura de inserção da primeira espiga

Foi determinada pela distância entre a superfície do solo e a inserção da espiga principal, em pleno florescimento feminino. Consideraram-se as mesmas 6 plantas utilizadas para a determinação da altura de planta, dados expressos em metros.

Diâmetro do colmo

Concomitante a determinação da altura de plantas, foi determinado o diâmetro de colmo nas mesmas 6 plantas. Considerou-se o diâmetro do segundo internódio, a partir da

base da planta, o qual foi mensurado utilizando paquímetro digital, com dados expresso em milímetros.

Comprimento de espiga

Foi realizada em 6 espigas coletadas aleatoriamente em local pré-determinado na parcela, após a despalha, medindo-se da base até o ápice das espigas utilizando régua graduada em cm, e os dados transformados em milímetros.

Diâmetro de espiga

Foi obtido em 6 espigas despalhadas, mensurando-se o diâmetro na porção mediana das espigas, utilizando as mesmas espigas da avaliação do comprimento.

Número de fileiras de grãos por espiga

Determinado pela contagem simples das fileiras das 6 espigas coletadas anteriormente.

Número de grãos na fileira

O número de grãos na fileira foi determinado pela contagem simples da quantidade de grãos por fileira das mesmas 6 espigas.

Número de grãos por espiga

Obtido pelo produto entre o número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos na fileira, nas 6 espigas de avaliação.

Massa de 100 grãos

Foi determinada após trilha mecânica das espigas colhidas nas 2 linhas centrais da área útil de cada parcela, onde coletaram-se 4 subamostras de 100 grãos por parcela, pesando-a em balança de precisão (0,01 g) para determinar a massa e a umidade da amostra através do medidor de umidade de grãos portátil, modelo GEHAKA G650i, corrigindo a massa dos grãos a umidade de 13% de base úmida.

Produtividade de grãos

Após colheita das espigas nas plantas em duas linhas centrais da área útil de cada parcela, as espigas foram submetidas à trilha mecânica, os grãos obtidos foram pesados e a massa transformados em kg ha^{-1} (umidade 13% de base úmida).

Produtividade média

A produtividade média foi calculada realizando a média aritmética da produtividade dos três anos de cultivo do milho, dados em kg ha^{-1} .

Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura e massa seca total

Massa seca da parte aérea das plantas de cobertura

Por ocasião do florescimento das plantas de cobertura, 90 DAE das plantas, foi coletada uma amostra de plantas contidas em um metro, em área pré-estabelecida, dentro de cada parcela. Cortaram-se as plantas rente ao solo e as amostras foram acondicionadas em sacos de papel identificados. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, em seguida, foram pesadas e quantificadas a produtividade de massa seca da área amostral e extrapolado para kg ha^{-1} .

Massa seca total da parte aérea cobertura vegetal (MSTC)

Após a colheita mecânica do milho da área experimental pela fazenda, dessecação e o manejo das coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas utilizando o triton para desintegração dos restos vegetais, coletaram-se duas amostras por parcela de material vegetal com o auxílio de um quadrado de metal de área amostral de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$), lançado aleatoriamente. As amostras coletadas foram acondicionadas em saco de papel identificado e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante. Em seguida, foi pesada e determinada a produção de massa seca total da parte aérea da cobertura vegetal da área amostral e extrapolado para kg ha^{-1} .

Teor de macronutrientes, concentração de C e relação C/N na cobertura vegetal

Teor e quantidade acumulada de macronutrientes nas coberturas vegetais

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas coberturas vegetais foram determinados após a avaliação da produção de massa seca total da parte aérea das coberturas vegetais, coletando-se uma subamostra de aproximadamente 40 g desse material utilizado para determinar a MSTC de cada parcela. As subamostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1,0 mm. As determinações de tais nutrientes foram realizadas em Laboratório da FE/UNESP – Ilha Solteira, conforme metodologias descritas por Malavolta *et al.* (1997), com os resultados expressos em g kg^{-1} de N, P, K, Ca, Mg e S.

A quantidade de nutrientes acumulada pela parte aérea das coberturas vegetais foram obtidos pelo produto entre os teores dos respectivos nutrientes determinados nas subamostras (g kg^{-1}) e a produção de massa seca de parte aérea das coberturas vegetais (kg ha^{-1}), com os resultados expressos em kg ha^{-1} de N, P, K, Ca, Mg e S.

Concentração de carbono orgânico total (C-total)

A concentração de carbono orgânico na parte aérea das coberturas vegetais foi determinada empregando a mesma subamostra utilizada para determinar o teor nutricional nas coberturas. A determinação foi realizada de acordo com o método de incineração via mufla à 550°C (LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - LANARV, 1988), com as seguintes modificações: secagem prévia das amostras em estufa a 105°C , por um período de 24 h, visando eliminar toda a água presente nos resíduos, como a higroscópica, a capilar ou de cristalização (RODELLA E ALCARDE, 1994) com os resultados expressos em % de C-total.

Relação C/N da parte aérea das coberturas vegetais

Foi determinado pela relação entre o teor de C-total e teor de N, após a avaliação do teor de nitrogênio e de carbono orgânico em cada amostra de massa seca da parte aérea das coberturas vegetais provenientes dos tratamentos envolvendo a cultura do milho solteiro e consorciado com gramíneas ou leguminosas.

Persistência das coberturas vegetais

Os “litter bags” foram instalados no mesmo dia da semeadura do experimento de feijão, em contato direto sobre o solo, na parcela correspondente e em 3 blocos.

Para avaliar a persistência dos resíduos da cobertura vegetal, aos 30; 60; 90 e 120 dias após o manejo retirava-se um “litter bag” de cada parcela, para avaliar a palhada remanescente e determinar o tempo de decomposição durante o período de 120 dias. Para isso, após coleta do “litter bags”, estes foram colocados em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 h, em seguida foram limpos em peneira e pesados para determinar a massa remanescente em relação à massa inicial, extrapolada para kg ha^{-1} .

Cultura do feijão

Para a avaliação da massa de 100 grãos e produtividade da cultura do feijão foram colhidas a quarta e a quinta linhas, com 5 metros de comprimento de cada parcela, com área

útil 4,5 m². Em relação à avaliação dos componentes da produção, foram coletadas, por ocasião da colheita, 6 plantas sucessivas na mesma linha na unidade experimental, em local pré-determinado, fora da área útil, para a avaliação de número de vagens por planta, grãos por planta e o número de grãos por vagem.

Massa seca da parte aérea das plantas

Por ocasião do florescimento pleno das plantas (estádio R₆), foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado de cada unidade experimental, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C até atingir massa constante. Posteriormente as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g planta⁻¹.

Teor de nitrogênio nas folhas

No florescimento pleno, foram coletadas 15 folhas com pecíolo, de acordo com metodologia de Ambrosano *et al.* (1997), em local pré-determinado de cada unidade experimental. Em seguida foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C por 72 horas. As folhas foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas à análise do teor de N, conforme método proposto por Malavolta *et al.* (1997).

Componentes da produção

Número de vagens por planta: determinado pela relação entre o número total de vagens pelo número de plantas.

Número de grãos por planta: calculado pela relação entre o número total de grãos por número de plantas.

Número médio de grãos por vagem: obtido pela relação entre o número total de grãos por número total de vagens.

Massa de 100 grãos

Foi obtida após a trilha mecânica das plantas da área útil, coletando-se ao acaso 4 subamostras de 100 grãos por parcela, pesando-a em balança de precisão (0,01 g) para determinar a massa e a umidade da amostra com uso do medidor de umidade de grãos portátil, modelo GEHAKA G650i, corrigindo a massa dos grãos a umidade de 16% de base úmida.

Produtividade de grãos

As plantas de 2 linhas de 5 metros da área útil de cada parcela foram arrancadas e colocadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas à trilha mecânica, os grãos obtidos foram pesados e a massa transformados em kg ha^{-1} (umidade 16% de base úmida).

Avaliação dos atributos químicos do solo

Ao final do segundo ano de cultivo do experimento de feijão, em agosto/setembro de 2017, foi realizado a coleta de solo para a avaliação final dos atributos químicos (RAIJ *et al.*, 2001) da área experimental, com intuito de avaliar o desempenho dos diferentes sistemas de produção. Após a colheita dos grãos de feijão, realizou-se a coleta de subamostras de solo, em quatro pontos distintos, na entrelinha de cultivo em cada unidade experimental, com auxílio do trado de rosca na camada de 0,00 a 0,20 m. Na sequência, as subamostras foram homogeneizadas, originando uma amostra composta e encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira para determinação dos atributos químicos.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do experimento do milho exclusivo ou consorciado e feijão inoculado em sucessão foram submetidos ao teste F da análise de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Constatado resultado significativo pelo teste F ($p < 0,05$), foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), no experimento do milho para os manejos de solo e a consorciação do milho e no experimento de feijão para os manejos de solo, coberturas vegetais do milho e seus consórcios antecessores e da inoculação de sementes.

A decomposição/persistência da palhada foi avaliada conforme modelos matemáticos propostos por Wider e Lang (1982) na utilização do método do “litter bag”, adotando-se a equação com maior coeficiente de determinação (R^2) ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CULTURA DO MILHO

Em relação à altura de plantas de milho foi constatada diferença significativa para os manejos de solo (Tabela 3), com maior altura de plantas na safra 2016/17 quando cultivado em cultivo mínimo, provavelmente essa diferença se deva aos diferentes híbridos de milho utilizados no presente experimento. Ademais, no primeiro ano de cultivo, houve interação significativa entre os manejos de solo e os consórcios com o milho.

Tabela 3 - Valores médios de altura de plantas e de inserção de espiga de milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Altura planta (m)			Altura inserção espiga (m)		
	Ano					
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
Manejo de solo (M)						
Plantio direto	2,65	2,61b	2,47	1,26a	1,20	1,13
Cultivo mínimo	2,60	2,66a	2,46	1,19b	1,21	1,14
DMS	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
Consórcio (C)						
Milho exclusivo	2,64	2,62	2,47	1,23	1,21	1,13
Milho + UR	2,59	2,66	2,46	1,20	1,21	1,14
Milho + UB	2,63	2,61	2,45	1,24	1,20	1,13
Milho + CS	2,59	2,65	2,46	1,20	1,24	1,12
Milho + GA	2,66	2,64	2,48	1,26	1,19	1,14
DMS	0,07	0,08	0,07	0,07	0,05	0,08
M	10,07 ^{**}	10,77 ^{**}	0,98 ^{ns}	16,44 ^{**}	1,39 ^{ns}	0,18 ^{ns}
Valor F C	2,56 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,87 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,19 ^{ns}
M x C	3,42 [*]	1,06 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,15 ^{ns}
CV (%)	1,99	2,08	2,01	4,12	3,09	4,84

⁽¹⁾ ns - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento da interação significativa para a altura de plantas de milho (Tabela 4), verificou-se maior altura de plantas quando o milho foi consorciado com a *C. spectabilis* no sistema plantio direto comparado ao cultivo mínimo. Para os consórcios dentro dos manejos de solo, constatou-se que houve efeito apenas no cultivo mínimo, onde a maior altura foi observada no consórcio milho com o guandu anão em relação aos consórcios com *C. spectabilis* ou *U. ruziziensis*. Isso, possivelmente, ocorreu devido ao guandu anão apresentar um porte mais alto em comparação às outras espécies usadas nos consórcios, influenciando na competição do milho por luz principalmente, levando a planta de milho ao estiolamento.

Tabela 4 - Desdobramento da interação significativa entre manejo de solo e milho consorciado ou não para a altura de plantas (m) de milho na safra 2015/16. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Manejo de solo	Consórcio				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	2,66	2,62	2,66	2,67 a	2,64
Cultivo mínimo	2,62 AB	2,56 B	2,60 AB	2,52 bB	2,68 A

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas minúscula na coluna e maiúscula nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para a altura de inserção de espiga, verificou-se diferença significativa para o primeiro ano de cultivo (Tabela 3), com maior altura de espigas quando o milho foi cultivado no SPD em relação ao cultivo mínimo, entretanto, no segundo e terceiro ano não se constatou diferença para a altura de inserção de espigas.

Foi observado que as espécies vegetais pesquisadas no consórcio com o milho, não influenciaram para o estiolamento do cereal, visto que, não houve diferença significativa entre o cultivo do milho exclusivo e o consorciado, tanto na altura de plantas quanto na altura de inserção de espiga de milho, concluindo que não ocorreu competição por luz principalmente e nutrientes entre o milho e as consorciações no presente experimento. Provavelmente, o fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi suficiente para suprir a demanda da cultura principal pelo nutriente mais exigido.

Corroborando com dados obtidos por Kappes *et al.* (2013b) que estudando o cultivo do milho, sobre coberturas vegetais, manejos de solo em SPD e doses de N em cobertura, constataram maior altura de plantas de milho em SPD em ambos os anos em relação ao cultivo mínimo escarificado ou com grade aradora pesada, e maior altura de inserção de

espiga somente no primeiro ano em SPD, relatando que o revolvimento do solo devido a incorporação e decomposição mais rápida dos resíduos culturais, tenha proporcionado maior evaporação da água nele retida, em razão da elevação da temperatura, o que poderia ter prejudicado o desenvolvimento das plantas, assemelhando ao ocorrido no presente experimento no primeiro ano com decomposição mais acelerada dos nutrientes em área escarificada. Já Giacomeli *et al.* (2016) avaliando a semeadura do milho em área escarificada com diferentes tipos de sulcadores em semeadora, verificaram maior altura de inserção de espiga em área que realizou-se a escarificação em relação a área onde foi realizada a semeadura com disco duplo desencontrado, devido a escarificação ter reduzido a resistência do solo à penetração mecânica.

No tocante a consorciação com o milho, resultados se assemelham aos encontrados por Gitti *et al.* (2012), que ao cultivarem o milho exclusivo e consorciado com leguminosas semeadas em diferentes épocas na sua entrelinha de 0,90 m, também não verificaram diferença significativa para a altura de plantas e altura de inserção de espiga entre o cultivo do milho exclusivo e o consorciado com as *C. juncea* ou *C. spectabilis*, e concluíram que durante os estádios vegetativos até o estágio VT (pendoamento), o milho não teve competição suficiente com as crotalárias ao ponto de reduzir seu crescimento longitudinal.

Pesquisas realizadas por Oliveira *et al.* (2010), avaliando o milho em consórcio com o guandu anão ou a *C. spectabilis*, quando fornecido 90 kg ha⁻¹ de N ao sistema, em Santo Antônio de Goiás-GO, resultaram na redução da altura de inserção de espiga em relação ao milho exclusivo, enquanto que em Ipameri-GO não houve diferenças para os mesmos tratamentos, inclusive quando consorciado com *U. brizantha*, relatando que a altura de inserção da espiga seja dependente de N e dos consórcios utilizados. Pariz *et al.* (2009) estudando o cultivo do milho (0,90 m) consorciado com *Panicum* (cv. Tanzânia e Mombaça) e *Urochloa* (*ruziziensis* e *brizantha* cv. Marandu), verificaram que os cultivos consorciados com estas forrageiras não afetaram a altura de inserção da espiga em relação ao cultivo do milho exclusivo.

Entretanto, Kappes e Zancanaro (2015) averiguando o cultivo do milho (0,90 m) consorciado na entrelinha com as crotalárias ou *U. ruziziensis*, na 1ª safra, observaram maior altura de plantas para o milho consorciado com a *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis* em comparação ao cultivo do milho exclusivo e o opostos para na 2ª safra. Souza (2016) verificando o cultivo de milho exclusivo (0,90 m) e consorciado com *U. ruziziensis* ou *C. spectabilis* com semeadura simultânea em fileira dupla na entrelinha do milho, observou que

o cultivo do cereal com a leguminosa proporcionou maior altura de plantas em relação aos demais tratamentos e não houve diferença para altura de inserção da espiga.

Os valores médios de diâmetro do colmo e de comprimento de espiga estão apresentados na Tabela 5, onde se verifica que os manejos de solo não influenciaram tais atributos.

Tabela 5 - Valores médios de diâmetro do colmo e comprimento de espiga de milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Diâmetro colmo (mm)			Comprimento espiga (mm)		
	Ano					
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
Manejo de solo (M)						
Plantio direto	22,8	21,6	21,0	184,2	150,7	163,8
Cultivo mínimo	22,5	21,5	21,5	185,4	150,9	164,9
DMS	0,8	0,7	0,5	4,5	4,2	4,7
Consórcio (C)						
Milho exclusivo	23,4	22,0	21,7	190,0	156,4a	164,0
Milho + UR	22,7	21,3	21,3	187,2	146,8b	161,6
Milho + UB	22,5	21,7	21,1	185,7	149,1ab	164,0
Milho + CS	22,4	22,0	21,2	180,0	153,4ab	166,5
Milho + GA	22,4	20,7	21,2	181,0	148,2ab	165,6
DMS	1,9	1,7	1,3	10,2	9,5	10,6
M	0,67 ^{ns}	0,17 ^{ns}	3,42 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Valor F C	0,78 ^{ns}	1,76 ^{ns}	0,54 ^{ns}	2,92 ^{ns}	2,97*	0,52 ^{ns}
M x C	1,01 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,13 ^{ns}
CV (%)	5,70	5,43	4,19	3,78	4,34	4,42

⁽¹⁾ ns - não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

As gramíneas e leguminosas pesquisadas no consórcio com o milho não afetaram negativamente o diâmetro do colmo. Além disso, durante na condução do experimento não foram observadas plantas acamadas na área experimental, sendo uma grande vantagem para a

recomendação e utilização da técnica de consorciação na cultura do milho, pois, segundo Kappes e Zancanaro (2015), o diâmetro de colmo é a característica morfológica que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebramento de plantas na cultura do milho, muitas vezes acarretando prejuízo ao produtor no momento da colheita. Ademais, o diâmetro de colmo é muito importante para a obtenção de altas produtividades, pois plantas com maiores diâmetros apresentam maior capacidade em armazenar fotoassimilados que contribuirão no enchimento dos grãos (KAPPES *et al.*, 2011).

Pesquisa realizada por Takasu *et al.* (2014), avaliando o cultivo de milho em diferentes densidades de semeadura e preparo de solo, também não encontraram diferenças significativas para o diâmetro do colmo e o comprimento de espiga em relação ao SPD e o preparo convencional com grade aradora. Tsumanuma (2004) conduzindo ensaio de milho (0,70 m) consorciado na entrelinha com três espécies de *Urochloa* (*brizantha*, *decumbens* e *ruziziensis*), concluiu que as consorciações não alteram o diâmetro do colmo quando comparado ao milho em cultivo exclusivo. Entretanto, Kappes e Zancanaro (2015) avaliando sistemas de consórcios de *U. ruziziensis* e de crotalárias com a cultura do milho, no verão e na “safrinha”, constataram que no verão houve maior diâmetro do colmo em milho consorciado com *C. spectabilis* em comparação ao milho exclusivo (0,90 m) ou consorciado com a *U. ruziziensis* e na “safrinha” o milho em cultivo exclusivo ou consorciado com a *U. ruziziensis* tiveram maior diâmetro que o milho consorciado com a *C. spectabilis*, isso se deve provavelmente as boas condições edafoclimáticas da região, minimizando o fator competição entre as espécies consorciadas como água, luz e nutrientes.

Em relação ao comprimento de espiga, na safra 2016/17 verificou-se diferenças significativas para as consorciações com milho, onde o maior comprimento foi obtido em cultivo de milho exclusivo em relação ao milho consorciado com a *U. ruziziensis*, podendo ter ocorrido competição interespecífica por luz e nutrientes, principalmente durante o estágio V₁₂ até o pendoamento, período onde ocorre a definição do tamanho da espiga. Em contrapartida, Richart *et al.* (2010) não verificaram diferenças significativas para o comprimento de espiga entre o cultivo do milho exclusivo (0,70 m) ou em consórcio com a *U. ruziziensis* na entrelinha, independente da época de semeadura, possivelmente não ocorreu competição por nutrientes, devido ao fornecimento nutricional adequado via adubação de semeadura.

O diâmetro da espiga e o número de grãos por fileira na espiga não foram influenciados pelos manejos de solo (Tabela 6). Na safra 2017/18, obteve-se maior diâmetro de espiga no cultivo do milho de forma exclusiva ou consorciado com a *C. spectabilis*, podendo ter havido maior disponibilidade de nutriente no cultivo exclusivo e menor

competição nutricional na consorciação com a *C. spectabilis* quando comparado ao consórcio com a *U. brizantha*. Observou na safra 2015/16 maior número de grãos por fileira no cultivo do milho consorciado com a *U. ruziziensis* em comparação aos demais consorciações com o milho, devido ao maior comprimento das espigas, sem diferença significativa, dessa consorciação.

Tabela 6 - Valores médios de diâmetro de espiga e número de grãos por fileira no milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Diâmetro espiga (mm)			Número de grãos por fileira (unid.)		
	Ano					
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
Manejo de solo (M)						
Plantio direto	49,4	49,1	53,7	30	31	31
Cultivo mínimo	49,8	49,3	54,1	30	31	31
DMS	0,7	1,1	0,8	1	1	1
Consórcio (C)						
Milho exclusivo	49,6	49,5	54,6 a	31 ab	32	31
Milho + UR	49,5	49,6	53,1 ab	32 a	31	30
Milho + UB	49,0	49,0	52,7 b	29 bc	31	31
Milho + CS	49,9	48,7	54,8 a	28 c	31	31
Milho + GA	50,0	49,4	54,2 ab	29 bc	32	31
DMS	1,7	2,6	1,8	2	3	2
M	1,20 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,32 ^{ns}	2,56 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Valor F C	0,92 ^{ns}	0,31 ^{ns}	4,61 ^{**}	6,37 ^{**}	0,33 ^{ns}	0,59 ^{ns}
M x C	1,44 ^{ns}	1,43 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	2,35	3,62	2,29	4,23	6,34	5,58

(1) ^{ns} - não significativo; ^{**} - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão. Fonte: Dados da pesquisa do autor.

O diâmetro da espiga é uma característica produtiva estreitamente relacionada com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, e também influenciadas pelo genótipo (OHLAND *et al.*, 2005). Segundo Balbinot Jr. *et al.* (2005), o número de grãos por fileira interfere diretamente no comprimento de espiga e é o componente de produção que

apresenta a melhor correlação com a produtividade. Kappes *et al.* (2013a) avaliando o milho cultivado em diferentes coberturas vegetais e preparo de solo também não verificaram diferenças significativas para o diâmetro da espiga e no número de fileiras de grãos entre os preparos de solo (SPD, cultivo mínimo escarificado e preparo com grade pesada).

Modesto (2017) estudando o efeito do milho (0,45 m) consorciado ou não com capim Marandu, semeado na entrelinha e a influência do tratamento de sementes com e sem inoculante (*A. brasilense*) em área irrigada e de sequeiro em dois anos de cultivo, observou que em área irrigada o comprimento de espiga e o diâmetro de espiga não foram influenciados pelos tratamentos testados e ambos os anos agrícolas. Na área de sequeiro e no segundo ano da pesquisa constatou que o milho em cultivo exclusivo e sem inoculação produziu espigas menores em relação aos demais tratamentos, inclusive o milho consorciado com a *U. brizantha* cv. Marandu sem inoculação, enquanto que para o diâmetro de espiga não houve diferenças entre os tratamentos.

Dados contrários ao presente estudo foram encontrados por Gitti *et al.* (2012), onde não verificaram diferença significativa para o número de grãos por fileira ao se comparar o cultivo consorciado do milho (0,90 m) com *C. spectabilis* e o milho exclusivo (0,90 m) em área irrigada. Porém, em relação ao número de fileiras por espiga, esses mesmos autores não constataram diferenças significativas para os tratamentos testados. De acordo com Lopes *et al.* (2007), as relações entre as características de espigas são dependentes dos genótipos, muito pouco variável com as práticas culturais, o que pôde ser constatado também no presente experimento, com variação em diferentes safras e híbridos.

Os valores médios de número de fileiras de grãos e o número de grãos por espiga estão apresentados na Tabela 7. Fazendo uma correlação entre o maior diâmetro de espigas com espigas mais compridas verificou-se que não resultou em maior número de grãos por fileira e de fileiras de grãos por espiga e, por conseguinte não influenciou na quantidade de grãos por espiga, visto que não foi observadas diferenças significativas para esse componente de produção nos três anos de condução da pesquisa sobre o cultivo do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas e os manejos de solo. Para o número de grãos por espiga na safra 2015/16 houve interação significativa entre os fatores estudados.

Resultados que corroboram com o encontrado por Tsumanuma (2004) que avaliando a consórcio do milho com espécies de *Urochloa*, não verificou diferenças significativas para o número de grãos por fileiras, de fileiras de grãos e de grãos por espiga em comparação ao cultivo do milho exclusivo. Também Cruz *et al.* (2009) não constataram diferenças significativas para o número de fileiras de grãos entre o cultivo do milho exclusivo ou

consorciado com a *U. decumbens* e para os sistemas de preparo do solo (SPD, cultivo mínimo e preparo convencional). Gallo *et al.* (2018), estudando diferentes arranjos de consórcio do guandu anão com o milho (0,90 m) verificaram que o cultivo exclusivo do milho ou em consórcio com o guandu anão nas suas entrelinhas não afetaram o número de grãos por fileira, de fileira de grãos por espiga e o de grãos por espiga.

Tabela 7 - Valores médios de número de fileiras de grãos e grãos por espiga de milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Número de fileiras de grãos (unid.)			Grãos por espiga (unid.)		
	Ano					
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18
Manejo de solo (M)						
Plantio direto	16	18	18	487	568	574
Cultivo mínimo	16	18	18	483	587	578
DMS	1	1	1	18	27	19
Consórcio (C)						
Milho exclusivo	16	18	18	497	586	589
Milho + UR	16	18	18	504	571	565
Milho + UB	16	18	18	465	576	568
Milho + CS	16	18	18	474	569	575
Milho + GA	16	18	18	485	589	582
DMS	1	1	1	41	62	43
M	0,89 ^{ns}	2,76 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Valor F C	0,94 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,87 ^{ns}
M x C	1,20 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,75*	0,22 ^{ns}	1,71 ^{ns}
CV(%)	4,54	4,00	3,08	7,36	5,19	7,36

⁽¹⁾ ns - não significativo; * - significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

A não resposta no aumento do número de fileiras de grãos por espiga pelos fatores considerados neste estudo comprova que tal característica produtiva está mais relacionada ao fator genótipo do que com as práticas de manejos utilizados na cultura, como citado por

Freitas *et al.* (2013), que relataram que o número de fileiras de grãos é uma característica de elevado controle genético e pouco influenciado por fatores abióticos.

No desdobramento da interação significativa para o número de grãos por espiga na safra 2015/16 (Tabela 8), observa-se no manejo de solo dentro de cada consorciação que quando o milho foi cultivado exclusivamente em cultivo mínimo e consorciado com o guandu anão no sistema plantio direto, resultaram em maior número de grãos por espiga, no cultivo mínimo pode ser devido à escarificação incorporar parte do material vegetal sobre a superfície do solo, melhorando a disponibilidade de nutrientes pela mineralização no cultivo do milho exclusivo. Para os consórcios dentro de cada manejo, obteve-se maior número de grãos em sistema plantio direto quando o milho foi consorciado com o guandu anão ou a *U. ruziziensis* e em cultivo mínimo quando o milho foi cultivado de forma exclusiva ou em consórcio com a *U. ruziziensis*, no consórcio do milho com a forrageira o maior comprimento de espiga acarretou no maior número de grãos por espiga em ambos os manejos de solo.

Tabela 8 - Desdobramento da interação significativa entre manejo de solo e milho consorciado ou não para o número de grãos por espiga na safra 2015/16. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Manejo de solo	Consórcio				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	475 bB	511 A	460 B	479 B	508 aA
Cultivo mínimo	519 aA	496 A	469 B	469 B	462 bB

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas minúscula na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Entretanto, Salomão (2017) avaliando o consórcio do milho (0,45 m) com gramíneas ou leguminosas semeadas nas entrelinhas, não verificou diferenças na “safra” para o número de grãos por fileira e quantidade de grãos por espiga no cultivo do milho exclusivo ou consorciado com *C. spectabilis*, guandu anão, *U. brizantha* ou *U. ruziziensis*, relatando que não ocorreu competição entre as espécies. Na “safrinha”, o cultivo do milho com a *U. ruziziensis* resultou em menor quantidade de fileiras de grãos, com maior número de grãos por fileira no cultivo do milho exclusivo em relação ao consorciado com *U. ruziziensis*. Assim, o consórcio do milho com a *U. ruziziensis* acarretou no menor número de grãos por espiga em relação ao cultivo do milho exclusivo ou consorciado com a *U. brizantha*, ou *C. spectabilis*,

porém não diferindo da consorciação com o guandu anão, devido a maior competição interespecífica, além da quantidade de grãos por espiga estar diretamente relacionado com o número de fileiras e de grãos por fileira. Souza (2016) também verificou maior número de grãos por espiga em cultivo do milho exclusivo em relação ao consorciado com a *C. spectabilis* e não diferindo do consorciado com *U. ruziziensis*, afirmando que o cultivo consorciado depende das espécies utilizadas e do manejo realizado nas culturas de cobertura.

Em relação à massa de 100 grãos (Tabela 9) constatou-se que não houve influência dos manejos de solo, e na safra 2016/17, o milho consorciado com o guandu anão produziu grãos mais pesados em relação o consórcio com a *U. brizantha*. Esta menor massa de 100 grãos no consórcio com a *U. brizantha* possivelmente foi devido a competição após a época de florescimento do cereal com a forrageira por luz e nutrientes, que segundo Andrade *et al.* (2002) é um período crítico na determinação do número de grãos, que influenciará a translocação de fotoassimilados para a espiga e os acréscimos na produtividade.

De acordo com Kappes e Zancanaro (2015), a massa de 1000 grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Ademais, esses autores obtiveram na “safrinha” maiores valores de massa de grãos no cultivo do milho exclusivo ou consorciado com a *C. spectabilis* em relação à consorciação com a *U. ruziziensis*, devido a maior competição da forrageira com o milho ante a leguminosa.

Dados obtidos na presente pesquisa se assemelham aos encontrados por Pereira *et al.* (2009) que estudando o cultivo do milho em diferentes preparo do solo (SPD, cultivo mínimo com aração, preparo convencional e Integração lavoura pecuária-ILP consorciado com *U. decumbens*) concluíram que os sistemas de preparo do solo não influenciaram a massa de 100 grãos, enquanto que para a produtividade, verificaram maiores valores nas áreas de SPD e ILP em relação aos demais tratamentos. Borghi e Crusciol (2007) avaliando a modalidade de consorciação da *U. brizantha* cv. Marandu com o milho também obtiveram menor massa de 100 grãos quando a forrageira foi cultivado na entrelinha do milho de 0,90 m em relação ao milho exclusivo, supondo que as plantas de milho consorciado com a forrageira apresentavam menor área foliar em comparação ao cultivo exclusivo no momento do florescimento. Paz *et al.* (2017) estudando o desempenho e produtividade do milho consorciado com leguminosas em sistema orgânico também não verificaram diferenças para a massa 100 grãos entre o cultivo do milho exclusivo e o milho consorciado com o guandu anão, assemelhando aos resultados obtidos nos três anos agrícolas do experimento, demonstrando que o cereal possui elevado potencial de competição em relação a espécie utilizado na consorciação.

Tabela 9 - Valores médios de massa de 100 grãos, produtividade e produtividade média de 3 anos em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa de 100 grãos			Produtividade			Prod média	
	(g)			(kg ha ⁻¹)			(kg ha ⁻¹)	
	Ano							
	15/16	16/17	17/18	15/16	16/17	17/18	3 anos	
Manejo de solo (M)								
Plantio direto	30,3	27,9	29,0	7.246 a	9.416	7.698b	8.120	
Cultivo mínimo	30,0	28,0	28,5	6.098 b	9.565	8.136a	7.933	
DMS	0,7	0,5	0,7	704	593	362	319	
Consórcio (C)								
Milho exclusivo	30,6	28,1ab	28,3	6.553	9.441	8.216a	8.070	
Milho + UR	30,4	28,0ab	28,4	6.855	9.190	7.074b	7.706	
Milho + UB	29,5	27,0b	29,2	6.510	9.263	7.694ab	7.822	
Milho + CS	30,1	27,9ab	28,5	6.828	9.442	8.261a	8.177	
Milho + GA	30,1	28,7a	29,1	6.614	10.119	8.342a	8.359	
DMS	1,7	1,2	1,6	1.585	1.335	815	718	
Valor F	M	0,97 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,90 ^{ns}	11,18 ^{**}	0,26 ^{ns}	6,15 [*]	1,44 ^{ns}
	C	0,95 ^{ns}	3,90 [*]	1,07 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,29 ^{ns}	7,37 ^{**}	2,30 ^{ns}
	M x C	0,99 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,54 ^{ns}
CV (%)	3,87	2,99	3,90	16,26	9,63	7,05	6,13	

⁽¹⁾ ns - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para a produtividade de grãos da cultura (Tabela 9), na safra 2015/16 obteve-se maior produtividade em sistema plantio direto, enquanto na safra 2017/18 a maior produtividade foi em cultivo mínimo e ainda nesta safra verificou-se que o milho em consórcio com a *U. ruziziensis* acarretou em menor produtividade em relação ao cultivo do milho exclusivo ou em consórcio com as leguminosas. Resultado que está associado à maior competição interespecífica por recursos disponíveis, luz e nutrientes, ressaltando que foram fornecidos 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura ao milho, somado a quantidade de grãos por espiga na consorciação

do milho com a *U. ruziziensis* na safra 2017/18, que foi numericamente menor em comparação ao cultivo do milho exclusivo ou consorciado com as leguminosas.

Na média dos três anos de cultivo, a produtividade do milho não foi influenciada pelos manejos de solo e pelas espécies consorciadas com o milho, assim, o emprego de leguminosas ou gramíneas na consorciação simultâneas com o milho apresenta viabilidade podendo resultar em benefícios para os sistemas de produção, principalmente na melhora da cobertura vegetal. A não diferença significativa entre os manejos de solo para a produtividade média dos três anos de cultivo pode ser em virtude da duração das alterações nas variáveis indicadoras do estado estrutural do solo, como densidade, porosidade total e macroporosidade do solo, que após escarificação mecânica ser inferior a uma safra agrícola, de acordo com Drescher *et al.* (2016).

No primeiro ano de cultivo, a maior produtividade em sistema plantio direto quando comparado ao cultivo mínimo, provavelmente ocorreu pelo fato de que em ano com ocorrência de deficiência hídrica, quase sempre são registradas perdas de produtividade nas áreas onde há algum revolvimento do solo quando comparado ao SPD, de acordo com Crusciol e Soratto (2010). Na presente pesquisa, na safra 2015/16 após o pendoamento do milho, a localidade passou por um período de 20 dias de déficit hídrico, podendo ter refletido na menor produtividade do milho na área de cultivo mínimo e sendo agravado pelos problemas com o pivô central, inviabilizando a irrigação suplementar da área. No terceiro ano de cultivo, a estruturação do perfil do solo pode ter contribuído para uma maior produtividade em área de cultivo mínimo quando comparado ao SPD.

Resultados estes que confirmam aos obtidos por Debiasi *et al.* (2010) que verificaram em Argissolo Vermelho a escarificação reduziu significativamente a produtividade do milho em relação ao sistema de plantio direto contínuo. Segundo os autores, tal fato foi associado aos valores excessivamente baixos de densidade do solo e altos de macroporosidade na área escarificada, o que provavelmente reduziu a disponibilidade de água. Entretanto, Mahl *et al.* (2008) avaliando o cultivo do milho em SPD e área escarificada, e em dois momentos de semeadura do cereal, não verificaram diferenças para a produtividade de grãos nos diferentes manejos de solo e para as épocas de semeadura, concluíram que os valores de resistência do solo à penetração não foram impeditivos ao desenvolvimento da cultura do milho.

Outro motivo dessa menor produtividade no primeiro ano de cultivo do milho consorciado em área de cultivo mínimo poderia estar relacionado à irrigação por pivô central que ameniza os efeitos negativos da compactação do solo em SPD, segundo Debiasi (2008).

As respostas obtidas com as espécies utilizadas na consorciação corroboram aos encontrados por Gitti *et al.* (2012), concluíram que o consórcio do milho (0,90 m) com a *C. spectabilis* pode ser feito de forma simultânea nas entrelinhas do cereal sem que a massa de 100 grãos e a produtividade sejam alterados, além de não interferir na operação de colheita. Kappes e Zancanaro (2015) também não verificaram diferenças significativas para a produtividade do milho primeira safra quando compararam o cultivo do milho exclusivo (0,90 m) com os consorciados com *C. spectabilis* ou a *U. ruziziensis* nas entrelinhas do milho. Porém, as maiores produtividades foram obtidas semeando o milho a 0,45 m e com a distribuição da *C. spectabilis* na linha de semeadura ou a lanço e a *U. ruziziensis* na linha. Nas pesquisas de Santos *et al.* (2014a) também não constaram diferenças significativas para a produtividade de grãos de milho ao avaliarem o efeito do cultivo do milho (0,90 m) consorciado e épocas de semeadura de plantas de cobertura nas suas entrelinhas. No cultivo do milho exclusivo produziu 6.746 kg ha⁻¹, e no consórcio com a *U. ruziziensis* 7.806 kg ha⁻¹, com *U. brizantha* foi 7.388 kg ha⁻¹, com *C. spectabilis* 7.047 kg ha⁻¹ e com o guandu anão 6.523 kg ha⁻¹ de grãos.

Nos estudos de Richart *et al.* (2010), embora tenha sido conduzido na “safrinha”, também observaram redução na produtividade do milho (0,70 m) consorciado simultaneamente com *U. ruziziensis* na entrelinha em comparação ao milho exclusivo, afirmando que em condições de restrição hídrica, a forrageira por ser uma espécie mais rústica e ter um desenvolvimento mais vigoroso quando comparado ao milho, ocasionou competição entre as espécies por água, nutrientes e espaço. Entretanto, Pariz *et al.* (2009) verificaram que o consórcio do milho com a *U. ruziziensis* resultou em maior produtividade de grãos de milho em comparação à semeadura simultânea de milho com o capim Marandu e que ambos os consórcios não diferiram do milho cultivado exclusivamente, porém nesse trabalho a maior produtividade foi obtida na consorciação com o capim tânzania.

Chioderoli *et al.* (2012) observaram que o cultivo consorciado do milho com *U. ruziziensis* ou a Marandu não afetaram a produtividade do milho e a massa de 1000 grãos, concluíram que o consórcio do milho com *Urochloas* além de não alterar a produtividade do milho incrementou o aporte de massa seca no sistema de produção sob plantio direto. Fato confirmado com os resultados obtidos no presente experimento, onde nos dois primeiros anos e na média dos três anos, o consórcio do milho com as gramíneas não afetaram a produtividade do cereal e houve aporte de cobertura vegetal para o sistema de produção.

Heinrichs *et al.* (2005) estudando o consórcio de leguminosas (guandu anão, *C. spectabilis*, feijão de porco e mucuna anã) nas entrelinhas do milho não verificaram, no

primeiro ano de cultivo, diferenças para a produtividade de grãos entre as consorciações. No segundo ano, constataram maior produtividade no consórcio com o feijão de porco e sem diferença entre os demais. Arf *et al.* (2018) avaliando também o consórcio do milho com leguminosas e incluindo uma forrageira no sistema, no primeiro ano do experimento, verificaram que o consórcio com guandu anão ou *C. spectabilis* em relação ao milho exclusivo não diferiram entre si, enquanto que no segundo ano, a consorciação com o feijão de porco resultou em menor produtividade de grãos, relatando que devido a espécie possuir um rápido desenvolvimento inicial comparado com outras plantas de cobertura o que pode ter prejudicado a disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho.

Assim, o sucesso do consórcio entre milho e leguminosas ou gramíneas, além de ser intrínseco à escolha da espécie e ao método de implantação, estão diretamente relacionadas às condições edafoclimáticas e ao local/ambiente de cultivo, visto que no presente estudo verificou-se diferenças entre os consórcios somente no terceiro ano de cultivo com o consórcio do milho com a *U. ruziziensis* ocasionando redução na produtividade. Já Oliveira *et al.* (2010), em Santo Antônio do Goiás-GO, constataram redução de 12% da produtividade de grãos de milho, consorciado com *C. spectabilis*, quando comparado com o monocultivo de milho com a mesma dose de nitrogênio em cobertura (90 kg ha^{-1} de N). Contudo, em Ipameri-GO não observaram diferenças significativas para a produtividade e concluíram que o consórcio com guandu anão ou a *C. spectabilis* quando fornecido 90 kg ha^{-1} de N para o milho pode ser considerado viável, uma vez que não diminuiu a produtividade de grãos. Estes autores, ainda atestam que a consorciação da *U. brizantha* não interfere na produtividade de grãos de milho, desde que a demanda do milho por N seja suprida pelo fertilizante mineral.

4.2 MASSA SECA DE PARTE AÉREA DA PLANTA DE MILHO, DA COBERTURA VEGETAL, TEOR DE CARBONO, RELAÇÃO C/N E TEOR DE MACRONUTRIENTES NA COBERTURA VEGETAL

Em relação aos valores médios de massa seca de parte aérea da planta de milho, nos três anos de cultivo, verificou-se que não foi afetada pelos manejos de solo (Tabela 10). Para o milho consorciado ou não, somente na safra 2017/18 foi observado diferença significativa, onde o milho em cultivo exclusivo ou consorciado com o guandu anão resultou em planta de maior massa seca em relação ao consórcio do milho com a *U. ruziziensis*. Neste consórcio provavelmente ocorreu maior competição interespecífica por espaço, luz e nutriente principalmente, reduzindo a massa seca da planta de milho.

Tabela 10 - Valores médios de massa seca da parte aérea de planta de milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa seca (g planta ⁻¹)			
	Ano -----			
	15/16	16/17	17/18	Média
Manejo de solo (M)				
Plantio direto	151,4	149,9	148,3	149,9
Cultivo mínimo	161,3	157,0	155,3	157,9
DMS	19,0	8,6	9,3	8,0
Consórcio (C)				
Milho exclusivo	155,9	158,2	159,9 a	158,0
Milho + UR	160,7	145,8	139,4 b	148,6
Milho + UB	142,7	158,6	146,0 ab	149,1
Milho + CS	153,9	156,4	153,4 ab	154,5
Milho + GA	168,6	148,2	160,3 a	159,1
DMS	42,8	19,5	18,5	18,1
M	1,12 ^{ns}	2,83 ^{ns}	2,40 ^{ns}	4,13 ^{ns}
Valor F C	0,84 ^{ns}	1,61 ^{ns}	3,19 [*]	1,22 ^{ns}
M x C	0,70 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,45 ^{ns}
CV (%)	18,76	8,70	9,43	8,07

(1) ^{ns} - não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Estabelecendo uma correlação entre a quantidade de massa seca produzida pela planta de milho e a sua produtividade de grãos, pode-se afirmar que estes dois parâmetros têm grande correspondência, visto que o consórcio do milho com *U. ruziziensis*, na safra 2017/18, acarretou em menor massa seca de planta de milho em comparação ao cultivo do milho exclusivo ou consorciado com o guandu anão, conseqüentemente resultou também em menor produtividade de grãos do cereal (Tabela 9). Segundo Kappes e Zancanaro (2015), a maior massa seca da planta de milho produzida, podendo aumentar a disponibilidade de nutrientes para os grãos de milho, principalmente de N, aumentando a produtividade da cultura.

Kappes *et al.* (2013b), avaliando o cultivo do milho sobre plantas de cobertura, diferentes preparos de solo e doses de N em cobertura, também não verificaram diferenças

para a massa seca da planta de milho no primeiro ano de cultivo em relação aos preparos de solo, porém no segundo ano de cultivo, constataram maior massa seca de planta cultivando o milho em SPD ($133,7 \text{ g planta}^{-1}$) em relação ao cultivo escarificado ($127,5 \text{ g planta}^{-1}$) ou com grade pesada ($118,4 \text{ g planta}^{-1}$), resultados que não foi constatado no presente experimento. Entretanto, Kaneko *et al.* (2010b) estudando o cultivo do milho em diferentes manejos de solo e do nitrogênio, em dois espaçamento de semeadura, verificaram diferença significativa para a massa seca de planta de milho no segundo ano, com maior massa seca no milho cultivado no espaçamento de 0,90 m em área manejada com grade pesada ($127,5 \text{ g planta}^{-1}$) em relação a área escarificada ($106,1 \text{ g planta}^{-1}$), e sem diferença para área de SPD ($111,9 \text{ g planta}^{-1}$), corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Para o cultivo do milho (0,90 m) na “primeira safra” consorciado com plantas de coberturas semeadas simultaneamente ou no estágio V₄, Santos (2011) e Santos *et al.* (2014a), também não observaram diferenças significativas para a massa seca de planta de milho no cultivo concomitante, quando comparado o milho exclusivo ($106,4 \text{ g planta}^{-1}$) com o consorciado com guandu anão ($92,2 \text{ g planta}^{-1}$), *C. spectabilis* ($97,9 \text{ g planta}^{-1}$), *U. ruziziensis* ($102,9 \text{ g planta}^{-1}$) e *U. brizantha* ($99,5 \text{ g planta}^{-1}$), possivelmente, não houve competição interespecífica por nutrientes, água, espaço e luz.

Pesquisas realizadas por Arf *et al.* (2010), avaliando a época de semeadura das espécies *C. juncea* e *C. spectabilis* consorciados na entrelinha do milho (0,90 m) na safra verão, verificaram que as consorciações com o milho não alteraram a massa seca da planta, independente das épocas de semeadura dos consórcios. Estudos utilizando outras espécies na consorciação com o milho foram realizados por Correia *et al.* (2012) e concluíram que a consorciação do amendoim forrageiro ou calopogônio com o milho, com semeadura na cobertura do cereal, não proporcionaram diferenças para a massa seca de planta de milho entre os tratamentos avaliados e obtiveram boas produtividades de grãos do cereal tanto no milho exclusivo como no consorciado.

No que se refere à produtividade de massa seca acumulada da parte aérea de plantas de milho (Tabela 11) verificou-se diferenças significativas para os manejos de solo na média dos três anos de cultivo, com maior produção em área de cultivo mínimo em relação à área de SPD, devido às plantas de milho, embora numericamente, ter resultado em maior massa seca na área de cultivo mínimo, refletindo na produtividade. Kappes *et al.* (2013b) estudando a influência de coberturas vegetais, manejos do solo e doses de N em cobertura na cultura do milho, não verificaram diferenças significativas para a massa seca acumulada de plantas de milho no primeiro ano de cultivo para os manejos de solo e no segundo ano constataram

maior acúmulo de massa seca em plantas de milho no SPD (7.540 kg ha⁻¹) em relação a área escarificado (6.633 kg ha⁻¹) e no preparo com grade pesada (6.362 kg ha⁻¹), isto ocorreu devido a maior quantidade de plantas de milho no SPD em relação as demais manejos.

Tabela 11 – Produtividade de massa seca acumulada da parte aérea de plantas de milho em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa seca (kg ha ⁻¹)			
	Ano			
	15/16	16/17	17/18	Média
Manejo de solo (M)				
Plantio direto	8.633	9.326	8.898	8.952 b
Cultivo mínimo	9.194	9.758	9.319	9.423 a
DMS	1.084	611	557	464
Consórcio (C)				
Milho exclusivo	8.886	9.449	9.594 a	9.310
Milho + UR	9.162	9.393	8.366 b	8.974
Milho + UB	8.132	9.829	8.761 ab	8.907
Milho + CS	8.772	9.747	9.203 ab	9.240
Milho + GA	9.613	9.292	9.621 a	9.509
DMS	2.442	1.376	1.113	1.098
M	1,12 ^{ns}	2,09 ^{ns}	2,40 ^{ns}	4,33 [*]
Valor F C	0,84 ^{ns}	0,49 ^{ns}	3,19 [*]	0,95 ^{ns}
M x C	0,70 ^{ns}	2,79 [*]	1,22 ^{ns}	1,73 ^{ns}
CV (%)	18,76	9,87	9,43	7,79

(1) ^{ns} - não significativo; ^{*} - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Na safra 2016/17 constatou-se interação significativa entre os manejos de solo e as consorciações avaliadas. No desdobramento da interação significativa para a produtividade de massa seca da parte aérea de plantas de milho (Tabela 12), constataram-se maiores valores quando se consorciou o milho com a *C. spectabilis* em área de cultivo mínimo, e para os consórcios dentro de cada manejo de solo não se verificou diferenças significativas para ambos os manejos. Pelo desdobramento da interação ratificou que, de modo geral, a

consorciação do milho com as espécies vegetais avaliadas não afetou negativamente na produção de massa seca de plantas de milho, pelo fato de não ter havido competição interespecífica por nutrientes, espaço e luz, visto que não houve diferenças significativas entre as consorciações e o milho exclusivo tanto no SPD como em cultivo mínimo, podendo assim validar a consorciação de forma simultânea dessas espécies com o cereal.

Tabela 12 - Desdobramento da interação significativa entre manejo de solo e milho consorciado ou não para massa seca da parte aérea acumulada de plantas de milho (kg ha⁻¹) na safra 2016/17. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Manejo de solo	Consórcio				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	9.367	9.806	9.385	8.702 b	9.371
Cultivo mínimo	9.531	8.979	10.273	10.791 a	9.213

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras minúscula distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para as consorciações com o milho, observou-se diferenças significativas com maior produção de massa seca de plantas de milho na safra 2017/18 quando o cereal foi cultivado de forma exclusiva ou consorciado com o guandu anão em comparação ao consórcio com a *U. ruziziensis*. Esta menor produtividade de massa seca de plantas de milho no consórcio com a forrageira é consequência da competição interespecífica, que resultou em plantas de milho menores, refletindo na menor produtividade de grãos do cereal para a mesma safra.

Analisando os resultados de produtividade de massa seca de plantas de milho conclui-se que as consorciações de leguminosas ou gramíneas com o milho é uma característica inerente a cada espécie, além de estar diretamente relacionado às condições edafoclimáticas e ao ambiente de cultivo, tomando-se o cuidado na escolha das espécies a ser consorciadas e sua finalidade. A consorciação não alterou a produtividade de massa seca pelas plantas de milho, visto que além de não ter havido diferença para a média dos três anos de cultivo, só houve redução na massa seca no terceiro ano de cultivo, onde o cultivo do milho de forma exclusiva somente diferiu estatisticamente do cultivo consorciado com a *U. ruziziensis*.

Dados estes, que comparado a média de produtividade de massa seca corroboram com os encontrados por Arf *et al.* (2018) que avaliando o consórcio do milho com plantas de cobertura e a ciclagem de nutrientes em SPD na safra verão, não verificaram diferenças

significativas para a massa seca da parte aérea de plantas de milho, tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo, com valores do primeiro ano em cultivo exclusivo (8.157 kg ha^{-1}) ou consorciados com a *C. spectabilis* (7.652 kg ha^{-1}), guandu anão (7.605 kg ha^{-1}), *U. ruziziensis* (8.130 kg ha^{-1}), além do feijão-de-porco (8.000 kg ha^{-1}) se assemelhado à presente pesquisa. Ademais, Santos *et al.* (2014a) estudando o cultivo do milho primeira safra consorciado com plantas de cobertura e semeadas em diferentes épocas também não observaram diferenças significativas para a produção de massa seca de plantas de milho ao comparar o cultivo do milho exclusivo (5.631 kg ha^{-1}) e as consorciações com guandu anão (5.411 kg ha^{-1}), *C. spectabilis* (5.312 kg ha^{-1}), *U. ruziziensis* (5.528 kg ha^{-1}) e *U. brizantha* (5.492 kg ha^{-1}).

Pesquisa realizado por Gitti *et al.* (2012) analisando o efeito da *C. juncea* e *C. spectabilis* semeadas em diferentes épocas na entrelinha do milho (0,90 m) na safra verão visando a produção de palha para o SPD, também não constatarem diferenças significativas para a produção de massa seca de milho, tanto no cultivo exclusivo (6.450 kg ha^{-1}) como no consórcio simultâneo com a *C. juncea* (6.400 kg ha^{-1}) ou *C. spectabilis* (6.250 kg ha^{-1}), além da semeadura em outros estádios do milho. Gallo (2016) avaliado o crescimento e a produtividade do milho consorciado com guandu anão em diferentes arranjos de plantas no sistema orgânico verificou que a consorciação do guandu anão com o milho, independente do arranjo de plantas, não interferiu na massa seca do cereal em relação ao cultivo do milho exclusivo, com avaliação realizada no estádio R₃-R₄.

No trabalho realizado por Modesto (2017) utilizando o consórcio do milho (0,45 m) com a *U. brizantha* cv. Marandu e uso de inoculante via sementes em área de pivô central, também não verificou diferenças significativas para a massa seca acumulada de plantas de milho ao comparar o cultivo exclusivo do cereal (com e sem inoculante) com o milho consorciado sem inoculação, embora se tenha produzido no primeiro ano, 22% a mais de massa seca no milho consorciado em relação ao exclusivo. No segundo ano houve uma redução de 3% na massa seca do milho consorciado. Entretanto, Kappes e Zancanaro (2015) observaram na safra verão, maior massa seca do milho consorciado com a *U. ruziziensis* na sua entrelinha ou a lanço em comparação ao milho em cultivo exclusivo, tanto no espaçamento de 0,45 m como no de 0,90 m.

Para os valores médios de massa seca da parte aérea das plantas de cobertura utilizadas no consórcio com o milho (Tabela 13), não foram verificadas diferenças significativas para os manejos de solo e entre as espécies vegetais utilizadas.

Tabela 13 - Valores médios de massa seca da parte aérea de plantas de cobertura utilizadas no consórcio com o milho em função do manejo de solo e consorciação com o milho em três anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Massa seca (kg ha ⁻¹)			
	----- Ano -----			
	15/16	16/17	17/18	Média
Manejo de solo (M)				
Plantio direto	1.175	2.351	1.736	1.754
Cultivo mínimo	1.442	2.595	1.821	1.953
DMS	392	673	599	290
Plantas de cobertura (C)				
<i>U. ruziziensis</i>	957	3.163	2.095	2.072
<i>U. brizantha</i>	1.473	2.572	1.809	1.951
<i>C. spectabilis</i>	1.681	1.911	1.208	1.600
Guandu anão	1.122	2.245	2.003	1.790
DMS	744	1.276	1.136	551
M	2,00 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,02 ^{ns}
Valor F C	3,03 ^{ns}	2,72 ^{ns}	1,91 ^{ns}	2,14 ^{ns}
M x C	1,41 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,46 ^{ns}
CV (%)	40,79	37,01	45,82	21,32

⁽¹⁾ ns - não significativo. CV - coeficiente de variação. DMS – diferença média significativa.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Carvalho *et al.* (2004) em LVD típico argiloso, também não verificaram diferenças significativas na produção de massa seca de adubos verdes em relação aos manejos de solo (SPD e preparo convencional com grade pesada) para o cultivo do milho em sucessão, e observaram que a maior produção de massa seca de parte aérea foi do cultivo do milheto.

Assim, a escolha dentre as espécies pesquisadas para a consorciação com o milho além de levar em conta a qualidade e quantidade de massa seca produzida, todas sendo aptas à consorciação, também se deve considerar qual a finalidade dessa consorciação, pastagem na entressafra ou a própria reformado pasto, silagem com melhor teor proteico, cobertura vegetal para os próximos cultivos, e fazer a correlação com a produtividade de grãos de milho, visto que nem sempre se consegue conciliar produtividade de grãos com produção de massa seca. A menor produção de massa seca das coberturas vegetais quando consorciadas com o milho em questão, e comparadas ao cultivo exclusivo, muitas vezes é devido ao sombreamento dessas

espécies pelo milho, diminuindo a incidência de luz sobre o dossel das plantas, limitando sua fotossíntese e, por conseguinte redução na produção de matéria seca.

Outro aspecto em relação à massa seca de plantas de cobertura se refere à época de coleta das plantas para a avaliação das massas secas, que no experimento ocorreu aos 90 dias após emergência das coberturas. De acordo com Silva *et al.* (2009), as avaliações aos 120 dias após a semeadura das culturas de cobertura proporciona a maior produtividade de matéria seca. Fato também comprovado por Arf *et al.* (2018), que avaliando no momento da colheita do milho a produção de massa seca de plantas de cobertura consorciadas simultaneamente na entrelinha do milho (0,90 m), verificaram no segundo ano de cultivo que o consórcio com guandu anão (6.750 kg ha⁻¹) ou *U. ruziziensis* (6.124 kg ha⁻¹) proporcionaram maior massa seca em relação a consorciação com a *C. spectabilis* (4.974 kg ha⁻¹) e feijão-de-porco (4.278 kg ha⁻¹), com produtividades superiores às constatadas no presente experimento.

Os valores do presente experimento se assemelharam aos encontrados por Denardin *et al.* (2008) em Coxilha-RS que ao consorciarem o milho com a *U. brizantha* na safra verão, constataram produção de massa seca da forrageira no primeiro, segundo e terceiro ano de 990; 2.026 e 2.437 kg ha⁻¹, respectivamente, ou por Pantano (2003) que adotando diferentes conformações para o consórcio do milho simultâneo com a *U. brizantha* constataram produção de 2.137 kg ha⁻¹ massa seca quando consorciou a forrageira na linha de semeadura do cereal e de 1.690 kg ha⁻¹ quando a semeadura do capim foi a lanço.

Batista *et al.* (2011) analisaram a produção de massa seca de forrageiras consorciadas nas entrelinhas do milho na “safrinha” em quatro localidades do Estado de São Paulo (Campos Novos Paulista, Palmital, Florínea e Pedrinhas Paulista), também não verificaram diferenças significativas na produção de massa seca tanto na *U. ruziziensis*, com média de 902 kg ha⁻¹, como na *U. brizantha* cv. Marandu com média de 953 kg ha⁻¹. Tsumanuma (2004) também não verificou diferenças significativas entre a massa seca produzida pelas forrageiras em consorciação com o milho quando avaliadas no momento da colheita do cereal, onde a *U. brizantha* produziu 1.560 kg ha⁻¹ ms, a *decumbens* 1.310 kg ha⁻¹ ms e a *ruziziensis* 1.060 kg ha⁻¹ ms. No entanto, Freitas *et al.* (2013) avaliando diferentes populações de milho no consórcio com a *U. ruziziensis*, verificaram que a produção de forragem diminui com o aumento da população de plantas de milho e a produção de massa seca da forrageira com população de 60.000 plantas ha⁻¹ de milho foi de 1.000 kg ha⁻¹, provavelmente devido ao sombreamento pelas plantas de milho, que foi umas das causas da menor produção de massa seca no consórcio das plantas de cobertura com o milho no presente experimento, além da competição interespecífica.

No consórcio do milho com guandu anão, Gallo *et al.* (2018) não encontraram diferenças significativas para a massa seca de plantas de guandu anão quando cultivado em consórcio simultâneo com o milho em diferentes arranjos de plantas na safra verão, e no tratamento com semeadura de 1 linha na entrelinha do milho que produziu 710 kg ha⁻¹ de massa seca. Cortez *et al.* (2009) avaliando sistemas de adubação do milho consorciado na entrelinha com guandu anão, mucuna-cinza-anã e lablab, também não verificaram diferenças para a produção de massa seca das plantas de cobertura analisadas no momento da colheita do milho, com o guandu anão produzindo 3.100 kg ha⁻¹ de massa seca. Para o consórcio do milho com a *C. spectabilis* Gitti *et al.* (2012) obtiveram com a *C. spectabilis* em cultivo exclusivo 7.850 kg ha⁻¹ de massa seca, e quando consorciada com o milho nas suas entrelinhas e de forma simultânea, houve redução na produção com 1.520 kg ha⁻¹ de massa seca, atribuindo tal fato a competição interespecífica especialmente por luz.

Experimento acompanhado por Santos *et al.* (2014a) avaliando consórcio simultâneo de diversas plantas de cobertura nas entrelinhas do milho na primeira safra em Fênix-PR, não verificaram diferenças na produção de massa seca pelo guandu anão (2.058 kg ha⁻¹), *U. ruziziensis* (1.999 kg ha⁻¹), *U. brizantha* (2.485 kg ha⁻¹) ou *C. spectabilis* (1.647 kg ha⁻¹), valores que se assemelham aos encontrados no presente trabalho. Já para resultados obtidos por Salomão (2017), demonstrou a viabilidade do sistema consorciado do milho com plantas de cobertura também na segunda safra, com maior massa seca quando consorciado com a *U. ruziziensis* (1.546 kg ha⁻¹) em relação o guandu anão (967 kg ha⁻¹), a *C. spectabilis* (1.093 kg ha⁻¹) ou *U. brizantha* (1.147 kg ha⁻¹).

Valores médios da massa seca total da parte aérea de plantas de milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas após a colheita dos grãos e operação com triton, teor de carbono total e relação C/N das coberturas vegetais estão apresentados na Tabela 14. Pôde-se constatar que não houve diferenças significativas por efeito dos manejos de solo e para as consorciações, em ambos os anos para a produtividade de massa seca total.

Embora não havendo diferenças significativas entre a massa seca total do milho exclusivo e das consorciações com as plantas de cobertura, e também não refletir em aumento de produtividade média de grãos de milho, uma das principais vantagens ou benefícios da utilização do consórcio de culturas é o melhor aproveitamento dos recursos naturais, com a produção comercial de grãos somado ao aporte de material vegetal ou sua diversidade para a sustentabilidade, continuidade e rentabilidade do SPD com qualidade. Nesta linha de pesquisa, Silva *et al.* (2009) afirmaram que a produtividade de massa seca do milho consorciado plantas de cobertura é superior ao monocultivo do cereal, fato também observado

no presente estudo, porém sem diferença significativa. De acordo com Sá *et al.* (2001), a quantidade mínima de palhada para manter o SPD é de 8.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em regiões tropicais, assim, ao comparar a quantidade de massa seca total produzida pelas coberturas vegetais no presente experimento, verifica-se que a produtividade de massa seca está adequado para a manutenção do SPD no Cerrado em apenas uma safra, o que permite adequada cobertura do solo e proteção contra o processo erosivo, também incrementa a ciclagem de nutrientes e o aumento das concentrações de carbono orgânico no solo ao longo do tempo (BALBINOT Jr. *et al.*, 2009), desde que seja realizado um bom planejamento e rotação de culturas.

Tabela 14 - Valores médios de massa seca total da parte aérea da cobertura vegetal, teor de carbono total (C-total) e relação C/N em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS.⁽¹⁾

Tratamentos	Massa seca total (kg ha ⁻¹)		C-total (%)		Relação C/N	
			Ano			
	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
Manejo de solo (M)						
Plantio direto	8.555	8.876	49 a	53 a	35	43
Cultivo mínimo	8.567	9.236	44 b	51 b	37	40
DMS	960	563	4	1	3	4
Cobertura vegetal (C)						
Milho exclusivo	8.483	8.846	49	50	39	41
Milho + UR	7.611	9.610	42	52	34	41
Milho + UB	9.406	9.173	51	52	43	42
Milho + CS	8.503	8.446	42	52	31	40
Milho + GA	8.802	9.205	48	53	33	44
DMS	2.185	1.282	11	4	6	8
M	0,01 ^{ns}	1,79 ^{ns}	5,16 [*]	5,13 [*]	4,29 ^{ns}	4,36 ^{ns}
Valor F C	1,61 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,65 ^{ns}	1,56 ^{ns}	10,63 ^{**}	0,63 ^{ns}
M x C	1,08 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,70 ^{ns}	5,84 ^{**}	2,40 ^{ns}
CV (%)	14,62	8,11	13,35	3,99	9,96	11,58

⁽¹⁾ ns - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Estudos conduzidos por Mahl *et al.* (2008) cultivando milho em SPD e escarificado, também não verificaram diferenças para a produção de massa seca total de palha em relação aos manejos de solo para a segunda avaliação e constataram que a quantidade de matéria seca em área de SPD foi entre 6.000 e 10.000 kg ha⁻¹, estando de acordo com as quantidades proposta por Alvarenga *et al.* (2001) que foi de 6.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca.

As quantidades de massa seca total das coberturas vegetais dos consórcios no presente experimento convalidam aos obtidos por Santos (2011), que avaliando a consorciação simultânea de plantas de cobertura nas entrelinhas do milho, não verificaram diferença para o consórcio do milho + *U. ruziziensis* (7.574 kg ha⁻¹ de massa seca), milho + *U. brizantha* (7.762 kg ha⁻¹ de massa seca), milho + *C. spectabilis* (6.751 kg ha⁻¹ de massa seca), milho + guandu anão (6.874 kg ha⁻¹ de massa seca), em relação à cobertura do milho exclusivo (5.719 kg ha⁻¹ de massa seca). Resultados semelhantes foram obtidos por Gitti *et al.* (2012) que também verificaram que a massa seca total no cultivo do milho consorciado com a *C. spectabilis*, independente da época de semeadura, não diferiu do cultivo da leguminosa exclusiva (7.850 kg ha⁻¹) ou do milho exclusivo (6.450 kg ha⁻¹), concluindo que a utilização de *C. spectabilis* com semeadura simultânea (7.770 kg ha⁻¹ de massa seca) nas entrelinhas do milho e nos estádios V₄ ou V₇ aumenta a produção de massa seca total e não interfere na operação de colheita e produtividade do milho.

Kappes e Zancanaro (2015) conduzindo experimento no Mato Grosso e avaliando os sistemas de consórcios de *U. ruziziensis* e de crotalárias com a cultura do milho, também observaram quantidades de massa seca produzidas significativamente maior no cultivo do milho (0,90 m) consorciado com a *U. ruziziensis* (7.560 kg ha⁻¹) ou com a *C. spectabilis* (8.130 kg ha⁻¹) na sua entrelinha, em relação ao cultivo do milho exclusivo (6.120 kg ha⁻¹). Os autores afirmaram que consorciação com a *C. spectabilis* a lanço ou na linha de semeadura do milho e com a *C. ochroleuca* a lanço, também pode ser boas alternativas, pois não interferem negativamente sobre a produtividade de grãos, além disso, são espécies que apresentam certa eficácia no manejo de nematóides, e tem menor porte (WUTKE *et al.*, 2014), sendo vantajoso no consórcio com o milho na redução da competição interespecífica.

Carmeis Filho (2013) destacou que o sistema consorciado de milho + *U. ruziziensis* resultou em maior quantidade de massa seca residual, superior a 8.600 kg ha⁻¹, suficiente para recobrimento de 100% do solo antes da semeadura do feijoeiro em sucessão, enquanto que o milho exclusivo apresentou recobrimento de 62% ao final da colheita do cereal. Já Fiorentin *et al.* (2011) verificaram 78% de recobrimento na consorciação do milho + *U. ruziziensis* ante aos 75% do milho exclusivo, enquanto que a utilização da forrageira exclusiva chegou a 98%

de recobrimento do solo antes da instalação do feijão, portanto, o uso da forrageira no consórcio com o milho além de permite boa produtividade de grãos de milho, também há adição de cobertura vegetal sobre o solo para a proteção e a manutenção da estrutura do solo.

Na avaliação do teor de carbono orgânico total (C-total), nas safras 2015/16 e 2016/17 (Tabela14), constatando que os teores sob SPD foram maiores em comparação as áreas sob o cultivo mínimo. Possivelmente, deve ter ocorrido um processo de mineralização mais acelerada na área escarificada, devido à mobilização, mesmo que mínima, incorporando parte da cobertura vegetal, a ponto de influenciar na disponibilidade e absorção de nutrientes pela cultura do milho e seus consórcios, refletindo no menor teor C-total. O estoque de carbono orgânico no solo apresenta redução quando o solo é submetido a sistemas de preparo, devido entre outros fatores, à decomposição da matéria orgânica pela oxidação microbiana (SILVA *et al.*, 1994). As consorciações do milho com gramíneas ou leguminosas não apresentaram diferenças significativas para C-total em ambos os anos de cultivo.

Segundo Zanatta *et al.* (2007), todo sistema de culturas que contém leguminosa como adubos verdes proporcionam um aumento de carbono no solo. Devido às raízes representarem a principal forma de adição de C em subsuperfície, enquanto que o acúmulo de C orgânico da parte aérea das culturas ocorre, principalmente, até profundidades equivalentes aos implementos para manejo do solo (TORMENA *et al.*, 2004). A contribuição das raízes ao aporte de C no solo é de 23 a 45% da massa seca da parte aérea, conforme cultura e manejo utilizados (PRAKASH *et al.*, 2002). Uma espécie forrageira perene em cultivo consorciado com milho safrinha pode proporcionar entre 2.000 a 4.000 kg ha⁻¹ de massa seca (CECCON, 2007), com teores de 40,0 a 45,0% de carbono (CECCON *et al.*, 2011). Esses valores, mais a massa e o carbono produzidos pelo milho safrinha e pela soja no verão, são suficientes para tornar esta sucessão sustentável, sob o ponto de vista de cobertura do solo, controle da erosão e estoque de carbono no solo (CECCON, 2007).

Jantalia *et al.* (2006) em LATOSSOLO de Cruz Alta - RS, demonstraram que após 17 anos de sucessão trigo/soja, o estoque de C no solo não diferiu entre os sistemas de preparo convencional e plantio direto. Assim ficando evidente que o SPD, por si só, tem pouco efeito no aumento do sequestro de C se o sistema de rotação de culturas não for adequado. Como pôde ser constatado no segundo ano, embora não significativo, o aumento no teor de C-total das coberturas vegetais que advieram da consorciação em relação ao milho exclusivo. Oliveira *et al.* (2010) avaliando o consórcio do milho com leguminosas na entrelinha e manejo da adubação nitrogenada, não verificaram diferenças para o teor de C do solo, que

ficou na faixa de 41-43%, afirmando que as diferenças em aporte de C para o solo são devido à quantidade de palhada produzida pelas espécies vegetais.

De acordo com Follett e Schimel (1989), o aumento da intensidade de cultivo do solo reduz sua capacidade em imobilizar e reter N mineral, pela redução do C disponível para ser utilizado como substrato para o crescimento microbiano. Além disso, sistemas de manejo do solo e de culturas, que provocam menores alterações e que permitem a manutenção de teores de matéria orgânica mais elevados, favorecem a população microbiana (Siqueira *et al.*, 1994), como constado no presente experimento, em dois anos agrícolas, os maiores teores de C-total foi observado em cultivo no SPD em relação ao cultivo mínimo.

Analisando a relação C/N das coberturas vegetais (Tabela 14) advindo dos tratamentos não foram constatadas diferenças significativas para os manejos de solo em ambas as safras. No segundo ano não foi verificada diferenças para as coberturas vegetais. Os maiores teores de C-total, observado tanto no primeiro quanto no segundo ano agrícola sob o sistema plantio direto, não resultaram em maiores relações C/N para as palhadas nesta área, constatando assim a importância de se conhecer os teores de N dos materiais vegetais, pois quanto maior o teor de N foliar menor será sua relação C/N. Na safra 2015/16, verificou-se interação significativa entre os manejos de solo e coberturas vegetais para a relação C/N.

De modo geral, os valores médios da relação C/N das coberturas vegetais ficaram acima de 30 em ambos os anos agrícolas, considerado valor referência para caracterizar resíduos com elevada relação C/N, fazendo com que as coberturas vegetais apresentem maior persistência sobre o solo (TRINSOUTROT *et al.*, 2000). O valor sugerido por Allison (1966) para que haja equilíbrio entre os processos de decomposição ou imobilização da matéria orgânica é uma relação C/N em torno de 25. Abaixo desse valor, a mineralização irá predominar sobre a imobilização, ocorrendo o inverso para valores de C/N superiores a 25. Várias pesquisas têm demonstrado que algumas coberturas de solo, dentre as quais a *Urochloa*, milho, crotalárias e guandu apresentam boa adaptação às condições de Cerrado e produzem resíduos vegetais em quantidade e qualidade adequada, com maior relação C/N (TORRES *et al.*, 2008; FABIAN, 2009; GITTI *et al.*, 2012; ARF *et al.*, 2018).

No desdobramento da interação significativa para a relação C/N das coberturas vegetais (Tabela 15), verifica-se que sob SPD, a maior relação C/N ocorreu no consórcio do milho + *U. brizantha* e no cultivo mínimo não houve diferenças significativas entre os consórcios. Para os manejos dentro de cada cobertura vegetal, verificou-se maior relação C/N na cobertura do milho + *U. ruziziensis* no cultivo mínimo comparado ao SPD e do milho + *U. brizantha* em área de SPD comparado ao cultivo mínimo. Assim, demonstrando que a

consorciação pode melhorar a relação C/N de algumas composições, acarretando no aumento da persistência e disponibilidade de nutrientes dessas coberturas vegetais sobre a superfície do solo, ao longo do desenvolvimento da cultura de sucessão, além do efeito dos manejos do solo sobre as espécies consorciadas com o milho.

Tabela 15 - Desdobramento da interação significativa entre manejo de solo e milho consorciado ou não para a relação C/N na safra 2015/16. Selvíria, MS.⁽¹⁾

Manejo de solo	Cobertura vegetal				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	38 B	29 bC	47 aA	30 BC	31 BC
Cultivo mínimo	41	39 a	38 b	34	36

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas minúscula nas colunas e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Outro fator importante está relacionado à quantidade de massa seca que as espécies utilizadas no consórcio produzem ao sistema, visto que na safra 2015/16 a menor relação C/N no SPD foi utilizando a *U. ruziziensis*, que também produziu a menor massa seca nesta safra. A cobertura vegetal do consórcio milho + *U. brizantha*, na safra 2015/16, resultou em maior relação C/N no SPD em relação as demais, evidenciando que normalmente as gramíneas pelo maior teor de lignina na sua estrutura apresentam maior relação C/N que as leguminosas.

De acordo com Andreola *et al.* (2000), as gramíneas geralmente contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizada pela alta relação C/N, possivelmente aumentando a persistência da cobertura do solo. Além do mais, plantas que acumulam ou apresentam maior teor de N em sua constituição normalmente resultam em palhada com menor relação C/N, como observado na cobertura do consórcio milho com a *C. spectabilis* ou guandu anão que resultaram na menor relação C/N. Verificou-se também que a cobertura de milho exclusivo apresenta boa relação C/N, estando de acordo com Mello Filho e Richetti (1997) que afirmaram que a cultura do milho, além de produzir alta quantidade de matéria seca (mínimo de 5.000 kg ha⁻¹), apresenta resíduos que possuem decomposição mais lenta, maior relação C/N e protegem o solo por um período maior de tempo. Resultado este ratificado por Silva *et al.* (2009) que avaliando o consórcio do sorgo ou milho com plantas de cobertura, encontraram redução na relação C/N quando se consorciou as gramíneas com tremoço branco, *C. juncea*, girassol, nabo forrageiro ou guandu anão, porém concluíram que

consorciações de sorgo e milho com outras espécies superaram a produtividade de fitomassa dos monocultivos dessas gramíneas, ademais, o cultivo isolado de sorgo ou milho acumularam menos N e apresentam maiores relações C/N das massas seca produzidas do que os seus consórcios com outras espécies vegetais.

Pelos dados obtidos por Oliveira (2010) verificou que quando fornecido N ao sistema de consorciação do milho com *C. spectabilis* ou guandu anão, a cobertura vegetal apresentou maior relação C/N em relação a não utilização de N no sistema, e para a cobertura do milho exclusivo, a maior relação C/N foi quando fornecido 60 kg ha⁻¹ N ao milho, devido a maior absorção do N pelas plantas de milho e também pelas plantas de cobertura, além da capacidade de realizar a FBN pelas leguminosas.

Os teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) presentes na massa seca total de parte aérea das coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas estão apresentados na Tabela 16. Verificou-se na safra 2015/16 que plantas cultivadas em área de SPD apresentaram maiores teores de N em relação à área de cultivo mínimo. Nesta safra foi constatada interação significativa para o teor de N entre os manejos de solo e as coberturas vegetais. Esse maior teor N em SPD, provavelmente, é devido à imobilização do N pelos microrganismos, fornecendo mais lentamente à cultura do milho e as coberturas no primeiro ano. Segundo Siqueira *et al.* (1994), a imobilização de N na biomassa torna a ciclagem desse elemento mais lenta, porém mais eficiente, quando comparada àquela incorporada por arações, escarificações e gradagens. Na safra 2016/17 não houve diferenças significativas para o teor de N para os fatores analisado, possivelmente, devido ao aumento de massa seca acumulada em cultivo mínimo, melhorando a qualidade e quantidade de cobertura, equiparando-se com o SPD.

Ademais, de acordo com Fernandes *et al.* (1999), a maior recuperação aparente do N aplicado foi observada no SPD na dose de 60 kg ha⁻¹, em que 52% do N aplicado foi recuperado pela planta, corroborando com os resultados do presente experimento onde no SPD obteve-se maior teor de N. Segundo Malhi *et al.* (2001), em geral, a eficiência de recuperação de N aplicado é inferior a 50% em solos tropicais. De acordo com Kappes e Zancanaro (2015), o potencial de produção de massa seca e o desenvolvimento do sistema radicular pivotante das leguminosas, são características que podem ser utilizado em áreas de sistema plantio direto para aumentar o teor de matéria orgânica e melhorar a estruturação dos solos, como também aumentar o aporte de nitrogênio ao solo.

Tabela 16 – Teores médios de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na massa seca total das coberturas vegetais em função do manejo de solo e milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS.⁽¹⁾

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	
	----- Ano -----											
	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
Manejo de solo (M)												
Plantio direto	14,3 a	12,2	1,1	1,3	10,0	12,8	4,4	4,1	2,7	2,8	2,4	1,3
Cultivo mínimo	11,6 b	12,9	1,2	1,3	11,0	12,2	3,9	4,3	2,5	2,8	3,1	1,7
DMS	1,1	1,1	0,2	0,2	1,5	2,2	0,7	0,6	0,3	0,3	1,0	0,5
Cobertura vegetal (C)												
Milho exclusivo	11,9	12,4	1,0 b	1,2	10,9	13,8	4,0	4,8 a	2,7	2,9 ab	1,9 bc	1,7
Milho + UR	12,6	12,8	1,1 ab	1,3	9,8	13,3	3,7	4,1 ab	2,4	3,2 a	3,6 ab	1,5
Milho + UB	11,9	12,2	1,0 b	1,5	11,9	13,9	3,6	3,4 b	2,7	3,0 ab	1,3 c	1,4
Milho + CS	13,7	13,0	1,2 ab	1,1	9,7	11,2	4,6	4,2 ab	2,5	2,7 ab	4,2 a	1,3
Milho + GA	14,5	12,2	1,4 a	1,2	10,3	10,4	5,0	4,6 ab	2,7	2,4 b	2,5 abc	1,7
DMS	2,6	2,5	0,3	0,4	3,6	5,0	1,6	1,3	0,7	0,7	2,1	1,3
Valor F	M	23,79 **	1,86 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,05 ^{ns}
	C	2,85 ^{ns}	0,40 ^{ns}	4,74 **	1,92 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,91 ^{ns}	2,60 ^{ns}	3,50 *	0,48 ^{ns}	3,11 *	4,87 **
	M x C	3,29 *	1,96 ^{ns}	2,46 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,85 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,76 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,29 ^{ns}
CV (%)	11,74	11,34	16,30	19,90	19,53	23,02	22,23	17,94	16,29	14,29	48,29	48,65

⁽¹⁾ ^{ns} - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No desdobramento da interação significativa para os teores de N na massa seca total das coberturas vegetais (Tabela 17), verificou-se que no plantio direto o milho + guandu anão e milho + *C. spectabilis* resultaram em coberturas vegetais com maiores teores de N em relação à cobertura do milho + *U. brizantha*. No cultivo mínimo não houve diferenças entre os tratamentos, evidenciando a grande capacidade destas leguminosas na fixação de N via FBN, com os teores de N chegando a ser 15% para a *C. spectabilis* e 21% para o guandu anão, maiores em relação à cobertura do milho exclusivo, melhorando assim a qualidade da cobertura vegetal para a cultura em sucessão, além do efeito no controle de nematoides fitopatogênicos com a *C. spectabilis* (INOMOTO e ASMUS, 2014). De acordo com Calonego *et al.* (2012), o benefício de se utilizar leguminosas como plantas de cobertura é atribuído ao fato de poder haver suprimento de N às culturas subsequentes, como para a cultura do feijão de inverno, podendo trazer economia de fertilizantes nitrogenados. depois de dessecadas e roçadas.

Tabela 17 - Desdobramento da interação significativa entre manejo de solo e milho consorciado ou não para o teor de nitrogênio (g kg^{-1}) na massa seca total das coberturas vegetais safra 2015/16. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Manejo de solo	Cobertura vegetal				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	13,7 aAB	14,4 aAB	11,3 B	15,8 aA	16,6 aA
Cultivo mínimo	11,0 b	10,8 b	12,5	11,5 b	12,3 b

⁽¹⁾ Médias seguidas por letra s distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Para os manejos de solo dentro de cada cobertura vegetal, constatou-se que em coberturas vegetais do cultivo do milho exclusivo, milho + *U. ruziziensis*, milho + *C. spectabilis* e milho + guandu anão em SPD apresentaram maiores teores de N em comparação a área de cultivo mínimo, provavelmente devido à mobilização do solo, mesmo sendo mínima, a escarificação reduz cerca de 30% da cobertura vegetal (MAHL *et al.*, 2008), ocorrendo maior mineralização da matéria orgânica e reduzindo o teor ou disponibilidade de nitrogênio no solo ao longo do desenvolvimento da cultura do milho e dos consórcios.

Para os teores de P, houve diferenças somente na safra 2015/16, onde o consócio milho + guandu anão resultou em maiores teores de P em comparação às coberturas de milho exclusivo ou em consócio com a *U. brizantha*. Constatou-se então a afirmação de Carneiro *et al.* (2004) onde verificaram que o guandu estimula a ocorrência de fungos e bactérias solubilizadores de fosfato e totais, na profundidade de 0–5 cm, além de aumentarem a população na presença da leguminosas. Nos teores de K não se observou diferenças entre os manejos de solo e entre as consorciações do milho com gramíneas ou leguminosas em ambos os anos de cultivo.

Nos teores de Ca verificou-se diferenças significativas somente na safra de 2016/17 quando o milho foi cultivado de forma exclusiva em comparação ao consócio do milho + *U. brizantha*. Para os teores de Mg houve diferenças somente na segunda safra, onde o cultivo do milho + *U. ruziziensis* resultou em maiores teores de Mg em comparação ao milho + guandu anão. Para os teores de S, houve diferenças somente na primeira safra, com maiores valores de S para a cobertura do consócio do milho + *C. spectabilis* em relação ao cultivo do milho exclusivo, que não diferiu das demais coberturas. Essas diferenças nos teores nutricionais de Ca, Mg e S provavelmente se deve a especificidade de absorção de alguns nutrientes em detrimento a outros pelas espécies utilizadas na consorciação com o milho.

Estudo realizado por Coletti *et al.* (2013) demonstraram que o consócio do milho com espécies de *Urochloa* não afetaram os teores nutricionais da planta de milho, com valores no milho exclusivo de 25,7; 1,8; 15,4; 4,1; 1,6 e 1,9 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente e o milho consorciado com teores semelhantes. Gallo (2016) avaliando o consócio do guandu anão com o milho, não constatou diferença para os teores nutricionais na folha do milho para P, Mg e S, entre os diversos modo de consorciação com o guandu anão. Entretanto, para N, houve maior teor quando cultivou 1 linha de guandu na linha de semeadura do milho e mais 2 linhas nas entrelinhas do milho, enquanto que para o K e Ca os maiores teores foram obtidos com o cultivo do guandu na linha do milho ou o milho em cultivo exclusivo. Para os teores nutricionais do guandu anão verificou diferenças para o P com uma linha na entrelinha do milho e para o S semeando na mesma linha. Analisando os dados de Gallo (2016), constatou que não houve competição dessa leguminosa com o milho por nutrientes, e dependendo do modo de consorciação, o guandu anão pode recuperar maiores quantidades de fósforo do solo.

Heinrichs *et al.* (2002), ao avaliar o consócio do milho (0,90 m) com leguminosas (guandu anão, *C. spectabilis*, feijão de porco e mucuna anã) nas entrelinhas, verificaram que os teores de nutrientes nas folhas do milho tiveram melhora na absorção de N quando se fez a

consorciação em relação ao cultivo do milho exclusivo. Os maiores valores foram constatados consorciando o feijão de porco, que também absorveu mais P e para os demais nutrientes não se observaram diferenças significativas. Santos *et al.* (2014a) também avaliando a consorciação simultânea do milho com gramíneas ou leguminosas não verificaram diferenças para os teores de N, P, K, Mg e S. Para os teores de Ca os menores teores foram observados no consórcio com a *C. breviflora*, feijão de porco ou guandu anão.

Analizando os teores de nutrientes na composição das coberturas vegetais provenientes do milho exclusivo ou consorciado com gramíneas ou leguminosas, permite-se inferir que em condições consorciadas, desde que bem realizadas, a competição interespecífica por nutrientes é pequena, visto que, não houve diferença para a produtividade do cereal, ademais, há particularidades de cada planta de cobertura na absorção de maior ou menor quantidade de um nutriente em relação a outro, e os teores dos dois nutrientes mais exigidos pela cultura do milho foram semelhantes tanto no cultivo do milho exclusivo quanto no consorciado.

Os valores médios acumulados de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na massa seca total das coberturas vegetais de milho exclusivo e milho consorciado com gramíneas ou leguminosas estão apresentados na Tabela 18. Para o nitrogênio acumulado na massa seca das coberturas de milho exclusivo e consorciado, na safra de 2015/16, em área de plantio direto resultaram em maior acúmulo de N em relação à área de cultivo mínimo. Para o primeiro ano constatou-se um acúmulo de N na cobertura do milho + guandu anão com 22% e do milho + *C. spectabilis* com 10% maiores em relação à cobertura do milho exclusivo e redução na cobertura do milho + *U. ruziziensis* de 9%. No segundo ano, esta forrageira proporcionou aumento no teor de N acumulado de 13% em relação ao milho exclusivo. Já Carmeis Filho (2013) verificou diferença no acúmulo de N, com maior absorção na cobertura do *U. ruziziensis* exclusivo (83,1 kg ha⁻¹ N) ou consorciado com o milho (93,0 kg ha⁻¹ N) em relação ao milho exclusivo (57,3 kg ha⁻¹ N).

Para o fósforo acumulado, na safra 2015/16, o consórcio do milho + guandu anão resultou em maior acúmulo comparado ao cultivo do milho exclusivo ou consorciado com a *U. ruziziensis*. Resultados que corroboram com Wutke *et al.* (2014) que citaram o efeito benéfico do guandu para as culturas em sucessão devido às exsudações radiculares, responsáveis pela solubilização e disponibilização do P. Para o acúmulo de K não se verificou diferenças para os manejos de solo e para as consorciações com o milho.

Tabela 18 - Valores médios acumulados de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na massa seca total das coberturas vegetais em função dos manejos de solo e milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)	
	----- Ano -----											
	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
Manejo de solo (M)												
Plantio direto	122,2 a	108,4	9,8	11,4	86,4	113,0	37,6	37,0	22,9	25,3	19,5	11,9
Cultivo mínimo	99,9 b	119,2	10,2	12,1	94,8	112,4	34,0	39,8	21,9	26,3	26,9	15,8
DMS	14,7	13,9	1,7	1,9	17,4	19,1	7,1	5,6	3,6	2,8	9,7	5,3
Cobertura vegetal (C)												
Milho exclusivo	105,0	109,3	8,7 b	11,0	94,0	121,3	34,7	42,9 a	23,3	25,8 ab	15,7 b	15,3
Milho + UR	96,0	123,3	8,9 b	12,7	74,6	126,5	28,3	40,1 ab	18,6	30,7 a	28,9 ab	14,4
Milho + UB	111,0	112,5	9,6 ab	14,0	110,7	127,2	33,1	30,5 b	25,1	27,6 ab	13,0 b	12,6
Milho + CS	115,4	110,6	10,7 ab	9,8	82,7	93,0	38,6	36,2 ab	21,1	22,6 b	36,6 a	10,7
Milho + GA	128,0	113,4	12,5 a	11,3	91,1	95,3	44,4	42,3 a	23,9	22,5 b	21,9 ab	16,5
DMS	33,5	31,7	3,6	4,4	39,6	43,6	16,1	11,8	8,3	6,3	20,3	12,2
M	10,09 **	2,64 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,57 ^{ns}	2,31 ^{ns}
Valor F C	2,31 ^{ns}	0,56 ^{ns}	3,18 *	2,41 ^{ns}	2,13 ^{ns}	2,81 ^{ns}	2,55 ^{ns}	2,93 *	1,75 ^{ns}	5,41 **	3,50 *	0,64 ^{ns}
M x C	0,67 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,88 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	17,28	15,95	22,17	21,40	25,07	22,18	25,81	19,14	21,17	14,13	54,50	50,23

⁽¹⁾ ^{ns} - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Ao analisar as quantidades de N, P e K acumulados na massa seca da parte aérea das coberturas vegetais, verificou-se que o acúmulo de nutrientes em alguns consórcios pode estar relacionado ao efeito de maior competição exercida entre o milho e a cultura consorciada, visto que, para alguns consórcios a quantidade numérica acumulada desses nutrientes foi menor que no cultivo do milho exclusivo, como no consórcio do milho com a *U. ruziziensis* no primeiro ano.

Em relação à quantidade de Ca acumulada não se verificou diferença significativa para os manejos de solo, e na safra 2016/17 quando cultivado o milho de forma exclusiva ou consorciado com o guandu não resultaram em maior quantidade de cálcio acumulado em relação ao milho + *U. brizantha*. Para a quantidade acumulada de Mg e S na massa seca não se verificou diferenças significativas para os manejos de solo. O Mg, na safra 2016/17, a consorciação do milho + *U. ruziziensis* resultou em maior acúmulo em comparação aos consórcio com as leguminosas, provavelmente, devido à maior especificidade na absorção desse nutriente pela *U. ruziziensis*. O enxofre, na safra 2015/16, ocorreu maior acúmulo no consórcio do milho + *C. spectabilis* em relação ao cultivo do milho exclusivo ou consorciado com a *U. brizantha*.

O acúmulo médio de macronutrientes pela massa seca de parte aérea das coberturas vegetais na safra 2015/16 seguiram a seguinte ordem decrescente de valores: N>K>Ca>S>Mg>P. No ano 2016/17, o acumulado médio de macronutrientes foi de N>K>Ca>Mg>S>P. A importância da interação entre os fatores climáticos, principalmente precipitação pluvial e temperatura, atividade macro e microbiológica do solo e quantidade de resíduos vegetais refletirá na disponibilização dos nutrientes provenientes dos resíduos culturais da superfície do solo às plantas e pode ser lenta ou gradual, principalmente por efeito climático (ALCÂNTARA *et al.*, 2000).

Analisando o consórcio do milho com a *U. ruziziensis* no primeiro ano, nota-se, embora não significativo, que houve menor acúmulo de alguns nutrientes na consorciação em relação ao cultivo do milho exclusivo, podendo ter havido competição interespecífica por espaço, luz e nutrientes, entretanto, provavelmente devido aos adequados atributos químicos da área experimental, essa competição não acarretou em redução de produtividade de grãos de milho, haja visto que não houve diferenças significativas no primeiro ano para a produtividade, além de a consorciação resultar em acréscimo de quase 5% na produtividade (Tabela 9). Modesto (2017) avaliou o milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu em área irrigada e não obteve diferenças para o acúmulo de nutrientes na palha de milho exclusivo ou consorciado, com avaliação ao final da colheita de grãos nos dois anos de

cultivo, embora, no primeiro ano, quando se utilizou da consorciação, a plantas de milho apresentaram maiores acúmulos para N, P, K, Ca e Mg em relação ao milho exclusivo. Batista *et al.* (2011), avaliando somente os valores de nutrientes acumulados pela forrageira consorciadas simultaneamente na entrelinha do milho, também não verificaram diferenças, entre o valores da *U. ruziziensis* média acumulada de 14,32; 1,28; 26,56; 5,7; 4,02 e 1,35 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente e *U. brizantha* com valores de 14,95; 1,22; 25,77; 5,45; 4,4 e 1,25 kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente, valores estes muito menores aos verificados no presente experimento, provavelmente, devido a não inclusão da massa seca de milho para a determinação de nutrientes acumulados.

Gallo (2016) verificou que não houve diferenças no modo de consórcio do guandu anão com o milho para a massa seca de milho acumulado e, por conseguinte no acumulado de nutrientes na planta de milho para N, P, Mg e S e maiores valores de K e Ca no milho exclusivo ou quando o guandu foi semeado na mesma linha do milho. Almeida e Camara (2011) avaliando os teores de nutrientes acumulados no milho exclusivo ou consorciado com adubos verdes, constataram diferenças significativa no acúmulo de N e Mg, com maiores acúmulo no cultivo consorciado com guandu. Fato este que também foi constatado por Heinrichs *et al.* (2005) que ao estudar o consórcio do milho com leguminosas verificaram maiores acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S quando consorciado milho com feijão de porco em ambos os anos, e dentre as leguminosas de estudo, a *C. spectabilis* apresentou maior teor de N em relação ao guandu anão no primeiro ano e não diferindo no segundo ano. Em relação ao P, no primeiro ano, não constaram diferenças, enquanto que no segundo ano, o guandu anão acumulou mais P em relação a *C. spectabilis*.

Pesquisa conduzida por Santos (2011) resultou na diferença significativa para o teor de N acumulado na parte aérea de plantas de cobertura consorciadas na entrelinha do milho, onde com guandu anão foi maior que para a *C. spectabilis*, não diferindo da *U. ruziziensis* e *U. brizantha*, para o P, com menor valores com a *C. spectabilis*. Para o K as gramíneas acumularam mais que as leguminosas, enquanto que para o Ca foi o inverso, com maior acúmulo nas leguminosas em relação às gramíneas. O Mg foi maior na *U. brizantha* em relação a *C. spectabilis*, e para o S não houve diferenças entre as espécies vegetais.

4.3 PERSISTÊNCIA DAS COBERTURAS VEGETAIS

A persistência da massa seca total das coberturas vegetais (MSTC) do milho exclusivo (M) ou consorciado com *U. ruziziensis* (MR), *U. brizantha* (MB), *C. spectabilis* (MC) ou

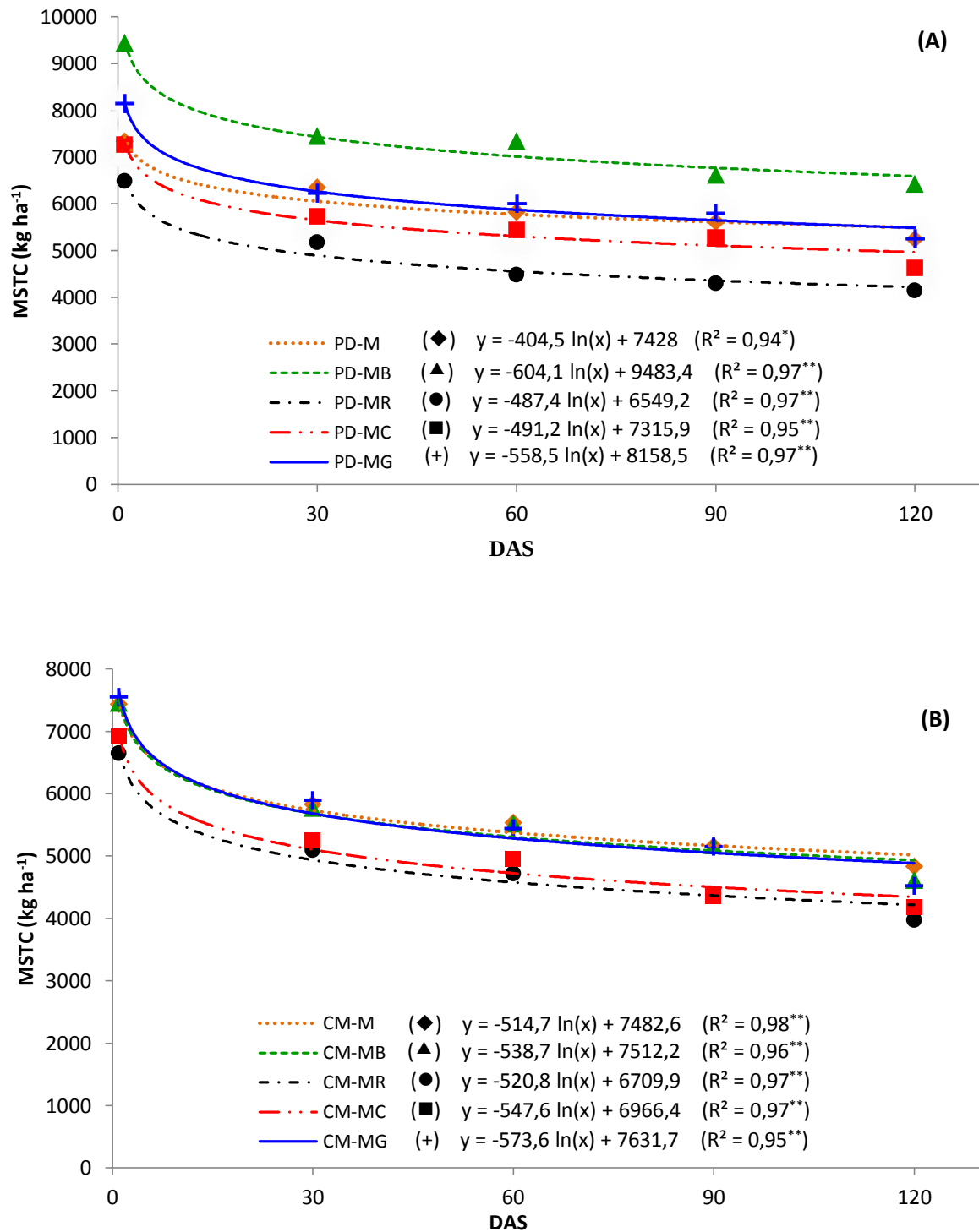
guandu anão (MG) na safra 2016, avaliado em função dos dias após semeadura do feijão de inverno em sucessão (DAS), com suas respectivas reduções da quantidade de massa seca total de palha de cada tratamento em área de plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM), em relação à quantidade inicial depositado sobre o solo no momento da semeadura do feijão, estão apresentadas na Figura 4. De modo geral, a decomposição das coberturas vegetais ao longo do tempo (120 dias) tanto em área de sistema plantio direto como em área de cultivo mínimo, teve melhores ajustes a modelos matemáticos logarítmicos para todos os tratamentos, indicando rápida decomposição da cobertura vegetal nos primeiros 30 dias após a semeadura do feijão de inverno, e mais lenta e gradual posteriormente, verificado que até 120 DAS ainda não havia ocorrido o tempo de meia vida das coberturas vegetais.

Em área de plantio direto, aos 30 DAS, verificou-se que a massa seca das coberturas vegetais do milho e de seus consórcios havia reduzido em média 20% da sua massa inicial. Aos 60 DAS, tinha reduzido na média mais 5% entre os tratamentos, aos 90 DAS a redução foi, em média, de mais 3% e aos 120 DAS, a perda foi de 5%, totalizando ao final da avaliação uma redução de 33% da massa seca total inicial. Essa maior redução aos 30 DAS foi observado devido à reduzida cobertura vegetal antes do início do experimento, após este período, a cobertura vegetal começa a se estabilizar e a decomposição é mais gradual.

O consórcio que apresentou maior persistência de massa seca total ao final da avaliação em SPD foi o MB e a de menor persistência foi na consorciação do MR. Portanto, mesmo o consórcio sendo composto por gramíneas, que teoricamente deveriam apresentar uma relação C/N mais alta em relação às leguminosas (OHLAND *et al.*, 2005; KLIEMANN *et al.*, 2006; KAPPES, 2011), pelos dados da Tabela 15, pôde se comprovar que a relação C/N da massa seca total de MB (47) foi superior ao MR (29), demonstrando que cada espécie apresenta um comportamento distinto no mesmo ambiente de cultivo.

Corroborando com Cantarella (2007) que afirmou que a relação C/N influencia marcadamente a taxa de decomposição e a mineralização da palhada, uma vez que o N determina a atividade e o crescimento dos microrganismos que mineralizarão o carbono orgânico. Assim, verificou-se que o tempo de persistência da cobertura vegetal está intimamente ligado a sua relação C/N, e que além da qualidade das espécies, também tem importância à quantidade que cada espécie envolvida na consorciação produz de massa seca. Visto que, essa maior persistência da cobertura do consórcio MB também pode ser devido ao maior acúmulo de massa seca total que reduz a superfície de contato da palhada com o solo (COSTA *et al.*, 2015) minimizando sua decomposição.

Figura 4 - Persistência de massa seca total das coberturas vegetais os 30, 60, 90 e 120 dias após semeadura de feijão de inverno em sucessão na safra 2016. (A) PD e (B) CM. Selvíria, MS. ** e * - significativo a 1% e 5% pelo teste F.



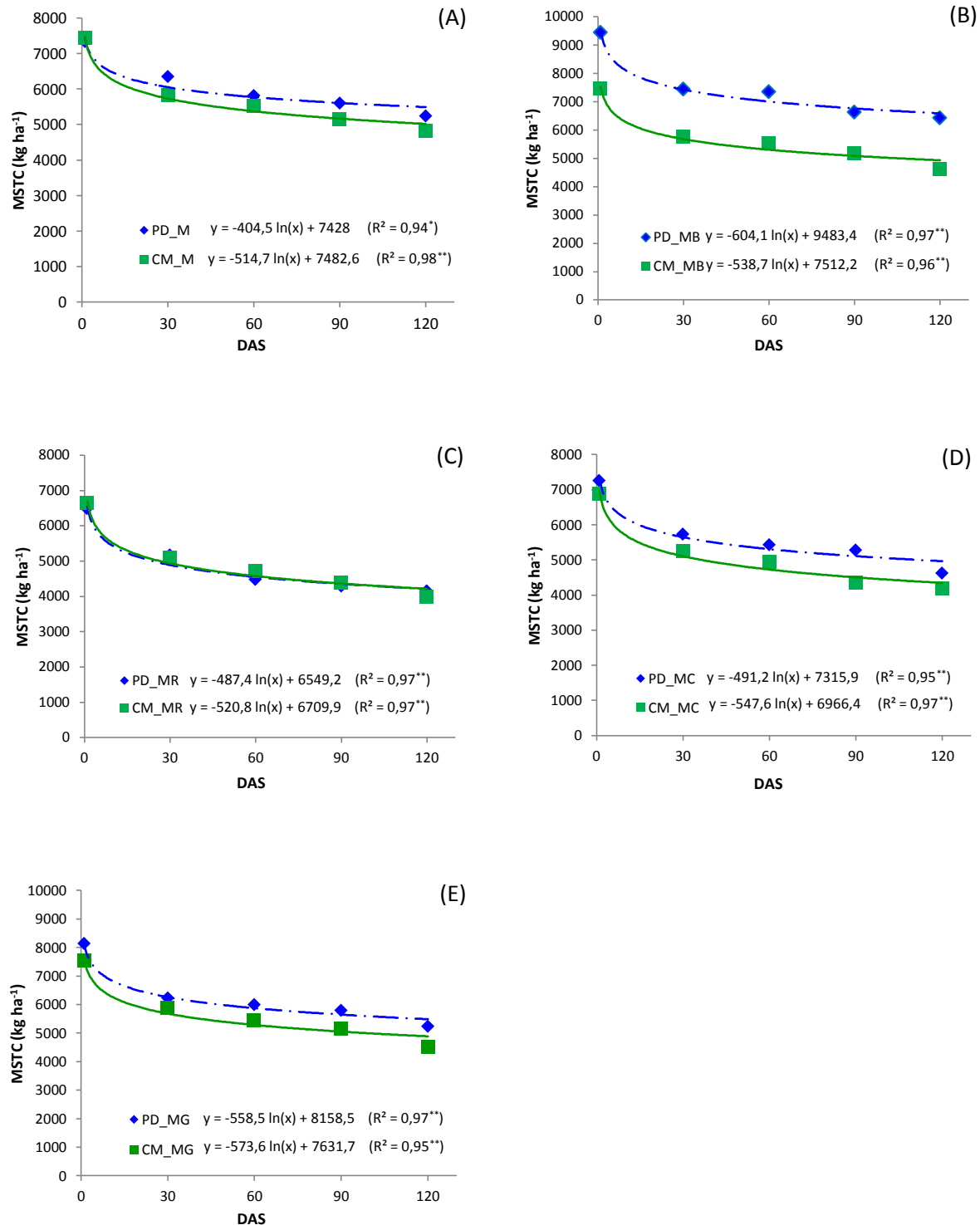
Fonte: Dados de pesquisa do autor.

Essa maior persistência da consorciação de MB pode ter refletido no menor teor de N foliar na cultura do feijão em sucessão, devido ao fato que, segundo Andreola *et al.* (2000) e Perin *et al.* (2004), as gramíneas normalmente contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, com alta relação C/N, o que pode aumentar a persistência da cobertura do solo, porém, com frequentes problemas em decorrência da forte imobilização de N. Maiores teores de N foliar foram encontrados em plantas de feijão cultivadas em sucessão as coberturas de M e MC, e nesta cobertura também foi constatado menor relação C/N, comprovando a afirmação de Alvarenga *et al.* (2001) de que as leguminosas comumente apresentam altos teores de N na matéria vegetal e produzem, em geral, palhadas de baixa relação C/N, cuja decomposição é relativamente rápida, com expressiva disponibilização de N para as lavouras subsequentes, porém sem constatação na cobertura de MG, provavelmente devido a maior proporção no teor de lignina nesta cobertura em relação a *C. spectabilis*.

Em área de cultivo mínimo, seguiu-se a mesma tendência do SPD, com redução de massa aos 30 DAS ao redor de 23%. Aos 60 e 90 DAS ao redor de 5% em cada avaliação e aos 120 DAS com redução de 39% em média em relação à massa seca total inicial, ficando evidente que o revolvimento do solo, por mínimo que seja, pode ocasionar uma menor proteção do solo em relação ao SPD, além da mais rápida degradação da palhada remanescente devido ao maior contato da cobertura vegetal com o solo, acarretando em redução de sua persistência sobre o solo. De acordo com Mahl *et al.* (2008), por si só a operação de escarificação a 0,30 m de profundidade já incorpora resíduos, chegando a reduzir em 30% a quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo. A menor persistência de massa seca ao final da avaliação de 120 DAS foi no consórcio do milho + *U. ruziziensis* (Figura 4B), devido a menor massa seca total produzida nesta consorciação.

Ao se realizar um comparativo entre a área de SPD e cultivo mínimo para a persistência da massa seca total das coberturas vegetais iguais (Figura 5), verificou-se que somente no cultivo do MR a persistência da massa seca foi praticamente semelhante do início ao final da avaliação (120 DAS), independente do manejo de solo (Figura 5C). Nos demais tratamentos constatou-se que houve uma maior persistência na MSTC cultivadas em área de SPD, que segundo Amaral *et al.* (2004), a manutenção dos resíduos das plantas de cobertura na superfície do solo no SPD dificulta a ação microbiana, em virtude do menor contato da palha com o solo, resultando numa decomposição mais lenta. Fato que provavelmente ocorreu no presente experimento, somando-se ao constante aporte de resíduos, torna-se possível a produção contínua de compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular (ligantes), podendo resultar em sua perenização no solo, assim a consolidação do SPD no Cerrado.

Figura 5 - Comparativo de persistência entre área de plantio direto e cultivo mínimo da massa seca total das coberturas vegetais aos 30, 60, 90 e 120 dias após semeadura de feijão de inverno em sucessão na safra 2016. (A) milho exclusivo, (B) milho + *U. brizantha*, (C) milho + *U. ruziziensis*, (D) milho + *C. spectabilis* e (E) milho + guandu anão. Selvíria, MS. ** e * - significativo a 1% e 5% pelo teste F.



Fonte: Dados de pesquisa do autor.

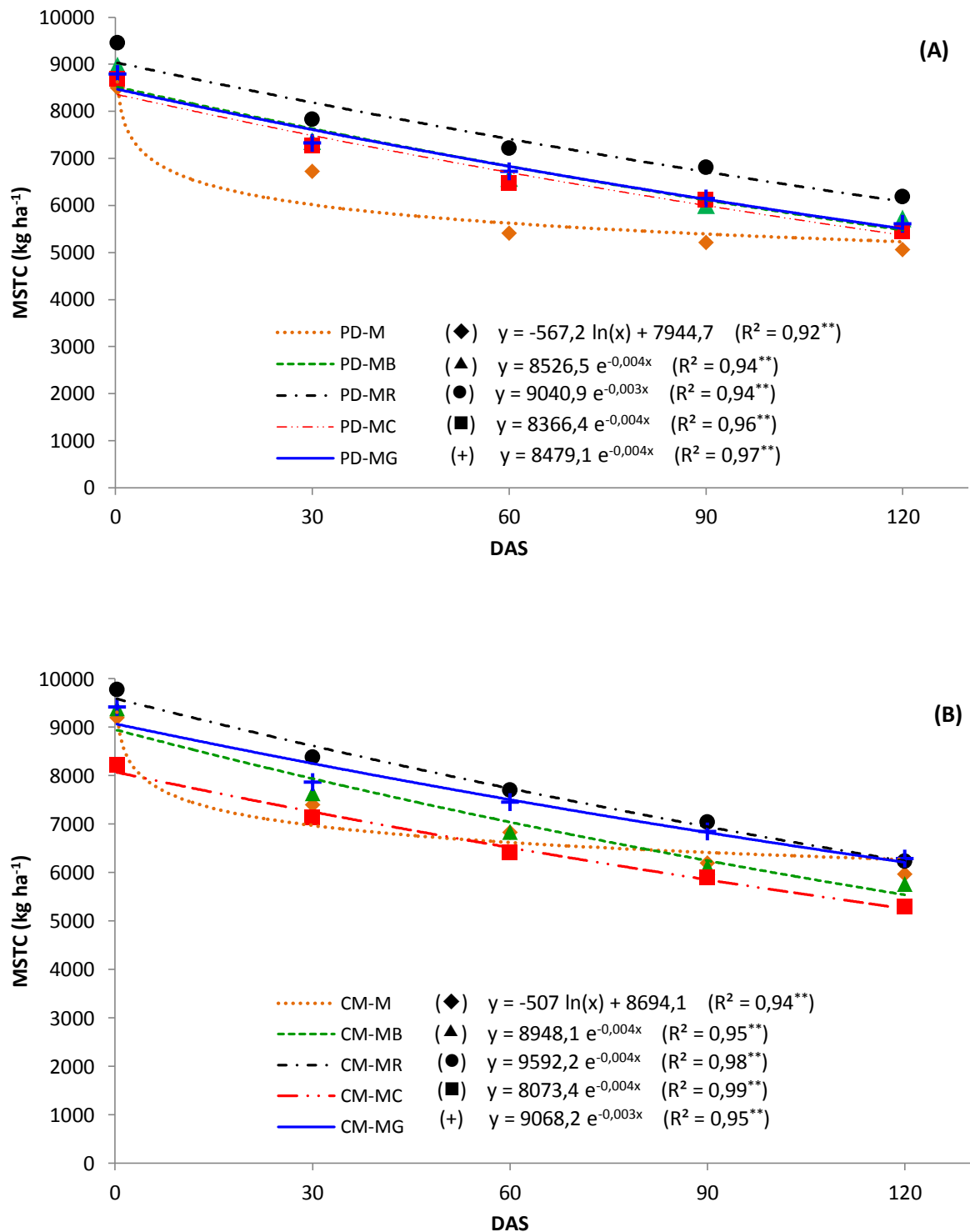
A persistência da massa seca total das coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas na safra 2017, em função do tempo de redução da quantidade de massa seca de palha de cada espécie para área de plantio direto e cultivo mínimo, relacionando a quantidade inicial sobre o solo, estão apresentadas na Figura 6. Para a decomposição da palhada ao longo do tempo (120 dias) tanto em área de plantio direto como em cultivo mínimo, se ajustaram melhor aos modelos matemáticos exponenciais, exceto para a cobertura de milho exclusivo que foi logarítmica, e que consiste na decomposição mais lenta e gradual, refletindo em melhor liberação dos nutrientes presentes nestas coberturas, que normalmente é o desejável nas coberturas vegetais.

Nessa safra tanto na área de plantio direto como na de cultivo mínimo, a persistência da massa seca total das coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas tiveram um comportamento semelhante, onde aos 30 DAS à redução de massa seca foi ao redor de 17% em relação à massa inicial; aos 60 DAS com mais 8% de redução; aos 90 DAS de mais 6%, e ao final da avaliação (120 DAS) reduziu mais 5%, totalizando ao final da avaliação uma redução de 36% da massa seca total inicial.

Aos 120 DAS o consórcio que apresentava maior massa seca de coberturas vegetais foi o consórcio do milho + *U. ruziziensis*, em ambos os manejos e somado o milho + guandu anão em área de cultivo mínimo, e o de menor massa eram o milho exclusivo em área de plantio direto e milho + *C. spectabilis* em cultivo mínimo.

Pode-se afirmar que as persistências das coberturas vegetais foram afetadas mais no primeiro ano de condução do experimento e em área de cultivo mínimo. Para o segundo ano houve decomposição mais uniforme das coberturas vegetais, visto que, a semelhança na persistência das coberturas são notórias independentes dos manejos de solo. Camara e Klein (2005b), constataram que a cobertura sob plantio direto escarificado, transcorridos seis meses após a escarificação, apresentou quantidades semelhantes de restos culturais na superfície quando comparada ao SPD, fato que foi observado no presente experimento no segundo ano de cultivo, embora fosse avaliado somente até os 120 DAS do feijão, onde praticamente as decomposições foram semelhantes tanto em SPD quanto em cultivo mínimo, ou seja, quando a área apresenta uma cobertura vegetal remanescente de cultivos anteriores, a decomposição das próximas coberturas vegetais se torna mais lenta e gradual. Com isso evidenciando o efeito cumulativo de palhada proveniente da consorciação do milho com gramíneas ou leguminosas, além do menor contato desta palhada com o solo resultando em maior persistência da cobertura vegetal sobre o solo.

Figura 6 - Persistência de massa seca de coberturas vegetais de milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas aos 30, 60, 90 e 120 dias após semeadura em sucessão de feijão de inverno na safra 2017. (A) PD e (B) CM. Selvíria, MS. Brasil. ** - significativo a 1% pelo teste F.



Fonte: Dados de pesquisa do autor.

Para a safra de 2017, ao se realizar um comparativo entre a área de SPD e cultivo mínimo para a persistência da massa seca total das coberturas vegetais (Figura 7), verificou-se um padrão diferente ao constatado na safra anterior, com maior produção de massa seca em área de cultivo mínimo em comparação ao SPD, exceto no MC. Essa maior produção também refletiu na maior persistência dessas palhadas, onde aos 120 DAS, a coberturas vegetais de milho exclusivo ou no consórcio MG resultaram em maior persistência das coberturas vegetais em cultivo mínimo, enquanto que para os demais tratamentos, praticamente a persistência foi semelhante tanto em SPD como em cultivo mínimo.

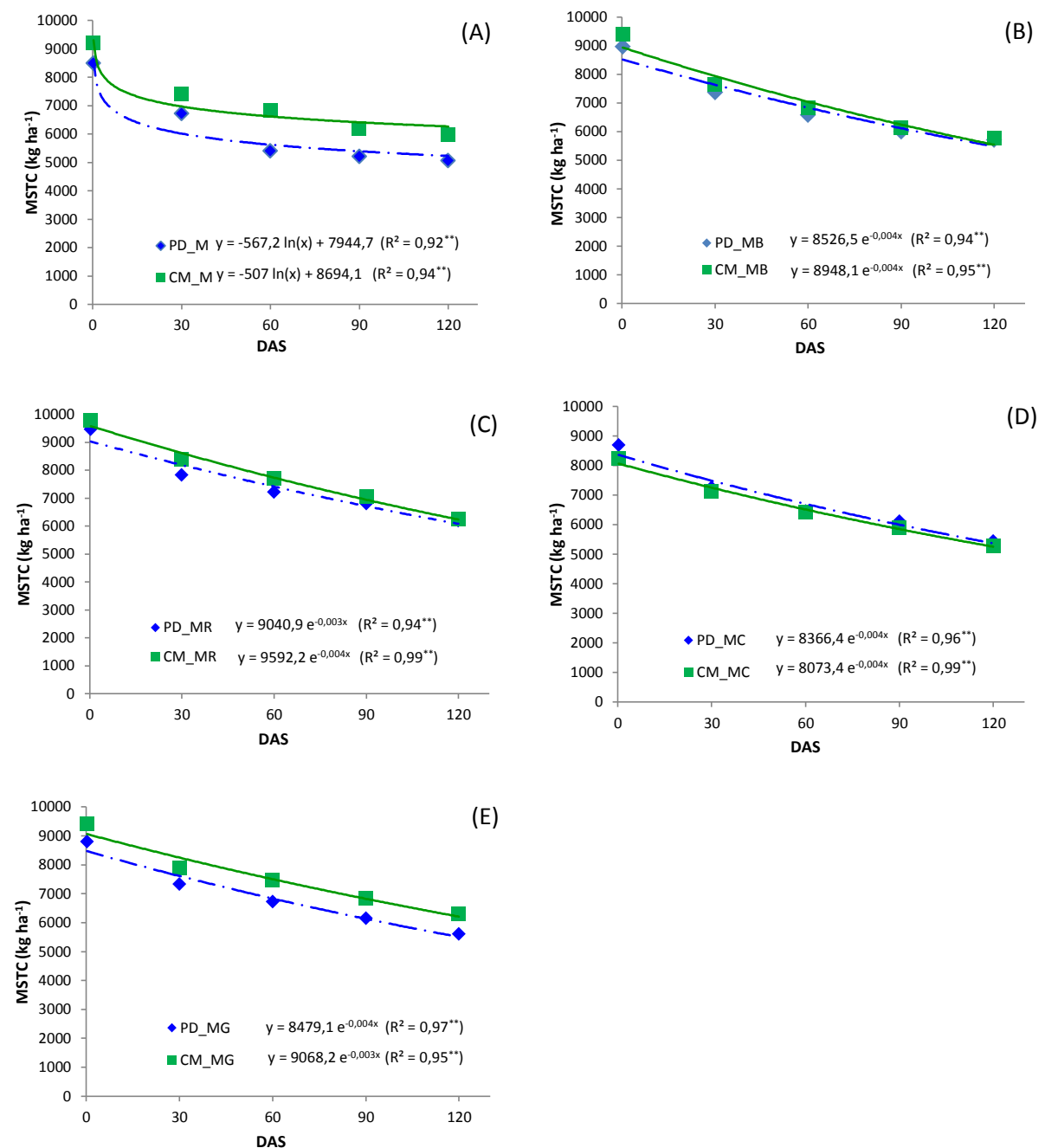
Em regiões de clima tropical, devido às condições de elevadas temperaturas e umidade na primavera/verão, a decomposição dos resíduos vegetais ocorre rapidamente, devendo-se atentar para a quantidade e durabilidade da palhada produzida pelas espécies antecedentes à cultura principal (ALVES *et al.*, 1995). Caso como da região do Cerrado, onde a busca por coberturas vegetais com maior persistência sobre o solo tem suma importância para a manutenção do SPD. Com o presente experimento, constatou-se que no cultivo do milho consorciado com gramíneas ou leguminosas houve melhora da persistência da cobertura, visto que, a palhada do cultivo do milho exclusivo mesmo no segundo ano, e em ambos os manejos, ocorreu rápida decomposição nos primeiros 30 DAS após a semeadura do feijão, enquanto que as coberturas dos consórcios a decomposição foi mais lenta e gradual.

Resultados que corroboram aos encontrados por Arf *et al.* (2018), que verificaram no segundo ano de cultivo de milho consorciado ou não, que as coberturas vegetais dos consórcios do milho com o guandu anão, *C. spectabilis* ou a *U. ruziziensis*, aos 41 dias após o manejo 95; 96 e 99% do solo estavam cobertos por esses materiais vegetais respectivamente, aos 89 dias após o manejo 91; 93 e 96% respectivamente de cobertura e aos 170 dias de 17, 18 e 21%. E para as coberturas de milho exclusivo foram de 91, 86 e 16%, para a primeira, segunda e terceira leitura respectivamente. Constatando também que no cultivo do milho exclusivo a cobertura apresenta uma persistência menor em relação ao cultivo consorciado, além da maior persistência da cobertura do milho em consórcio com a *U. ruziziensis* em virtude da maior quantidade de massa seca produzida.

Santos (2011) também verificaram maiores porcentagens na persistência das coberturas vegetais de milho, *U. ruziziensis*, e guandu anão em relação a *C. spectabilis* aos 30, 50, 80 dias de avaliação. Aos 110 dias, o milho e a *U. ruziziensis* recobriam ainda ao redor de 52% da superfície do solo, ao passo que a *C. spectabilis* e o guandu anão recobriam 12 e 17% respectivamente o solo. Assim a importância de ao selecionar as espécies para utilizar na consorciação com o milho, verificar a finalidade dessa cobertura vegetal, onde normalmente a

persistência da cobertura vegetal estando intimamente ligada a quantidade de massa seca produzida, além da relação C/N, que interfere diretamente na sua decomposição.

Figura 7 - Comparativo de persistência entre área de plantio direto e cultivo mínimo da massa seca total das coberturas vegetais aos 30, 60, 90 e 120 dias após semeadura de feijão de inverno em sucessão na safra 2017. (A) milho exclusivo, (B) milho + *U. brizantha*, (C) milho + *U. ruziziensis*, (D) milho + *C. spectabilis* e (E) milho + guandu anão. Selvíria, MS. ** - significativo a 1% pelo teste F.



Fonte: Dados de pesquisa do autor.

4.4 CULTURA DO FEIJÃO

Em relação à massa seca de parte aérea da planta de feijão (MSF) coletada no florescimento (R_6), foi verificada diferença significativa para os manejos de solo na safra 2016, com plantas mais pesadas quando cultivadas em área de SPD em relação à área de cultivo mínimo. Para o segundo ano (2017), verificou-se interação significativa entre os manejos de solos e as coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado (Tabela 19). Uma possível explicação para essa diferença na MSF entre os manejos de solo seria por causa da escarificação do solo em SPD promover a incorporação de cerca de 30% da cobertura presente sobre o solo (CAMARA *et al.*, 2002), havendo maior contato da cobertura vegetal com o solo, acelera sua decomposição e podendo os nutrientes ser lixiviados. Ademais, o fato de a área ser irrigada via pivô central, acarreta no aumento do teor de água, diminuindo a resistência do solo à penetração de forma que as raízes passam as camadas compactadas sem grandes dificuldades (CAVALIERI *et al.*, 2006) no SPD, e devido a maior estabilidade neste sistema, provavelmente houve um melhor desenvolvimento das plantas de feijão.

Os valores de MSF se assemelham aos encontrados por Urchei *et al.* (2000) e por Binotti *et al.* (2007) que pesquisando o efeito do manejo de solo e adubação N em cobertura no feijoeiro, verificaram diferença significativa para a MSF entre os manejos de solo somente no terceiro ano de cultivo, onde em área de SPD proporcionou planta de feijão de maior MSF em relação à área de cultivo escarificado, sem diferir da área preparada com grade pesada. Soratto *et al.* (2003) não observaram diferenças para a MSF cultivado sob diferentes preparo de solo (SPD, escarificado e grade pesada). Entretanto, Nascimento (2015) no primeiro ano de cultivo constatou maior MSF em cultivo realizado em área escarificada e cobertura vegetal de milheto ou pousio, e no SPD sob guandu. No segundo ano, maiores valores de MSF foram encontrados sob escarificação e cobertura de *U. ruziziensis*.

Avaliando o emprego de inoculantes na MSF, observou-se diferença somente na safra 2017, com plantas mais pesadas ao utilizar sementes co-inoculadas com o *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense* em comparação ao tratamento somente com o *R. tropici*. A bactéria *A. brasilense* pode ter estimulado a formação de pelos radiculares, através da produção de fitormônios, favorecendo a maior absorção de água e nutrientes pela planta, com reflexo direto no acúmulo de massa seca (BASHAN; LEVANONY, 1990). Assim, um rápido estabelecimento da cultura na área é vantajoso pelo poder de exploração dos efeitos das coberturas vegetais remanescente, além da competição com as plantas daninhas.

Tabela 19 - Valores médios de massa seca de parte aérea da planta de feijão e teor de N foliar na cultura do feijão de inverno em função dos manejos de solo, inoculantes de sementes e coberturas vegetais do milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos		MSF (g planta ⁻¹)		Teor N foliar (g kg ⁻¹)	
		Ano			
		2016	2017	2016	2017
Manejo de solo (M)					
Plantio direto		8,81 a	13,92	44,73 a	43,91
Cultivo mínimo		7,98 b	12,09	43,44 b	44,48
DMS		0,63	0,89	1,07	0,87
Inoculante (I)					
Rhizobium		8,41	12,14 b	43,88	44,56
Rhizobium + Azospirillum		8,37	13,86 a	44,29	43,83
DMS		0,63	0,89	1,07	0,87
Cobertura vegetal (C)					
Milho exclusivo		8,98	12,61	44,76 a	44,72
Milho + UR		8,26	13,07	44,18 ab	44,19
Milho + UB		8,14	14,05	42,33 b	43,67
Milho + CS		8,75	12,14	45,27 a	44,88
Milho + GA		7,84	13,15	43,88 ab	43,51
DMS		1,40	1,99	2,38	1,95
Valor F	M	6,98 [*]	16,64 ^{**}	5,86 [*]	1,72 ^{ns}
	I	0,01 ^{ns}	14,66 ^{**}	0,59 ^{ns}	2,74 ^{ns}
	C	1,73 ^{ns}	2,00 ^{ns}	3,48 [*]	1,55 ^{ns}
	M x I	1,25 ^{ns}	3,05 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,81 ^{ns}
	M x C	1,66 ^{ns}	4,39 ^{**}	0,89 ^{ns}	0,34 ^{ns}
	I x C	2,38 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,19 ^{ns}	3,90 ^{**}
	M x I x C	0,90 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,84 ^{ns}
	CV (%)	16,80	15,41	5,42	4,44

(1) ^{ns} - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Pesquisa conduzida por Corsini (2014), avaliando o modo de uso do inoculantes (*R. tropici* e *A. brasilense*) via tratamento de sementes de feijão, não verificou diferenças para a MSF em relação ao modo de inoculação e co-inoculação de sementes de feijão em ambos os anos de condução do experimento. Entretanto, Souza (2015) estudando o efeito da co-inoculação no feijoeiro verificou maior MSF quando utilizou *R. tropici* via semente + 3 doses de *A. brasilense* via pulverização no estágio V₂-V₃, em comparação à testemunha sem inoculação e adubação, testemunha somente adubada ou inoculada com *R. tropici*, constatou ainda maior massa seca de raiz nesse tratamento, provavelmente ocasionado pelo efeito da bactéria *A. brasilense*. Evidenciando o efeito sinérgico do *A. brasilense* ocorrido no segundo ano de cultivo, principalmente em condições climáticas adversas, como escassez de chuva.

No cultivo do feijoeiro de inverno em sucessão as coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciado com gramíneas ou leguminosas, não foram observadas diferenças significativas para a MSF no primeiro e segundo ano de cultivo e houve interação para o segundo ano com o manejo de solo. Assim, o sincronismo entre a decomposição destes materiais vegetais e o aproveitamento dos nutrientes pela cultura do feijão, provavelmente não ocorreu. Garcia (2017) encontrou resultado semelhante cultivando o feijão em sucessão a coberturas de milho exclusivo, *U. ruziziensis* exclusivo e consorciado com o milho, onde não verificou diferenças entre os tratamentos para a MSF. Entretanto, Gerlach (2014) no cultivo do feijão em sucessão às coberturas vegetais constatou no primeiro ano que o feijão cultivado sobre plantas de *C. spectabilis* e 90 kg ha⁻¹ N em cobertura resultou em maior MSF, e para o segundo ano, a cobertura de milho + estilosantes mais 30 kg ha⁻¹ N em cobertura acarretou em maior MSF, e a menor a MSF quando se cultivou sobre a cobertura de milho + *C. spectabilis* sem adubação nitrogenada em cobertura. Devido N compor a molécula de clorofila, que é responsável pela fotossíntese e consequentemente no acúmulo de massa seca.

Analisando o desdobramento da interação significativa entre os manejos de solo e as coberturas vegetais do milho consorciado para a MSF na safra 2017 (Tabela 20), verificou-se maior MSF em SPD ao cultivar o feijão sobre coberturas vegetais do consórcio milho + *U. brizantha* em relação à cobertura do milho + *U. ruziziensis*. Em cultivo mínimo a maior MSF ocorreu no consórcio do milho + *U. ruziziensis* em comparação à cobertura do milho exclusivo. Para os manejos de solo dentro das coberturas vegetais, a maior MSF foi constatado utilizando as coberturas vegetais do milho exclusivo, milho + *U. ruziziensis* ou milho + guandu anão em SPD em relação à área de cultivo mínimo. Estas maiores MSF em área de SPD pode ser explicada pelo fato de que no segundo ano de cultivo ter ocorrido maior

decomposição das coberturas vegetais em área de plantio direto (Figura 7), com isso, provavelmente liberando maior quantidade de nutrientes no solo.

Tabela 20 - Desdobramento da interação significativa entre os manejos de solo e as coberturas vegetais do milho consorciado ou não para a massa seca de planta de feijão de inverno (g planta^{-1}) para a safra 2017. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Manejo de solo	Cobertura vegetal				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
Plantio direto	14,15 aAB	12,21 B	15,51 aA	12,91 AB	14,82 aAB
Cultivo mínimo	11,08 bB	13,93 A	12,59 bAB	11,37 AB	11,48 bAB

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras distintas minúscula nas colunas e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Com relação aos teores de N foliar do feijoeiro (Tabela 19), ao analisar os tratamentos pôde-se observar que os teores foliares, de modo geral, encontram-se na faixa considerada adequada para um bom desenvolvimento da cultura do feijão que é de 30 a 50 g kg^{-1} conforme Ambrosano *et al.* (1997), nos dois anos de cultivo.

Nos manejos de solo observaram-se diferenças significativas na safra 2016, com maiores teores de N foliar em plantas cultivadas em área de SPD. Resultados que assemelham aos encontrado por Arf *et al.* (2004) que constataram no primeiro ano de cultivo do feijão de inverno maior teor de N foliar em SPD em relação ao preparo com arado de aiveca ou grade pesada e afirmaram que devido as plantas em SPD terem proporcionado menor MSF, podendo ser ao efeito de concentração do nutriente na planta. Soratto *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2006) não verificaram diferenças para o teor de N em relação aos manejos de solo avaliados (SPD, escarificado e grade pesada). Entretanto, Binotti *et al.* (2007), no primeiro ano de cultivo de feijão em diferentes preparos de solo, verificaram maior teor de N foliar em área escarificada em relação ao SPD, sem diferir do preparo com grade pesada.

Foram constatados nessa mesma safra, maiores teores de N foliar no feijoeiro quando cultivado sobre as coberturas vegetais de milho exclusivo ou consorciado com a *C. spectabilis* em relação à cobertura do milho + *U. brizantha*. Verificou-se que o material proveniente do consórcio do milho + *C. spectabilis* apresentava menor relação C/N (Tabela 14) e maiores teores de N em relação ao consórcio do milho + *U. brizantha*, que revelava maior relação C/N e menores teores de N na primeira safra, o que provavelmente refletiu nos teores de N foliar

da planta de feijão, ratificando a tese de que coberturas vegetais resultantes da consorciação com leguminosas podem fornecer parte do nitrogênio exigido pela cultura em sucessão.

Para a cobertura advinda de milho exclusivo, apesar da relação C/N ser considerada alta, provavelmente há uma rápida disponibilização do nutriente ao meio devido ao maior contato da palha com o solo, assim acarretando em plantas com maiores teores de N, podendo refletir positivamente na produtividade, salientando que no primeiro ano, a decomposição das coberturas vegetais teve um comportamento logarítmico. No segundo ano de cultivo, a não diferença no teor de N foliar do feijão pode ser explicada pela semelhança na relação C/N entre as coberturas vegetais. Isso mostra que houve melhora na qualidade e quantidade da cobertura vegetal, onde a decomposição foi de forma mais lenta e gradual, podendo os benefícios ser mais bem aproveitados pela cultura do feijão.

Resultados estes que corroboram aos encontrados por Souza (2016), que observou maiores teores de N foliar ao cultivar o feijoeiro sobre cobertura vegetal do consórcio do milho + *C. spectabilis* ($35,4 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à cobertura de milho exclusivo ($30,1 \text{ g kg}^{-1}$) ou milho + *U. ruziziensis* ($30,0 \text{ g kg}^{-1}$), além disso, a cobertura vegetal do consórcio com a leguminosa acumulou maior quantidade de nitrogênio na sua massa seca em relação ao milho exclusivo, e com Nascimento (2015) que também constatou no primeiro ano de cultivo, maior valor de N foliar no feijoeiro quando cultivado em área escarificada e sob cobertura vegetal de guandu em relação ao milheto ou *U. ruziziensis*. No segundo ano, o maior teor de N foliar foi em área de SPD sob *U. ruziziensis* em relação ao milheto, e para área escarificada *C. juncea* à pousio, afirmando que o potencial das leguminosas na FBN da atmosfera do solo e a mineralização da matéria orgânica do solo, pode ter disponibilizado rapidamente o N devido à baixa relação C/N das palhas antecessoras.

Mingotte *et al.* (2014) verificaram maiores teores de N foliar quando cultivou o feijão sobre coberturas de *U. ruziziensis* exclusivo ($38,3 \text{ g kg}^{-1}$) ou consorciado com milho ($36,8 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à cobertura de milho exclusivo ($31,8 \text{ g kg}^{-1}$). Entretanto, Soratto *et al.* (2013) não observaram diferenças para o teor de N foliar ao cultivar o feijão sobre coberturas de milho exclusivo ($30,6 \text{ g kg}^{-1}$) ou consorciado com *U. brizantha* ($30,7 \text{ g kg}^{-1}$), e quando não utilizou N em cobertura, as plantas apresentaram maiores teores em sucessão ao consórcio. Assim, concluíram que os elevados teores de N nas folhas do feijoeiro, no tratamento sem adubação nitrogenada, cultivado em sucessão a milho + *Urochloa*, indicou que a inclusão da forrageira disponibilizou maior quantidade de N para o feijão.

De acordo com Souza e Soratto (2012), mesmo havendo disponibilidade de N, proveniente da mineralização da palhada de milho + *U. brizantha* e milho + *U. ruziziensis*, a

aplicação de N em cobertura aumenta o teor desse nutriente nas folhas do feijão. Gerlach (2014) também constatou, no primeiro ano de cultivo do feijão de inverno, maior teor de N foliar quando em sucessão à cobertura de guandu anão ou *C. spectabilis* em relação ao milho + estilosantes (semeada em V₅), porém sem diferenças entre as demais coberturas, inclusive sobre consórcio simultâneo de milho + guandu, milho + *C. spectabilis* e milho + estilosantes.

Os inoculantes utilizados nos tratamentos das sementes de feijão não influenciaram no teor de N foliar na safra 2016. Houve interação significativa entre os inoculantes e as coberturas vegetais para o teor de N foliar no feijoeiro na safra 2017. No desdobramento da interação significativa entre os inoculantes e as coberturas vegetais, ao utilizar sementes de feijão tratadas com a co-inoculação (*R. tropici* + *A. brasilense*) e semeadas em sucessão à coberturas vegetais de milho + *U. ruziziensis* ou milho + *C. spectabilis*, verificou-se plantas de feijão com maiores teores de N foliar em comparação à condução em cobertura de milho + *U. brizantha* (Tabela 21). Ao se cultivar o feijão em cobertura vegetal de milho + *U. brizantha* e inoculando somente com *R. tropici* verificou-se maior teor de N foliar, em relação ao tratamento com a co-inoculação e conduzido na mesma cobertura. Possivelmente nesse ambiente houve uma maior competição entre as bactérias por um mesmo sitio de ação na cultura do feijão, reduzindo a absorção de N pelas plantas.

Tabela 21 - Desdobramento da interação significativa entre inoculantes de sementes e coberturas vegetais do milho consorciado ou não para o teor de N foliar (g kg⁻¹) na cultura do feijão de inverno. Safra 2017. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Inoculante	Cobertura vegetal				
	Milho exclusivo	Milho + UR	Milho + UB	Milho + CS	Milho + GA
<i>Rhizobium</i>	45,54	43,76	45,48 a	45,01	43,01
<i>Rhizo.</i> + <i>Azosp.</i>	43,91 AB	44,63 A	41,86 bB	44,76 A	44,01 AB

⁽¹⁾ Médias seguidas por letra s distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

Gilabel (2018) estudando o uso de inoculantes (*R. tropici* e *A. brasilense*) nas sementes de feijão e fornecimento de N em casa de vegetação, não verificou diferenças nos teores de N entre os tratamentos com uso de inoculantes, contudo, observou maior teor de N foliar ao utilizar 60 kg ha⁻¹ N em cobertura e sem inoculação e o menor número de nódulos neste tratamento, evidenciando que o nitrogênio prejudica no estabelecimento dos nódulos.

Corsini (2014) avaliando os inoculantes (*R. tropici* e *A. brasilense*) e doses de N em cobertura no feijão, também constatou que na ausência dos inoculantes e com uso do nitrogênio mineral em cobertura proporcionaram maiores teores de N foliar em feijão de inverno, sem reflexo no aumento de produtividade da cultura. Meirelles *et al.* (2014) verificaram maiores teores de N foliar ao utilizar 80 kg ha⁻¹ de N e sem inoculação, em relação aos demais tratamentos que incluíam sementes inoculadas, no entanto, a produtividade de grãos foi maior utilizando sementes inoculadas com *R. tropici* e aplicação foliar de 2 doses de *A. brasilense* em V₂-V₃.

Já Peres *et al.* (2016) estudando inoculantes e lâminas de irrigação no cultivo do feijão de inverno, verificaram maiores teores de N foliar no primeiro ano de cultivo fornecendo 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura e 75% da lâmina recomendada, e no segundo ano, utilizando sementes co-inoculadas (*R. tropici* + *A. brasilense*) em relação ao controle (40 kg ha⁻¹ de N em cobertura), ambas com fornecimento de 75% da lâmina recomendada. Esses pesquisadores encontraram menores teores de N foliar utilizando a lâmina recomendada e com co-inoculação de sementes, concluindo que isto pode estar relacionado ao maior volume de água fornecido (irrigação) e acrescido da precipitação resultando em maior lixiviação do nutriente.

Avaliando os componentes de produção da cultura do feijão (Tabela 22), foi constatado que não houve diferenças significativas para o número de vagens por planta, de grãos por vagem e o de grãos por planta em função dos manejos de solo, inoculação de sementes e coberturas vegetais em ambos os anos de cultivo. Isto pode ser explicado pelo fato destes componentes serem de alta herdabilidade genética, estando intrinsecamente ligados a cultivar (ANDRADE *et al.*, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2007). Resultados que diferem aos encontrados por Binotti *et al.* (2007) que verificaram diferenças para o número de vagens no terceiro ano de cultivo do feijoeiro de inverno em diferentes preparo de solo e épocas de aplicação do nitrogênio, e para o número de grãos por vagem no segundo ano e no número de grãos por planta no segundo e terceiro ano de cultivo com maiores quantidades ao cultivar o feijoeiro no SPD em relação ao preparo do solo com grade pesada ou escarificador.

Nascimento (2015) também observou diferenças para o número de vagens no primeiro ano de cultivo de feijão de inverno em área escarificada e sobre coberturas vegetais de milho ou *C. spectabilis*, e no segundo ano em área escarificada com *C. spectabilis* e em área de SPD com milho ou em pousio. Para o número de grãos por vagem, o autor constatou maior valor no segundo ano, em área escarificada com milho, e em relação ao número de grãos por planta, verificou no primeiro ano maior número cultivando em SPD sobre cobertura de guandu e em área escarificada sobre milho, resultados que possivelmente foram devido às coberturas ter gerado ambiente mais favorável à nodulação do feijão.

Tabela 22 - Valores médios de número de vagens por planta, grãos por vagem e grãos por planta na cultura do feijão de inverno em função dos manejos de solo, inoculantes de sementes e coberturas vegetais do milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹		Grãos vagem ⁻¹		Grãos planta ⁻¹		
	(unid.)		(unid.)		(unid.)		
	----- Ano -----						
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Manejo de solo (M)							
Plantio direto	20,08	19,14	4,60	4,79	92	91	
Cultivo mínimo	20,85	18,78	4,61	4,76	95	88	
DMS	1,64	1,58	0,16	0,16	7	7	
Inoculante (I)							
<i>Rhizobium</i>	21,18	18,78	4,61	4,69	97	87	
<i>Rhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	19,75	19,13	4,61	4,84	91	92	
DMS	1,64	1,58	0,16	0,16	7	7	
Cobertura vegetal (C)							
Milho exclusivo	21,02	18,30	4,65	4,84	98	88	
Milho + UR	21,37	20,69	4,56	4,76	97	97	
Milho + UB	18,45	18,76	4,73	4,69	87	87	
Milho + CS	21,28	19,31	4,63	4,81	97	92	
Milho + GA	20,21	17,71	4,47	4,73	90	83	
DMS	3,66	3,52	0,37	0,37	17	16	
Valor F	M	0,87 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,41 ^{ns}
	I	3,02 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,22 ^{ns}	2,70 ^{ns}	1,56 ^{ns}
	C	1,76 ^{ns}	1,64 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,62 ^{ns}
	M x I	1,66 ^{ns}	0,01 ^{ns}	4,39 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}
	M x C	0,18 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,84 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,35 ^{ns}
	I x C	1,28 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,30 ^{ns}
	M x I x C	0,25 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,49	0,62 ^{ns}	0,86 ^{ns}
CV (%)	17,95	18,68	8,09	7,78	18,07	17,99	

⁽¹⁾ ns - não significativo. CV - coeficiente de variação. DMS – diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

No cultivo do feijão de inverno em diferentes preparos de solo, uso de inoculante e adubação N em cobertura, Arf *et al.* (2011) confirmaram que o número de grãos por vagem não foi alterado pelos preparos de solo (SPD, escarificador e grade pesada) e o uso do inoculante *R. tropici*, enquanto que para o número de grãos por planta verificaram maior quantidade em área preparada com grade pesada ou escarificador sem o uso do inoculante, provavelmente devido a melhora nos atributos físicos do solo. Araújo *et al.* (2007), avaliando doses de inoculantes e fungicidas, não verificaram diferenças para o número de grãos por vagem e de vagens por planta entre a testemunha sem inoculante e os tratamentos com N mineral, 1x e 2x a dose de inoculante *R. tropici*.

Pesquisas realizados por Schossler *et al.* (2016), com uso de inoculantes no feijoeiro, constataram maior número de vagens por planta ao utilizar *R. tropici* e *A. brasilense* de forma isoladas ou em co-inoculação em relação à testemunha sem inoculação e para o número de grãos por vagem não constataram diferença significativa, resultados que foram devido as alterações fisiológicas causada pelo *A. brasilense* nas plantas, como liberação de hormônios de crescimento.

Gilabel (2018) avaliando modos de inoculação do feijoeiro e adubação de N em cobertura em duas safras também verificou diferenças significativas para o número de vagens por planta, com maior quantidade na safra “das águas” ao utilizar 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura sem inoculante, e na safra “da seca” utilizando a co-inoculação (*Rhizobium* + *Azospirillum*) sem uso de N ou quando se usou 3 doses de *Azospirillum* e 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura. Para o número de grãos por vagem na safra “das águas” não houve diferenças e na safra “da seca” quando utilizou *Rhizobium* + 3 doses de *Azospirillum* e sem N, podendo ter ocorrido maior altura de plantas e/ou emissão de ramos reprodutivos com a utilização do N.

Estudos conduzidos por Souza *et al.* (2011) confirmaram maior número de vagens ao realizar a inoculação das sementes de feijão (*R. tropici*), sem uso de adubo nitrogenado e cultivado sobre cobertura de milho + *U. brizantha* cv. Marandu em relação ao não uso de inoculante, mostrando que a inoculação de rizóbio nas sementes aumentou o número de vagens por planta quando não se faz o uso de N, devido a maior eficiência das bactérias na ausência do N.

Dados do presente experimento contradizem os encontrados por Souza (2016) que avaliando o cultivo do feijão em sucessão às coberturas vegetais, pois embora não tenha verificado diferenças para o número de grãos por vagem, constatou maior número de vagens por planta quando o feijão foi semeado em sucessão ao milho + *C. spectabilis* em relação ao milho + *U. ruziziensis*, que foi maior que o milho exclusivo. Relatando que devido ao maior

fornecimento do N mineralizado da palhada originária do consórcio com a leguminosa, ocorreu maior expansão das áreas vegetativas da planta e, por conseguinte, realizando mais fotossíntese (FAGERIA; BALIGAR, 2005), fato que não foi constatado no presente experimento, embora, tanto a quantidade de N acumulado pela cobertura vegetal quanto os tores de N foliar no feijão foram maiores que o referido estudo.

Fiorentin *et al.* (2011) também constataram diferenças significativas para o número de vagens por planta, com maiores quantidades cultivando o feijão sobre a cobertura de *U. ruziziensis* em relação ao milho exclusivo e não diferindo do consorciado. Para o número de grãos por vagem maiores quantidades foram no cultivo sobre a *U. ruziziensis* exclusiva ou consorciado com o milho. Mingotte *et al.* (2014), avaliando o cultivo do feijão sobre as coberturas vegetais de milho e *U. ruziziensis*, não verificaram diferenças para número de grãos por vagem, e constataram maior número de vagens no feijão cultivado sobre *U. ruziziensis* ou milho + *U. ruziziensis*, fato que não foi constatado com a presente pesquisa.

Gerlach (2014) constatou que as coberturas vegetais de leguminosas exclusivas ou consorciadas com o milho influenciaram os componentes de produção do feijão de inverno, pois verificou diferenças para número de vagens por planta, com maior número no primeiro ano de cultivo do feijão sobre a cobertura de milho + estilosantes e milho + *C. spectabilis* (semeadura em V₅) em relação ao milho + guandu anão, no segundo ano, maior número de vagens foi sobre de milho + *C. spectabilis* em relação ao guandu exclusivo. Para o número de grãos por planta, no segundo ano, foi maior sobre a cobertura de milho + *C. spectabilis* simultâneo ou em V₅ e milho + estilosantes (V₅) em relação ao milho e o guandu exclusivo.

Em relação à massa de 100 grãos de feijão (Tabela 23) foi constatada diferença significativa somente na safra 2016 para os manejos de solo com maiores valores em área de cultivo mínimo em relação ao SPD, e nesta safra, quando as sementes de feijão foram tratadas com inoculante *Rhizobium tropici* de forma isolada, resultou em grãos de maior massa em relação à co-inoculação (*R. tropici* + *A. brasilense*). Porém, isto não refletiu em maior produtividade de grãos da cultura do feijão, visto que, em ambos os anos de cultivo não foram verificadas diferenças significativas para a produtividade do feijoeiro avaliando os manejos de solo e uso de inoculantes. Para as coberturas vegetais do milho exclusivo e consorciados também não se constatou diferença significativa para a massa de 100 grãos em ambas as safras.

Tabela 23 - Valores médios de massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos do feijão de inverno em função dos manejos de solo, inoculantes de sementes e coberturas vegetais do milho consorciado ou não em dois anos de cultivo. Selvíria, MS ⁽¹⁾.

Tratamentos	M100 (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	Ano			
	2016	2017	2016	2017
Manejo de solo (M)				
Plantio direto	26,68 b	31,00	3.136	3.853
Cultivo mínimo	27,36 a	31,27	3.252	3.850
DMS	0,65	0,47	228	197
Inoculante (I)				
<i>Rhizobium</i>	27,47 a	31,13	3.266	3.786
<i>Rhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	26,58 b	31,13	3.122	3.918
DMS	0,65	0,47	228	197
Cobertura vegetal (C)				
Milho exclusivo	26,70	31,05	3.402 a	3.969 ab
Milho + UR	27,07	31,18	3.188 ab	4.012 a
Milho + UB	26,98	31,30	3.324 ab	3.755 ab
Milho + CS	26,78	31,42	3.166 ab	3.961 ab
Milho + GA	27,58	30,72	2.890 b	3.561 b
DMS	1,44	1,05	508	440
Valor F	M	4,38 *	1,27 ^{ns}	1,01 ^{ns}
	I	7,59 **	0,01 ^{ns}	1,59 ^{ns}
	C	0,91 ^{ns}	1,06 ^{ns}	2,36 *
	M x I	0,54 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}
	M x C	1,49 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,96 ^{ns}
	I x C	0,71 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}
	M x I x C	0,32 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	CV (%)	5,37	3,39	15,97

(1) ns - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

A ausência de influência da escarificação na produtividade de grãos de feijão pode ser atribuída a diversos fatores, mas um que chama mais a atenção é a efemeridade do processo em solos argilosos que é questionável. Silveira Jr. *et al.* (2012) relataram que após 18 meses, o SPD, com ou sem práticas de descompactação, apresentou praticamente a mesma qualidade física, de densidade do solo, porosidade, permeabilidade ao ar e continuidade de poros, constatando limitada persistência do efeito da escarificação como tentativa de melhorar a qualidade física de um LATOSSOLO de textura argilosa. Para outros autores a duração das alterações nos atributos indicadores do estado estrutural do solo, como densidade, porosidade total e macroporosidade do solo, após escarificação mecânica, é inferior a uma safra agrícola (ÁLVAREZ *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012; DRESCHER *et al.*, 2016).

Ao analisar os dados obtidos em pesquisa por Nascimento (2015), verificou-se que a escarificação mecânica do solo tem efêmera persistência. No estudo, 7 meses após a operação de escarificação, a RSP no SPD ainda era maior que em área escarificada, embora ambas já apresentavam RSP a 0,06 m maior que 2,0 MPa. Aos 12 meses após a mobilização do solo a diferença de RSP entre o SPD e a escarificação era menor, onde RSP foi superior a 2,0 MPa abaixo à profundidade de 0,18 m em SPD e 0,26 m com escarificação. Aos 21 e 24 meses após a escarificação, a diferença para a RSP era praticamente inexistente entre as áreas. Ainda pôde-se constatar que o cultivo do guandu rompeu a camada superficial compactada e proporcionou adição de matéria orgânica no perfil do solo resultando em melhorias na RSP e no desenvolvimento e penetração do sistema radicular das culturas sucedâneas.

Os resultados para a massa de 100 grãos de feijão em função dos manejos de solo se assemelham ao observado por Nascimento (2015), onde estudando o efeito de coberturas vegetais e manejos do solo no cultivo do feijoeiro de inverno constatou incremento da massa de 100 grãos pela escarificação mecânica do solo na segunda safra, relatando que a escarificação é uma prática de manejo de solo com finalidade em romper camadas compactadas e melhorar a qualidade física no perfil do solo em SPD, proporcionando maior desenvolvimento e aprofundamento do sistema radicular das culturas anuais, com reflexos positivos nas melhorias das características agronômicas e produtivas das culturas anuais comerciais em sucessão no SPD implantado em Cerrado de baixa altitude.

Binotti *et al.* (2007) verificaram no segundo ano de cultivo do feijão de inverno maior massa de 100 grãos em área preparada com grade pesada em relação ao SPD ou área escarificada; para a produtividade de grãos ocorreu o inverso, com maior quantidade de grãos no SPD em comparação à área escarificada. No terceiro ano, a produtividade foi maior em SPD em relação ao preparo escarificado ou com uso da grade pesada. Arf *et al.* (2011),

avaliando preparos de solo, inoculação e doses de N no cultivo do feijoeiro, observaram maior produtividade de grãos no segundo ano de cultivo usando o *R. tropici* em área preparada com grade pesada em relação ao SPD e não diferindo da área escarificada. Em área de SPD, sem uso do inoculante, houve maior produtividade em relação à área com uso do inoculante. No entanto, Lima *et al.* (2006) avaliando a qualidade do solo sob diferentes manejos não verificaram diferença significativa para a produtividade de feijão entre os manejos, embora concluísse que a escarificação foi favorável para a produtividade de feijão.

De acordo com Arf *et al.* (2008), para a massa de 100 grãos dificilmente se observará alteração significativa em seus valores em adequadas condições de cultivo, decorrentes da utilização de técnicas de manejo de solo e/ou adubação. Normalmente, as alterações promovidas sobre este componente se relacionam mais com a cultivar e, neste experimento, durante os dois anos, foram utilizadas as mesmas cultivares, visto que, para o segundo ano, a massa de 100 grãos com o uso de inoculantes foi semelhante.

No tocante ao uso da co-inoculação, de acordo com Bashan e Bashan (2005), a inoculação mista têm maior taxa de sucesso, uma vez que nas plantas co-inoculadas, a nutrição é mais equilibrada e adsorção de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes minerais são significativamente melhorados, podendo-se obter uma maior produtividade. No presente experimento, embora não se verificou diferenças para a produtividade de grãos com o uso da co-inoculação, esta é uma tecnologia onde provavelmente maiores benefícios ou respostas ocorram em condições climáticas adversas, como falta de chuva e baixa umidade relativa.

Peres *et al.* (2016), estudando lâmina de irrigação, uso N e de inoculantes na cultura do feijão de inverno, constataram maiores massa de 100 grãos no primeiro ano de cultivo, usando 80 kg ha⁻¹ N em cobertura, em relação ao uso de sementes com *R. tropici* + 40 kg ha⁻¹ N, não diferindo dos demais tratamentos inclusive usando o *A. brasilense* e a co-inoculação com *A. brasilense*. Para o segundo ano de cultivo, a menor massa foi obtida com a co-inoculação, sem diferir do tratamento com *R. tropici*. Ademais, não verificaram diferença para a produtividade de grãos para os tratamentos avaliados.

Entretanto, Schossler *et al.* (2016) avaliando o uso de inoculantes no feijão constataram maior massa de mil grãos ao utilizar a co-inoculação (*R. tropici* + *A. brasilense*), seguido da inoculação com *R. tropici*, que resultou maior massa em relação ao tratamento com *A. brasilense*, que foi maior que o tratamento testemunha sem inoculação. Verificaram maior produtividade de grãos ao utilizar sementes tratadas com a co-inoculação ou *R. tropici* isolado em relação à inoculação com *A. brasilense* isolado, que foi maior que a testemunha, onde, o uso da co-inoculação resultou em 13,5% no incremento de grãos em relação ao

tratamento somente com *A. brasilense*, 5% a mais que o tratamento com *R. tropici* e 26% maior em relação a testemunha. Evidenciando que o efeito combinado das bactérias é extremamente benéfico para o feijoeiro-comum, devido aos efeitos combinados que as duas bactérias proporcionam, aumentando o número de nódulos, a massa dos nódulos, o comprimento e a massa das raízes, aumentando sua capacidade em absorver água e nutrientes.

Resultados estes, também comprovados por Meirelles *et al.* (2014) que constataram maior produtividade de grãos de feijão quando utilizaram sementes inoculadas com *R. tropici* e a co-inoculação com *A. brasilense* via foliar. Com base nisso, os autores recomendam uma dose de 2 g do inoculante comercial a base de *R. tropici* kg⁻¹ de sementes, e quando o feijão estiver nos estádios V₂-V₃, pulverização de 200 mL ha⁻¹ do produto comercial a base de *A. brasilense*. Steiner *et al.* (2019) utilizando inoculantes e doses de N no feijoeiro não verificaram diferenças significativas para a massa de 100 grãos tanto para o cultivo no verão como no inverno. Para a produtividade de grãos, na safra de verão não observaram diferença significativa, enquanto que para a safra de inverno, quando utilizado o inoculante *R. tropici* ou a co-inoculação com *A. brasilense*, verificaram maior produtividade. Afirmando que a inoculação com *R. tropici* ou co-inoculadas com *A. brasilense* é dependente das condições ambientais, especialmente a baixa precipitação que estimula a taxa de nodulação da raiz, melhorando a produtividade do feijoeiro quando cultivada no inverno na região do Cerrado brasileiro, resultados que não foram verificados no presente experimento provavelmente devido a suplementação de água via irrigação. Matoso e Kusdra (2014) avaliando uso de inoculante, fontes e doses de molibdênio, constataram que a inoculação das sementes de feijão IPR 139 com *R. tropici* SEMIA 4088 em solos com pH em torno de 6,0 e altas populações de rizóbio nativos não são capazes de melhorar os indicadores de nodulação e FBN desta cultivar.

Assim, alguns fatores podem ter influenciados nas respostas da produtividade com o uso de inoculantes, podendo destacar a existência generalizada e diversificada de rizóbios nativos nos solos que apresentam vantagem competitiva em relação às estirpes presentes nos inoculantes, reduzindo a nodulação e consequente à FBN, fatores ambientais como temperatura, umidade, acidez do solo e deficiências nutricionais, especialmente de P e molibdênio, limitantes ao processo de FBN, a diversidade de cultivares de feijões utilizados e aplicação de fertilizantes nitrogenados que podem promover efeito deletério sobre a nodulação afetando à FBN (CASSINI; FRANCO, 2006).

Da mesma forma que ocorreu neste experimento, Garcia (2017) também não observou diferenças para a massa de 100 grãos de feijão, em relação ao cultivo sobre coberturas vegetais de milho, *U. ruziziensis* ou de sua consorciação, e também utilizando sementes

inoculadas com *R. tropici*. Para a produtividade constatou um acréscimo de 25% quando inoculou as sementes de feijão com *R. tropici* e sem diferença para o uso de coberturas vegetais. Fiorentin *et al.* (2012) também não verificaram diferenças para a massa de 100 grãos ao cultivar o feijão sobre coberturas vegetais de milho, *U. ruziziensis* ou consorciado, e para a produtividade de grãos constataram maiores quantidades sobre cobertura do consórcio de milho + *U. ruziziensis* (2.319 kg ha⁻¹) e *U. ruziziensis* (2.143 kg ha⁻¹) em relação à cobertura de milho exclusivo (1.636 kg ha⁻¹). Resultado contrário foi observado por Oliveira (2010), que avaliando cultivo do feijão, em sucessão a coberturas vegetais tratadas sem e com N, verificou maior massa de 100 grãos no cultivo sobre cobertura de milho + *C. spectabilis* sem N em comparação à mesma cobertura tratada com 90 kg ha⁻¹ de N, do milho + guandu anão com 90 kg ha⁻¹ de N ou de milho em monocultivo com 60 kg ha⁻¹ de N, relatando a importância do adubo nitrogenado em cobertura para manutenção de boa produtividade. Souza *et al.* (2011), verificaram que sementes inoculadas com *R. tropici* e semeadas sobre coberturas de milho + *U. ruziziensis* e milho + *U. brizantha* cv. Marandu não afetaram a produtividade da cultura do feijão “das águas” nos dois anos de cultivo.

Ao analisar a produtividade de grãos de feijão em relação às coberturas vegetais antecessoras (Tabela 23), verificam-se diferenças significativas para cultivo na safra 2016, com maior produtividade quando o feijão foi semeado em área de palhada de milho exclusivo em comparação à área de milho + guandu anão. Na safra 2017, maior produtividade foi em cobertura vegetal de milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de milho + guandu anão. Possivelmente, na primeira safra, não ocorreu o sincronismo entre a decomposição das coberturas vegetais, liberação dos nutrientes acumulados e o aproveitamento pelas plantas de feijão destes compostos, visto que pela avaliação da persistência desse material verificou-se um ajuste logarítmico para a persistência das coberturas vegetais, com rápida decomposição nos primeiros 30 DAS e lenta após este período. Enquanto que, na segunda safra, ocorreu aumento na produtividade de grãos, podendo ser decorrente a uma melhor taxa de decomposição/persistência da cobertura vegetal. Outro fator que pode ter contribuído para maior produtividade sobre cobertura de milho exclusivo é além do fato da relação C/N, a quantidade acumulado de N por esta cobertura e a liberação mais sincronizada com o desenvolvimento da cultura de feijão, assim uma melhor concomitância entre decomposição da cobertura, necessidade e absorção de nutrientes da cultura em sucessão.

Respostas semelhantes foram constatado por Soratto *et al.* (2013) que ao analisar o cultivo do feijão sobre coberturas vegetais e modo de aplicação de N, não atestaram diferenças para a massa de 100 grãos e observaram maior produtividade quando forneceu o N

(100 kg ha⁻¹) 33 dias antes ou no dia da semeadura do feijão sobre cobertura de milho solteiro. No cultivo em sucessão ao milho + *U. brizantha*, o feijão não respondeu à adubação nitrogenada, mesmo sem a aplicação de N, demonstrando que a forrageira cultivada anteriormente diminui a necessidade do N no feijoeiro semeado em sucessão, devido à elevada capacidade de ciclagem de nutrientes da *Urochloa* (CRUSCIOL *et al.*, 2009).

Em relação à menor produtividade do feijoeiro em cultivo sobre cobertura de milho + guandu anão, é muito provável que o teor de celulose e lignina principalmente, desse material seja maior em relação às demais coberturas, visto que a relação C/N da cobertura de guandu anão só não é menor que a de milho + *C. spectabilis*, ou então a rápida perda de nutrientes para o meio, como o N, e não ocorrendo o aproveitamento pela cultura sucessora. Outra constatação foi à persistência desse material que parece ser maior em relação às demais, podendo ser notado no segundo ano de cultivo em área de cultivo mínimo (Figura 6).

Resultados estes que contradizem os encontrados por Oliveira *et al.* (2010) que pesquisando cultivo de feijão em sucessão à coberturas vegetais tratadas com e sem N constataram maior produtividade de grãos sobre cobertura vegetal de milho + guandu anão, sem e com 90 kg ha⁻¹ de N, e menores produtividades na cobertura do milho solteiro com uso de N, independente da dose, e sem diferir da cobertura do milho + *C. spectabilis*, sem e com 90 kg ha⁻¹ de N, e da cobertura de *U. brizantha* cv. Marandu. De acordo com os autores, provavelmente, devido ao N presente nas coberturas com as leguminosas, seja da fixação biológica ou do próprio solo (M.O), ter sido suficiente para a obtenção de altas produtividades de feijão (3.072 kg ha⁻¹). Silveira *et al.* (2001) verificaram menores produtividades de feijão quando se fez o cultivo em sucessão milho/feijão durante 6 anos de cultivo, relatando que a menor produtividade pode ser atribuída, em parte, à deficiência de N, pela maior competição dos microrganismos, para com o nutriente, durante a decomposição da palhada do milho.

Por isso, uns dos objetivos do presente estudo foi à inclusão de plantas de cobertura semeadas em consórcio com o milho, dando uma melhor dinâmica ao sistema, cultivando espécies com diferentes sistemas radiculares, relação C/N, melhorando atributos físico-químicos e biológicos, controle de pragas, doenças, plantas daninhas, erosão, produção de massa seca, maior manutenção da cobertura vegetal sobre o solo, ciclagem de nutrientes minimizando e até eliminando esse efeito para as culturas em sucessão, com isso a manutenção e sustentabilidade do sistema plantio direto no Cerrado.

4.5 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os valores dos atributos químicos, com coletas do solo ao final do segundo ano de cultivo do experimento do feijão, resultaram em valores significativos para alguns atributos da fertilidade do solo (Tabelas 24). Sendo que ocorreu redução nos valores de pH, Ca^{2+} , soma de bases (SB) e da capacidade de troca catiônica (CTC), em comparação aos valores iniciais, antes da instalação dos experimentos, tanto em área sob SPD como em área de cultivo mínimo. Resultados discrepantes foram observados por Kappes *et al.* (2013b) que avaliando o cultivo do milho em diferentes preparos de solo, plantas de cobertura e doses de N, constaram que houve diferenças entre os manejos do solo (SPD, preparo com escarificador e preparo com grade pesada) de um ano para o outro, para os atributos químicos com aumento nos teores de pH, P, saturação por bases - V(%) e matéria orgânica (M.O).

Ao final de dois anos de cultivo, verificou-se redução no valor do pH, onde vários fatores podem ter contribuído, como a adubação nitrogenada, mineralização da M.O e exportação de nutrientes como o Ca^{2+} . Segundo Taiz e Zeiger (2004) e Sousa *et al.* (2016), o principal fenômeno que contribui na acidificação dos solos é a remoção de cátions básicos do complexo de troca, tais como cálcio, magnésio e potássio que são substituídos por cátions de natureza ácida, como alumínio trocável e hidrogênio não dissociado, presente principalmente, nos compostos orgânicos proveniente da mineralização da matéria orgânica.

De acordo com Raij *et al.* (1997), os valores adequados de teores nutricionais para média a boa produtividade das culturas anuais obtém-se realizando a leitura pela classe de resposta, onde os valores médios para o K^+ estão entre 1,6 a 3,0 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; para o P_{resina} seria de 16 a 40 mg dm^{-3} ; pH entre 5,1 a 5,5; teor de Ca^{2+} de 4 a 7 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Mg^{2+} de 5 a 8 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e para o S-SO_4^{2-} é de 5 a 10 mg dm^{-3} , e ao fazer um comparativo com os valores dos atributos químicos da área experimental, verifica-se uma boa expectativa de produtividade das culturas, se ali cultivadas.

Constatou-se numericamente maior teor de P quando o milho foi consorciado com o guandu anão. Esta planta, segundo Otani *et al.* (1996), tem a capacidade de exsudar pelas raízes ácidos orgânicos (oxálico, málico e piscídico) que desloca o P associado ao Fe e ao Al. Carneiro *et al.* (2004) verificaram que a ocorrência de fungos e bactérias solubilizadoras de fosfato foi favorecida em solo sob SPD quando o guandu foi utilizado como planta de cobertura. Considerando-se, hipoteticamente, o aumento de 2 mg dm^{-3} de P, isto poderia gerar uma economia ao redor de 230 kg ha^{-1} de superfosfato simples, considerando um aproveitamento de 20% deste adubo mineral pelas plantas.

Tabela 24 - Atributos químicos do solo na camada 0,00 a 0,20 m em função do manejo de solo e milho consorciado em dois anos de cultivo. Selvíria, MS (2017). ⁽¹⁾

	pH CaCl ₂	P _{resina} mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	K ----- mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg ----- mmol _c dm ⁻³ -----	H+Al	Al	S-SO ₄ mg dm ⁻³	SB ----- mmol _c dm ⁻³ -----	CTC	V %
Atributos iniciais	5,8 a	21	20	2,2	36 a	19	28	0	5	57,2 a	85,2 a	67
Manejo de solo (M)												
Plantio direto	5,3 b	19	20	2,3	30 b	18	28	0	4	50,3 b	78,3 b	64
Cultivo mínimo	5,3 b	21	20	2,2	29 b	18	28	0	4	49,2 b	77,2 b	63
Consórcio (C)												
Milho exclusivo	5,3 b	19	19	2,3	30 b	18	26	0	4	50,3	76,3 b	65
Milho + UR	5,2 b	19	19	2,4	27 b	17	29	0	5	46,4	75,4 b	61
Milho + UB	5,3 b	18	20	2,3	30 b	18	27	0	4	50,3	77,3 b	65
Milho + CS	5,2 b	20	20	2,1	30 b	18	29	0	5	50,1	79,1 b	63
Milho + GA	5,2 b	23	20	2,1	29 b	17	30	0	4	48,1	78,1 b	61
M	0,76 *	0,58 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,08 *	0,88 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,41 *	1,43 *	0,09 ^{ns}
Valor F C	23,25 **	0,48 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,83 *	0,47 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,62 ^{ns}	2,97 *	1,07 ^{ns}
M x C	25,50 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CV (%)	1,39	27,89	5,31	10,15	9,76	10,16	10,10	48,9	15,77	9,24	3,85	6,48

⁽¹⁾ ns - não significativo; ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas na coluna, dentro de cada fator diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação; DMS - diferença média significativa; UR=*Urochloa ruziziensis*; UB=*Urochloa brizantha* cv. Marandu; CS=*Crotalaria spectabilis*; GA=Guandu anão.

Fonte: Dados da pesquisa do autor.

De acordo com Sousa e Lobato (2004), cada tonelada de grãos de milho produzida exporta ao redor de 6 kg de K_2O , assim, considerando que a produtividade média do experimento foi de 8.000 kg ha^{-1} , a exportação de K_2O pelos grãos foi de $48\text{ kg ha}^{-1} K_2O$, sendo suprido pela adubação de semeadura. Para o feijoeiro, de acordo com Rosolem e Marubayashi (1994), para cada tonelada de grãos de feijão produzidos, é exportado ao redor de 18 kg de K_2O , e como a produtividade média no experimento foi de 3.500 kg ha^{-1} , portanto, a exportação foi de $63\text{ kg ha}^{-1} K_2O$, uma parte sendo suprido pela adubação de semeadura e, provavelmente, o restante pela ciclagem de nutrientes da cobertura vegetal.

Em relação ao cálcio verificou-se diferenças significativas para os manejos de solo, com redução dos teores do nutriente em ambos os manejos em relação ao inicial, e o consórcio do milho com a *U. ruziziensis* ocasionou em menores teores de Ca^{2+} no solo. Mesmo ocorrendo essa diminuição nos teores de Ca^{2+} , verificou-se boa produtividade de grãos de ambas as /culturas, tanto no milho como no feijão, devido aos teores de Ca^{2+} no solo ser considerado alto (RAIJ *et al.*, 1997). Sendo que grande parte dos fertilizantes minerais (mistura granulada ou mistura de grânulos) utilizados na semeadura de culturas não tem em sua composição o cálcio ou apresenta baixos teores, e as principais formas de repor o nutriente seriam via calagem ou gessagem, assim a importância de frequentemente realizar a análise de solo.

A diferença significativa para a SB e a CTC, com menores valores em relação à leitura inicial nos diferentes manejos de solo foi em decorrência da redução dos teores de Ca^{2+} basicamente. O cultivo do milho exclusivo ou consorciado com a *U. ruziziensis* reduziram o valor da CTC do solo em relação ao teor inicial, podendo ser devido a menor massa seca produzida no cultivo exclusivo e maior competição pelo Ca^{2+} no consórcio com a forrageira.

Resultados que corroboram aos encontrados por Fiorentin *et al.* (2012), que verificaram o efeito das coberturas vegetais (milho exclusivo, *U. ruziziensis* ou consorciado) no cultivo do feijão em sucessão, e constataram ao final do primeiro ano de cultivo que as coberturas do milho exclusivo ou em consórcio com a *U. ruziziensis* resultaram em redução no valor do pH e V% em relação aos teores iniciais, atribuindo essa redução do pH à adubação nitrogenada. Segundo Taiz e Zeiger (2004), os adubos amídicos e amoniacais têm ação acidificante no solo, havendo no processo de nitrificação a liberação de íons H^+ . Cruz *et al.* (2009) embora consorciando *U. decumbens* com o milho e manejos de solo, verificaram também diferenças entre os manejos do solo, onde o SPD apresentou valores de pH, MO, P, Ca+Mg, SB, CTC e V% maiores que no preparo convencional (com duas arações), sem

diferir do cultivo mínimo (com uma aração). A consorciação com o milho resultou em valores menores de pH, Ca+Mg, SB, CTC e V% na camada de 0,00-0,20 m do solo.

Entretanto, Miranda (2015) avaliando o milho 2ª safra em cultivo exclusivo ou consorciado com a *U. brizantha* cv. Marandu e soja no verão em sucessão, após 8 anos de cultivo verificou maiores valores de pH, M.O. e Mg^{2+} em área consorciada em relação ao cultivo exclusivo na camada de 0,00-0,10 m do solo. Porém Tsumanuma (2004), estudando épocas de semeadura de forrageiras consorciadas com o milho, constatou na camada de 0,00-0,10 m, menores valores de pH, Ca, Mg, SB e V%, e maiores valores de P, S e Al no cultivo do milho consorciado com a *U. ruziziensis* em comparação ao milho exclusivo ou consorciado com a *U. decumbens*. Na consorciação do milho com a *U. brizantha* verificou-se também maior teor de P em relação ao milho exclusivo ou em consócio com a *U. decumbens*.

Heinrichs *et al.* (2005) avaliando a época de semeadura de adubos verdes no consórcio com o milho, constataram ao final do primeiro ano de experimento, na média, e na camada de 0,00 a 0,20 m do solo, maiores teores de P quando cultivaram o milho consorciado com o guandu anão (26 mg dm^{-3}) em relação à *C. spectabilis* (15 mg dm^{-3}) e sem diferença para o cultivo do milho exclusivo (21 mg dm^{-3}), fato que ocorreu no presente experimento, com maior teor no consórcio do milho com o guandu anão, embora sem diferenças significativas. Observaram maiores teores de S-SO₄ quando o milho foi cultivado de forma exclusiva (19 mg dm^{-3}) ou consorciado com a *C. spectabilis* (20 mg dm^{-3}) em relação ao consórcio com o guandu anão (10 mg dm^{-3}). O milho cultivado de forma exclusiva ($31 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) resultou em maiores teores de Ca em relação ao consórcio com o guandu anão ($21 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e não diferindo da consorciação com a *C. spectabilis* ($23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). No final do segundo ano de cultivo, verificaram na média, e na camada de 0,00 a 0,20 m, maiores teores de K ($2,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no milho consorciado com a *C. spectabilis* em relação ao milho exclusivo ($2,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ou com o guandu anão ($2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Também observaram, no segundo ano, maior teores de P no consórcio do milho com o feijão de porco em relação aos demais tratamentos.

Assim, verificou-se que o sistema pesquisado de milho verão consorciado com gramíneas ou leguminas, o feijão de inverno em sucessão adotando o uso de inoculantes e semeadura do milheto na sequência visando cobertura vegetal na entressafra antes do início de nova safra agrícola, em área de pivô central, para um curto período analisado se torna viável, pois a manutenção da matéria orgânica e teores de P são nítidas, porém havendo a necessidade de reposição do Ca^{2+} ao sistema via calagem, gessagem ou adubos contendo o nutriente para não exaurir ou inviabilizar o sistema de produção.

5 CONCLUSÕES

1. O consórcio do milho com gramíneas (*U. ruziziensis* e *U. brizantha*) ou leguminosas (*C. spectabilis* e *Cajanus cajan*), semeadas simultaneamente nas entrelinhas, quando implantas e conduzidas adequadamente não afetam a produtividade média do cereal com espaçamento de 0,90 m entrelinhas.

2. O cultivo mínimo escarificado não influenciaram na produtividade média de grãos de milho e de feijão de inverno em sucessão cultivado sob pivô central.

3. A consorciação simultânea de milho com gramíneas ou leguminosas resulta em maior quantidade de cobertura vegetal do solo e ciclagem de nutrientes para o cultivo em sucessão, além da melhoria na persistência deste material sobre o solo que é correlativo à maior relação C/N e a quantidade de massa seca total produzida.

4. Sementes de feijão co-inoculadas com *R. tropici* + *A. brasilense* não interferem na produtividade de grãos da cultura do feijão de inverno.

5. Cultivo do feijão de inverno em sucessão à cobertura vegetal do consórcio do milho com guandu anão acarretou em menor produtividade de grãos de feijão.

6. Num período de 3 anos, a sucessões de milho exclusivo ou consorciados com gramíneas ou leguminosas e feijão de inverno em sucessão não alteraram o teor de matéria orgânica do solo.

REFERÊNCIAS

- ABADE, C.L.P.; PEDROSA, E.M.R.; VICENTE, T.F.S.; LEITÃO, D.A.H.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; ROLIM, M.M.; GUIMARÃES, L.M.P. Variação espacial de fitonematoides em área de cultivo de feijoeiro após erradicação de goiabeiras. **Nematropica**, Auburn, v.46, n.2, p.172-181, 2016.
- ALCÂNTARA, F.A.de; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B. de; MESQUITA, A.de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n. 2, p. 277- 288, fev. 2000.
- ALLISON, F.E. The fate of nitrogen applied to soils. **Advances in Agronomy**, Newark, v.18, p.219-258, 1966.
- ALMEIDA, K.; CAMARA, F.L.A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v.6, n.2, p.55-62, 2011.
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185. 1995.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, União, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, R.C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F.J.; CRUZ, J.C.; GONTIJO NETO, M.M. **A cultura do milho na Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 80).
- ÁLVAREZ, C.R; DUGGAN, M.T.; CHAMORRO, E.R.; D'AMBROSIO, D.; TABOADA, M.A. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efectos sobre las propiedades edáficas y los cultivos. **Ciencia del Suelo**, Argentina, v. 27, n.2, p.159- 169, 2009.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.127-132, 1995.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n.1, p.115-123. 2004.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed.rev. Campinas: IAC, 1997. p.189-203. (Boletim técnico, 100).

ANDRADE, F.H.; CALVIÑO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.5, p.975-980, 2002.

ANDRADE, M.J.B. de; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. de; LIMA, S.F. de. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.4, p.499-508, 1998.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.867-874, 2000.

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, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.535-540, 2007.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.131-138, 2004.

ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARF, O.; AFONSO, R.J.; ROMANINI JUNIOR, A.; SILVA, M.G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.2, p.499-506, 2008.

ARF, O.; GITTI, D.C.; VILELA, R.G.; MULLER, R.do V.; PORTUGAL, J.R.; PEREIRA, D.A.S.; KAPPES, C. Produção de massa seca em cultivo consorciado de *Crotalaria juncea* e *C. spectabilis* com milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p.2262-2267.

ARF, O.; SILVA, F.C.R.; RODRIGUES, R.A.F; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Preparo do solo, inoculação de sementes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro comum de inverno irrigado. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.12, n.3, p.135-142, 2011.

ARF, O.; MEIRELLES, F.C.; PORTUGAL, J.R.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E de.; RODRIGUES, R.A.F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.17, n.3, p. 431-444, 2018.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSAA Special Publication, 49).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO - ABIMILHO. **Oferta e Demanda do Milho – Brasil**. São Paulo. 2018. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatisticas>> Acesso em: 04 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES – ANPII, 2016. **A qualidade dos inoculantes acompanha o aumento da produtividade da soja**. Disponível em: <http://www.anpii.org.br/estatisticas/>. Acesso: 03 jan. 2019.

BALBINOT JÚNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (Zea mays) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n.3, p. 415-421, 2005.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BÁRBARO, I.M.; BRANCALIAO, S.R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F.B.; SILVA, J.A.A. da. **Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade**. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm. Acesso em: 30 set. 2018

BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012- 2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012.. 247 p.

BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T.C.; ARTI, L.M.N.; Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Revista Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009.

BASHAN, Y.; LEVANONY, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.36, n.3, p.591-608, 1990.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relations: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.43, n.2, p.103-121, 1997.

BASHAN, Y.; BASHAN, L.E. de. Bacteria/plant growth-promoting. In: HILLEL, D. (Ed.) **Encyclopedia of soils in the environment**. Oxford: Elsevier, v. 1, p. 103-115. 2005.

BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B.; SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: Produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1 , p.76-83, 2001.

BATISTA, K.; DUARTE, A.P.; CECCON, G.; DE MARIA, I.C.; CANTARELLA, H. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTINETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.54, n.1/2, p.101-109, 2000.

BERG, B. Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soil - a mini review. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Stockholm, v.1, p. 359-369, 1986.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação de um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 681-691. 2010.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T.; SCHINCK, J. Manejo e conservação do solo e da água no Brasil: retrospectiva e projeção para o futuro. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (ed.). **Agricultura Conservacionista no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 598p. 2014.

BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p.121-129, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no SPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BOTTA, G.F.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R.; RESSIA, M.; FERRERO, C.; ROSATTO, H.; TOURN, M. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 164-172, 2006.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and ISO-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 90, p. 45-47, 1989.

BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; BULISANI, E. A. **Crotalárias**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005.

BRAMBILLA, J.A.; LANGE, A.; BUCHELT, A. C.; MASSAROTO, J.A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 3, p. 263-274. 2009.

BRITO, M.M.P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.206-215, 2011.

BURDMAN, S.; VOLPIN, H.; KIGEL, J.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Promotion of nod Gen Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots Inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, n. 8, p. 3030-3033, 1996.

BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology & Biochemistry**, Kidlington, v. 29, n. 5/6, p. 923-929, 1997.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P. do; COSTA, M.B.B. da; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS- PTA, 1993. 346 p.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR, Circular. 80).

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASINI, J. J. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, p. 55-73. 2006.

CALONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, 2012.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A.; SIMON, M.A.; LAJÚS, C.R. Dinâmica de restos culturais na superfície do solo em plantio direto escarificado. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumo [...]** Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 43.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.813-819, 2005a.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 789-796, 2005b.

CANARACHE, A. Penetrometer: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1, p.51-70, 1990.

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

CARMEIS FILHO, A.C.A. **Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistemas de cultivo com milho e braquiária no plantio direto**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66-75, abr./jun. 2014.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n.1, p. 47-53, 2004.

CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (ed.). ***Azospirillum* sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. 268 p.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 143-170.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 16, n. 97, p. 17-20, jan./fev. 2007.

CECCON, G.; SEREIA, R. C.; SILVA, J. F.; LUIZ NETO NETO, A.; FONSECA, I. C. Teor de carbono e rendimento de massa seca de folhas e colmos de forrageiras consorciadas com milho safrinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais [...]** [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM.

CECCON, G., **Consórcio milho-braquiária**. Embrapa agropecuária oeste, Brasília, DF, 2013. 175 p.

CECCON, G.; CONCENÇO, G. Produtividade de massa e dessecação de forrageiras perenes para integração lavoura-pecuária. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 319-326, June 2014.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

COLETTI, A. J.; LAZARIN, E.; DALCHIAVON, F. C.; PIVETTA, R. P.; COLETTI, F. Produtividade de grãos e palhada no consórcio de milho com *Urochloa* na safrinha, em função da adubação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 2159-2174, 2013.

COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO - CTSBF. **Informações técnicas para o cultivo do feijão na Região Sul brasileira 2012**. Florianópolis: Epagri, 2012. 157 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safras / Séries Históricas**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 dez. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária: safra 2017/2018: produtos de verão**. Brasília, DF, 2017. v. 5. 12 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2018**. Brasília, DF: Conab, 2018. v. 5. 155 p.

CORREIA, N. M.; FUZITA, W. E.; DANIEL, B. Cultivo consorciado de milho com amendoim forrageiro e calopogônio e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 575-586, abr. 2012.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* e os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

CORSINI, D. C. D. C. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

CORSINI, D. C. D. C.; CASSIOLATO, A. M. R. Microbiologia do solo e fixação simbiótica do nitrogênio. In: ARF, O; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; FERRARI, S. (ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão: *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: UNESP, 2015. p.111-116.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Sistemas de adubação e consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 277-287, 2009.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; SAMEJIMA, K.; LOPES, M.; SANTOS, F.G.; PARIZ, C.M. Acúmulo de macronutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em razão da adubação nitrogenada durante e após o consórcio com cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 1223-1233, 2014.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. 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.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Sistemas de produção e eficiência agrônômica de fertilizantes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (ed.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v.1, p. 229-275.

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

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; XIMENES, P. A.; SOUZA, R. F.; JUNIOR, J. A.; NASCIMENTO, J. L. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.1, p. 80-86, 2011.

DARDANELLI, M. S.; CÓRDOBA, F. J. F; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. S.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 11, p. 2713-2721, 2008.

DAROLT, M.R. Princípios para implantação e manutenção de sistemas. In: **Plantio direto: Pequena propriedade sustentável**. Londrina, Iapar, 1998. p. 16-45 (Circular, 101).

DEBIASI, H. **Recuperação física de um argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema solo-máquina-planta 2008**. 263 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; CONTE, O. S.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 603-612, 2010.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisa na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SATTTLER, A. **Efeito da consorciação milho-braquiária (*Brachiaria brizantha*) na mitigação da compactação do solo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 13 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 54).

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 2, p. 159-168, 2016.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 99 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 88, n. 4, p. 97-185, 2005.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A.L. **O sistema de plantio direto**. Piracicaba: [s. n.], 2002.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de feijão**. 2. ed. Piracicaba: Ceres, 2007. 386 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Safra mundial de milho 2018/19** – 8º Levantamento do USDA. Dez 2018. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20181212132426-boletimilhodezembro2018/>. Acesso em: 03 jan. 2019.

FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense***. [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/co-inoculacion-en-soja-t26446.htm>. Acesso em: 03 jan. 2019.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

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

FIDELIS, R. R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molibdica no feijoeiro-comum**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2825-2836, 2012.

FOLLETT, R. F.; SCHIMEL, D. S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 1091-1096, 1989.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. de. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 8, p. 947-953, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. 2018. **FAOSTAT 2017**: Countries by commodity. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso: 03 jan. 2019.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; JÚNIOR, V. V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; PERES, F. S. C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II-Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 805-818, 2009.

FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. S.; População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.

FROEHLICH, H. **Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils**. Oregon State University, 1978. 12 p.

GALLO, A. S. **Milho consorciado com guandu-anão em diferentes arranjos de plantas em sistema orgânico**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR, São Carlos, 2016.

GALLO, A. S.; FONTANETTI, A.; GUIMARÃES, N. F.; MORINIGO, K. P. G.; SOUZA, M. D. B.; SILVA, R. F. Agronomic characteristics, nutritional status and yield of corn intercropped with dwarf pigeon pea in different spatial arrangements of plants. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 356-366. 2018.

GARCIA, N. F. S. **Culturas antecessoras e inoculação de *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão inoculado com *Rhizobium tropici***. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2017.

GERLACH, G. A. X. **Consórcio entre milho e leguminosas, produção de palha e manejo do nitrogênio no feijão “de inverno” em região com verão chuvoso e inverno seco**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

GERMAN, M. A.; BURDMAN, S.; OKON, Y. KIGEL, J. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soil**, Heidelberg, v. 32, p. 259-264, 2000.

GIACOMELI, R.; MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; DONATO, G.; SILVA, P. R. F.; KAISER, D. R.; ARAMBURU, B. B. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 3, p. 261-270, 2016.

GILABEL, A. P. **Co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e adubação nitrogenada na cultura do feijão comum**. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

GITTI, D.C.; ARF, O.; VILELA, R.G.; PORTUGAL, J.R.; KANEKO, F.H.; RODRIGUES, R.A.F. Épocas de semeadura de crotalaria em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012.

GONÇALVES, S. L.; SARAIVA, O. F.; FRANCHINI, J. C.; TORRES, E. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo**. Londrina: Embrapa CNPSo, 2010. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 3).

HEINRICHS, R., VITTI, G. C., MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 225-230, 2002.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, L. A.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005.

HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. 1995. 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Testes de eficiência agrônômica da tecnologia de coinoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. In: ANAIS DA XVI REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE). 2012, Londrina. **Resumos** [...] Londrina: [s. n.], 2012.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-Inoculation of Soybeans and Common Beans with Rhizobia and Azospirilla: Strategies to Improve Sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.49, n. 7, p. 791-801, 2013.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Adubos verdes das famílias Fabaceae e Mimosaceae para controle de fitonematoides. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v.1, p. 441-480.

JANTALIA, C. P.; PETRERE, C.; AITA, C.; GIACOMINI, S.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Estoques de carbono e nitrogênio do solo após 17 anos sob preparo convencional e plantio direto em dois sistemas de rotação de culturas em Cruz Alta, RS**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 42 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13)

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas. v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010a.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M. V.; CHIODEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p.677-686, 2010b.

KAPPES, C. Utilizações e benefícios da crotalária na agricultura. **Revista Panorama Rural**, Ribeirão Preto, n. 147, p. 16-17, 2011.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C. **Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho**. 2012. 206 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013a.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Coberturas vegetais, manejo do solo, doses de nitrogênio e seus efeitos na nutrição mineral e nos atributos agronômicos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p.1322-1333, 2013b.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KLEIN, V. A.; VIEIRA, M. L.; DURIGON, F. F.; MASSING, J. P.; FAVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 365-371, 2008.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n.1, p. 21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P.; COSTA, J. L. S.; SILVA, J. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.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 direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o 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. 407-442.

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Brasília, DF: LANARV, 1988. 104 p.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R.C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, DF, v. 31, n. 6, p. 1233-1244, 2007.

LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. Compressibilidade de um Argissolo sob plantio direto escarificado e compactado. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 36, n. 6, p. 1765-1772, 2006.

LOPES, S. J.; LUCIO, A.D.; STORCK, L.; DAMOLL, H.P.; BRUM, B.; SANTOS, V.J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007.

MACHADO, R. L. T.; TURATTI, A. L.; MACHADO, A. L. T.; ALONÇO, A. S.; REIS, A.V. Estudos de parâmetros físicos em solo de várzea, antes e após escarificação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 175-178, 1996.

MAHL, D.; SILVA, R. B.; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 741-747, 2008.

MALAVOLTA, E. Leguminosas. In: MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p. 112.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319 p.

MALHI, S. S.; GRANT, C. A.; JOHNSTON, A. M.; GILL, K. S. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: A review. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 101-122, 2001.

MANOS, M. G. L.; OLIVEIRA, M. G. C.; MARTINS, C.R. Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Nordeste Brasileira 2013-2014: CNTNBF. REUNIÃO DA COMISSÃO TÉCNICA NORTE/NORDESTE BRASILEIRA DE FEIJÃO, 17., 2013, Aracaju. **Anais [...]** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F. M.; ; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. Campinas: APTA. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 15, 2006.

MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 567-573, 2014.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1197-1206, 2011.

MEIRELLES, F. C.; MEIRELLES, F. C.; CORSINI, D. C. D. C.; GERLACH, G. A. X.; DA SILVA, J. C.; GITTI, D. C.; DE SOUZA, E.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium Tropici* em feijão em cultivo irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 11, 2014, Londrina. **Anais** [...] Londrina: [s. n.], 2014.

MELLILO, J. M.; ABER, J. D.; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, Washington, v. 63, p. 621-626, 1982.

MELLO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconomicos da cultura do milho. In: EMBRAPA. **Milho**: informações técnicas. Dourados, 1997. p.13-38.

MELO, L.C.; DEL PELOSO, M. J.; PEREIRA, H.S.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; CABRERA DIAZ, J.L.; WENDLAND, A.; CARVALHO, H.W.L.; COSTA, A.F.; ALMEIDA, V.M.; MELO, C.L.P.; VIEIRA JUNIOR, J.R.; POSSE, S.C.P.; FARIA, J. C. de; SOARES, J.; CARGNIN, A.; ABREU, A.F.B.; MOREIRA, J. A. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARANGON, M.; GUIMARÃES, C.M.; BASSINELLO, P.Z.; BRONDANI, R.P.V.; BRAZ, A.J.B.P.; MAGALDI, M.C.S. BRS Estilo: cultivar de feijão carioca com grãos claros, arquitetura ereta e alto potencial produtivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6, 2011, Búzios. **Anais** [...] [Búzios]: SBMP, 2011. 1 CD ROM.

MINGOTTE, F. L. C.; YADA, M. M.; JARDIM, C.A.; FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 30, n. 5, p. 696-706, 2014.

MIRANDA, R.A.S. **Atributos químicos de um LATOSSOLO e produtividade de soja e milho em sistema de consórcio milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de fontes de nitrogênio**. 2015. 73 f. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.

MODESTO, V.C. **Desempenho técnico e econômico da cultura do milho e da pastagem de capim marandu após o consórcio em função da inoculação com *Azospirillum brasilens***. 2017. 110f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2017.

MONTANARI, R.; LIMA, R. C.; BONINI, A. S.; MARQUES, L. S.; MINGUINI, R.; CARVALHO, M. P.; FERREIRO, J.; COSTA, N. R. Variabilidade dos atributos de um latossolo vermelho sob plantio direto no cerrado brasileiro e produtividade da soja. **Cadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe**, Corunã, v. 36, n. 1, p. 61-78, 2011.

MONTEIRO, A. R. Controle de nematóides por adubo verde. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (ed.). **I Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: IAC, 1993. p.109-121. (Documentos IAC, 35).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

MOREIRA, V.F.; PEREIRA, A.J.; GUERRA, J.G.M.; GUEDES, R.E.; COSTA, J.R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 5 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 57).

NASCIMENTO, V.. **Impactos do manejo de um sistema plantio direto no crescimento e produtividade do arroz de terras altas e feijão de inverno em sucessão e nos atributos do solo**. 2015. 196f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2015.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de Cobertura do Solo e Adubação Nitrogenada no Milho em Plantio Direto. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; KUSDRA, G. R. F.; DÍAZ, J. L. C. **Desempenho Produtivo da Cultivar de Feijão-Comum BRS Esteio em Unidades Demonstrativas na Região Centro-Sul do Paraná**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. 20p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

OLIVEIRA, P. **Consórcio de milho com adubos verdes e manejo da adubação nitrogenada no cultivo de feijão em sucessão no sistema Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado**. 2010. 126 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – USP - ESALQ, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. **Sistema Santa Brígida – tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Circular Técnica, 88).

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. 5. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 465 p.

OTANI, T.; AE, N.; TANAKA, M. Phosphorus uptake mechanisms of crop growth in soils with low P status. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 42, n. 3, p. 553-560, 1996.

PACHECO, A.; OLIVEIRA, G. Q. O.; LOPES, A. S.; BARBOSA, A. S. Manejos de irrigação e nitrogênio na produção de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 323-330, 2012.

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. [S. l.]: EMBRAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. (Circular Técnica, 75)

PANTANO, A.C. **Semeadura de braquiária na consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto**. 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; TARSITANO, M. A. A.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZZETTI, S.; CHIODEROLI, C. A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; 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, n. 6, p. 2029-2037, 2011.

PAZ, L. B.; GALLO, A.; SOUZA, R. L.; OLIVEIRA, L. V. N.; CUNHA, C.; SILVA, R. F. Desempenho e produtividade do milho safrinha em consórcio com leguminosas em sistema orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 4, p. 788-794. 2017.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, L.C.; FONTANETTI, A.; BATISTA, J.N.; GALVÃO, J.C.C.; GOULART, P.L. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Bento Gonçalves, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.

PEREIRA, R.G.; ALBUQUERQUE, A.W.; MADALENA, J.A.S. Influência dos sistemas de manejo do solo sobre os componentes de produção do milho e *Brachiaria decumbens*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 64-71. 2009.

PERES, A.R.; RODRIGUES, R A.F.; ARF, O.; PORTUGAL, J.R.; CORSINI, D.C.D.C. Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n. 2, p. 198-207, 2016.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECOM, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

PORTES, T. A. **Produção de feijão nos sistemas consorciados**. Embrapa-CNPAF-APA, Goiânia, 1996. 50 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 71).

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos Fisiológicos das Plantas Cultivadas e Análise de Crescimento da Brachiaria Consorciada com Cereais. In: KLATHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 303- 330.

PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (ed.) **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. Cap. 4, p. 65-75.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; FURLANI, C. E. A. **Manejo mecanizado de atividades para a implantação de culturas**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 99 p.

PRAKASH, V.; KUNDU, S.; GHOSH, B.N.; SINGH R.D.; GUPTA, H.S. Annual carbon input to soil through rainfed soybean (*Glycine max*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence in mid-hills of Northwest Himalaya. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 72, n. 1, p.14-17, 2002.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. New York: Taylor & Francis Group, 2006. 829 p.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, F. S.; MACEDO, V.; ROEHS, D. D.; CAMARGO, F. A. O. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Determinação da matéria orgânica. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A., eds. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p. 189-199.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, n. 2, p. 242-254, 2009.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; CERETTA, C. A., orgs. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**, Santa Maria, v. 1, p. 114-133, 2001.

REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J. L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVEZ, L.; VANDERLEYDEN, J. Effect of *Rhizobium*–*Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant and Soil**, Ottawa, v. 312, n. 1, p. 25-37, 2008.

RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. H.; RODRIGUES, C. M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Dois Irmãos, v. 5, p. 497-502, 2010.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. [S. l.: s. n.], 1994. (Encarte das Informações Agrônômicas, n. 68)

ROSOLEM, C. A.; FERNANDES, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 821-828, 1999.

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C.; BRANCALIAO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 875-884, 2003.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 556-562, 1994.

ROLDÁN, A.; CARAVACA, F.; HERNÁNDEZ, M. T.; GARCÍA, C.; SÁNCHEZ BRITO, C.; VELÁSQUEZ, M.; TISCARENÑO, M. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 72, p. 65-73, 2003.

RUEDELL, J.A. Soja numa agricultura sustentável. In: **Resumos: a soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: Fundacep-Fecotrigo, 1998. p. 234.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M.; FEIGL, B. Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage cronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, p. 1489-1499, 2001.

SAITO, S.M.T. Avaliação em campo da capacidade de fixação simbiótica de estirpes de *Rhizobium phaesoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 7, p. 999-1006, 1982.

SALOMÃO, E. C. **Consórcio milho**: plantas de cobertura e viabilidade técnica da soja safrinha. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 198).

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p. (Boletim de Pesquisa, 3).

SANT'ANA, E. V. P.; SILVEIRA, P. M. Crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária tropical**, Goiânia, v. 38, p. 134-140, 2008.

SANTI, A.; AMADO, T. J. C.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia-preta. Influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 1075-1083, 2003.

SANTOS, E.A. **Cobertura do solo em sistema de semeadura direta em Fênix (PR)**. 2011. 177 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, 2011.

SANTOS, E. A.; CALONEGO, J. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. Produtividade e nutrição de milho consorciado com plantas de cobertura semeadas em diferentes épocas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2014a.

SANTOS, F. C.; KURIHARA, C. H.; RESENDE, A. V.; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Arranjo de plantas de braquiária em consórcio com a cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014b. 6 p. (Circular Técnica, 202).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, Embrapa, 2018. 590 p.

SARAIVA, O. F.; TORRES, E. **Estimação da cobertura do solo por resíduos culturais**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 4 p.

SCHOSSLER, J.H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D.A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum***. 1998. 88 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998. 88 p.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. O. **Semeadura direta no Cerrado úmido**. Piracicaba: Informações agrônômicas, 1995. (Boletim Técnico, n. 69)

SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A. Desempenho operacional de semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 1, p. 01-18, 2012.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

SILVA, M. G.; ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Rendimento do feijoeiro irrigado cultivado no inverno em sucessão de culturas, sob diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 433-439, 2006.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347. 2008.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M.; CARVALHO, A. M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 649-654, 1997.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Viabilidade econômica da cultivar de feijão-comum BRS Estilo. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v.3 , n. 1,p. 223-242, 2015.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.

SILVA, S. G. C.; SILVA, Á. P. da; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SÁ, J. C. M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 547-555, 2012.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, O. F.; STONE, L. F.; SILVA, J. G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

SILVEIRA JUNIOR, S. D.; SILVA, A. P.; FIGUEIREDO, G. C.; TORMENA, C. A.; GIAROLA, N. F. B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto submetido à descompactação mecânica e biológica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 1854-1867, 2012.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; ARAÚJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: Embrapa SPI, 1994. 142 p. (Documentos, 45).

SORATTO, R.P.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; BUZETTI, S.; SILVA, T.R.B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 10, p.1351-1359, 2013.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; OLIVEIRA, F. F. A. Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijão em função de doses de ácido 2,3,5-triidobenzoico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 12, p. 2181-2186, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção na região do Cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P.P. da (ed.). **Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado**. Goiânia: UFG, 2016. 503 p. p. 125-190.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; PAGANI, F. A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 4, p. 370-377, 2011.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro após milho safrinha consorciado com *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2669-2680, 2012.

SOUZA, J. E. B. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção**. 2015, 85 f. Dissertação (Mestrado em Solo e Água) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SOUZA, S.S. de. **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

STEINER, F.; FERREIRA, H. C.P .; ZUFFO, A. M. Can co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* increase common bean nodulation and grain yield? **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 81-98. 2019.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 122-153.

STRZELCZYK, E.; KAMPERT, M.; LI, C. Y. Cytokinin-like substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, Muenchen, v. 149, p. 55-60, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; ARF, O.; HAGA, K. I. Características agrônômicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 26, p. 485-495, 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 37, p. 1016-1024, 1979.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 573-581, 1998.

TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R., PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; PICCININ, J. L.; FARIAS, J. R. B.; GALERANI, P. R.; GAZZIERO, D. L. P. **Avaliação de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e semeadura da soja**. Londrina: EMBRAPA, 1998. p. 171-177.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY N.B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under non-limiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 3, p. 918-926, 2000.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de brachiarias, em Piracicaba, SP**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos sistemas agrícolas na América Latina. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. de (ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. Cap. 7, p. 181-200.

VOLPIN, H.; KAPULNIK, Y. Interaction of *Azospirillum* with beneficial soil microorganisms. In: OKON, Y. (ed.), **Azospirillum/Plant Associations**. Boca Raton: CRC, 1994. p. 111-118.

WANDER, A. E. Cenário nacional e novas oportunidades de mercado. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 12., 2017, Piracicaba. **Resumos [...]** Piracicaba: CENA: IAC, 2017. p. 292-294.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from “litter bags”. **Ecology**, Washington, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos econômicos da cultura. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.1-21.

ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F. C. B.; MIELNICZUK, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam. v. 94, p. 510-519, 2007.

APÊNDICE - FOTOS DO EXPERIMENTO

Figura 8 - Vista da área experimental em setembro de 2015, antes da instalação do experimento, cobertura vegetal de milho e plantas espontâneas no momento da dessecação. Selvíria, MS (2015).



Figura 9 - Coleta de amostras indeformadas de solo com anel volumétrico e avaliação da resistência à penetração antes da implantação do experimento. Selvíria, MS (2015).



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 10 - Operação de escarificação em parte da área experimental e vista da área após a operação de escarificação. Selvíria, MS (2015).



Figura 11 – Área em plantio direto sendo semeado com milho, detalhe da cobertura vegetal antes da semeadura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 12 – Área em cultivo mínimo sendo semeado com milho, detalhe da cobertura vegetal. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 13 – Semeadura das plantas de cobertura no consórcio com o milho e vista da área após semeadura do milho e dos consórcios no plantio direto e cultivo mínimo. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 14 – Milho exclusivo em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 4 dias após emergência (DAE). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 15 - Consórcio de milho + guandu anão em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 4 DAE. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 16 - Consórcio de milho + *C. spectabilis* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 4 DAE. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 17 - Consórcio de milho + *U. ruziziensis* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 4 DAE. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 18 - Consórcio de milho + *U. brizantha* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 4 DAE. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 19 - Milho exclusivo no plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 24 DAE, momento da adubação nitrogenada em cobertura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 20 - Consórcio de milho + guandu anão em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 24 DAE, momento da adubação nitrogenada em cobertura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 21 - Consórcio de milho + *C. spectabilis* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 24 DAE, momento da adubação nitrogenada em cobertura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 22 - Consórcio de milho + *U. brizantha* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 24 DAE, momento da adubação nitrogenada em cobertura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 23 - Consórcio de milho + *U. ruziziensis* em plantio direto (esquerda) e em cultivo mínimo (direita) aos 24 DAE, momento da adubação nitrogenada em cobertura. Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 24 - Vista da área em plantio direto no momento da colheita da parcela no cultivo do milho exclusivo (esquerda) e sua cobertura vegetal após a colheita mecânica de grãos (direita). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 25 - Vista da área em plantio direto no momento da colheita da parcela no consórcio milho + guandu anão (esquerda) e sua cobertura vegetal após a colheita mecânica de grãos (direita). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 26 - Vista da área em plantio direto no momento da colheita da parcela no consórcio milho + *C. spectabilis* (esquerda) e sua cobertura vegetal após a colheita mecânica de grãos (direita). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 27 – Vista da área em plantio direto no momento da colheita da parcela no consórcio milho + *U. brizantha* (esquerda) e sua cobertura vegetal após a colheita mecânica de grãos (direita). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 28 – Vista da área em plantio direto no momento da colheita da parcela no consórcio milho + *U. ruziziensis* (esquerda) e sua cobertura vegetal após a colheita mecânica de grãos (direita). Safra 2015/16. Selvíria, MS.



Figura 29 – Operação com desintegrador horizontal mecânico transversal a semeadura e coleta de amostras das coberturas vegetais. Safra 2016. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 30 – Confeção dos “litter bags” (esquerda) e sementes de feijão tratadas com *Rhizobium tropici* ou co-inoculadas com *Azospirillum brasilense*. Safra 2016. Selvíria, MS.



Figura 31 – Semeadura do feijão em área de plantio direto (esquerda) e cultivo mínimo (direita). Safra 2016. Selvíria, MS.



Figura 32 – Vista geral da área após semeadura do feijão e instalação do “litter bags” (esquerda) e modo da sua disposição por parcela. Safra 2016. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 33 – Plântulas de feijão aos 7 DAE (esquerda) e nodulação do feijoeiro aos 9 DAE (direita). Safra 2016. Selvíria, MS.



Figura 34 – Coleta dos “litter bags” aos 60 dias após manejo das coberturas vegetais para avaliação da massa seca residual e posterior cálculo da persistência da cobertura vegetal, após 72 h em estufa a 65°C. Safra 2016. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 35 – Momento da adubação nitrogenada em cobertura aos 21 DAE (esquerda) na cultura do feijão e colheita do feijão (direita). Safra 2016. Selvíria, MS.



Figura 36 – Colheita da área útil nas parcelas na cultura de feijão (87 DAE), permanecendo ao ar livre próximo ao barracão, com ventilação natural para posterior trilha e determinação da produtividade e coleta de amostra de solo de cada parcela para determinação dos atributos químicos final. Safra 2017. Selvíria, MS.



Figura 37 - Vista da área na semeadura do milho safra 2017/18 (esquerda) e cobertura vegetal na área ao final de 3 anos de cultivo (direita), outubro de 2018, após manejo das plantas de cobertura semeadas depois da colheita mecânica do milho. Safra 2017/18. Selvíria, MS.



Fonte: Dados do próprio autor.