

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
DE SOJA**

Guilherme Verdicchio Pompermayer

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Julho de 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor: **GUILHERME VERDICCHIO POMPERMAYER**

3. Título do trabalho: **ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA**

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Hideo Martins Da Costa, Professor do Magistério Superior**, em 10/08/2020, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **GUILHERME VERDICCHIO POMPERMAYER, Discente**, em 26/08/2020, às 15:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1471394** e o código CRC **05BE3B93**.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
DE SOJA**

Guilherme Verdicchio Pompermayer
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Claudio Hideo Martins da Costa

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Julho de 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Verdicchio Pompermayer, Guilherme
ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
SOJA [manuscrito] / Guilherme Verdicchio Pompermayer. - 2020.
3, 38 f.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Hideo Martins da Costa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Jataí, 2020.

Bibliografia.

Inclui gráfico, tabelas.

1. plantio direto. 2. ciclagem de nutrientes. 3. fosfatagem. 4. rotação
de culturas. I. Hideo Martins da Costa, Claudio, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **019/2020-PPGA** da sessão de Defesa de Dissertação de **GUILHERME VERDICCHIO POMPERMAYER**, que confere o título de Mestre em **AGRONOMIA do Programa de Pós-graduação em Agronomia**, na área de concentração em **Produção Vegetal**.

Ao trigésimo primeiro dia do mês de julho do ano de dois mil e vinte, a partir das 14:00 horas, realizou-se através de videoconferência, a Defesa de Dissertação intitulada **“ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Cláudio Hideo Martins da Costa (UACIAGRA/UFJ), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Jayme Ferrari Neto (UCDB), membro titular externo; Professor Doutor Gustavo Spadotti Amaral Castro (Embrapa Territorial), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não** sugeriram alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Cláudio Hideo Martins da Costa, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, ao trigésimo primeiro dia do mês de julho do ano de dois mil e vinte.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Hideo Martins Da Costa, Professor do Magistério Superior**, em 31/07/2020, às 16:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Spadotti Amaral Castro, Usuário Externo**, em 31/07/2020, às 16:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jayme Ferrari Neto, Usuário Externo**, em 31/07/2020, às 16:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1433262** e o código CRC **21AB149D**.

Referência: Processo nº 23070.028273/2020-42

SEI nº 1433262

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GUILHERME VERDICCHIO POMPERMAYER - nascido em Piracicaba – SP no dia 21 de julho de 1987, filho de Vera Lucia Verdicchio Pompermayer e Marco Antonio Pompermayer. Ingressou no curso de Agronomia no primeiro semestre do ano de 2005, concluindo sua graduação pela Universidade Estadual Paulista (UNESP – Botucatu) no segundo semestre de 2009. No segundo semestre de 2018, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí.

AGRACEDIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus.

Em segundo, agradeço a minha mãe Vera Lucia e ao meu pai Marco Antonio, por toda base, exemplo e companheirismo na minha vida.

A minha irmã Manuela por estar sempre ao meu lado.

A todos meus familiares e amigos por sempre estarem presentes em minha vida.

A minha esposa Valéria, pelo amor, companheirismo e resiliência em todos os momentos que passamos juntos nesta caminhada.

Ao meu orientador Claudio Hideo Martins da Costa, por ter me apoiado em todos os momentos possíveis, não medindo esforços para solucionar as adversidades enfrentada neste ciclo de aprendizado e retomada da carreira.

A toda equipe de pesquisa do Núcleo de Pesquisas Agronômicas – NPA, por todas as ajudas indispensáveis na condução do trabalho de pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA, por todo empenho e dedicação ao curso nesse momento tão difícil para a pesquisa e desenvolvimento.

A Fundação AGRISUS pelo apoio financeiro do projeto (processo Agrisus nº 2508/18).

Sumário

RESUMO.....	ii
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 O sistema de plantio direto	4
2.2 Culturas de cobertura e ciclagem de nutrientes.....	5
2.3 Eficiência da adubação fosfatada em sistemas de produção	8
2.4 A cultura da soja no Centro Oeste.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Localização e caracterização climática da área experimental.....	13
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	14
3.3 Implantação das culturas antecessoras	15
3.4 Implantação da cultura da soja.....	15
3.5 Amostragem e avaliações a serem realizadas	16
3.5.1 Produção e Persistência de Palhada	16
3.5.2 Teores Foliare de Macronutrientes das Plantas de Soja	17
3.5.3 Componentes Biométricos e Produtividade da Soja	17
3.6 Análise Estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Produção e Persistência da Palhada.....	19
4.2 Teores Foliare de Macronutrientes das Plantas de Soja	21
4.3 Componentes Biométricos, Produtivos e Produtividade da Soja	23
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA

RESUMO - O fósforo é um dos principais nutrientes no planejamento da adubação, devido à sua baixa disponibilidade natural, forte interação com a maioria dos tipos de solos do Cerrado e exportação pelas espécies. A utilização de culturas de coberturas antecedendo o plantio da soja proporciona diferenças na dinâmica dos nutrientes no solo e no aproveitamento destes pelas plantas. Assim, o presente trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí com o objetivo de avaliar o efeito da decomposição residual do milho, *Urochloa ruziziensis*, milheto e milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*, no desempenho agrônômico da soja com diferentes doses de fósforo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3x2, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro sistemas de produção (milho/soja; *Urochloa*/soja; milho consorciado com *Urochloa*/soja e milheto/soja) e por três doses de fósforo na semeadura das culturas produtoras de grãos (100%, 75% e 50% em função da quantidade recomendada para a cultura) em dois anos agrícolas (2018/2019 e 2019/2020). Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção e persistência da palhada das espécies que antecederam a cultura da soja, teor foliar de macronutrientes da soja, os componentes biométricos (população de plantas, altura de planta, altura de inserção de primeira vagem, diâmetro da haste, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 1.000 grãos) e a produtividade de grãos da soja. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as diferenças significativas, foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade. Os sistemas de produção que possuem *Urochloa ruziziensis*, solteiro ou consorciado com milho, tiveram maior produção de palhada, sendo o sistema Milho/Soja com a maior taxa de decomposição. Diante do exposto, o sistema de produção Milho+*Urochloa*/Soja proporcionou o maior número de vagens por planta, número de grãos por vagem, refletindo na maior produtividade de grãos de soja. O número de vagens por planta foi maior na dose de 100% no ano agrícola 2019/2020, indicando uma possível depleção dos teores de P no solo nos demais tratamentos.

Palavras-chaves: plantio direto, ciclagem de nutrientes, fosfatagem, rotação de culturas.

PHOSPHATE FERTILIZATION IN SOYBEAN PRODUCTION SYSTEMS

SUMMARY – Phosphorus is one of the main nutrients in fertilization planning, due to its low natural availability, strong interaction with most types of Cerrado soils and export by species. The use of cover crops prior to soy planting provides differences in the dynamics of nutrients in the soil and in the use of these by the plants. Thus, the present work was carried out in the experimental area of the Federal University of Goiás - Regional Jataí with the objective of evaluating the effect of residual decomposition of corn, *Urochloa ruziziensis*, millet and corn intercropped with *Urochloa ruziziensis*, on the agronomic performance of soybeans with different doses of phosphorus. The experimental design was randomized blocks, in a 4x3x2 factorial scheme, with four replications. The plots consisted of four production systems (corn / soybean; *Urochloa* / soybean; corn intercropped with *Urochloa* / soybean and millet / soybean) and three doses of phosphorus in the sowing of grain-producing crops (100%, 75% and 50 % depending on the recommended amount for the crop) in two agricultural years (2018/2019 and 2019/2020). The following variables were evaluated: straw production and persistence of species that preceded soybean grown, macronutrients concentrations in the leaves of soybean plants, the biometric components (plant population, plant height, height of first pod insertion, stem diameter, number of pods per plant, number of grains per pod and mass of 1,000 grains) and soybean grain yield. The data obtained were subjected to analysis of variance and the significant differences were subjected to the Tukey test at 5% probability. The production systems that have *Urochloa ruziziensis*, single or intercropped with corn, had higher straw production, with the Corn / Soy system with the highest decomposition rate. Therefore, Maize + *Urochloa* / Soy production system provided the highest number of pods per plant, number of grains per pod, reflecting the higher soybean grain yield. The number of pods per plant was higher in the dose of 100% in the agricultural year 2019/2020, indicating a possible depletion of P levels in the soil in the other treatments.

Keywords: no-tillage, nutrient cycling, phosphating, crop rotation,

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com vocação natural para o agronegócio devido às suas características e diversidades, principalmente encontradas no clima favorável, no solo, na pluviosidade, no relevo e na luminosidade. Mesmo com estes benefícios naturais, existem regiões com características específicas que necessitam de adaptações e técnicas de manejo agrícola para se atingir melhores rendimentos produtivos para as culturas, como exemplo a região de Cerrado, onde se predominam latossolos intemperizados com grande quantidade de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Dentre as técnicas de manejo, o sistema de plantio direto (SPD) se destaca especialmente nas regiões tropicais. O sistema preconiza a produção e manutenção da cobertura vegetal sobre a superfície do solo de forma constante através do não revolvimento do solo e da rotação de culturas, visando a sustentabilidade do ambiente. Porém, as regiões tropicais, com inverno seco e verão quente e chuvoso restringem o cultivo de culturas anuais na entressafra, e aceleram a decomposição da cobertura vegetal do solo (PACHECO et al., 2011a, 2011b).

Dentre as espécies utilizadas nos sistemas de produção de soja, das espécies utilizadas em rotação com a soja, o milho (*Zea mays*) e o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) se destacam no Brasil Central, o primeiro pela possibilidade de produção de grãos na segunda safra e o milheto, por ser uma gramínea tropical relativamente tolerante à seca, produz elevada quantidade de fitomassa e habilidade de reciclar nutrientes, reduzindo os riscos de lixiviação (CRUSCIOL e SORATTO, 2007; LEITE et al., 2010).

Recentemente houve aumento na semeadura de espécies forrageiras, como a *Urochloa ruziziensis*, nas regiões produtoras de grãos devido a adoção de novas áreas no sistema de integração lavoura-pecuária. Este sistema promove benefícios mútuos para lavoura e pecuária, como a redução na incidência de plantas daninhas e quebra no ciclo de pragas e doenças, resultando em incremento de produtividade (VILELA et al., 2011).

O uso da consorciação ou a introdução de mais de uma cultura nas áreas produtivas estabelece nova dinâmica a respeito da utilização de água, luz e nutrientes e, deve ser considerada para se obter bons resultados produtivos

(KLUTHCOUSKI e OLIVEIRA, 2012; MARCELO et al., 2012; SORATTO et al., 2012).

Nesse contexto, a ciclagem de nutrientes da palhada dessas culturas, através da sua decomposição e posterior liberação de seus nutrientes, torna-se relevante tópico de estudo para dar assistência no manejo adequado da adubação, fazendo com que essa contribuição possa ser estimada no cálculo da dose de fertilizante a ser aplicada (CARVALHO, 2000; AMADO et al., 2002; SANTOS et al., 2008), resultando numa melhor racionalização do uso de insumos com menor custo de produção e risco de perdas, gerando uma conseqüente diminuição no desequilíbrio ambiental.

As culturas de cobertura podem aumentar a disponibilidade de P no solo para cultivos comerciais subsequentes através do aumento do P lábil, diminuição do P orgânico do solo (Po), aumento da cinética de desorção de P ou por uma simples liberação de P prontamente disponível durante sua decomposição e mineralização (RAMOS et al., 2010).

Os teores de P na solução dos solos intemperizados são geralmente muito baixos. Essa característica, associada à alta capacidade que os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio desses solos têm em reter o P na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de adubos fosfatados (OLIVEIRA et al., 2005).

Sendo assim, através da escolha adequada dessas plantas de cobertura, com o propósito de promover maior habilidade de absorção de P, pode-se incrementar a disponibilidade de P para as culturas sucessoras (OLIVEIRA et al., 2005; RAMOS et al., 2010).

Isto ocorre devido ao P originado de solos ricos na origem de fosfatos naturais e/ou presente em formas pouco disponíveis no solo, no qual na maior parte dos casos estaria indisponível para a maioria das culturas produtoras de grãos, ser convertido em formas orgânicas após ser absorvido pelas culturas de coberturas, e possivelmente estar mais disponível para as lavouras em sucessão, após ocorrer a mineralização do P orgânico dos restos vegetais (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004).

Considerando o custo da fertilização com P e que é um recurso limitado, bem como a alta capacidade fixação de P em solos tropicais e subtropicais, levanta-se a hipótese de que a introdução de certas espécies como culturas de cobertura ou em rotação com a cultura principal poderiam solubilizar o P do solo e aumentar sua

disponibilidade no sistema, o que eventualmente melhoraria a eficiência de uso do P.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a resposta da soja à adubação fosfatada em sistemas de produção com a presença de plantas de cobertura do solo, bem como a persistência e a liberação de nutrientes dos seus resíduos vegetais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O sistema de plantio direto

O plantio direto é um sistema diferenciado de manejo do solo, visando diminuir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas, tratores, arados, entre outros, sobre o mesmo. Estudos recentes estimam que existam cerca de 111 milhões de hectares de terras cultivadas em plantio direto em todo o mundo, equivalendo a cerca de 8% da área de cultivo global, sendo um dos sistemas de manejo do solo que vêm sendo difundidos na agricultura, com o intuito de evitar o desgaste ou a degradação do solo (USDA, 2020).

A utilização do SPD no lugar dos métodos convencionais tem aumentado significativamente nos últimos anos. Nele a palhada e os demais restos vegetais de outras culturas são mantidos na superfície do solo, garantindo cobertura e proteção contra erosão, plantas daninhas, melhor controle de pragas. Também é muito importante para o sucesso do sistema que seja utilizado a rotação de culturas.

O SPD consolidou-se como tecnologia conservacionista entre os agricultores de regiões do cerrado (CRUZ e CIOCIOLA JÚNIOR, 2006). A sua eficácia se relaciona, dentre outros fatores, a quantidade e qualidade dos resíduos culturais, sendo esse, talvez, o seu grande trunfo para a sustentabilidade no cerrado (PIRES et al., 2008). Dessa forma, as plantas de cobertura precisam apresentar elevada capacidade de produção de fitomassa, seus resíduos devem apresentar persistência sobre a superfície do solo e, sobretudo, capacidade de promover significativa ciclagem de nutrientes (CRUSCIOL et al., 2005).

O sucesso do SPD decorre do acúmulo de palhada, propiciado pelas culturas de cobertura e restos culturais de lavouras comerciais, possibilitando a criação de um ambiente favorável a recuperação e a manutenção da qualidade do solo (KLIEMANN e BRAZ, 2006). Comumente, o SPD está associado à rotação de culturas anuais, que propicia mudanças nas propriedades químicas do solo, devido ao aumento nos teores de matéria orgânica (MURAGE et al., 2007), variações no pH do solo e da capacidade de troca catiônica (SOUZA e ALVES, 2003), bem como das bases trocáveis e do P disponível (MALLARINO e BORGES, 2006; THOMAS et al., 2007).

Na implantação e condução do Sistema de Plantio Direto de maneira eficiente é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada, que nunca deverá ser inferior a $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de fitomassa seca. Como segurança, indica-se que devem ser adotados sistemas de rotação que produzam, em média, $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ por ano ou mais de fitomassa seca (EMPRAPA 2018).

A utilização deste sistema tem sido associada ao maior controle da erosão, ao aumento da porosidade total do solo e à maior conservação de água do solo, resultando em aumento da disponibilidade de água às plantas, amenizando efeitos de estiagens e, conseqüentemente, assegurando possibilidade de maior rendimento das culturas (PADILHA et al., 2012).

2.2 Culturas de cobertura e ciclagem de nutrientes

A utilização de plantas de cobertura de solo vem ganhando cada vez mais espaço pela ampla adoção do SPD. Por meio dessa prática, busca-se atender a uma das premissas básicas do SPD, que é a adequação de sistemas de rotação e sucessão de culturas de modo a otimizar o aporte de material orgânico e nutrientes, bem como proteger o solo dos processos erosivos (SILVA et al., 2007; MARCELO et al., 2009). Para isso, é fundamental selecionar plantas de cobertura com maior potencial em produzir fitomassa e acumular, principalmente, carbono (C) e nitrogênio (N), além de conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais.

A persistência e a dinâmica de liberação de nutrientes da palhada são importantes aspectos a serem considerados na escolha de plantas para compor o esquema de rotação de culturas em sistema de plantio direto (BOER et al., 2008; LEITE et al., 2010). A dinâmica de decomposição é importante para a otimização da semeadura direta.

Por se tratar de um processo biológico, a dinâmica da decomposição de resíduos vegetais depende da natureza do material, do volume de produção de biomassa, do manejo da cultura de cobertura, da fertilidade e do pH do solo, da qualidade e quantidade dos nutrientes orgânicos disponíveis e de condições climáticas como a pluviosidade e temperatura (ALVARENGA et al., 2001).

O consórcio entre espécies de plantas de cobertura de solo, principalmente entre gramíneas e leguminosas, pode ser uma estratégia eficiente para minimizar esses problemas observados com as culturas. Isso porque a relação C/N dos resíduos culturais dos consórcios entre espécies é intermediária a encontrada no tecido vegetal das espécies cultivadas isoladamente e a relação C/N é considerada uma das principais características controladoras da velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais (GIACOMINI, 2001).

O teor de lignina também possui papel importante na decomposição da palhada, havendo relações diretas entre o teor de lignina em resíduos de plantas de cobertura e sua decomposição, de forma que quanto maiores os níveis de lignina no material vegetal menores eram suas taxas de decomposição, favorecendo a manutenção de palhada sobre o solo (CARVALHO, 2005).

Os restos culturais, seja da parte aérea ou do sistema radicular, destinados à produção de grãos e as plantas de cobertura do solo, possuem funções importantes na proteção destes contra os agentes erosivos, além da contribuição da ciclagem e adição de carbono (REDIN, 2010). A decomposição dos resíduos culturais apresenta características complexas, no entanto, possui grande importância na formação da matéria orgânica e na manutenção da fertilidade e conservação dos solos (GONÇALVES et al., 2010).

Nas condições edafoclimáticas do Cerrado, as gramíneas têm sido bastante utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto (*Pennisetum glaucum*) e espécies de *Urochloa*, devido a sua maior resistência ao déficit hídrico e à elevada produção de fitomassa (BORGHI et al., 2006; LARA-CABEZAS et al., 2004). O *P. glaucum* é uma espécie de alta capacidade de extração de nutrientes do solo, principalmente de nitrogênio (N) e potássio (K), reduzindo assim os riscos de perda desses nutrientes por lixiviação (CRUSCIOL e SORATTO, 2007).

O uso de plantas de cobertura com hábito perene, como a *Urochloa ruziziensis*, proporciona significativo acúmulo de fitomassa, apresentando reduzida decomposição durante a entressafra (PACHECO et al., 2008). Além do mais, essa espécie apresenta significativa rebrota após o reinício das chuvas, o que pode favorecer a produção de fitomassa nos sistemas agrícolas.

As espécies do gênero *Urochloa* são adaptadas a solos de baixa fertilidade e toleram Al tóxico e baixo teor de P e Ca do solo. Estas espécies têm sido amplamente utilizadas como culturas de cobertura durante o outono/inverno no

Brasil. Elas são importantes na reciclagem de nutrientes devido à sua alta eficiência em absorver o P do solo através de mecanismos como o desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso e da redução da fixação do P, exsudando ácidos orgânicos de baixo peso como citrato, malato e oxalato. Possuem portadores específicos de P de alta afinidade e a atividade da fosfatase ácida é aumentada na rizosfera da *Urochloa* (NANAMORI et al., 2004; CALONEGO e ROSOLEM, 2013; JANEGITZ et al., 2013; ROSOLEM et al., 2014).

A semeadura da soja sobre *Urochloa* dessecada vem-se destacando como forma interessante de adoção do SPD, haja vista que a pastagem apresenta excelente cobertura, podendo contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e permitir a rotação de culturas. Portanto, uma das modalidades do emprego da palha de *Urochloa* é a utilização dessa gramínea, como antecessora da semeadura da soja de verão (EMBRAPA, 2006a).

No cultivo consorciado de milho com forrageiras tropicais perenes, o principal fator a ser considerado é o propósito de utilização desta forrageira. A adoção deste sistema pode ser benéfico em vários aspectos, como servir de alimento para a exploração pecuária, desde o final do verão até o início da primavera, e posteriormente, para formação de palhada no SPD e servir como planta exclusiva para produção de palhada, proporcionando cobertura permanente do solo até a semeadura da safra de verão subsequente. Há, ainda, a possibilidade de recuperação/renovação de pastagens degradadas (CRUSCIOL et al., 2009).

Para o caso do cultivo do milho safrinha com forrageiras tropicais, em virtude do curto período entre a colheita de grãos e a dessecação para a safra seguinte, muitos produtores têm adotado a consorciação para viabilizar a produção de cobertura morta para o SPD, pois após a colheita do milho já existirá uma quantidade relevante de fitomassa para ser dessecada para o posterior plantio da safra.

A grande vantagem deste sistema em muitas regiões produtoras do Brasil é a possibilidade de até duas safras de grãos e mais uma safra de pecuária, garantindo a sustentabilidade tanto da atividade agrícola como da pecuária. Este sinergismo entre os componentes do agroecossistema possibilita a otimização dos recursos naturais (BALBINO et al., 2011), além de possibilitar a diversificação econômica da propriedade, diminuindo os riscos e dificuldades de se trabalhar com apenas uma safra por ano agrícola (MARTHA JUNIOR. et al., 2011).

Algumas espécies de plantas de cobertura podem afetar a solubilidade do P no solo, particularmente o P não lábil, através da exsudação radicular de ácidos orgânicos como demonstrado por Pavinato, Merlin e Rosolem (2008), que observaram um efeito significativo de ácidos orgânicos de espécies utilizadas como plantas de cobertura na solubilização do solo.

O *Urochloa brizantha* e a *Urochloa ruziziensis* podem acessar o P pouco solúvel fornecido como óxido de Al-P e goethita-P, exsudando ácidos orgânicos na rizosfera (MERLIN, ROSOLEM e HE, 2015). Várias plantas possuem mecanismos específicos para mobilizar fósforo no solo e aumentar a disponibilidade de P para as culturas subsequentes (HORST e KAMH, 2004), como vagem e tremoço branco (JEMO et al., 2006). Leguminosas em geral, demonstraram ser mais eficazes na ciclagem de P quando usadas como culturas de cobertura (HORST et al., 2001).

A quantidade e a qualidade dos exsudatos liberados pelas raízes também alteram a química do solo e afetam positivamente a comunidade bacteriana que coloniza a rizosfera e utiliza esses exsudatos como fonte de carbono (PAVINATO, MERLIN e ROSOLEM, 2008).

A composição da comunidade bacteriana na rizosfera também pode afetar a disponibilidade de P para as plantas (MARSCHNER, SOLAIMAN e RENGEL, 2006). A composição do exsudato pode variar com idade e genótipo da planta, metabolismo, estado nutricional, tipo de estresse e outros fatores ambientais (LIU et al., 2004; RICHARDSON et al., 2009).

Em SPD, a palha na superfície do solo afeta a dinâmica do P, de modo que o milho resulta em maior movimento do P disponível no perfil do solo, enquanto a aveia eo sorgo da Guiné afetam principalmente o P orgânico (CORREA et al., 2004). No entanto, ainda há uma lacuna sobre o efeito de cultivo de plantas de cobertura, especialmente gramíneas tropicais, na eficiência da reciclagem de P e, conseqüentemente, na disponibilidade de nutrientes para as culturas subsequentes.

2.3 Eficiência da adubação fosfatada em sistemas de produção

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais importantes para a produção agrícola nos solos da região do Cerrado, uma vez que sua disponibilidade, em condições naturais, é muito baixa. Para que a região do Cerrado mantenha um bom

desempenho na agricultura brasileira é necessário que se utilizem recomendações adequadas de adubos fosfatados, visando aumentar ou manter a eficiência do uso do P, as quais dependem de uma série de aspectos.

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, após sua dissolução praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis. Todavia, grande parte do P retido é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende principalmente da espécie cultivada, é afetada por textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, dose, fonte, granulometria e forma de aplicação do fertilizante fosfatado, rotação de culturas e sistema de preparo do solo também influem nesse processo (ANGHINONI e BISSANI, 2004)..

No solo, o P está presente na fase sólida e líquida, ou seja, adsorvido ou complexado com os oxihidróxidos de Fe e Al, com o Ca e com a matéria orgânica, ou livre na solução do solo. Sendo o solo uma mistura de materiais orgânicos e inorgânicos, o P também se apresenta em formas orgânicas e inorgânicas, tanto na fase sólida como na solução do solo, existindo um equilíbrio entre o P adsorvido e o P em solução (ANGHINONI e BISSANI, 2004).

Em virtude da baixa quantidade total de água retida pelo solo e da baixa concentração de P na solução, a quantidade prontamente disponível de P para as plantas é muito baixa, havendo a necessidade de solubilização de P da fase sólida para a solução para suprir as necessidades das culturas. Essa disponibilização depende do pH, do teor de óxidos e de outros fatores que alteram o equilíbrio P-sólido/Psolução (ANGHINONI e BISSANI, 2004).

O solo pode ser considerado como fonte ou como dreno de P, dependendo de sua característica relacionada com o grau de intemperismo. Assim, serve como fonte quando ainda apresenta reservas naturais ou pela adição de fertilizantes. Solo em estágio avançado de intemperismo apresenta características, tais como: maior eletropositividade, menor capacidade de troca de cátions, aumento da adsorção aniônica, diminuição da saturação por cátions básicos, dentre outras. Nesse caso, o solo compete com a planta pelo fertilizante adicionado, caracterizando-se como um dreno (NOVAIS e SMYTH, 1999).

À medida que os solos se desenvolvem e a intemperização se instala, há uma diminuição do P lábil e um aumento correspondente em conjuntos de P não lábeis. A participação do P orgânico no solo aumenta e, eventualmente, processos biológicos

tendem a governar a disponibilidade de P no sistema (CROSS e SCHLESINGER 1995). Assim, esses solos são pobres em P disponíveis para as plantas, especialmente aqueles que contêm altos níveis de óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al) em sua composição mineral, fazendo com que o P se encontre em concentrações muito baixas na solução, sendo limitante para o crescimento e desenvolvimento de culturas comerciais.

Para mitigar esses efeitos é necessário o uso de estratégias de manejo, como a correção da acidez. Esta prática contribui para aumentar a disponibilidade de P do solo, além de aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Mesmo em sistemas que incluem espécies tolerantes à acidez deve-se levar em conta o benefício da correção dessa acidez na economia de P.

Outra estratégia é a rotação de culturas no qual pode influenciar a eficiência de uso do P adicionado ao solo por meio de fertilizantes. Algumas culturas têm a capacidade de multiplicar determinados microrganismos, como fungos micorrízicos, e de liberar exsudatos através do sistema radicular, auxiliando a absorção do P do solo. Sano et al. (1989) comprovaram que determinada sequência de culturas pode afetar a produtividade de outra cultura devido à mudança na população de um microrganismo.

No sistema de semeadura direta, normalmente, ocorre acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais, ocasionando um aumento na disponibilidade de alguns nutrientes nessas camadas. A semeadura direta altera consideravelmente a dinâmica do P no solo, pois este nutriente acumula-se nas camadas superficiais, podendo aumentar a fração orgânica, seja pela ausência de mobilização ou pela produção de ácidos orgânicos que competem pelos sítios de retenção (RHEINHEIMER, 2000).

A escolha adequada na entressafra de plantas de cobertura no SPD visando maior habilidade de absorção de P, aumenta a disponibilidade deste nutriente para as culturas sucessoras (RAMOS et al., 2010). Isto ocorre, porque o P oriundo de fosfatos naturais e/ou presente em formas pouco disponíveis no solo, que na maioria dos casos estaria indisponível para grande parte das culturas produtoras de grãos, é convertido em formas orgânicas após ser absorvido, e estará mais disponível para as lavouras em sucessão, após ocorrer a mineralização do P orgânico dos restos vegetais (SOUSA; LOBATO; REIN, 2004).

Deste modo, Foloni et al., (2008) e Ramos et al., (2010), têm destacado algumas espécies como promissoras, tanto em relação à absorção de P em condições de baixa disponibilidade, bem como no uso eficiente deste nutriente. Em solos bem supridos com P, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado e o sistema de preparo do solo não afetam a produtividade das culturas.

Assim, a adubação fosfatada é prática imprescindível no estabelecimento e manutenção de qualquer sistema agrícola sustentável na região do Cerrado, sendo um dos investimentos que mais onera a prática da agricultura comercial nessa região.

Portanto, para sistemas de cultivos anuais, são necessárias corretas e confiáveis coletas e métodos de análises de solo para que se utilizem recomendações adequadas no manejo da adubação fosfatada, visando alta eficiência do uso do P.

A interpretação dos teores de P no solo avaliados pelo método da resina é pouco influenciada pelo teor de argila, não havendo necessidade, portanto, de criar classes em razão dessa variável. Dessa forma, independentemente do teor de argila do solo, os níveis críticos são suficientes para obtenção de 80% a 90% do rendimento potencial na ausência de aplicação de P naquele ano agrícola, recomendados para sistemas de maior ou menor risco, respectivamente (SOUSA et al., 2016).

2.4 A cultura da soja no Centro Oeste

A cultura da soja proporcionou uma grande revolução alimentar. Hoje não existe nenhuma outra proteína de origem vegetal com melhor custo benefício para a produção de carnes, ovos, leites e derivados do que a soja.

A demanda por proteína animal tem crescido substancialmente nas últimas décadas e seguirá crescendo, principalmente pela melhoria de renda das pessoas nos países asiáticos. Portanto, além de garantir proteína animal em grandes quantidade e preços acessíveis aos brasileiros, a soja também é importante para a segurança alimentar de muitas outras nações.

Nos anos 70 e 80, foi significativo o crescimento da cultura da soja na região do Brasil Central, abrangendo os estados de MS, MT e GO. Um dos importantes

agentes desse processo de evolução da sojicultura brasileira foi a Embrapa, que tem desenvolvido desde esse período novas cultivares adaptadas às condições climáticas das regiões produtoras do Centro-Oeste.

A Embrapa Soja foi criada em 1975 e, a partir da década de 90, várias agências de pesquisa começaram a surgir para atuar no segmento. A abertura dos solos do Cerrado proporcionou o crescimento em área e em produtividade de diversas culturas, principalmente soja, tomate, banana, cana-de-açúcar e milho. Entretanto, dentre estas, foi a cultura da soja que mais cresceu em área de cultivo (CÂMARA, 2015).

Nesse contexto, a região Centro-Oeste é a que concentra o maior potencial de expansão da cultura da soja no Brasil e no mundo. O município de Jataí localizado na região Sudoeste do estado de Goiás se destaca no cenário nacional na produção de grãos com destaque para a cultura da soja (IBGE, 2016).

Atualmente a soja é o principal produto de exportação do Brasil, no qual foram colhidos 126 milhões de toneladas do grão no final da safra 2019/2020, 7,6% a mais que na safra anterior (USDA, 2020).

Isto se deve ao fato dos produtores brasileiros disporem de tecnologia nacional de produção perfeitamente adaptada às condições brasileiras, fazendo com que alcancem produtividades agrícolas de 3.000 a 6.000 kg ha⁻¹. Esses estados se destacam pelas condições edafoclimáticas, como a grande quantidade de energia solar, temperatura e precipitação, como na região central do país, além de algumas regiões do estado do Paraná com elevado grau de uso de tecnologia em sistema de plantio direto consolidado (CÂMARA, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização climática da área experimental

Foi realizada uma pesquisa em campo durante dois anos agrícolas (2018/2019 e 2019/2020). O experimento foi instalado na Fazenda Escola da Universidade Federal de Jataí - Campus Jatobá, localizada no município de Jataí (GO), tendo como coordenadas geográficas 17° 53' S e 52°43' W, com 670 metros de altitude.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical de Savana com chuva no verão e seca no inverno. A temperatura mínima e máxima média anual são de 17,4°C e 29,3°C, respectivamente, com precipitação média de 1.541mm. Os dados diários referentes à precipitação pluvial e as temperaturas máxima e mínima durante a condução do experimento foram coletados na Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática localizada na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 1).

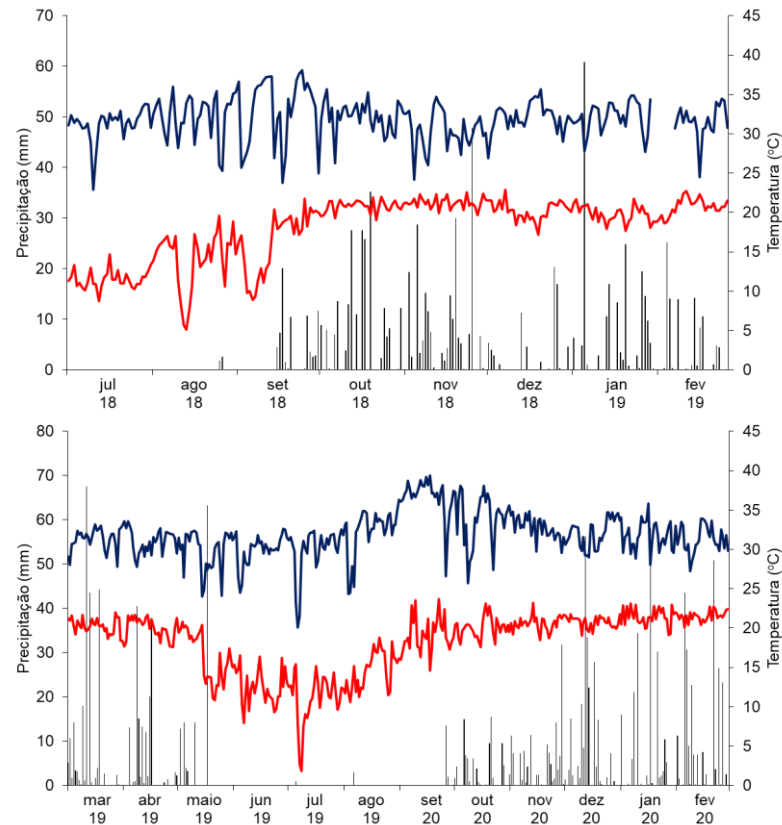


Figura 1. Precipitação (|) e Temperaturas Máximas (—) e Mínimas (—) durante os meses de julho de 2018 a fevereiro de 2020. Jataí-GO, 2020. (INMET, 2020).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018), com 585, 240 e 175 g kg⁻¹, de argila, silte e areia, respectivamente. As características químicas da camada 0-20 cm antes da instalação do experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo de 0-20 cm de profundidade da área experimental antes da instalação do experimento. Jataí, GO, 2018.

pH (CaCl ₂)	M.O. (g kg ⁻¹)	P _{resina} -- (mg dm ⁻³)	K --	Ca -- (cmol _c dm ⁻³)	Mg --	V (%)
5,1	36	14,1	2,1	2,76	1,02	40,96

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x3x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos

por quatro sistemas de produção (1- milho/soja; 2- *Urochloa*/soja; 3- milho consorciado com *Urochloa*/soja; 4- milheto/soja) e três níveis de adubação fosfatada nas culturas produtoras de grãos (100, 75 e 50% em função da dose recomendada para a cultura) em dois anos agrícolas (2018/2019 e 2019/2020). A adubação fosfatada de plantio, para caracterizar os tratamentos, foi definida de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato (2004), utilizando o superfosfato triplo como fonte. Cada parcela teve dimensão de 22,5 m² (4,5 x 5,0 m).

3.3 Implantação das culturas antecessoras

As espécies de cobertura e o milho foram semeados no dia 28 de março de 2018 e 26 de fevereiro de 2019. O milheto, milho e o monocultivo de *Urochloa ruziziensis* no espaçamento de 0,45 metro entre linhas, e o milho consorciado com a *Urochloa ruziziensis* no espaçamento 0,45 metro entre linhas com a *Urochloa* semeada na entrelinha do milho. Para o milho foi utilizado o híbrido 2B433PW e B2433PWU nos anos de 2018 e 2019, respectivamente, ambos responsivos a adubação e utilizando 03 sementes por metro (solteiro e consorciado), o milheto utilizado foi o ADR300 semeado nos dois anos na densidade de 20 kg ha⁻¹ de sementes, e a *Urochloa ruziziensis* utilizando 10 kg ha⁻¹ de sementes com valor cultural de 70-80% nos dois anos.

Na semeadura foram adubadas apenas as parcelas que continham milho em sua composição, seguindo a adubação recomendada para a cultura para nitrogênio e potássio, e o fósforo seguiu os tratamentos pré-estabelecidos. As espécies de segunda safra foram cultivadas de acordo com as necessidades das culturas.

3.4 Implantação da cultura da soja

Antes do plantio da cultura a área foi previamente dessecada. A semeadura da soja foi realizada nos dias 17 outubro de 2018 e 08 de novembro de 2019, utilizando as cultivares SYN1163RR e SPEED, respectivamente, no espaçamento

0,45 metro e população de plantas de 15 e 20 sementes por metro, respectivamente. No ano agrícola 2019/2020 foi necessário a realização do replantio na área experimental devido a uma falha operacional no plantio.

A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a interpretação da análise de solo, coletada antes da instalação do experimento, levando em consideração as recomendações de adubação de Sousa e Lobato (2004). Para a adubação fosfatada foi utilizado três níveis de fósforo, considerando 100%, 75% e 50% da dose recomendada. Durante todo o período de desenvolvimento da cultura da soja foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade. A colheita da soja foi realizada em 19 de fevereiro de 2018 e 18 de fevereiro de 2020.

3.5 Amostragem e avaliações a serem realizadas

3.5.1 Produção e Persistência de Palhada

Foram realizadas duas coletas de palhada em cada ano agrícola. A primeira foi realizada após a colheita da cultura do milho e a segunda coleta foi realizada antes do plantio da cultura da soja. No primeiro ano as coletas foram realizadas nos dias 26/07/2018 e 12/10/2018, no segundo nos dias 28/07/2019 e 28/10/2019. Em cada coleta foram amostrados dois quadros por parcela, com 0,25 m² de área interna (amostras simples), que constituíram uma amostra composta. Esta coleta foi realizada de forma manual, com auxílio de tesoura de poda, retirando-se toda palhada superficial contida na área interna do quadro. O caminhamento de amostragem, dentro das unidades experimentais, foi realizado na diagonal, sendo aleatória a escolha dos pontos de coleta, excluindo-se 0,50 metro de cada extremidade como bordadura.

Os resíduos passaram por uma pré-limpeza, com auxílio de peneiras, para redução da quantidade de solo aderido. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem massa constante. Em cada coleta foi retirada uma amostra por parcela,

realizada a pesagem e o material moído em moinho tipo Willey, para posterior determinação dos teores de macronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

A quantidade de palha remanescente na área foi obtida pelo peso seco da massa vegetal coletada, referente a segunda coleta, posteriormente transformado em kg ha^{-1} .

3.5.2 Teores Foliare de Macronutrientes das Plantas de Soja

Para determinação dos teores de macronutrientes foram utilizadas 20 folhas com pecíolo, amostradas no florescimento (SOUSA e LOBATO, 2004). As folhas foram submetidas a uma lavagem rápida com água destilada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , por 72 horas, sendo em seguida moídas em moinho tipo Willey. A quantidade acumulada de macronutrientes foi avaliada segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.5.3 Componentes Biométricos e Produtividade da Soja

Foram colhidas manualmente dez plantas por parcela.

- **População de plantas:** No momento anterior a colheita avaliou-se a população de plantas através da contagem das plantas em duas linhas de quatro metros na área útil das parcelas, posteriormente os dados foram estimados para hectare.

- **Altura de planta:** Foi medida a altura da base da planta rente o solo com o auxílio de uma fita métrica.

- **Altura de inserção da primeira vagem:** Foi medida a altura da inserção da primeira vagem em relação à base da planta rente ao solo com o auxílio de uma fita métrica.

- **Diâmetro da haste:** Foi medido o diâmetro do caule da base da planta com o auxílio de um paquímetro digital.

- **Número médio de vagens por planta:** Foi obtido através da relação número total de vagens / número total de plantas.

- **Número médio de grãos por vagem:** Foi obtido através da relação número total de grãos / número total de vagens.

- **Massa de 1.000 grãos:** Foi obtido através da coleta ao acaso e pesagem 1.000 grãos por parcela.

- **Produtividade de grãos:** As plantas da área útil de cada parcela foram retiradas do campo e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (teor de água a 130 g kg^{-1}) PU – 13%.

3.6 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para as análises, foi utilizado o programa Sisvar 4.2 (FERREIRA, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção e Persistência da Palhada

Os dados obtidos para persistência da palhada mostram que não houve interação dos fatores sistemas de produção, doses de P e ano agrícola (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa de parte área das culturas antecessoras a soja no momento da colheita do milho (BS1) e do plantio da cultura da soja (BS2) em função do sistema de produção, doses de fósforo e ano agrícola. Jataí, GO, 2020.

Tratamento	BS1	BS2
<u>Sistemas de Produção</u>	kg ha⁻¹	
Milho/Soja	12142 b	9315 b
Milheto/Soja	12967 ab	10537 ab
<i>Urochloa</i> /Soja	14500 a	11910 a
Milho + <i>Urochloa</i> /Soja	14651 a	12022 a
<u>Doses de P</u>		
50%	13664	11576
75%	13637	10440
100%	13394	10822
<u>Ano Agrícola</u>		
2018/2019	13613	12144 a
2019/2020	13517	9748 b
<u>Probabilidade de F</u>		
Sistemas de Produção (SP)	0,0011	0,0001
Doses de P (DP)	0,8872	0,1238
Ano Agrícola (AG)	0,8486	<0,0001
SP x DP	0,9152	0,0622
SP x AG	0,9911	0,9512
DP x AG	0,9639	0,9626
SP x DP x AG	0,9998	0,9998
C.V. (%)	17,93	20,36

Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Avaliando o fator sistema de produção, o sistema milho/soja teve a menor produção e manutenção da palhada, mas não diferiu do sistema milheto/Soja (Tabela 2). Na primeira coleta, o sistema milho/soja obteve desempenho 17,12% inferior que o sistema milho + *Urochloa*/soja. Na segunda coleta, o sistema milho/soja obteve desempenho 22,51% inferior que o sistema milho+*Urochloa*/soja. O sistema milho/soja obteve a maior decomposição de palhada entre as coletas com

23,3% de redução. Os sistemas milheto/soja, *Urochloa*/soja e milho+*Urochloa*/soja tiveram decomposição de 18,7%, 17,9% e 18,0%, respectivamente.

Segundo Andreola et al. (2000) as gramíneas, geralmente contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizada pela alta relação C/N, o que pode aumentar a persistência da cobertura do solo. Estudos têm revelado que algumas coberturas de solo como as espécies do gênero *Urochloa*, milheto e crotalária apresentam boa adaptação às condições de Cerrado e produzem resíduos vegetais em quantidade e qualidade adequada (TANAKA et al., 2019).

Pereira et al. (2015) mostraram que diferentes espécies do gênero *Urochloa* consorciados com o milho produziram elevadas quantidades de massa de matéria seca de parte aérea, corroborando com este presente trabalho. Além disso, a presença da braquiária consorciada com o milho pode influenciar positivamente a produtividade de grãos.

De acordo com Brambilla et al. (2009) o consórcio de milho em segunda safra com *Urochloa* na linha e na entrelinha condiciona uma produtividade de matéria seca mais elevada, a qual favorece a cobertura do solo.

O desenvolvimento inicial do milheto é rápido, atingindo a máxima produção de matéria seca da parte aérea por volta dos setenta e cinco dias após emergência, antecipando-se em relação às outras culturas (ROSA et al., 2007), além de ser uma espécie que apresenta intensa decomposição inicial de seus resíduos por microorganismos do solo quando manejado, devido a maior concentração de componentes menos lignificados comparado as espécies do gênero *Urochloa* (COSTA et al., 2016), porém, neste trabalho o milheto não foi manejado, ou seja, as plantas permaneceram na sua grande maioria eretas, o que reduziu o contato das plantas com o solo, conseqüentemente desacelerando a decomposição.

A maior taxa de decomposição dos resíduos após a colheita foi do milho, comparativamente as demais palhadas. Apesar dos resíduos deixados após a colheita serem na maior parte constituídos por colmos e sabugos, materiais que apresentam maior relação C/N entorno de 43:1 e são mais lignificados o que dificulta a ação dos microrganismos decompositores (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997), após a colheita esses materiais entram em contato com o solo, o que pode ter acelerado a decomposição. Calonego et al. (2012) verificaram redução, em 145 dias, de 41% na quantidade de palhada do milho depositado sobre o solo.

Para o fator doses de P, não houve diferença significativa nas duas coletas de palhada realizadas, independente do sistema e do ano (Tabela 2). Uma possível explicação para este resultado é que de acordo com a análise de solo da área em que está alocado o experimento o teor de fósforo era considerado adequado de acordo com Sousa e Lobato (2004) (Tabela 1).

Espera-se que ao longo do tempo haja uma depleção dos teores de P no solo visto a exportação das culturas, nas parcelas que receberam adubação reduzida. Neste caso, as espécies do gênero *Urochloa* ao longo do tempo podem elevar a concentração de formas de P lábeis, ou seja, prontamente disponíveis para absorção dos cultivos, nas camadas mais superficiais do solo, em função de absorverem o P não lábil em camadas mais profundas do solo, que é então devolvido à superfície do solo através da mineralização de resíduos (ALMEIDA e ROSOLEM, 2016)

Para o fator ano agrícola, não houve diferença significativa na primeira coleta realizada, mas houve diferença significativa na segunda coleta, na qual o ano agrícola 2018/2019 obteve desempenho 19,73% superior ao ano agrícola 2019/2020. Este resultado pode ter sido ocasionado pelo fato da chuva do ano agrícola 2019/2020 ter atrasado, retardando o plantio da soja, estendendo o intervalo entre as coletas de palhada.

4.2 Teores Foliares de Macronutrientes das Plantas de Soja

Os resultados da avaliação dos teores foliares dos macronutrientes não tiveram interação dos fatores sistema de produção, doses de P e ano agrícola (Tabela 3).

Avaliando cada fator isoladamente, os fatores sistema de produção e doses de P não apresentaram diferença para nenhum dos macronutrientes avaliados. Mas, com relação ao fator ano agrícola houve diferença para todos os nutrientes, exceto para o N (Tabela 3).

Tabela 3. Teores foliares de Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de soja em função do sistema de produção, doses de fósforo e ano agrícola. Jataí, GO, 2020.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
<u>Sistemas de Produção</u>			--- g kg⁻¹ ---			
Milho/Soja	51,2	4,3	13,9	9,2	4,3	2,0
Milheto/Soja	51,3	4,6	12,8	9,2	4,5	2,1
Braquiária/Soja	52,1	4,3	13,1	9,0	4,5	2,1
Milho+Braq/Soja	49,4	4,7	13,9	9,0	4,6	2,1
<u>Doses de P</u>						
50%	50,9	4,5	13,6	9,1	4,4	2,1
75%	51,3	4,4	13,7	9,1	4,4	1,9
100%	50,7	4,4	13,1	9,3	4,4	2,1
<u>Ano Agrícola</u>						
2018/2019	50,4	5,7 a	14,5 a	8,1 b	4,7 a	2,3 a
2019/2020	51,6	3,3 b	12,4 b	10,2 a	4,2 b	1,8 b
<u>Probabilidade de F</u>						
Sistemas de Produção	0,1647	0,0502	0,2504	0,8836	0,2222	0,8904
Doses de P	0,8242	0,8974	0,6673	0,8789	0,9281	0,1255
Ano Agrícola	0,1646	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
SP x DP	0,1741	0,3401	0,9116	0,9641	0,8193	0,8977
SP x AG	0,2376	0,2805	0,8582	0,8550	0,1595	0,3412
DP x AG	0,8037	0,7954	0,3306	0,8785	0,6260	0,6250
SP x DP x AG	0,8404	0,7018	0,8794	0,9705	10,17	0,3381
C.V. (%)	7,04	12,44	13,46	13,06	9,98	17,50

Médias sem letra não diferem significativamente a $P \leq 0,05$ (Teste Tukey). Médias com letras diferentes diferem.

Para os elementos P, K, Mg e S o ano agrícola 2018/2019 foram superiores 42,1%, 14,48%, 10,64% e 21,74%, respectivamente em relação ao ano agrícola 2019/2020 (Tabela 3). Esses resultados evidenciam o fato da menor quantidade de palhada do ano agrícola 2019/2020 em relação ao ano agrícola 2018/2019.

Para o elemento Ca o ano agrícola 2019/2020 foi superior 20,59% em relação ao ano agrícola 2018/2019 (Tabela 3). Isso pode estar relacionado ao fato de que os elementos K, Ca e Mg competem pelos mesmos sítios de absorção, sendo o teor de Ca mais elevado, influenciando na menor absorção de K e Mg.

É importante ressaltar que os teores de macronutrientes estavam em quantidades consideradas adequados de acordo com as recomendações de Sousa et al. (2004). Estes resultados podem estar relacionados ao fato de ser o segundo e terceiro ano do experimento, fazendo com que os reflexos das plantas antecessoras

a cultura da soja, bem como a redução das doses de P empregadas, estejam começando a serem observados.

Resultados semelhantes para adubação fosfatada também foi constatado por Gonçalves et al. (2010), que ao verificarem os teores foliares de macronutrientes de folhas de soja, também não constataram diferenças ao comparar esses teores sob diferentes doses de P e K no primeiro ano de execução do experimento.

Porém, para Barbosa et al. (2011), ao compararem o desenvolvimento da soja em sucessão a diferentes culturas de cobertura comumente estudadas (sorgo, milho, braquiária e crotalária), foram encontradas diferenças entre os teores foliares de N, Mg e S. Os maiores teores de N foram definidos para sistemas com espécies do gênero *Urochloa* e sorgo antecedendo a soja. Foram observados maiores teores de Mg quando anteriormente a soja foi cultivado o milho. Porém, a melhor nutrição das plantas de soja em S ocorreu quando anteriormente foi cultivado o milho e a *Urochloa ruziziensis*.

4.3 Componentes Biométricos, Produtivos e Produtividade da Soja

Houve interação das fontes de variação sistemas de produção e ano agrícola para as variáveis: altura de inserção da primeira vagem (A1V), diâmetro de haste (DH) e número de vagens por plantas (NVP) (Tabela 4). Também foi observado interação das doses de P e ano agrícola para A1V e NVP. No diâmetro de haste, apesar da interação dos sistemas de produção e ano agrícola, não houve diferença do teste de média aplicado em nenhum dos desdobramentos avaliados (Figura 2).

Tabela 4. População de plantas (POP), altura de plantas (AP), altura de inserção da 1ª vagem (A1V), diâmetro de haste (DH), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 1.000 grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) de soja em função do sistema de produção, doses de fósforo e ano agrícola. Jataí, GO, 2020.

Tratamento	POP	AP	A1V	DH	NVP	NGV	M1000	PROD
<u>Sist. De Produção</u>	nº	cm	cm	Mm	nº	nº	g	kg ha ⁻¹
Milho/Soja	242437	72,86 b	8,33 b	6,74	67,91 b	2,22 ab	142,59	4072 b
Milheto/Soja	248263	80,90 a	7,93 b	6,95	67,13 b	2,22 ab	144,58	4096 b
<i>Urochloa</i> /Soja	233525	74,41 b	9,58 a	6,98	72,28 ab	2,20 b	146,37	4223 ab
Milho+ <i>Urochloa</i> /Soja	230786	71,43 b	8,27 b	6,97	73,43 a	2,25 a	145,44	4343 a
<u>Doses de P</u>								
50%	235010	75,56	8,68	7,02	70,18	2,22	143,35	4142
75%	237730	74,40	8,55	6,88	69,59	2,23	143,93	4286
100%	243517	74,74	8,35	6,83	70,79	2,22	146,95	4122
<u>Ano Agrícola</u>								
2018/2019	239931	78,78 a	7,74 b	6,90	71,92 a	2,12 b	157,95 a	4795 a
2019/2020	237575	71,03 b	9,31 a	6,92	68,46 b	2,33 a	131,54 b	3572 b
<u>Probabilidade de F</u>								
Sist. de Produção (SP)	0,1410	<0,0001	<0,0001	0,4187	0,0043	0,0185	0,5158	0,0080
Doses de P (DP)	0,4862	0,5896	0,5377	0,4071	0,7905	0,6304	0,2365	0,0626
Ano Agrícola (AG)	0,6898	<0,0001	<0,0001	0,9017	0,0183	<0,0001	<0,0001	<0,0001
SP x DP	0,1352	0,8081	0,8989	0,8210	0,922	0,7101	0,3406	0,1950
SP x AG	0,0954	0,5728	0,0029‡	0,0281‡	0,0038‡	0,1959	0,3360	0,3497
DP x AG	0,5701	0,4912	0,0444†	0,6763	0,0096†	0,8797	0,1262	0,8659
SP x DP x AG	0,7245	0,2278	0,6397	0,8740	0,6318	0,3898	0,3309	0,3246
C.V. (%)	12,06	6,19	14,09	8,57	9,98	2,56	6,23	7,1

Valores sem letra não são diferentes significativamente a $P \leq 0,05$ (Teste Tukey). Médias com letras diferentes diferem.

‡ O desdobramento da interação está apresentado na Figura 2.

† O desdobramento da interação está apresentado na Figura 3.

No desdobramento da interação sistema de produção dentro do ano agrícola para o A1V foi observado maior altura no sistema *Urochloa*/Soja no ano 2018/2019, aproximadamente 27,2% superior que Milho/Soja, enquanto que no ano 2019/2020 não foi observado diferença entre os sistemas (Figura 2). A maior A1V no sistema *Urochloa*/Soja deveu-se ao fato de que a grande quantidade de palhada de *Urochloa* promove o estiolamento da plântula de soja (FRANCHINI et al., 2014), aumentando a distância do primeiro nó em relação ao solo.

Avaliando a fonte de variação ano agrícola dentro de sistemas de produção, observa-se que a A1V no ano 2019/2020 foi maior em relação ao ano 2018/2019, em 30,1%, 20,6% e 13,4% nos sistemas Milho/Soja, Milheto/Soja e Milho+*Urochloa*/Soja, respectivamente (Figura 2). Essa diferença observada entre os anos é justificada pelas características intrínsecas das cultivares utilizada, sendo esse um importante fator na colheitabilidade da planta de soja, pois quanto maior o A1V, menor o risco de perdas na colheita.

Já para o NVP, o desdobramento da interação do fator sistema de produção dentro do ano agrícola houve diferença apenas no ano 2019/2020, no qual os sistemas com *Urochloa*/Soja e Milho+*Urochloa*./Soja obtiveram maior número de vagens em relação aos sistemas Milho/Soja e Milheto/Soja, sendo o desempenho médio dos sistemas com *Urochloa ruziziensis* 14,6% maior em relação a média dos sistemas com milho e milheto (Figura 2).

O maior NVP nos sistemas com *Urochloa ruziziensis* deve-se ao fato de que a mesma é excelente na ciclagem de nutrientes e possui alta relação C/N tendo a decomposição da palhada mais lenta em relação às demais espécies estudadas, afetando de maneira positiva a umidade do solo e a liberação de nutrientes para a cultura da soja (CRUSCIOL et al., 2015).

O fator ano agrícola dentro do sistema de produção foi constatado maior NVP no ano agrícola 2018/2019 apenas nos sistemas Milho/Soja e Milheto/Soja, com desempenho 11,3% e 13,4% superior, respectivamente, em relação ao ano 2019/2020 (Figura 2). No momento anterior ao plantio da soja a quantidade de palhada no ano 2019/2020 era inferior ao ano de 2018/2019, o que pode ter exposto os sistemas Milho/Soja e Milheto/Soja as intempéries climáticas, visto que estes sistemas mantiveram a menor quantidade de palhada (Tabela 2).

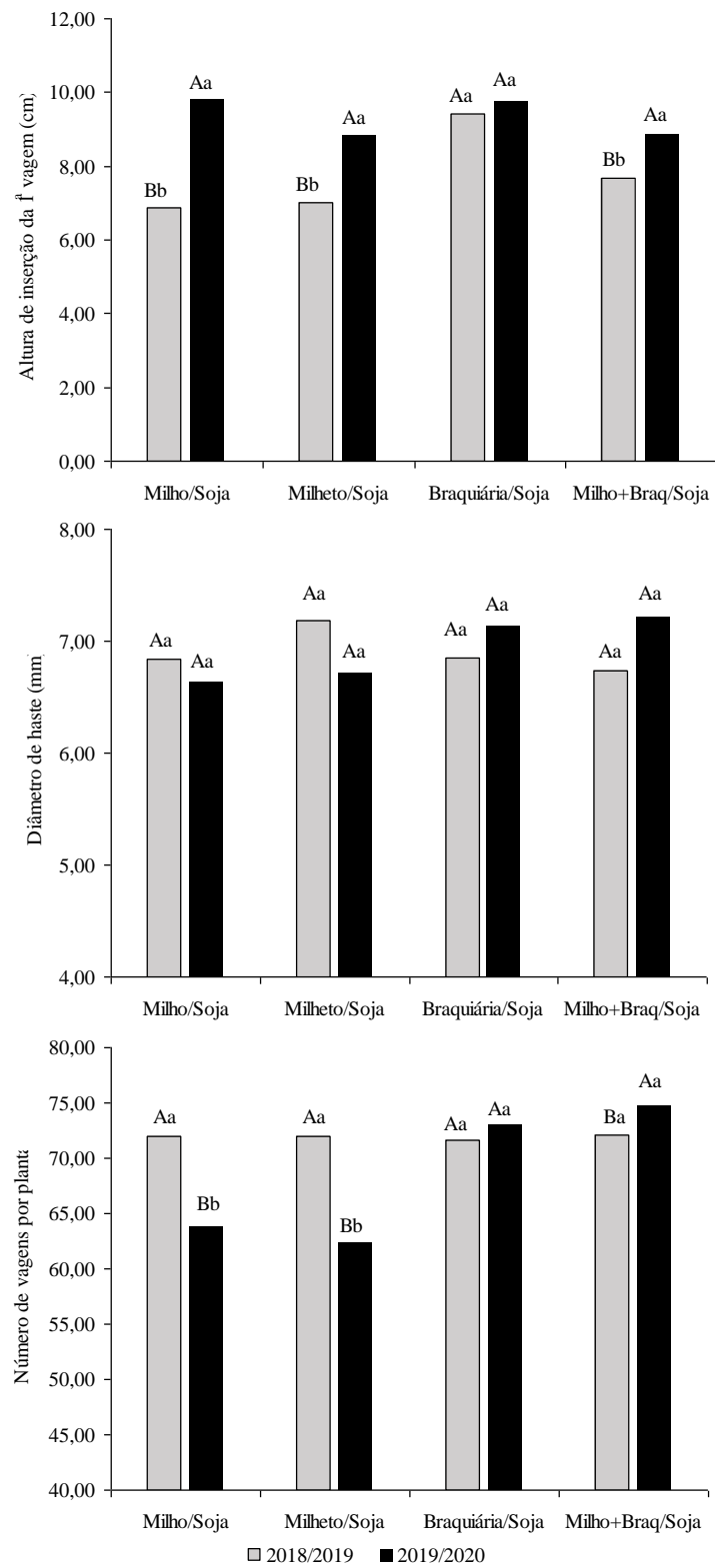


Figura 2. Desdobramento da interação Sistemas de produção x Ano agrícola da altura de inserção de 1ª vagem (A), diâmetro de haste (B) e número de vagens por plantas (C). Letras minúsculas diferentes são diferentes significativamente entre os sistemas de produção e letras maiúsculas são diferentes significativamente entre os anos agrícolas (Tukey, $P \leq 0,05$).

No desdobramento da interação do fator doses de P dentro do ano agrícola para o A1V, não foi observado diferença significativa nos anos agrícolas 2018/2019 e 2019/2020 (Figura 3). Um dos fatores deste resultado é que, de acordo com a análise de solo da área em que está alocado o experimento, possui teor de fósforo adequado para o cultivo da cultura da soja (Tabela 1).

O fator ano agrícola dentro do fator doses de P foi constatado que a A1V no ano 2019/2020 foi maior em relação ao ano anterior, 24,7%, 11,3% e 13,8% nas doses de 50%, 75% e 100% respectivamente (Figura 3). Isso ocorreu devido ao fato das diversidades de características das cultivares utilizada.

Já para o NVP, o desdobramento da interação do fator doses de P dentro do ano agrícola houve diferença apenas no ano 2019/2020, no qual a dose de 100% obteve maior NVP em relação a dose de 75% cerca de 9,05% (Figura 3). Esse resultado é decorrente do veranico ocorrido no final de dezembro de 2019, e considerando que a cultivar SPEED é de ciclo rápido e a menor quantidade de palhada nos sistemas observada no momento anterior ao plantio de 2019/2020 (Tabela 2), pode ter reduzido o armazenamento de água na camada superficial do solo, portanto beneficiando o tratamento onde havia a maior dose de P.

O fator ano agrícola dentro do fator doses de P foi constatado maior NVP no ano 2018/2019 apenas para as doses de 50% e 75% de P, com desempenho 7,1% e 10,8% superior, respectivamente, não havendo diferença significativa para a dose de P a 100% (Figura 3). Esse resultado evidencia a hipótese levantada anteriormente, bem como mostra que pode estar ocorrendo depleção deste nutriente ao longo do tempo, refletindo nesta maior produção de vagens da cultura da soja.

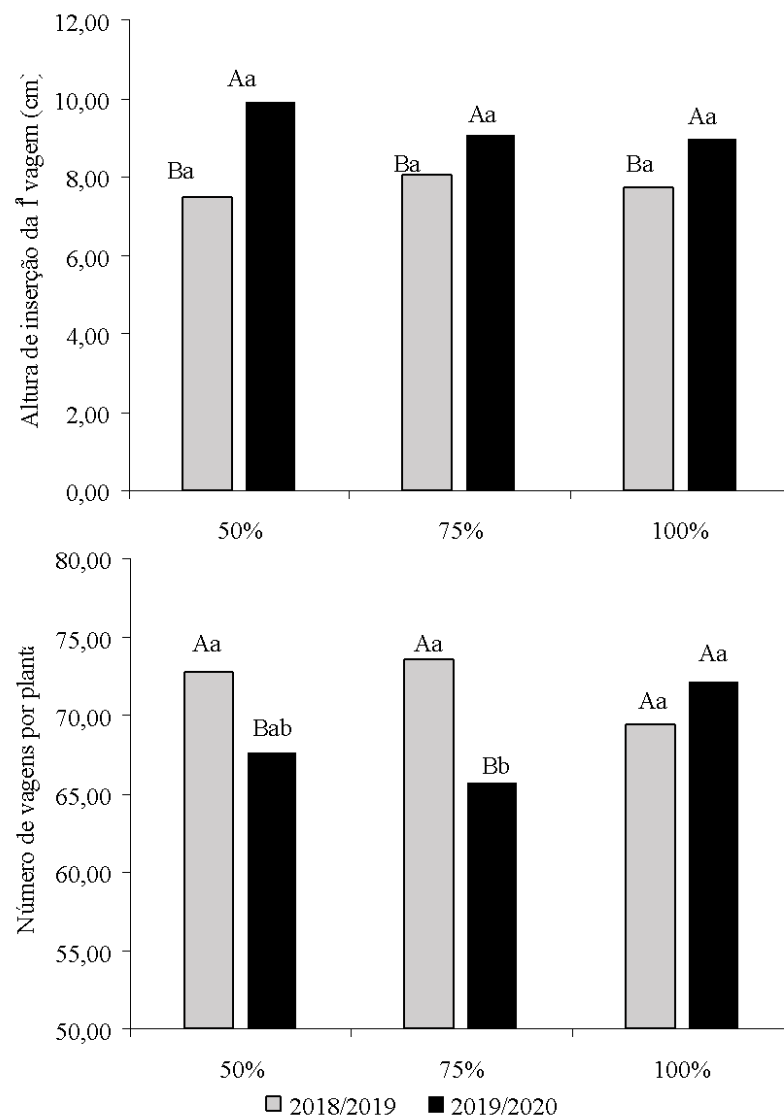


Figura 3. Desdobramento da interação Doses de P x Ano agrícola da altura de inserção de 1ª vagem (A) e número de vagens por plantas (B). Letras minúsculas diferentes são diferentes significativamente entre as doses de P e letras maiúsculas são diferentes significativamente entre os anos agrícolas (Tukey, $P \leq 0,05$).

Analisando isoladamente o fator sistema de produção, apenas a população de plantas (POP) e a massa de 1.000 grãos (M1000) não foram influenciados pelos sistemas de produção (Tabela 4). Entretanto, foi notório nos dois anos agrícolas dificuldade operacional com maquinário na semeadura da cultura da soja sob palhada de *Urochloa ruziziensis*, devido a sua elevada produção e manutenção (Tabela 2) que foi atenuado pelo replantio imediato das sementes que ficavam sobre a superfície da palhada. É importante que para adoção de sistemas com elevada produção de palhada se utilize de estratégias que mitiguem esses efeitos, como o uso de discos de corte de maior diâmetro e a dessecação antecipada da área.

Para o NGV e produtividade de grãos, o sistema Milho+*Urochloa*/Soja obteve melhor desempenho (Tabela 4). Esse resultado, comparativamente ao sistema

Milho/Soja, deve-se ao fato de uma maior extração de nutrientes pelos grãos de milho, conseqüentemente, menor quantidade de nutrientes em sua palhada, o que prejudicou a formação de vagens (Figura 2) e grãos, refletindo diretamente na produtividade de grãos (Tabela 4).

Crusciol et al. (2015) observaram efeitos semelhantes, no qual o rendimento em grãos de soja foi 14% maior no consórcio (milho consorciado com braquiária) em relação ao milho solteiro. Sistemas consorciados com *Urochloa* são capazes de aumentar significativamente a matéria orgânica e a capacidade de troca de cátions no solo (CTC) após dois anos de integração lavoura-pecuária (CRUSCIOL et al., 2015; PARIZ et al., 2016, 2017). Além do que, as espécies do gênero *Urochloa* permanecem com seu ciclo vegetativo contínuo até sua dessecação para o plantio da soja, ou seja, planta e raiz permanecem em atividade até poucos dias antes do plantio, diferentemente do milheto e do milho que entram em senescência. Essa permanência contribui positivamente para a comunidade bacteriana do solo, para menor fixação do P e para conseqüente maior produtividade de grãos.

Dessa forma, as maiores produtividades da soja após os sistemas com culturas de cobertura, podem estar relacionados principalmente a maior capacidade de busca de nutrientes em profundidade, devido ao sistema radicular mais agressivo, e ao maior acúmulo de matéria orgânica que proporciona uma maior CTC, agregação, formação de macro e microporosidade, atividade microbiana e infiltração de água no solo (CRUSCIOL et al., 2015; PARIZ et al., 2016, 2017).

O fator doses de P avaliado isoladamente não obteve diferença significativa entre os tratamentos para nenhum dos parâmetros biométricos e produtivos avaliados (Tabela 4). Esse resultado ocorreu devido ao fato que o solo estava com teores adequados para a cultura da soja no momento do plantio. A dose recomendada de 100% leva em consideração apenas o que a cultura exportará, podendo esta exportação alterar o teor de fósforo no solo nas safras subseqüentes, ao ponto que este desequilíbrio possa vir a afetar estas variáveis a longo prazo.

O fator ano agrícola avaliado isoladamente alterou apenas AP, NGV, M1000 e produtividade (Tabela 4). A AP, M1000 e PROD foram superiores 9,01%, 16,7% e 25,5% respectivamente, no ano 2018/2019 em relação ao 2019/2020, enquanto que a NGV 9% superior no ano 2019/2020. Esses resultados observados se devem as características intrínsecas das cultivares utilizada.

Os resultados evidenciam a importância do uso de espécies alternativas à sucessão Milho/Soja, com destaque para o consórcio com a *Urochloa ruziziensis*. Este método além do aumento na produtividade da soja, também incrementa a produção de grãos de milho, o que torna bastante atrativo aos produtores. Não se pode descartar o uso do milheto como alternativa de rotação de culturas, visto que pode proporcionar benefícios específicos, como alta capacidade de extração de nutrientes, com amplas vantagens, principalmente, na reciclagem de N e K, reduzindo os riscos de lixiviação (CRUSCIOL e SORATTO, 2009).

5. CONCLUSÕES

Os sistemas de produção que possuem *Urochloa ruziziensis*, solteiro ou consorciado com milho, tiveram maior produção de palhada, sendo o sistema Milho/Soja com a maior taxa de decomposição.

O sistema de produção Milho+*Urochloa*/Soja teve o maior número de vagens por planta e maior número de grãos por vagem, refletindo na maior produtividade de soja.

O número de vagens por planta foi maior na dose de 100% no ano agrícola 2019/2020, indicando uma depleção dos teores de P no solo nos demais tratamentos.

Dessa forma, o sistema de produção Milho+*Urochloa*/Soja é o mais indicado a ser utilizado, pois obteve uma boa produção de palhada refletindo na maior produtividade. Já para a dose de fósforo a ser utilizada, recomenda-se uma avaliação do solo e da produtividade no decorrer dos anos agrícolas para avaliar a quantidade necessária de reposição deste nutriente. Se a dose de P no solo estiver adequada, a melhor dosagem é de 50% pois não interfere na produtividade e gera economia nos custos de produção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. S.; ROSOLEM, C. A. Ruzigrass grown in rotation with soybean increases soil labile phosphorus *Agronomy Journal*, v. 108, n. 6, p. 1-5, 2016.
- ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C. e SANTANA, D. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto.** *Inf. Agropec.*, 22:25-36, 2001.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. e AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:241-248, 2002.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.
- ANGHINONI, I. e BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. e CAMARGO, F. A. O., eds. **Fertilidade dos solo e manejo da adubação de culturas.** Porto Alegre, Genesis, 2004. v.1. p.117-138.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. C. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n.10, p. i-xii, 2011.
- BARBOSA, C.E.M. Plantas de cobertura em região de inverno seco para semeadura 1142 direta de soja. **Científica, Jaboticabal**, v.39, n.1/2, p.52-64, 2011.
- BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843-851, 2008.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Energia na Agricultura**, v.21, p.19-33, 2006.
- 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**, v.8, n.3, p. 263-274, 2009.
- 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*, v.28, [S.N], p.770-781, 2012.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn soybean rotation under no till and chiseling. **Nutr Cycl Agroecosyst**. 2013.

CÂMARA, G. M. SLPV 584: **Produção de Cana, Mandioca e Soja - INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO SOJA**. 2015.

CARVALHO, F. T. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 2000. 93p. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, A.M. de. Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199f. **Tese (Doutorado)-Universidade de Brasília, Brasília**.

CORREA, J. C., MAUAD, M., ROSOLEM, C. A. 2004. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:1231–37.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C; SORATTO, R. P.; FERRARI NETO, J. Taxas de decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de milheto, capim colômbio e capim-braquiária. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 5, p. 1191-1203, 2016.

CROSS, A. F., and SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma** 64:197–214. doi:10.1016/0016-7061 (94)00023-4. 1995.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.161-168, 2005.

CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; BORGHI, E.; SORATTO, R.P.; MARTINS, 1209 P.O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover 1210 crops. **Agronomy Journal**, v.107, n. 6, p. 2271-2280, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1553-1560, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nitrogen supply for cover crops and effects on peanut grown in succession under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.101, p.40-46, 2009.

CRUZ, I.; CIOCIOLA JÚNIOR, A. L. Manejo da cultura do milho em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.27, p.42-53, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro: **Embrapa/CNPS**, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, **Embrapa Produção de Informação**, 2006. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2007. Londrina: EMBRAPA, 2018. 225p. **Sistema de Produção, 11**

FERREIRA, D. F. SISVAR: a program for statistical analysis and teaching. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36–41, 2008.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; ALVES JUNIOR, J. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1147-1155, 2008.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 999-1005, 2014.

GIACOMINI, S. J. Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto. Santa Maria, **Universidade Federal de Santa Maria**, 2001. 124p. (Tese de Mestrado).

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P. e PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Eng. Agric.**, 26:67-75, 2010.

HORST, W. J., KAMH, M., JIBRIN, J. M., CHUDE, V. O. Agronomic measures for increasing P availability to crops. **Plant and Soil** 237:211–23. 2001.

HORST, W. J., KAMH, M. Agronomic based technologies towards more ecological use of phosphorus in agriculture. In Phosphorus in environmental technology-principles and application, eds. **E. Valsami-Jones**, 134–47. London, England: IWA Publishing. 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. 2016. Produção Agrícola Municipal, Goiás, Jataí. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=ecodmun=521190eidtema=158&research=goias%7Cjatai%7Cproducao-agricola-municipal-lavoura-temporaria-2015> Acesso em 02/07/2017.

JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Cienc. Rural**. 2013.

JEMO, M., ABAIDOO, R. C., NOLTE, C., TCHIENKOUA, M., SANGINGA, N., and HORST, W. J. 2006. Phosphorus benefits from grain-legume crops to subsequent maize grown on acid soils of southern Cameroon. **Plant and Soil** 284:385–97.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B. e SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesq. Agric. Trop.**, 36:21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J. e OLIVEIRA, P. Benefícios da ILP para a pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas ILPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. In: SANTOS, L.F.T.; MENDES, L.R.; DUARTE, E.R.; GLÓRIA, J. R.; ANDRADE, J. M.; CARVALHO, L. R. e SALES, N. L. P., eds. Integração lavoura-

pecuária floresta: Potencialidades e técnicas de produção. Montes Claros, **Instituto de Ciências Agrárias da UFMG**, 2012. p.21-35.

LARA-CABEZAS, W. A. R. Sobresemeadura com sementes de milho revestidas no Triângulo Mineiro-MG: estudo preliminar. **Revista Plantio Direto**, v.79, p.13-21, 2004.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. de C. A.; SAGRILO, S.; GALVÃO, S. R. da S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, p.29-35, 2010.

LIU, Y., G. Mi, CHEN, F., ZHANG, J.,. Rhizosphere effect and root growth of two maize (*Zea mays* L.) genotypes with contrasting P efficiency at low P availability. **Plant Science** 167:217–23. 2004.

MALLARINO, A. P.; BORGES, R. Phosphorus and potassium distribution in soil following long-term deep-band fertilization in different tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, n.2, p.702-707, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 1997. 308p.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M.R. e JORGE, R.F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:417-428, 2009.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E. e FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II. Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1568-1582, 2012.

MARSCHNER, P., SOLAIMAN, Z., RENGEL, Z. Rhizosphere properties of Poaceae genotypes under P-limiting conditions. **Plant and Soil** 283:11–24, 2006.

MARTHA JUNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, 2011.

MERLIN, A., ROSOLEM, C. A., and HE, Z. L. Non-labile phosphorus acquisition by brachiarias. **Journal of Plant Nutrition** 39:1319 – 27, 2015.

MURAGE, E. W.; VORONEY, P. R.; KAY, B. D.; DEEN, B.; BEYAERT, R. P. Dynamics and turnover of soil organic matter as affected by tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.71, n.4, p.1363-1370, 2007.

NANAMORI, M.; SHIMANO, T.; WASAKI, J.; YAMAMURA, T.; RAO, I. M.; OSAKI, M. Low phosphorus tolerance mechanisms: phosphorus recycling and photosynthate partitioning in the tropical forage grass, brachiaria hybrid cultivar mulato compared with rice. **Plant Cell Physiol**, 2004.

NOVAIS, R. F. e SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 1999. 399p.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. N.; LIMA, P. C.; MORAES, R. N. S. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 8, n. 1, p. 57-71, 2005.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCOPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobresemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.815-823, 2008.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; ASSIS, R. L. de; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1787-1799, 2011a.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O. de A.; ASSIS, R.L. de; C OBUCCI, T.; MADARI, B.E.; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.17-25, 2011b.

PADILHA, N. de S.; PEREIRA, S.B.; ALVES, V. B.; CECCON, G.; COSTA, A. de A. Influência de plantas de cobertura sobre a produtividade de soja em diferentes tratamentos hídricos. **Jornada de Iniciação á pesquisa da Embrapa**, 2012, Dourados. Resumos... Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 1. CD-ROM. JIPE 2012.

PARIZ, C.M., COSTA, C., CRUSCIOLI, C.A.C., MEIRELLES, P.R.L., CASTILHOS, A.M., ANDREOTTI, M., COSTA, N.R., MARTELLO, J.M., SOUZA, D.M., SARTO, J.R.W., FRANZLUEBBERS, A.J. (2016). Production and soil responses to intercropping of forage grasses with corn and soybean silage. **Agronomy Journal**, v. 108, p.1–13, 2016.

PARIZ, C.M., COSTA, C., CRUSCIOL, C.A.C., MEIRELLES, P.R.L., CASTILHOS, A.M., ANDREOTTI, M., COSTA, N.R., MARTELLO, J.M., SOUZA, D.M., PROTES, V.M., LONGHINI, V.Z., J.R.W., FRANZLUEBBERS, A.J. Production, nutrient cycling and soil compaction to grazing of grass companion cropping with corn and soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, p. 35-54, 2017.

PAVINATO, P. S., MERLIN, A., and ROSOLEM, C. A. Organic compounds from plant extracts and their effect on soil phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43: 1379 – 88, 2008.

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; HOLANDA, H. V.; YANO, E. H. Consorciação de forrageiras com milho outonal em plantio direto: produção de grãos e palha. **Cultura Agronômica**, v. 24, n. 1, p. 17-26, 2015.

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, v.55, p.94-101, 2008.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. e QUAGGIO, J. A., eds.

Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Campinas, Instituto Agrônomo, 2001**. p.181188.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, C. A.; ÁVILA, F. W.; SAMPAIO, R. A. Utilização de fósforo e produção de feijoeiro: influência de gramíneas forrageiras e fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2010.

REDIN, M. Composição bioquímica e decomposição da parte aérea e raízes de culturas comerciais e de plantas de cobertura do solo. Dissertação (Mestrado). **Santa Maria**, 2010.

RHEINHEIMER, D.S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. Porto Alegre, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2000. 210p. (Tese de Doutorado).

RICHARDSON, A. E., BAREA, J. M., MCNEIL, A. M., PRIGENT-COMBARET, C. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. **Plant and Soil** 321:305 – 39, 2009.

ROSA, S. R. A.; CASTRO, T. A. P.; OLIVEIRA, I. P. de. Análise de crescimento em capim-tanzânia nos sistemas de plantio solteiro e consórcio com leguminosas. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.2, p. 251–260, 2007.

ROSOLEM, C. A.; MERLIM, A.; BULL J. C. L. Soil phosphorus dynamics as affected by congo grass and P fertilizer. **Sci Agric**. 2014.

SANO, S. M.; SOUSA, D .M. G. de; WARNES, A. Efeito de diferentes culturas sobre micorrizas vesículo-arbusculares indígenas e produção de sorgo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., Recife, 1989. Programa e resumos... Recife: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1989. p.143-144.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H. e SEDIYAMA, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1661-1674, 2008.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L. e RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ci. Rural**, 37:928-935, 2007.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. e CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalaria e milheto, cultivados solteiros e consorciado. **Pesq. Agropec. Bras.**, 47:1462-1470, 2012.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2004. p. 147-168.

SOUSA, D. M. G. de; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. dos. Manejo do fósforo 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. p. 291-358.

TANAKA, K.S.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; MOMESSO, L.; COSTA, C.H.M.; FRANZLUEBBERS, A.J.; JUNIOR, A.O.; CALONEGO, J.C. Nutrients released by Urochloa cover crops prior to soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. 113, pages267–281, 2019.

USDA. United States Department of Agriculture, 2020.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada com liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, [s.n], p. 1191-1197, 1997.