

**BRUNA ZONTA DE BRITO**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA SUPERFICIAL SOBRE  
DIFERENTES RESÍDUOS VEGETAIS EM SOLO  
AMAZÔNICO CULTIVADO COM SOJA**

**Dissertação de Mestrado**

**ALTA FLORESTA-MT**

**2018**

	BRUNA ZONTA DE BRITO	Diss. MESTRADO	PPG BioAgro 2018



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E  
AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS  
AMAZÔNICOS**



**BRUNA ZONTA DE BRITO**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA SUPERFICIAL SOBRE  
DIFERENTES RESÍDUOS VEGETAIS EM SOLO  
AMAZÔNICO CULTIVADO COM SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho

**ALTA FLORESTA-MT**

**2018**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

### Catálogo na publicação

#### Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

B415s BRITO, Bruna Zonta  
Adubação fosfatada superficial sobre diferentes resíduos vegetais em solo amazônico cultivado com soja / Bruna Zonta de Brito. – Alta Floresta-MT, 2018.  
41 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Área de Concentração: Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias.

Orientação: Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho

1. Plantio direto. 2. *Glycine max*. 3. Fosfatagem. I. Autor.  
II. Título.

CDD 876 956

# **ADUBAÇÃO FOSFATADA SUPERFICIAL SOBRE DIFERENTES RESÍDUOS VEGETAIS EM SOLO AMAZÔNICO CULTIVADO COM SOJA**

**BRUNA ZONTA DE BRITO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 09/03/2018

---

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho  
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro

---

Prof. Dr. Gustavo Caione  
UNEMAT / PPGBioAgro

---

Prof. Dr. Roney Berti de Oliveira  
UEM

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe Tania Maria Zonta, minha melhor amiga, conselheira e meu maior exemplo de vida, que sempre me garantiu total apoio, incentivo, confiança, compreensão, amor e carinho, proporcionando todas as condições necessárias para que eu pudesse alcançar meus objetivos. A você ofereço sempre minha eterna gratidão, meu sincero amor, respeito e total admiração.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo de maravilhoso que proporciona em minha vida, concedendo-me saúde e força para superar todas as dificuldades e concretizar mais um objetivo.

Aos meus pais José Aparecido de Brito (in memoriam) e Tania Maria Zonta de Brito, exemplo de pessoas de caráter e trabalho, que não mediram esforços para me proporcionar a melhor educação, me mostrando que a simplicidade e humildade devem sempre ser a base para todo conhecimento e produção. Muito obrigada por todo amor e por sempre me incentivarem a seguir em frente, vocês são o meu maior orgulho, e tem o meu eterno amor e gratidão.

À minha avó Magui Carmen Zonta, por todo amor e orações.

Ao meu irmão Gustavo Zonta de Brito, meu melhor amigo, por sua presença importantíssima em minha vida, por toda a ajuda concedida no experimento desta pesquisa, pelas palavras de incentivo, pelos conselhos e por todo carinho.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, pela oportunidade de ampliar minha formação e conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, através da concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho pela excelente orientação tanto na minha graduação como na pós-graduação. Pelo profissionalismo, competência, dedicação, ensinamentos, paciência, amizade, conselhos e incentivo.

Aos professores do PPGBioAgro, especialmente ao Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita e Prof. Dr. Gustavo Caione, pelos ensinamentos, pela disposição em ajudar, pela parceria e amizade.

Aos amigos Ivone da Silva Neves, Luciano de Souza Maria, Paulo Cesar Laurindo Silva, Adriano Maltezo da Rocha, Cleber Dosso, Lucas Xisto e Lucas Miranda, pela amizade e parceria, e por toda a ajuda na realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da UNEMAT, e seu técnico de laboratório Msc. Guilherme Ferbonink, por todo auxílio e disposição em ajudar na realização das análises deste trabalho.

Aos funcionários da UNEMAT, em especial à equipe de serviços gerais do Sr. Paulo, por exercerem apoio fundamental no desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.



“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Soja.....	03
2.1.1 Sistema plantio direto.....	04
2.1.1.1 Fósforo no solo.....	07
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	09
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Altura de planta.....	15
4.2. Altura de inserção da primeira vagem.....	18
4.3. Número de vagem por planta.....	19
4.4. Teor foliar de P.....	21
4.5. Número de grãos por planta.....	22
4.6. Massa de 1000 grãos.....	24
4.7. Produtividade de grãos.....	24
4.8. Teor de fósforo no solo.....	29
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
1. Resultado da análise química e granulométrica do solo da área experimental na profundidade de 0-0,20 m.....	10
2. Valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagem por planta e teor foliar de P em soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	15
3. Altura de planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	16
4. Número de vagem por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	20
5. Valores médios para número de grãos por planta, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	22
6. Número de grãos por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	23
7. Produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	26

8.	Desdobramento da interação entre cultura (C) e doses de $P_2O_5$ (P) para os teores de $P_{(Mehlich)}$ no solo. Alta Floresta-MT, 2017.....	30
9.	Desdobramento da interação entre cultura (C) e profundidade (Prof) para os teores de $P_{(Mehlich)}$ no solo. Alta Floresta-MT, 2017.....	32
10.	Desdobramento da interação entre profundidade (Prof) e doses de $P_2O_5$ (P) para os teores de $P_{(Mehlich)}$ no solo. Alta Floresta-MT, 2017.....	33

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
1. Médias mensais de temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação mensal do período de dezembro de 2016 a abril de 2017.....	09
2. Altura de planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	18
3. Número de vagem por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	21
4. Número de grãos por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	24
5. Produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> e doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.....	27
6. Teor de P no solo em função de doses de fósforo sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com <i>Urochloa ruziziensis</i> . Alta Floresta-MT, 2017.....	31
7. Teor de P no solo em função de doses de fósforo nas profundidades 0,0 – 0,05 m (P1); 0,05 – 0,10 m (P2); 0,10 – 0,20 m (P3). Alta Floresta-MT, 2017.....	34

## **LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS)**

**CONAB** - Companhia Nacional de Abastecimento

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ha** - Hectare(s)

**PPGBioAGRO** - Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos

**SC** - Sistema Convencional

**SPD** - Sistema de Plantio Direto

## RESUMO

BRITO, Bruna Zonta. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Março de 2018. **Adubação fosfatada superficial sobre diferentes resíduos vegetais em solo amazônico cultivado com soja**. Orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Em regiões produtoras de grãos, tem aumentado o interesse por busca de alternativas de aplicação do fósforo a lanço na superfície sem incorporação, visando o maior rendimento operacional no sistema de plantio direto, assim como também, busca-se plantas de cobertura que tragam melhor rendimento para a cultura subsequente. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito de plantas de cobertura antecessoras e doses de fósforo aplicadas superficialmente sobre a produtividade da cultura da soja e o comportamento do fertilizante aplicado no perfil do solo, em um sistema de semeadura direta implantado há um ano. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em faixas, com 10 tratamentos e 4 repetições, no esquema fatorial 2 x 5, sendo constituídos pela combinação da semeadura direta da soja realizada sobre dois consórcios antecessores (milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis*) e de cinco doses de fósforo (0; 60; 120; 180; 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na forma de superfosfato simples. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagem por planta, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos, teor foliar de fósforo e teor de fósforo no solo. A palhada de milho + *U. ruziziensis* proporcionou valores superiores a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* nas características da soja em sucessão no sistema de plantio direto, exceto na altura de inserção da primeira vagem e massa de 1000 grãos que não foi verificada diferença entre as palhadas. Doses crescentes de fósforo aplicadas a lanço nas palhadas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* aumentam a produtividade da soja em sucessão no sistema de plantio direto. Não foi obtida a máxima resposta com a maior dose (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) nas características da soja em sucessão sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*. A movimentação do fósforo aplicado a lanço ocorreu até a camada de 0,10 m.

Palavras-chave: Plantio direto, *Glycine max*, fosfatagem.

## ABSTRACT

BRITO, Bruna Zonta. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, March, 2018. **Superficial phosphate fertilization on different vegetal residues in Amazonian soil cultivated with soybean.** Adviser: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

In the grain producing regions, there has been an increase in interest in the search for alternatives for the application of phosphorus to the unpaved surface, aiming at higher operational efficiency in the no-tillage system, as well as the search for hedge plants that bring better yield for the subsequent culture. This study aimed to evaluate the effect of predator hedge and phosphorus levels on soybean yield and fertilizer behavior applied to the soil profile in a seeding system implanted one year ago. The experimental design was a randomized block design with 10 treatments and 4 replicates in the 2 x 5 factorial scheme constituted by the combination of direct sowing of soybean carried out on two predecessor consortia (corn + *U. ruziziensis* and forage sorghum + *U. ruziziensis*) and five phosphorus levels (0; 60; 120; 180; 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) as simple superphosphate. The variables analyzed were: plant height, first pod insertion height, pod number per plant, grains number per plant, 1000 grains mass, grain yield, leaf phosphorus content and soil phosphorus content. Corn straw + *U. ruziziensis* was higher than sorghum straw + *U. ruziziensis* in all the characteristics of the soybean in succession in the seeding system except at the first pod insertion height and 1000 grains mass that no difference was verified between the straw. Increasing phosphorus levels applied to haul on corn straw + *U. ruziziensis* and sorghum + *U. ruziziensis* increased soybean production in succession in no-tillage system. The maximum response was not obtained with the highest level (240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) characteristics of soybeans in succession on sorghum straw + *U. ruziziensis*. The movement of the phosphorus applied to the haul occurred until the depth of 0.10 m.

Key-word: No-tillage, *Glycine max*, phosphating.



## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura mais importante em produção extensiva no Brasil, sendo o seu cultivo uma atividade essencial para a economia brasileira, tornando-se responsável por milhões de empregos diretos e indiretos (NAVA et al., 2011).

Sistemas contínuos com monocultivos e práticas culturais inadequadas têm causado perda de produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais, aumentando a ocorrência de pragas e doenças. A reversão desse problema pode ser conseguida por meio de tecnologias como o sistema de plantio direto (SPD), que proporciona o preparo mínimo do solo, como também favorece a prática de rotação de culturas e o sistema de integração lavoura-pecuária (MACEDO, 2009). No entanto, para que ocorra o sucesso desse sistema, torna-se necessário a escolha correta da espécie a ser utilizada, considerando as características climáticas de cada região, tipo de solo, além de uma boa formação da palhada (COSTA et al., 2015b).

As plantas de cobertura em sistema de plantio direto podem contribuir na formação de palhada e ciclagem de nutrientes para as culturas em sucessão, pois apresentam capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais e, posteriormente, por meio da decomposição e da mineralização dos seus resíduos, liberá-los nas camadas superficiais (PACHECO et al., 2011a; PACHECO et al., 2011b). Todavia, Pacheco et al. (2011a) observaram maiores taxas de liberação de potássio e fósforo no solo após a dessecação de plantas de cobertura.

Os solos da região Centro Oeste brasileira atualmente possuem relevância no cenário agrícola nacional, pois apresentam condições físicas propícias ao desenvolvimento das culturas e relevo de fácil mecanização, mesmo sendo naturalmente ácidos e de baixa fertilidade. Solos com essas características, uma vez corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola, viabilizando uma agricultura tecnificada com elevadas produtividades (VIVIANI et al., 2010).

O fósforo é considerado um dos nutrientes mais limitantes à produção agrícola, pois a disponibilidade desse elemento em condições naturais nos solos brasileiros é muito baixa. Assim, para que ocorra o

desenvolvimento vegetal com obtenção de produtividades satisfatórias, é de suma importância à utilização de fertilizantes fosfatados (BROCH & RANNO, 2012).

A aplicação superficial de fertilizantes fosfatados pode não ser viável economicamente em função da baixa mobilidade do fósforo no solo, podendo se tornar um problema ambiental, devido a saturação dos sítios de maior afinidade por fósforo na camada superficial (SANTOS et al., 2008). Entretanto, nas diversas regiões produtoras de grãos do país vem crescendo uma prática de manejo da adubação fosfatada, referindo a aplicação do P a lanço na superfície sem incorporação. Essa técnica viabiliza principalmente um maior rendimento operacional nos campos de produção, não existindo a necessidade de interromper o trabalho da semeadora para abastecer o reservatório de fertilizantes, somente as caixas de sementes, possibilitando assim uma maior rapidez quando comparado ao sistema convencional em linha de plantio. Esse método é uma alternativa para favorecer as regiões que pretendam fazer uma segunda safra no ano (safrinha), devido ao menor tempo gasto nas operações de plantio, otimizando a produção tanto na primeira como na segunda safra (BARBOSA et al., 2015).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de plantas de cobertura antecessoras e doses de fósforo aplicadas superficialmente sobre a produtividade da cultura da soja e o comportamento do fertilizante aplicado no perfil do solo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Soja**

A soja vem se estabelecendo como uma cultura de grande importância para a balança comercial brasileira (DALCHIAVON et al., 2011), sendo uma das mais importantes leguminosas do mundo devido as suas diversas finalidades, seja para o consumo humano e animal, como também para matéria prima das agroindústrias e produtos industriais (JACINTO et al., 2014). A partir das décadas de 1970 e 1980 se iniciou o cultivo da soja em extensas áreas, principalmente na região Centro-Oeste do Brasil, ocupando uma posição de destaque no agronegócio. No entanto, para se manter na atividade e atender à crescente demanda por uma agricultura mais eficiente e sustentável, os agricultores dessa região encontraram no aumento de produtividade, através do uso de diversas tecnologias, uma das formas de contribuir para aumentar a produção de grãos do país (MARIN et al., 2015).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção nacional, na safra 2016/2017 de 114.075,3 milhões de toneladas, sendo o Estado do Mato Grosso o maior produtor do país com uma produção de 30.513,5 milhões de toneladas em uma área de 9.322,8 milhões de hectares. A área plantada com a leguminosa no país ocupa 33.909,4 milhões de hectares, com produtividade média estimada em 3.364 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017).

A soja tem sido inserida em sistemas conservacionistas de solo, em rotação ou sucessão com outras culturas de grãos como o milho e o sorgo e com as forrageiras. Para a implantação das forrageiras como planta de cobertura utilizam-se de duas principais sucessões, quando as condições climáticas são favoráveis (soja - safrinha de milho consorciado com capim), ou caso contrário, apenas uma safra anual (soja - safrinha de capim) (VILELA et al., 2011). Esses sistemas têm tido sucesso devido às plantas de cobertura no sistema plantio direto estarem ocasionando melhores condições para o desenvolvimento da cultura da soja obtendo respostas positivas na produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 2013).

Dentre os fatores mais limitantes da produtividade dessa cultura, destacam-se o manejo químico do solo associado aos fatores climáticos (VITTI

& TREVISAN, 2000). Os macronutrientes extraídos em maior quantidade pela cultura da soja são o N e o K, seguidos de Ca, P, Mg e S, sendo necessário respectivamente 415, 169, 82, 43, 38 e 37 kg ha<sup>-1</sup> desses macronutrientes para se obter um potencial produtivo de 4,0 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Calcula-se ainda, que sejam exportados pelos grãos 245, 55, 26, 24, 11 e 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, K, S, P, Mg e Ca, respectivamente (KURIHARA et al., 2013).

A cultura da soja, principalmente em solos do centro-oeste brasileiro, responde bem às doses crescentes de P, onde os teores desse elemento são normalmente baixos. No entanto, mesmo com a possibilidade do acúmulo de P no solo com a sucessão das safras, para manter a produtividade média da cultura, a necessidade da adubação fosfatada de manutenção deve ser verificada (CASTRO et al., 2016a).

### **2.1.1 Sistema plantio direto**

O sistema de plantio direto (SPD) consiste no preparo mínimo do solo e na prática de rotação de culturas. A utilização deste já representa mais de 60% dos sistemas de plantio, principalmente devido às perdas de produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais e aumento da ocorrência de pragas e doenças causadas pelo monocultivo e práticas culturais inadequadas (MACEDO, 2009).

O SPD relaciona-se a um conjunto de processos tecnológicos que compreende a mobilização do solo somente na linha de semeadura, a manutenção de restos culturais no solo e a consorciação e/ou rotação de culturas, utilizadas na exploração de sistemas agrícolas produtivos. Ainda este promove a ampliação da biodiversidade e matéria orgânica dos solos, construindo e mantendo a fertilidade desses (CASTRO et al., 2016a).

Esse sistema quando bem conduzido por meio de um manejo adequado do solo e com diversificação das atividades, pode ser uma maneira de aumentar a produtividade e a rentabilidade da propriedade, com sustentabilidade. Dessa forma, torna-se possível reduzir a instabilidade às condições climáticas e variações de preço no mercado, além de melhorar a qualidade do solo (BROCH & RANNO, 2012).

A recomendação de adubação para o sistema de plantio direto fundamenta-se em critérios seguidos pelo sistema convencional, levando-se a realização de pesquisas e técnicas específicas de manejo da adubação e a produção de matéria seca para cobertura do solo, beneficiando a eficiência dos fertilizantes e reduzindo os custos de produção (LANA et al., 2003). Nas regiões tropicais, um dos problemas para a manutenção e sustentabilidade desse sistema é a produção de quantidade suficiente de palha, devido às altas taxas de decomposição do material orgânico. Assim, para proporcionar melhores condições químicas e físicas e favorecer o desenvolvimento e a produção da cultura, é considerável a presença de uma boa cobertura do solo (CHIODEROLI et al., 2012).

A forrageira tem a função de formar a palhada, para o plantio da cultura produtora de grãos (BORGHI & CRUSCIOL, 2007), dentre as braquiárias, a *Urochloa ruziziensis* quando se trata de plantio direto, tem assumido importância crescente nesse sistema. Já as culturas de milho e de sorgo são as mais empregadas no consórcio de culturas de grãos com forrageiras, devido a maior eficácia na competição na fase inicial de estabelecimento com as gramíneas dos gêneros *Urochloa* spp. (Syn. *Brachiaria* spp.) e *Panicum maximum* (VILELA et al., 2011).

O cultivo de plantas para cobertura do solo é um meio de promover a diversidade e estabilidade do sistema de plantio direto, utilizando os recursos disponíveis (água, nutrientes e luz, entre outros) de forma mais hábil. Além de este favorecer o aumento da fertilidade do solo pela reciclagem de nutrientes, o aumento do teor da matéria orgânica e a melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo (CORREIA & DURIGAN, 2008).

A principal diferença verificada num mesmo solo cultivado no sistema convencional (SC) e no sistema plantio direto é, respectivamente, a destruição contínua e a preservação das características construídas no solo com o tempo de cultivo nesses sistemas. Diferenças essas devido ao grau e intensidade de revolvimento do solo, ao manejo da palha e a diversidade biológica desses sistemas, sendo condições determinantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. No SC, ocorre a desagregação total do solo pelo revolvimento, e quando associada a “queima” da palha, acelera a

degradação da matéria orgânica e provoca considerável alteração da biologia do solo. Entretanto, no SPD, as características construídas no solo no decorrer dos anos, são mantidas e melhoradas pela diversidade de espécies utilizadas na rotação (NICOLODI et al., 2008). Assim, o SPD, pode proporcionar, em longo prazo, melhorias significativas nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CORREIA & DURIGAN, 2008; COSTA et al., 2015a).

A melhoria das condições físicas do solo deve-se à maior produção de palha proporcionada pelo consórcio das culturas nesse sistema. Contribuindo assim para a infiltração de água, proporcionando maior exploração do perfil do solo pelas raízes, diminuindo o processo erosivo e, conseqüentemente, a sustentação da estabilidade do sistema (CHIODEROLI et al., 2012).

O destaque do SPD no cenário agrícola brasileiro deve-se ao aumento significativo da produtividade e a continuidade da exploração agrícola nos solos cultivados nesse sistema. Sendo que os resíduos vegetais presentes na sua superfície beneficiam as culturas semeadas em sucessão, proporcionando melhorias nas propriedades químicas (decomposição e mineralização dos resíduos vegetais), físicas (agregação das partículas e diminuição da compactação do solo), e biológicas (crescimento da atividade de microrganismos) do solo (COSTA et al., 2015a).

Os benefícios consideráveis no SPD são: controle de plantas daninhas (devido à presença da cobertura vegetal morta), controle de pragas (diversificação de espécies vegetais não hospedeiras), conservação da umidade do solo (os resíduos vegetais mantêm o solo úmido), acúmulo de nutrientes na superfície (melhor aproveitamento de nutrientes pelas plantas), controle da erosão e da semeadura das culturas (realizada na melhor época, pois não há necessidade de se preparar o solo) (SANTOS et al., 2013b).

Há também alguns resultados adversos nesse sistema como: os efeitos alelopáticos sob o desenvolvimento de plantas (toda espécie acumulada na superfície do solo pode decompor substâncias com ação alelopática, podendo prejudicar o desenvolvimento da cultura em sucessão) e ocorrência de doenças que se multiplicam na cobertura vegetal da superfície do solo, afetando a produção das culturas em sucessão (SANTOS et al., 2013b).

### **2.1.1.1 Fósforo no solo**

O fósforo presente no solo de importância agronômica ou ambiental tem sua origem no mineral primário denominado apatita. A intemperização leva-o à solução do solo, de onde as plantas o retiram, e posteriormente podem servir ou não como alimento para microrganismos e animais, sendo o restante devolvido parcialmente ao solo (MALAVOLTA, 2006).

O fósforo tem como fonte na natureza os fosfatos, um recurso natural não renovável. Assim, uma das alternativas para melhorar a reciclagem e a eficiência de uso do fósforo pelas plantas é aumentar o teor de matéria orgânica no solo (SOUSA et al., 2004).

A realização da fosfatagem fundamenta-se nos teores de P do solo (Mehlich 1 ou Resina), devendo ser aplicada quando estes forem interpretados como muito baixo e baixo (VITTI & TREVISAN, 2000). Os modos mais utilizados para acrescentar o P no solo são: a lanço, na superfície, com ou sem incorporação. E no sulco de plantio, em cova ou em faixas (SOUSA et al., 2004).

A eficiência da adubação fosfatada pode ser influenciada por vários fatores, como o teor de fósforo no solo, a umidade do solo, a quantidade de nutriente aplicado, a forma de aplicação e fonte de fósforo, sendo que, ambos podem ou não interferir no outro, no entanto, são determinantes para uma boa produtividade (CASTRO et al., 2016b).

A adubação fosfatada adicionada ao solo, além de favorecer a planta semeada, pode também proporcionar melhorias nos cultivos subsequentes devido ao efeito residual. Assim, vários fatores podem contribuir para o efeito residual dos adubos fosfatados, como: tipo de cultura, dose e fonte de P, método de aplicação, manejo, temperatura, tipo de solo, tempo de aplicação e umidade do solo (LANA et al., 2007).

O método de aplicação mais comum na adubação fosfatada é feito no sulco de semeadura com fontes solúveis de P. Entretanto, a aplicação de adubos fosfatados na superfície, apesar de aumentar o gradiente natural de P no perfil do solo, principalmente no SPD, é uma alternativa em sistemas de produção para agilizar o plantio, podendo ser antecipada ou após este. Possibilitando assim o plantio apenas com as sementes ou quantidade menor

de fertilizante, reduzindo o tempo de abastecimento das plantadoras e, conseqüentemente, aumentando a velocidade de trabalho destas, por estarem mais leves. Contudo, os sistemas de produção em que são possíveis realizar a segunda safra de verão como as culturas de soja e milho, se beneficiariam com a economia de tempo nas operações de plantio, tanto na primeira como na segunda safra, contribuindo para o maior aproveitamento da água pelas plantas antes do final da estação chuvosa (NUNES et al., 2011).

A aplicação do fósforo a lanço em pré-semeadura pode ser uma prática viável no sistema plantio direto, devido os restos culturais e a ausência de revolvimento no solo reduzirem o contato do P com as argilas, diminuindo sua adsorção com os óxidos. Entretanto, deve-se ajustar o manejo da adubação e as fontes de P para que obtenham resultados produtivos (LANA et al., 2007).

A agricultura moderna vem buscando introduzir novas tecnologias que visem à redução de custos, com melhor aproveitamento de mão de obra e maior rendimento operacional. Assim, a adubação antecipada a lanço torna-se um método interessante dentro dessas características. Entretanto, há uma preocupação com esse tipo de manejo da aplicação de fósforo, devido à baixa mobilidade desse nutriente no solo e suas possíveis perdas por precipitação com os íons Fe e Al, por meio da formação de fosfatos insolúveis. Outro problema ocorre nos solos em que ainda não foi corrigida totalmente sua acidez, pois o menor pH pode acelerar a formação de fosfatos de alumínio insolúveis e indisponíveis às plantas (CASTRO et al., 2016a).

Contudo, devido à baixa mobilidade do fósforo no solo e as possíveis perdas por precipitação e fixação, acredita-se que a maior eficiência agrônômica desse nutriente ocorre quando ele é aplicado na linha de semeadura em solos com baixo teor de P. Portanto, é fundamental combinar práticas que aumentem o rendimento operacional, mas que não comprometam a disponibilidade do nutriente no solo, obtendo assim uma maior capacidade de sustentabilidade tanto econômica quanto ambiental (CASTRO et al., 2016a).

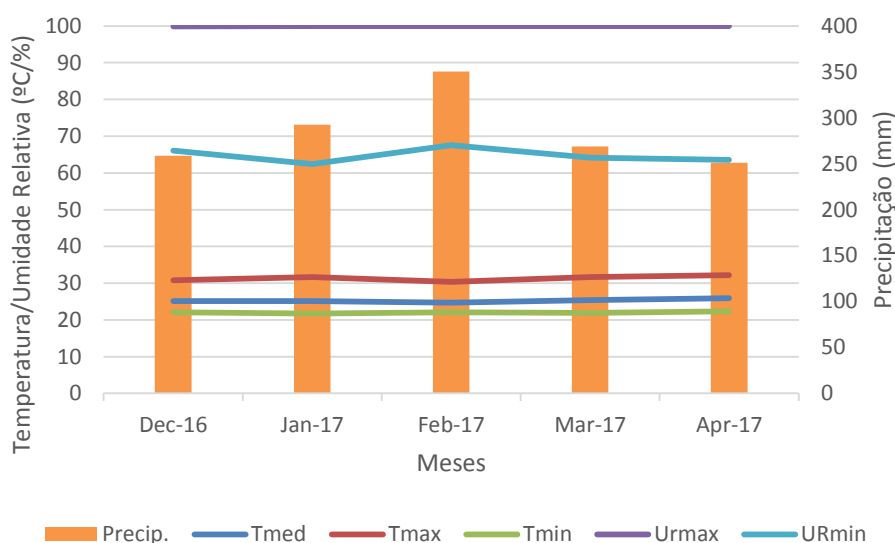


### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2016/17, na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Câmpus de Alta Floresta - MT, cujas coordenadas geográficas são 09° 51' 42" de Latitude Sul e 56° 04' 07" de Longitude Oeste, 286 metros acima do nível do mar.

A região apresenta clima tropical chuvoso (tipo Am), com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. A precipitação anual varia de 1.296 a 2.493 mm, com média de 1.868 mm e um desvio padrão de 302,29 mm (BONINI et al., 2014).

As condições climáticas durante o período do experimento em campo foram obtidas na estação meteorológica da Universidade do Estado de Mato Grosso, localizada ao lado da área experimental. As médias mensais das condições climáticas estão apresentadas na Figura 1.



**Figura 1.** Médias mensais de temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação mensal do período de dezembro de 2016 a abril de 2017.

O experimento foi instalado no dia 28 de dezembro de 2016, em área pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, localizada no Câmpus II, área urbana do município de Alta Floresta - MT. A área onde foi instalada a pesquisa foi cultivada no sistema de semeadura direta há um ano, onde inicialmente apresentou as seguintes culturas: *Urochloa*

*brizantha* cv Marandú, soja, milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis*, respectivamente, sendo em toda área realizada a adubação de manutenção para as culturas da soja (400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 00:30:20) e milho/sorgo (16 kg ha<sup>-1</sup> de N; 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, através do formulado 04:30:12). A cultura da soja foi semeada sobre palhada de *Urochloa ruziziensis* em consórcio com milho e com sorgo forrageiro, em sistema de semeadura direta. O solo do local foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (SANTOS et al., 2013a).

Antes da instalação do experimento foram realizadas coletas de solo utilizando um trado holandês, nas profundidades de 0 – 0,20 m, sendo vinte amostras simples compondo a amostra composta, para serem submetidas a uma análise, visando o cálculo da adubação a ser utilizada. As propriedades químicas e granulométricas do solo (Tabela 1) foram determinadas pelo método da EMBRAPA (2009).

**Tabela 1.** Resultado da análise química e granulométrica do solo da área experimental na profundidade de 0-0,20 m.

pH	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
5,8	5,2	5,7	0,38	2,68	0,92	0,1	2,21
T	SB	V	m	Areia		Silte	Argila
-cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -		-----%-----		g kg <sup>-1</sup>			
6,2	4,0	64,3	2,4	539		134	327

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar – LASAF, Alta Floresta-MT, 2016.  
Obs: T= CTC; SB= Soma de bases; V= Saturação por base e m= Saturação por alumínio.

Não houve a necessidade de efetuar a calagem no experimento, pois a saturação por bases estava superior a 50% (NOVAIS, 1999).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em faixas para a cultura da soja, no esquema fatorial 2 x 5, com 10 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação da semeadura direta da soja realizada sobre dois consórcios antecessores (milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis*) e de cinco doses de fósforo (0; 60; 120; 180; 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para a análise do comportamento do adubo fosfatado no perfil do solo foi acrescentado o fator profundidade, sendo

considerado para análise o experimento como um trifatorial (2 culturas antecessoras, 5 doses de  $P_2O_5$  e três profundidades (0-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m) no delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e faixas para dois fatores.

A área total do experimento foi de 1.000 m<sup>2</sup>, onde cada parcela teve as dimensões de 5 m de largura por 5 m de comprimento, perfazendo um total de 40 parcelas.

Cada parcela foi constituída por 10 linhas de soja, espaçadas em 0,5 m. Para área útil de cada parcela foram consideradas as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades, tendo como área útil de cada parcela 8 m<sup>2</sup>.

Primeiramente realizou a dessecação da forrageira no mês anterior à semeadura.

A adubação seguiu as recomendações de Novais (1999) e a aplicação das doses de fósforo foi realizada de acordo com cada tratamento. A adubação ocorreu dois dias antes da semeadura, sendo feita a lanço na superfície, manualmente, sem incorporação, utilizando como fonte de P o superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ). A adubação potássica (80 kg de  $K_2O$ ), na forma de cloreto de potássio, foi aplicada juntamente com o fósforo.

A semeadura da soja ocorreu no mês de dezembro de 2016, de forma mecânica e em área total do experimento, com o uso de uma semeadora de quatro linhas, no espaçamento de 0,5 m entre linhas. A cultivar de soja utilizada foi a MONSOY M8372 IPRO, sendo as sementes tratadas com fungicida (Carboxin 200 g L<sup>-1</sup> + Thiram 200 g L<sup>-1</sup>) na dose de 500 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes + inoculante contendo *Bradyrhizobium japonicum* (Nitro Geo Soja Líquido - estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080) na dose de 200 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes.

Durante a condução do experimento, aos 26 e 47 dias após a semeadura (DAS), foi realizada a aplicação de herbicida utilizando produto contendo o ingrediente ativo glifosato (480 g L<sup>-1</sup>) na dose de 2 L ha<sup>-1</sup>. Aos 26, 34, 54, 62, 73, 85, 91 e 98 DAS da soja, foram realizadas aplicações de inseticidas alternando os ingredientes ativos Cipermetrina, Dimethoate e Tiametoxam + Lambda-cialotrina, sendo que aos 54, 62, 73, 85 e 91 dias foi

também adicionado a calda fungicida, contendo os ingredientes ativos Carbendazim e Epoxiconazol, os quais foram aplicados alternadamente. Nas aplicações foram seguidas as recomendações de uso de acordo com as recomendações técnicas dos defensivos agrícolas, sendo realizadas com a utilização de um pulverizador costal motorizado, aplicando-se em todas as pulverizações o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagem por planta, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos (g), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), teor foliar de fósforo e teor de fósforo no solo.

Para avaliar a altura de planta (cm), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagem por planta e número de grãos por planta, foram amostradas 10 plantas de cada parcela para posterior mensuração.

A altura de planta e de inserção da primeira vagem, foram obtidas com auxílio de uma fita métrica graduada em cm, medindo-se a distância entre a região do colo da planta até a inserção do último racemo no ápice da haste principal e desde a região do colo da planta até a inserção da primeira vagem, localizada tanto na haste principal como nos ramos secundários, respectivamente.

O número de vagem por planta e de grãos por planta, foram obtidos pela contagem direta, sendo as vagens contadas em toda a planta, incluindo haste principal e os ramos secundários. Os grãos de cada planta foram contados após a debulha das mesmas. As vagens sem grãos ou chochas foram descartadas.

A massa de 1000 grãos (g) foi avaliada por meio da contagem manual de quatro amostras de 1000 grãos por repetição de cada tratamento, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,01 g), e a umidade do grão corrigida para 13%, de acordo com a seguinte fórmula:

$$P_s = P_a \cdot \frac{100 - U_a}{87}$$

Onde: Ps = peso seco (13% umidade); Pa = peso atual; Ua = umidade atual da amostra.

A produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida após a trilha e limpeza manual das plantas colhidas na área útil de cada parcela, sendo obtida por

meio da pesagem dos grãos em balança de precisão (0,01 g). A umidade também foi corrigida para 13% e o peso em gramas convertido à  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para mensurar o teor foliar de fósforo foram coletadas amostras de folhas no florescimento pleno da soja, estágio R2. A coleta foi realizada retirando-se, em cada parcela, a terceira folha completamente desenvolvida com pecíolo de 30 plantas, a partir do ápice das plantas (SOUSA & LOBATO, 2004). Estas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada de ar à  $65^{\circ}\text{C}$ , até peso constante, e posteriormente moídas em moinho tipo Willey. As determinações foram realizadas segundo metodologia descrita por Embrapa (2009) no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da UNEMAT – Câmpus de Alta Floresta.

O teor de fósforo no solo foi obtido através da coleta de amostras de solo, de forma manual com auxílio de um enxadão, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, coletadas em forma de mini trincheiras, ao final da colheita. A determinação do teor de P no solo (P residual) foi realizada no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da UNEMAT – Câmpus de Alta Floresta, de acordo com o método descrito por Embrapa (2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias do fator qualitativo (culturas) comparadas pelo teste de F ( $p < 0,05$ ) e para o fator quantitativo (doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) foi realizado o estudo de regressão polinomial. As médias do fator profundidade foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011) e seguiram os seguintes esquemas de análise de variância:

Cultura da soja

Causa de Variação	Grau de liberdade
Coberturas	1
Blocos	3
Resíduo A (Cobertura x Blocos)	3
Doses de $\text{P}_2\text{O}_5$	4
Resíduo B (Doses x Blocos)	12
Interação Coberturas x Doses	4
Resíduo C	12
Total	39

Fósforo no solo

Causa de Variação	Grau de liberdade
Coberturas	1
Blocos	3
Resíduo A (Cobertura x Blocos)	3
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4
Interação Coberturas x Doses	4
Resíduo B (Doses x Blocos(Coberturas))	24
Profundidades	2
Interação Coberturas x Profundidades	2
Resíduo C (Profundidades x Blocos(Coberturas))	12
Doses x Profundidades	8
Coberturas x Doses x Profundidades	8
Resíduo D	48
Total	119

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre a semeadura sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* em relação à palhada de sorgo + *U. ruziziensis* nas características da soja em sucessão, para as seguintes variáveis: altura de planta, número de vagem por planta e teor foliar de fósforo. Com relação as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ocorreu influência das mesmas para altura de plantas e número de vagens por plantas. A interação entre os fatores cultura e doses foi observada para altura de plantas e número de vagens por plantas. Não foi verificada diferença significativa entre as palhadas e também entre doses, ou interação entre essas apenas para altura de inserção da primeira vagem (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios para altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagem por planta e teor foliar de P em soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

	Altura de planta (cm)	Altura de inserção da 1° vagem (cm)	Número de vagem por planta	Teor foliar de P (g kg <sup>-1</sup> )
Cultura				
Milho	44,21	13,21	37,84	1,94 a
Sorgo	33,80	12,66	21,39	1,46 b
Valor de F	242,26**	0,63 ns	58,27**	99,60**
Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
0	36,84	13,73	21,15	1,46
60	37,35	12,44	29,90	1,87
120	37,87	13,36	25,55	1,83
180	42,23	13,11	33,87	1,59
240	40,77	12,03	37,60	1,77
Valor de F	7,13**	2,21 ns	8,19**	2,57 ns
Cultura x Doses				
Valor de F	8,08*	0,56 ns	6,58**	0,74 ns
CV 1 (%)	5,42	16,73	23,01	8,85
CV 2 (%)	6,38	10,12	21,77	17,88
CV 3 (%)	6,11	17,53	13,61	18,92

Obs.: \*, \*\* e ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F (p<0,05).

### 4.1. Altura de planta

Somente na ausência da aplicação da adubação fosfatada não ocorreu diferença entre as palhadas das culturas de milho e sorgo para a altura de plantas de soja, sendo que quando ocorreu a adubação, as maiores alturas foram observadas com a semeadura sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* (Tabela 3).

O menor desenvolvimento vegetativo na cultura da soja observado na semeadura sobre a palhada de sorgo + *Urochloa ruziziensis* pode estar relacionado ao fato do sorgo possuir efeito alelopático, que ocorre como resultado da presença de glicosídeos cianogênicos, taninos, flavonoides, ácidos fenólicos e a p-benzoquinona, conhecida como sorgoleone (EINHELLIG et al., 1993). Segundo Gonzalez et al. (1997), esse metabólito secundário atua como um potente inibidor da respiração mitocondrial e, também, do transporte de elétrons do fotossistema II, atuando competitivamente no mesmo local de ação de herbicidas, como atrazine e diuron.

Em trabalho realizado por Correia e Durigan (2006), avaliando o plantio de soja sobre diferentes palhadas e níveis destas por dois anos, observaram que as plantas de soja crescidas sobre palhada de sorgo apresentaram menor altura de plantas, sendo 57,67 e 65,16 cm, respectivamente nos níveis de palha de 3,0 e 5,5 t ha<sup>-1</sup>, no primeiro ano de cultivo. No segundo ano de cultivo foi observado a média de 76,35 cm no maior nível de palha (5,8 t ha<sup>-1</sup>). Valores esses superiores aos verificados no presente trabalho, em que se observou média de 44,21 cm para milho e 33,80 cm para sorgo.

**Tabela 3.** Altura de planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

Cultura	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
Milho	37,83 a	44,32 a	44,15 a	48,21 a	46,58 a
Sorgo	35,85 a	30,37 b	31,60 b	36,25 b	34,96 b

Obs.: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

Os resultados observados no presente trabalho diferem dos encontrados por Correia et al. (2002), que realizando a semeadura da soja



sobre a palhada de três híbridos de sorgo (DK 860, SARA e AMBAR), observaram que estas não interferiram nos valores finais da altura das plantas, na matéria seca da parte aérea e na produtividade de grãos de soja. Contudo, a palhada dos híbridos SARA e AMBAR promoveram diminuição na altura das plantas de soja até 40 dias após sua emergência. Corroborando a essa afirmativa, Costa et al. (2015b), encontraram resultados favoráveis à palhada do sorgo sobre o desenvolvimento de plantas de soja, afirmando que o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma das melhores opções em cultivo antecessor a soja. Porém esses autores desenvolveram o experimento em condições irrigadas, e os mesmos observaram que a pluviosidade e a temperatura adequada neste período, aceleraram e/ou estimularam a decomposição e mineralização da palhada restante, liberando nutrientes que foram determinantes para o bom desenvolvimento da cultura da soja em sucessão.

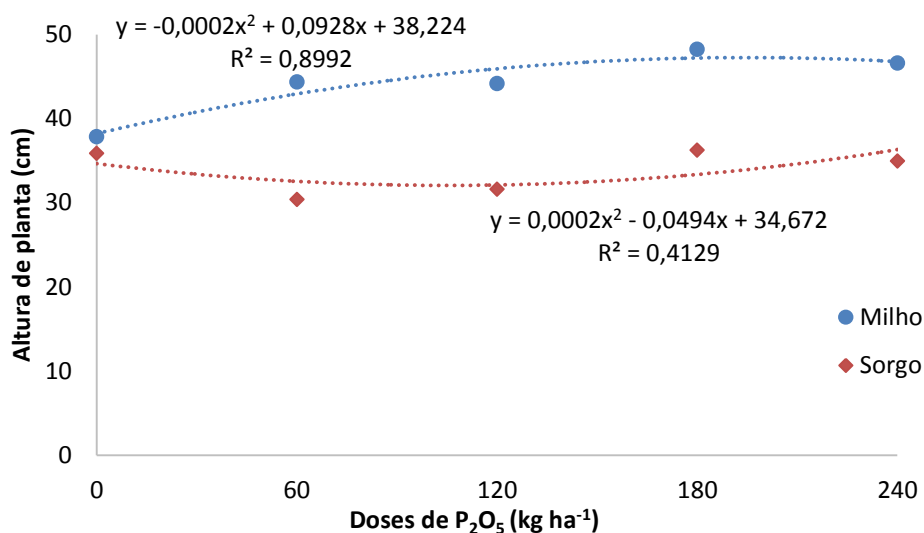
Na Figura 2 estão apresentados os comportamentos da altura de plantas de soja semeadas sobre palhadas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* em função da aplicação de doses de  $P_2O_5$ . Para a semeadura sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*, houve ajuste a um modelo quadrático, evidenciando maior resposta da adubação fosfatada a partir da dose de  $123,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , porém foi verificado um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de apenas 41,29%, indicando baixo ajuste do modelo aos dados observados. Já para a semeadura sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* ocorreu também o ajuste a um modelo quadrático, com máxima resposta na dose de  $232 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

Em trabalho realizado por Araújo et al. (2005), trabalhando com 4 cultivares de soja e 4 doses de  $P_2O_5$ , obtiveram a maior resposta para altura de plantas na dose de  $192 \text{ kg ha}^{-1}$ , dose inferior a observada para a palhada de milho, no entanto, na referida pesquisa o fertilizante fosfatado foi aplicado no sulco de semeadura, o que pode influenciar na eficiência do mesmo.

De acordo com Barbosa et al. (2015), os tratamentos com 100%, 75% e 50% da dose de P aplicado em linha de plantio foram superiores na altura média das plantas de soja em comparação à testemunha e aos tratamentos com 100% e 75% da dose de P aplicados a lanço, sendo que a

testemunha apresentou menor altura (34,8 cm) não diferenciando estatisticamente do tratamento que recebeu 100% de P aplicado a lanço (38,0 cm), assim, a concentração do P na superfície do solo pode ter limitado o processo de absorção pelas raízes em maiores profundidades.

Ainda no mesmo trabalho, estes autores observaram que o tratamento que recebeu 100% da dose de P na linha apresentou a maior altura de planta (50,1 cm), valores esses semelhantes aos obtidos na palhada do milho + *U. ruzizensis*, com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> feita totalmente a lanço.



**Figura 2.** Altura de planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruzizensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

#### 4.2. Altura de inserção da primeira vagem

Não foi observada diferença significativa na altura de inserção da primeira vagem em função dos tratamentos estudados (Tabela 2). Fato que deve ter ocorrido em função desta ser uma característica genética da cultivar e ter sido adotada a mesma população de plantas para todos os tratamentos, pois segundo Busanello et al. (2013), a altura de inserção da primeira vagem apresenta alta correlação com a população de plantas, e variações nessa traz modificações na arquitetura das plantas.

Costa et al. (2015b), avaliando a produtividade de massa seca de forrageiras (sorgo forrageiro, milheto e capim Xaraés), em função de épocas de

semeadura e seu efeito sobre os componentes da produção e produtividade de grãos da soja cultivada em sucessão, com condições irrigadas, não verificaram diferença entre as médias para altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de cem grãos.

Os mesmos autores obtiveram na soja cultivada sobre palhada de sorgo forrageiro a altura de inserção da primeira vagem com valores médios de 10,8 e 14,4 cm no primeiro e segundo ano de safra respectivamente. Valores semelhantes aos verificados no presente trabalho, sendo de 12,66 cm a altura média obtida na palhada do sorgo + *U. ruziziensis*.

Em trabalho realizado por Garcia et al. (2014), também não verificaram diferença na altura de inserção da primeira vagem de soja em sucessão às forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa ruziziensis*, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e Mombaça consorciadas com a cultura do milho, que forneceram palhada para o SPD. Estes mesmos autores avaliaram na soja cultivada sobre palhada de *Urochloa ruziziensis* consorciado com o milho, assim como na presente pesquisa, e obtiveram os valores médios de 13,23 cm para altura de inserção da primeira vagem. Valores esses próximos aos obtidos no presente trabalho, sendo de 13,21 cm a altura média obtida na palhada do milho + *U. ruziziensis*.

Em função da colheita mecanizada, a altura de inserção torna-se uma importante característica agrônômica. Geralmente, as plantas são cortadas a uma altura de aproximadamente 10 cm acima da superfície do solo, assim, as vagens situadas abaixo desta altura ocasionam perda durante a operação de colheita (MESQUITA, 1993). Com essa consideração, as alturas de inserção de primeira vagem obtidas sobre as palhas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* não constituíram limitação à colheita mecanizada, e segundo Silva et al. (2016), devido a colhedora possuir sistema de controle automático da altura de corte da plataforma, reduz a possibilidade de ocorrer o corte ineficiente da planta, constatando assim uma menor proporção de perda.

#### **4.3. Número de vagem por planta**

Quando ocorreu aplicação de  $P_2O_5$  as plantas de soja tiveram maior número de vagens no cultivo sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* (Tabela 4). Essa menor produção de vagens nas plantas cultivadas sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* pode estar relacionada ao fato de que as raízes de sorgo exsudam uma substância designada sorgoleone e segundo Olibone et al. (2006), essa substância causa efeito negativo no desenvolvimento inicial da cultura da soja e isso pode ter refletido no número de vagens, sendo que no presente trabalho se observou valores de 32, 147, 110, 82 e 43% superiores para esta característica na soja produzida sobre o consórcio milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*, respectivamente para as doses 0, 60, 120, 180 e 240  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

**Tabela 4.** Número de vagem por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de  $P_2O_5$  aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

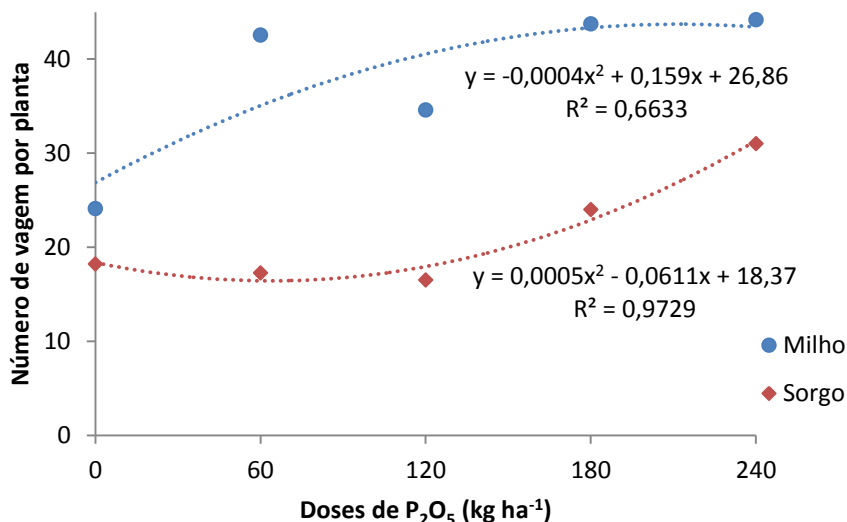
Cultura	Doses de $P_2O_5$				
	(kg $ha^{-1}$ )				
	0	60	120	180	240
Milho	24,10 a	42,55 a	34,60 a	43,75 a	44,20 a
Sorgo	18,20 a	17,25 b	16,50 b	24,00 b	31,00 b

Obs.: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

O comportamento do número de vagens por planta de soja desenvolvida sobre as palhadas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* em função das doses de  $P_2O_5$  aplicadas, estão apresentados na Figura 3. Para a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* ocorreu o modelo quadrático com ponto de mínimo na dose de 61  $kg\ ha^{-1}$ , indicando a necessidade da aplicação de  $P_2O_5$  acima dessa dose para que as plantas tenham maior número de vagens. No cultivo sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* o ajuste também foi quadrático, no entanto, com ponto de máxima resposta na dose de 199  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

Em trabalho realizado por Silva et al. (2015), estudando a aplicação de doses de  $P_2O_5$  até 400  $kg\ ha^{-1}$ , verificaram aumento linear para o número de vagens por planta, indicando que poderia haver respostas à doses superiores as estudadas. Essas diferenças existentes na literatura indicam que vários fatores podem influenciar a resposta à adubação fosfatada e entre eles estão o

teor de P no solo, a presença de compactação, déficit ou excesso hídrico, cultura anterior fornecedora de palhada, cultivar utilizada e fonte do nutriente.



**Figura 3.** Número de vagem por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

#### 4.4. Teor foliar de P

Ocorreu diferença entre os teores de P foliar somente entre as palhadas utilizadas, não sendo observada diferença entre as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, assim como também não foi verificada interação entre as mesmas para o teor foliar de P. O valor observado para o teor de fósforo foliar (Tabela 2) foi superior quando a semeadura foi realizada sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*. No entanto, de acordo com Sousa e Lobato (2004), os teores foliares de P verificados no presente trabalho encontram-se abaixo do considerado adequado para a cultura da soja que é de 2,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>. Tais resultados, que foram de 1,94 e 1,46 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente na soja semeada sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis*, podem ter sido influenciados pela baixa disponibilidade inicial de fósforo presente no solo do local de estudo que era de 5,7 mg dm<sup>-3</sup> e pela não mobilidade do P no perfil do solo até o momento da coleta. Do mesmo modo, Barbosa et al. (2015) também não encontraram teores foliares de P adequados nos tratamentos que receberam fósforo 100% e

75% a lanço, entretanto, os tratamentos com 50% e 75% da dose de P aplicados em linha de plantio encontraram-se no limiar deste intervalo (2,5 g kg<sup>-1</sup>).

Na Tabela 5, estão apresentados o resumo da análise de variância e os valores médios de número de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos de soja em função da cobertura de solo utilizada e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas. Somente para massa de 1000 grãos não ocorreu influência dos fatores cobertura de solo e dose de fósforo aplicada, assim como também não ocorreu interação entre estes fatores.

**Tabela 5.** Valores médios para número de grãos por planta, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

	Número de grãos por planta	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Cultura			
Milho	78,01	173,09	2973,93
Sorgo	37,82	169,53	2036,00
Valor de F	94,60**	4,91 ns	101,29**
Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			
0	40,97	172,40	1932,64
60	65,37	167,28	2550,73
120	51,05	168,84	2637,86
180	64,72	176,44	2624,27
240	67,45	171,58	2769,90
Valor de F	4,98*	1,92 ns	12,55**
Cultura x Doses			
Valor de F	4,83*	1,50 ns	4,93*
CV 1 (%)	21,81	2,95	11,72
CV 2 (%)	24,19	4,20	10,48
CV 3 (%)	18,04	3,71	15,07

Obs.: \*, \*\* e ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F.

#### 4.5. Número de grãos por planta

Para todas as doses estudadas, o cultivo sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* produziu maior número de grãos por planta em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* (Tabela 6), sendo que em termos percentuais tivemos maior número de grãos na palhada com milho de 55, 173, 91, 122 e 70% em relação a palhada de sorgo, respectivamente para as doses 0, 60, 120, 180 e

240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, evidenciando o grande efeito que a palhada da cultura antecessora pode trazer.

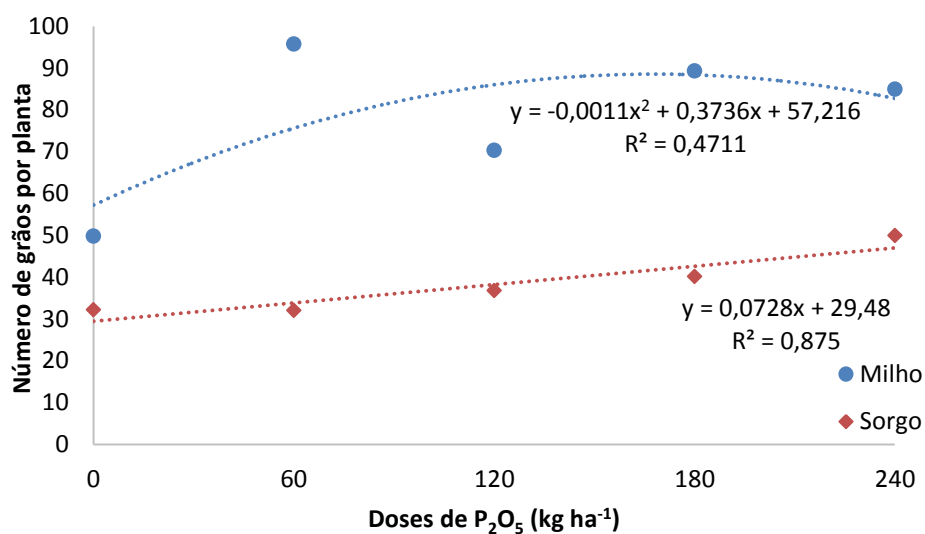
Ao contrário dos resultados do presente trabalho, Costa et al. (2015b) verificaram que quando a soja foi semeada sobre a palhada do sorgo forrageiro obteve-se maior número de vagens (51,8 e 48,3) e de grãos por planta (50,9 e 53,8) correspondentes ao primeiro e segundo ano de safra, e que mesmo não apresentando diferença significativa entre si, podem ter resultado em maior produtividade de grãos que foi de 2.793 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo significativamente das outras forrageiras no primeiro ano de cultivo. Essa diferença entre o presente trabalho e os resultados obtidos por Costa et al. (2015b) pode estar relacionada ao teor de P disponível no solo, que no presente caso, era muito baixo.

**Tabela 6.** Número de grãos por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

Cultura	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
Milho	49,80 a	95,70 a	70,30 a	89,30 a	84,95 a
Sorgo	32,15 b	35,05 b	36,80 b	40,15 b	49,95 b

Obs.: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

O número de grãos por planta apresentou o comportamento linear crescente com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas quando a soja foi cultivada sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*, indicando que poderia haver respostas à doses maiores que as estudadas. No cultivo sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* ocorreu ajuste a um modelo quadrático com a máxima resposta na dose de 170 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 4).



**Figura 4.** Número de grãos por planta de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

Corroborando com o presente trabalho em relação à palhada de sorgo + *U. ruziziensis*, Silva et al. (2015) verificaram o comportamento linear crescente para o número de vagens por planta e número de grãos por vagem, proporcionando conseqüentemente aumento no número de grãos por planta.

#### 4.6. Massa de 1000 grãos

A massa de 1000 grãos não foi influenciada pelos fatores testados (Tabela 5). Corroborando com o presente trabalho, Guareschi et al. (2008) igualmente não verificaram influência da adubação fosfatada sobre a massa de 1000 grãos, no entanto, Peixoto et al. (2000) comentam que caracteres quantitativos como: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa dos grãos, são influenciados pelo manejo da adubação.

#### 4.7. Produtividade de grãos

Para todas as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a menor produtividade foi verificada no cultivo sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* em relação a palhada de milho + *U. ruziziensis* (Tabela 7), sendo que verifica-se um aumento na produtividade de 48, 45, 35, 98 e 19% respectivamente para as doses 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtido com a palhada de milho em relação a



palhada de sorgo. Este fato que pode ter ocorrido devido a efeitos aleloquímicos da palhada de sorgo, conforme discutido anteriormente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Correia e Durigan (2006) que obtiveram a produtividade de grãos de soja de  $1.536 \text{ kg ha}^{-1}$  no maior nível de palha de sorgo ( $5,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) no primeiro ano. No segundo ano de pesquisa, nos dois níveis de palha ( $3,5$  e  $5,8 \text{ t ha}^{-1}$ ), também tiveram a menor produtividade de grãos, sendo  $2.990$  e  $2.226 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente.

Ao contrário dos resultados do presente trabalho, Ferreira et al. (2016) não verificaram diferença significativa na produtividade da soja sobre as palhadas da safrinha (girassol, sorgo, milho, feijão, milheto, trigo e vegetação espontânea), obtendo a produtividade média de  $3.780 \text{ kg ha}^{-1}$ . Porém, os mesmos autores observaram que a palhada do milho foi a que contribuiu para a maior cobertura do solo na entressafra, permanecendo por maior tempo na superfície, favorecendo assim o SPD.

Essas diferenças observadas na resposta da cultura da soja sobre palhadas contendo sorgo podem estar ligadas ao fato que o comportamento da cultura instalada sobre elas é dependente da variedade de sorgo utilizada, que pode variar no conteúdo de taninos e outros produtos presentes, como também a quantidade de palhada produzida, que também modifica a quantidade de aleloquímicos presentes, assim como a comunidade de microrganismos, pois a ação destes pode interferir nos efeitos dos compostos do metabolismo secundário (CARVALHO et al., 2016).

Em trabalho realizado por Barbosa et al. (2015), verificaram que a maior produtividade ( $2.887,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ocorreu quando 100% da dose de P foi aplicado em linha de plantio. O presente trabalho apresentou produtividade superior na palhada do milho + *U. ruziziensis*, sendo a mesma dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) utilizada pelos autores mencionados, porém a aplicação foi feita a lanço sem incorporação.

Ainda Barbosa et al. (2015) não observaram diferença significativa nos tratamentos que receberam parte da combinação da adubação a lanço (25% até 100%) obtendo produtividades intermediárias ( $2.107,6$  a  $2.610,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ), valores esses semelhantes à produtividade da testemunha e inferiores quando ocorreu o fornecimento de fósforo na palhada do milho + *U. ruziziensis*,

e semelhante também as doses de 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na palhada do sorgo + *U. ruziziensis*.

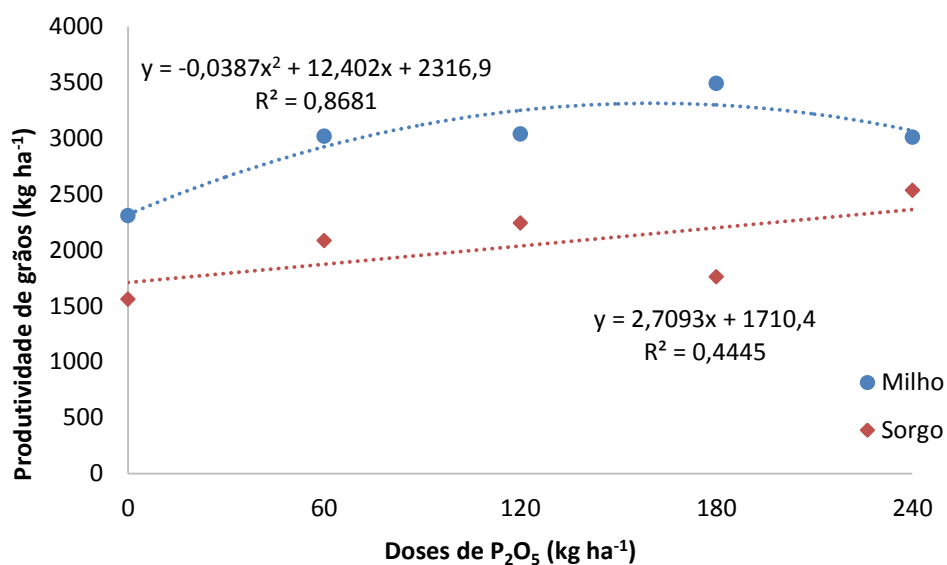
**Tabela 7.** Produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

Cultura	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
Milho	2305,82 a	3015,22 a	3034,99 a	3487,73 a	3006,33 a
Sorgo	1559,46 b	2086,25 b	2240,74 b	1760,80 b	2533,47 b

Obs.: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

Segundo Sousa et al. (2004), quando o teor de P no solo extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila de 16 a 34 %, estiver na faixa adequado (15,1 a 20,0 mg dm<sup>-3</sup>), a expectativa de rendimento para a cultura da soja deve ser no mínimo 3.000 kg ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados no presente trabalho apenas na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na palhada de milho + *U. ruziziensis*, apresentando teor de 19,34 mg dm<sup>-3</sup> de P (Tabela 8). Já na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi verificado a maior produtividade, com teor de P considerado alto.

A produtividade da soja no cultivo sobre a palhada de milho + *U. ruziziensis* apresentou o comportamento quadrático em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas, com máxima resposta na dose de 168 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 5). Já para o cultivo da soja sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* o comportamento da resposta foi linear, indicando que sobre esta palhada a cultura da soja responderia a doses maiores do que a máxima trabalhada (240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Esses comportamentos refletem os resultados obtidos anteriormente para as características vegetativas e reprodutivas, evidenciando a maior necessidade de adubação fosfatada com a presença anterior de sorgo.



**Figura 5.** Produtividade de grãos de soja cultivada sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis* e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em superfície. Alta Floresta-MT, 2017.

A recomendação média de fósforo para culturas anuais varia de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com baixos teores de P-disponível (NOVAIS & SMYTH, 1999), valores esses inferiores a necessidade apresentada pela cultura no presente trabalho para a obtenção da melhor produtividade. Araújo et al. (2005), trabalhando no cerrado de Roraima testando doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> variando até 270 kg ha<sup>-1</sup> em quatro cultivares de soja, verificaram que as cultivares Paiaguases e FT 107 apresentaram rendimento médio de 2.996 e 2.807 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com dose de 270 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, valor acima do observado no presente trabalho para a obtenção da melhor produtividade. Essas diferenças indicam que a resposta à adubação fosfatada varia em função de vários fatores locais, como a disponibilidade de P no solo, cultivar utilizada e fonte de P utilizada.

De acordo com Sousa et al. (2004), para as culturas do milho, trigo e soja, as respostas a fosfatos solúveis em água, aplicados a lanço e incorporados ao solo, os maiores rendimentos de grãos foram observados com adubações de até 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, corroborando com o presente trabalho em que a máxima resposta com a palhada contendo milho foi de 168 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e para a palhada contendo sorgo a maior dose testada foi inferior à dose referida pelos autores.

Segundo Kurihara et al. (2013), para se obter o potencial produtivo na soja de 4,0 t ha<sup>-1</sup> de grãos, considerando que a disponibilidade de P no solo não seja limitante, deve-se considerar os valores de 24,0 ou 54,9 kg ha<sup>-1</sup> de P ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, para repor a quantidade de nutriente exportado pelos grãos. Assim, como a disponibilidade inicial de P foi um fator limitante para a cultura no presente trabalho, não obteve-se o potencial produtivo na soja semelhante ao autor mencionado.

A maior concentração de fósforo na superfície, principalmente em solos compactados e em condições de deficiência hídrica, pode influenciar no crescimento radicular e conseqüentemente na produtividade das culturas (VALADÃO et al., 2015). Colaborando com o presente trabalho, em que foi observada maior concentração de P na superfície do solo (Tabela 9) e baixa produtividade de grãos em relação à média nacional.

Os mesmos autores avaliando doses (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e formas de aplicação da adubação fosfatada (a lanço e no sulco) e a compactação do solo pelo tráfego de máquinas nos atributos físicos e no sistema radicular da soja e do milho, não observaram respostas significativas no sistema radicular da soja às formas de aplicação do fósforo. No entanto constataram o aumento linear na área radicular da soja na camada de 0,0 -0,15 m de acordo com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, independentemente do nível de compactação do solo e forma de aplicação do fósforo.

A produtividade média da soja no estado de Mato Grosso na safra 2016/2017 foi de 3.273 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). Nas condições deste trabalho, a maior produtividade observada foi de 3.487,73 kg ha<sup>-1</sup> no tratamento com palhada de milho + *U. ruziziensis* na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo esta acima da média do estado. No entanto, todos os outros tratamentos apresentaram valores inferiores à média estadual, o que pode ter acontecido em virtude dos tratamentos testados e também pela semeadura posterior ao mês de novembro.

De acordo com Peixoto et al. (2000), a época de semeadura é um fator de elevada importância, pois além do rendimento, afeta também, e de modo acentuado, a arquitetura e comportamento da planta. E várias pesquisas realizadas no Brasil demonstraram que a época de semeadura é a variável que

produz maior impacto sobre o rendimento da cultura da soja (BORNHOFEN et al., 2015). Ainda, segundo Komori et al. (2004) a semeadura em época inadequada pode causar redução drástica no rendimento, bem como dificultar a colheita mecânica de tal modo que as perdas, nesta operação, possam chegar a níveis muito elevados. Isto, porque ocorrem alterações na altura da planta, altura de inserção das primeiras vagens, número de ramificações.

#### **4.8. Teor de fósforo no solo**

Somente na ausência da adubação fosfatada e na dose 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não ocorreu diferença entre os teores de P no solo para as diferentes palhadas, sendo que nas demais doses a área de palhada de milho + *U. ruziziensis* apresentou maiores teores de P em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* (Tabela 8). Essa diferença pode estar no fato que os efeitos promovidos pelas plantas de cobertura nos atributos químicos do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como espécie utilizada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte das plantas, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições locais e interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Semelhante ao presente trabalho, Costa et al. (2015a) avaliando as alterações nos atributos químicos e físicos do solo na cultura da soja em sucessão às culturas do milho e do sorgo forrageiro, cultivadas solteiras ou consorciadas com as espécies forrageiras *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Megathyrsus maximum* cv. Tanzânia, verificaram que os maiores teores de P no solo ocorreram na área em que tinha sido cultivado o milho, independentemente da espécie forrageira utilizada. Concordando com Mendonça et al. (2013), os quais descrevem que o uso de forrageiras ou não consorciadas com o milho em sucessão à soja resulta na melhoria dos atributos físicos do solo.

A presença de resíduos vegetais na superfície do solo pode proporcionar aumento dos teores de P nas camadas superficiais, pela liberação de nutrientes durante a decomposição destes (CAIRES et al., 2003; LOURENTE et al., 2010), justificando os maiores teores de P encontrados na palhada de milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de sorgo + *U.*

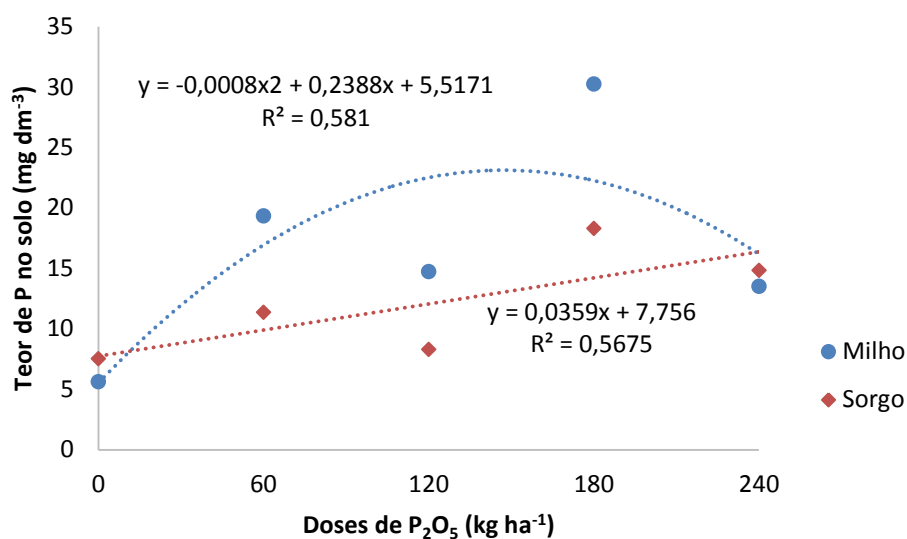
*ruziziensis*, pois verificou-se no presente trabalho maior decomposição da palhada de milho, enquanto a palhada de sorgo permaneceu por maior tempo sem ser decomposta no campo. E, segundo Costa et al. (2015b) grande parte da matéria seca do sorgo forrageiro vem do colmo, e por apresentar maior quantidade de fibras em sua composição, permanece por mais tempo no solo até ser decomposto. Sendo que para decompor os resíduos vegetais presentes no solo, os microrganismos imobilizam nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, indisponibilizando-os temporariamente (CORREIA & DURIGAN, 2006).

**Tabela 8.** Desdobramento da interação entre cultura (C) e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P) para os teores de P<sub>(Mehlich)</sub> no solo. Alta Floresta-MT, 2017.

Cultura	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
	Teores de P no solo (mg dm <sup>-3</sup> )				
Milho	5,61 a	19,34 a	14,73 a	30,23 a	13,49 a
Sorgo	7,53 a	11,36 b	8,30 b	18,30 b	14,83 a
Valor de F - P(milho) Reg. Linear = 54,29 <sup>**</sup> ; Reg. Quadrática = 91,11 <sup>**</sup>					
Valor de F - P(sorgo) Reg. Linear = 35,46 <sup>**</sup> ; Reg. Quadrática = 0,13 <sup>ns</sup>					

Obs.: \*\* e ns correspondem respectivamente a significativa a 1% e não significativo pelo teste F. Coeficiente de variação (CV%): CV<sub>1</sub> = 29,58; CV<sub>2</sub> = 27,56 e CV<sub>3</sub> = 22,79. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

O comportamento dos teores de P no solo em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas nas palhadas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* encontram-se apresentados na Figura 6. Para a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* observa-se o comportamento linear crescente nos teores de P no solo com o aumento das doses. Já para a palhada de milho + *U. ruziziensis* foi verificado o modelo quadrático, com o máximo teor na dose de 149 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, esse comportamento pode estar relacionado a maior produtividade da cultura de soja sobre essa palhada e conseqüentemente uma maior exportação, pois a cultura da soja exporta em média 6,1 kg de P (BATAGLIA & MASCARENHAS 1977; BORKERT et al., 1994) por tonelada de grão produzida, o que daria uma exportação 46% maior de P pela soja na área de milho.



**Figura 6.** Teor de P no solo em função de doses de fósforo sobre a palhada de milho e sorgo consorciados com *Urochloa ruziziensis*. Alta Floresta-MT, 2017.

Analisando o comportamento dos teores de P no solo em função das profundidades e palhadas (Tabela 9) percebe-se que nas duas primeiras camadas o maior teor de nutriente foi verificado para a palhada de milho + *U. ruziziensis* em relação a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*, justificando a maior produtividade da cultura de soja nesta área. Já na camada mais profunda não se nota diferença entre as palhadas, o que deve ter ocorrido em função da adubação a lanço ainda não ter atingido essa camada, mas em todas as profundidades e culturas verifica-se o aumento do teor de P no solo em relação ao teor inicial que era de 5,7 mg dm<sup>-3</sup>. Nas duas palhadas percebe-se a redução do teor de P no solo com o aumento da profundidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Nunes et al. (2011), avaliando a distribuição do P em sete camadas de solo (0 a 2,5; 2,5 a 5; 5 a 10; 10 a 20; 20 a 30; 30 a 40; e 40 a 50 cm) cultivado ao longo de 14 anos por SPD e SPC, observando no SPD decréscimo do P principalmente para aplicações a lanço, mas não de forma tão acentuada para aplicações no sulco. E nas camadas do solo sob SPC não houve gradiente expressivo de decréscimo, observando distribuição de P semelhante nos dois modos de aplicação do fertilizante fosfatado, em virtude da homogeneização proporcionada a cada revolvimento anual do arado de discos.

**Tabela 9.** Desdobramento da interação entre cultura (C) e profundidade (Prof) para os teores de P<sub>(Mehlich)</sub> no solo. Alta Floresta-MT, 2017.

Profundidade (m)	Cultura	
	Milho	Sorgo
	Teores de P no solo (mg dm <sup>-3</sup> )	
0 – 0,05	30,84 a A	24,09 b A
0,05 – 0,10	14,54 a B	7,82 b B
0,10 – 0,20	4,67 a C	4,28 a C

DMS Tukey 5% C(Prof) = 2,07  
DMS Tukey 5% Prof(C) = 2,49

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. DMS = diferença mínima significativa. Coeficiente de variação (CV): CV<sub>1</sub> = 29,58; CV<sub>2</sub> = 27,56 e CV<sub>3</sub> = 22,79.

O acúmulo dos teores de P na superfície do solo pode ter sido proporcionado pela decomposição de resíduos vegetais depositados desde a instalação do SPD na área, assim como, esse efeito se soma ao próprio modo de adubação (a lanço) feita nessa camada. O acúmulo superficial de P também foi verificado por Nunes et al. (2011), em que na camada de 0 a 2,5 cm, os teores de P foram 80% maiores no tratamento a lanço do que aqueles obtidos no sulco.

Em trabalho realizado por Barbosa et al. (2015), avaliando a eficiência da combinação de métodos de aplicação de fertilizantes fosfatados, a lanço sem incorporação e em linha de plantio, antes da semeadura da soja, utilizando a dose padrão de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de Fosfato Monoamônico (MAP), observaram que todos os tratamentos apresentaram a diminuição acentuada no teor de P com o aumento da profundidade, independente da combinação dos modos de aplicação.

Na Tabela 10 observa-se que ocorreu a maior concentração de P nas camadas superficiais do solo (0-0,05 m) para todas as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nunes et al. (2011) também verificaram na adubação a lanço maiores teores de P na camada de 0,025 a 0,050 m quando comparado com a adubação no sulco no SPD, indicando a baixa capacidade de redistribuição do P aplicado na superfície do solo.

Segundo Santos et al. (2008), no sistema de plantio direto, nas áreas que apresentam disponibilidade abaixo do adequado dos níveis de fósforo, a construção da fertilidade está se dando unicamente na camada superficial, criando acentuado gradiente de concentração, fato este também



verificado no presente trabalho. Ainda colaborando com essa afirmativa, Barbosa et al. (2015) verificaram que na profundidade de 0,0 – 0,025 m, nos tratamentos em que receberam 100% e 75% das doses de fósforo aplicados a lanço, foram encontrados os maiores níveis, 54,14 e 52,05 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente. E a testemunha apresentou o menor teor (11,50 mg dm<sup>-3</sup>), valores semelhantes ao observado na testemunha do presente trabalho.

**Tabela 10.** Desdobramento da interação entre profundidade (Prof) e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P) para os teores de P<sub>(Mehlich)</sub> no solo. Alta Floresta-MT, 2017.

Profundidade (m)	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
	Teores de P no solo (mg dm <sup>-3</sup> )				
Prof1 - 0 – 0,05	11,18 a	28,62 a	24,58 a	45,59 a	27,33 a
Prof2 - 0,05 – 0,10	5,17 b	12,28 b	6,54 b	20,98 b	10,93 b
Prof3 - 0,10 – 0,20	3,35 b	5,15 c	3,43 b	6,22 c	4,22 c

DMS Tukey (5%) = 3,93

Valor de F - P(Prof1) Reg. Linear = 180,98<sup>\*\*</sup>; Reg. Quadrática = 114,44<sup>\*\*</sup>

Valor de F - P(Prof2) Reg. Linear = 30,43<sup>\*\*</sup>; Reg. Quadrática = 10,65<sup>ns</sup>

Valor de F - P(Prof3) Reg. Linear = 0,58<sup>ns</sup>; Reg. Quadrática = 0,50<sup>ns</sup>

Obs.: <sup>\*\*</sup> e <sup>ns</sup> correspondem respectivamente a significativa a 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Coeficiente de variação (CV): CV<sub>1</sub> = 29,58; CV<sub>2</sub> = 27,56 e CV<sub>3</sub> = 22,79.

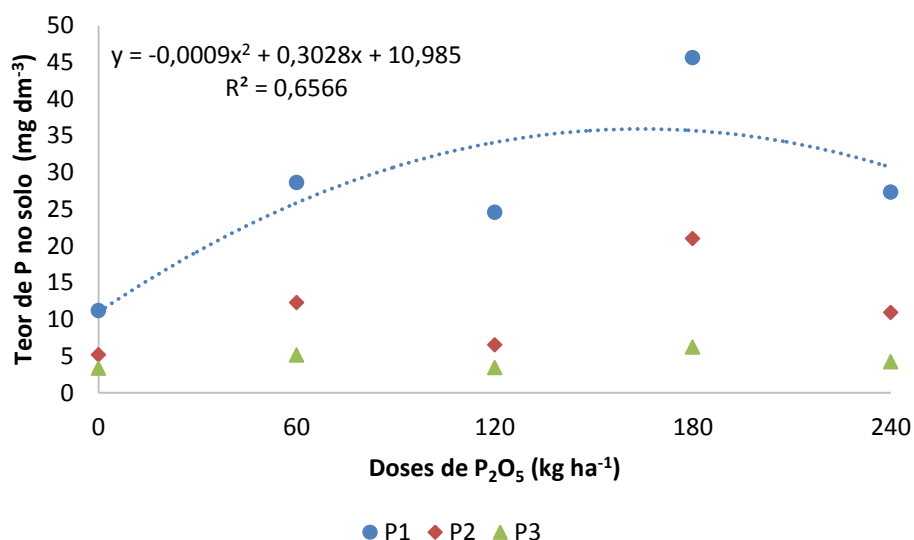
Entretanto, apesar das doses de fósforo terem sido aplicadas dois dias antes à semeadura da soja, observa-se a construção gradativa da fertilidade do solo de acordo com as doses crescentes de fósforo. Assim, o presente trabalho indica que provavelmente ocorreria correção das camadas mais profundas em maior tempo de reação do fertilizante no solo.

De acordo com Eberhardt et al. (2017), avaliando o efeito da adubação fosfatada antecipada aplicada na pastagem de *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, adubada anualmente a lanço durante quatro anos, para a biodisponibilidade de fósforo na cultura da soja em sucessão. Verificaram que o P residual disponível da adubação da pastagem anterior foi mais eficiente do que o fertilizante de P aplicado na semeadura da soja, sugerindo que a adubação antecipada em pastagem pode ser uma estratégia efetiva para a fertilização da soja, substituindo assim a adubação corretiva na implantação da cultura.

O uso de fertilizantes de forma eficiente pelas culturas anuais em sucessão pode ser melhorado pelas plantas de cobertura presentes na

entressafra (FERREIRA et al., 2016). Assim, o rendimento de grãos das culturas em sequência pode ser aumentado com a ciclagem e a incorporação de nutrientes (SANTOS et al., 2013b), fato notado no presente trabalho com a utilização da cobertura com palhada de milho + *U. ruziziensis*.

O comportamento dos teores de P no solo em função da aplicação de doses de  $P_2O_5$  nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m se encontra apresentado na Figura 7. Somente para a primeira camada (0-0,05 m) houve um ajuste matemático razoável ( $R^2 = 0,65$ ) para explicar esse comportamento, sendo este o modelo quadrático com máxima resposta na dose de  $168 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Para a profundidade 0,05-0,10 m apesar de ter ocorrido efeito significativo no modelo linear, este foi de baixo ajuste ( $R^2 = 0,26$ ). Esse resultado corrobora com Nunes et al. (2011) os quais comentam que no SPD, o P limita-se até 0,10 m de profundidade independentemente do modo de aplicação ou da fonte do fertilizante.



**Figura 7.** Teor de P no solo em função de doses de fósforo nas profundidades 0,0 – 0,05 m (P1); 0,05 – 0,10 m (P2); 0,10 – 0,20 m (P3). Alta Floresta-MT, 2017.

## 5. CONCLUSÕES

A palhada de milho + *U. ruziziensis* proporcionou valores superiores a palhada de sorgo + *U. ruziziensis* nas características da soja em sucessão no sistema de plantio direto, exceto na altura de inserção da primeira vagem e massa de 1000 grãos que não foi verificada diferença entre as palhadas.

Doses crescentes de fósforo aplicados a lanço nas palhadas de milho + *U. ruziziensis* e sorgo + *U. ruziziensis* aumentam a produtividade da soja em sucessão no sistema de plantio direto.

Não foi obtida a máxima resposta até a aplicação da dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, nas características da soja em sucessão sobre a palhada de sorgo + *U. ruziziensis*.

Ocorreu a movimentação do fósforo aplicado a lanço até a camada de 0,10 m.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo VermelhoEscuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Respostas de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 36, n. 2, p. 129-134, 2005.

BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E.; PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.

BATAGLIA, O. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1977. 36 p. (Boletim Técnico, 41).

BONINI, I.; RODRIGUES, C.; DALLACORT, R.; MARIMON JUNIOR, B. H.; CARVALHO, M. A. C. Rainfall and deforestation in the municipality of Colíder, Southern Amazon. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 483-493, 2014.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. In: POTAFOS. **Informações Agronômicas**, v. 66, p. 1-16, 1994. (Arquivo do Agrônomo, 5).

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M. F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 46-55, 2015.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja**. In: Fundação MS, Tecnologia de produção de soja e milho 2011/2012. Maracaju, 2012. 39 p.

BUSANELLO, C.; SOMAVILLA, L.; MENEGOL, D. R. Caracteres agronômicos da cultura da soja submetida a diferentes densidades populacionais na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 509-517, 2013.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CARVALHO, W. P.; TEIXEIRA, L. G. V.; ABBADE NETO, D. O.; MOREIRA, J. M. S.; CUNHA, C. E. Alelopatia de resíduos de plantas de cobertura no controle de braquiária cv. Marandu. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 60-69, 2016.

CASTRO, G. F.; MOREIRA, S. G.; SOUSA, S. S.; VITOR, C. M. T. Adubação fosfatada a lanço em culturas anuais sob sistema de semeadura direta. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 4, p. 117-129, 2016a.

CASTRO, L. R.; REIS, T. C.; FERNANDES JÚNIOR, O.; ALMEIDA, R. B. S.; ALVES, D. S. Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 31, p. 47-54, 2016b.

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.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4, Safra 2016/17, n. 12 - Décimo segundo levantamento, Brasília: Conab, 2017. 158 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 421-432, 2006.

CORREIA, N. M.; SOUZA, I. F.; KLINK, U. P. Palhadas de sorgo associadas ao herbicida imazamox no desenvolvimento da cultura da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v. 3, n. 2/3, p. 91-96, 2002.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015a.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 8-16, 2015b.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e

resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011.

EBERHARDT, D. N.; BECQUER, T.; MARCHÃO, R. L.; VENDRAME, P. R. S.; VILELA, L.; CORAZZA, E. J.; GUIMARÃES, M. F. Phosphorus bioavailability in soybean grown after pasture under different fertility regimes. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, p. 571-580, 2017.

EINHELLIG, F. A.; RASMUSSEN, J. A.; HEJL, A. M.; SOUZA, I. F. Effect of root exudates sorgoleone on photosynthesis. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 2, p. 369-375, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, W. S.; BRAZ, A. J. B. P.; ASSIS, R. L.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G.; TORRES, J. L. R. Cultivo do milho e da soja em sucessão as culturas de safrinha em Rio Verde-GO. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 3, p. 291-297, 2016.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; LOPES, K. S. M.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.

GONZALEZ, V. M.; KAZIMIR, J.; NIMBAL, C.; WESTON, L.; CHENIAE, G. M. Inhibition of a photosystem I electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. **Journal of Agricultural And Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1415-1421, 1997.

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; SOUCHIE, E. L.; ROCHA, A. C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lâmina antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 769-774, 2008.

JACINTO, J. T. D.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Influência do substrato e do teor de água sobre a germinação de sementes de soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 1, p. 97-102, 2014.

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 690-698, 2013.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LANA, R. M. Q.; VILELA FILHO, C. E.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PEREIRA, H. S.; LANA, A. M. Q. Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, Paraná, v. 4, n. 1-2, p. 53-60, 2003.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, M. C.; SILVA, M. A. G. Rotação de culturas e relações com atributos químicos e microbiológicos do solo e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 829-842, 2010.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. p. 165-166.

MARIN, R. S. F.; BAHRY, C. A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 265-274, 2015.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

MESQUITA, C. M. Colheita da soja na região dos cerrados. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. N. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 423-430.

NAVA, I. A.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; NACKE, H.; GUERINI, V. L.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 884-892, 2011.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; MARRÉ, J.; MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2735-2744, 2008, Número Especial.

NOVAIS, R. F. Soja. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p. 323-324.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399 p.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 877-888, 2011.

OLIBONE, D.; CALONEGO, J. C.; PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 255-261, 2006.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 249-256, 2013.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; 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**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, 2011a.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011b.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Sowing date and plant density of soybean yield components and grain yield. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 153-162, 2000.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 353 p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013b.



SILVA, A. F.; SEDIYAMA, T.; SOARES, M. M. Eficiência na colheita. In: SEDIYAMA, T. **Produtividade da soja**. Londrina: Mecenias, 2016. p. 285-293.

SILVA, R. R.; LEITE, R. C.; FREITAS, G. A.; SILVA, P. S. S.; CARNEIRO, J. S. S. Eficiência de fertilizante fosfatado na cultura da soja no cerrado baiano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p.13-22, 2015.

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

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

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 243-255, 2015.

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**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade de soja. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, POTAFÓS, 2000. 16p. (Encarte Técnico, 90).

VIVIANI, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.