

**LARA CAROLINE ALVES DE OLIVEIRA**

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM CLASSES DE SOLO  
SOB ADUBAÇÕES FOSFATADAS E PRODUTIVIDADE  
DE SOJA E *Urochloa ruziziensis***

**Dissertação de Mestrado**

**ALTA FLORESTA-MT**

**2020**

	LARA CAROLINE ALVES DE OLIVEIRA	Diss. MESTRADO	PPGBioAgro 2020



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



**LARA CAROLINE ALVES DE OLIVEIRA**

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM CLASSES DE SOLO  
SOB ADUBAÇÕES FOSFATADAS E  
PRODUTIVIDADE DE SOJA E *Urochloa ruziziensis***

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. Oscar Mitsuo Yamashita  
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho

**ALTA FLORESTA-MT**

**2020**

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.

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

OLIVEIRA, Lara Caroline Alves de.  
O48f Frações de Fósforo em Classes de Solo Sob Adubações Fosfatadas e Produtividade de Soja e Urochloa Ruziziensis / Lara Caroline Alves de Oliveira – Alta Floresta, 2020.  
74 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (não)

Trabalho de Conclusão de Curso  
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.  
Orientador: Oscar Mitsuo Yamashita  
Coorientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho

1. Adsorção de Fósforo. 2. Fertilizantes Orgânicos. 3. Fracionamento de Fósforo. 4. Glycine Max. I. Lara Caroline Alves de Oliveira. II. Frações de Fósforo em Classes de Solo Sob Adubações Fosfatadas e Produtividade de Soja e Urochloa Ruziziensis: .

CDU 631.85/.86

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM CLASSES DE SOLO  
SOB ADUBAÇÕES FOSFATADAS E  
PRODUTIVIDADE DE SOJA E *Urochloa ruziziensis***

**Lara Caroline Alves de Oliveira**

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: 27/02/2020



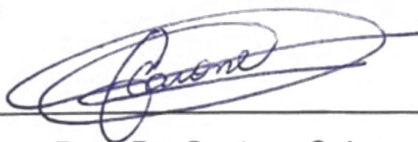
---

Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita  
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro



---

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



---

Prof. Dr. Gustavo Caione  
UNEMAT/ PPGBioAgro



---

Membro externo Prof. Dr. Fabiano André Petter  
UFMT

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Erci e Eloir,  
pela minha criação, educação e  
exemplo de luta, que sempre foram em minha vida.*

*À meu esposo, Rubens, companheiro em todos os momentos,  
Pela força, paciência, carinho e todo o amor sempre concedido.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus e a Nossa Senhora Aparecida por terem tornado essa conquista possível, além de terem me protegido e me abençoado imensamente em todas as etapas do mestrado, sem Eles este sonho não se tornaria realidade.

Ao meu esposo, Rubens Vieira Maia, pelo companheirismo, dedicação, compreensão e incentivo em todos os momentos de dificuldade.

Aos meus pais Erci Terezinha Alves de Oliveira e Eloir Alves de Oliveira, e minha irmã Ketlyn Mailis Alves de Oliveira, que sempre me motivaram a buscar e alcançar meus objetivos profissionais, me incentivando e me apoiando em todos os momentos.

Aos meus sogros, Gine e Rubens, pela enorme ajuda, carinho e incentivo durante todos estes anos.

Aos meus colegas e amigos Jean, Luana, Márcia, Felipe, Lucas, Eslaine e Sabrina pela ajuda durante as incontáveis coletas de solo, e análises para esta pesquisa.

Ao meu orientador Oscar Mitsuo Yamashita, pelo aprendizado ao decorrer da vida acadêmica.

Ao meu Co-orientador e professor Marco Antonio Camillo de Carvalho, pelo incentivo e aprendizado e principalmente, pela dedicação a essa pesquisa.

Ao LASAF, a todos os bolsistas, mestrandos e professores por tamanho auxílio ao decorrer do experimento.

À Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro), pela formação proporcionada.

À CAPES, pelo auxílio financeiro fornecido através da bolsa de estudo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos da Universidade do Estado do Mato Grosso, Campus Alta Floresta, por proporcionar de forma impecável os ensinamentos referentes aos conteúdos ministrados.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.”

John Ruskin



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS).....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Importância do fósforo para as culturas .....	3
2.2 Fertilizantes solúveis e de baixa solubilidade.....	5
2.3 Dinâmica das formas de fósforo no solo .....	6
2.4 Fracionamento de fósforo no solo .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1 Área Experimental.....	12
3.2 Análise e classificação do solo.....	12
3.3 Delineamento experimental e tratamentos .....	13
3.4 Avaliações fitotécnicas da soja ( <i>Glycine max</i> L.).....	14
3.5 Avaliações fitotécnicas da <i>Urochloa ruzizensis</i> .....	15
3.6 Determinação do teor de P solúvel .....	15
3.7 Fracionamento de fósforo .....	16
3.8 Análise dos dados.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1 Fósforo disponível durante o cultivo da soja e <i>Urochloa ruzizensis</i> ...	18
4.2 Frações de P no solo .....	22
4.3 Avaliações fitotécnicas para a cultura da soja.....	32
4.4 Avaliações fitotécnicas para <i>Urochloa ruzizensis</i> .....	35
5. CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
Tabela 1- Análise química e granulométrica dos solos, na camada 20 a 40 cm de profundidade, Alta Floresta – MT, 2018. ....	12
Tabela 2- Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Teores de P no solo resultantes de oito coletas durante o cultivo da soja e <i>Urochloa ruziziensis</i> em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	19
Tabela 3 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para frações de P do fracionamento de Hedley resultantes do cultivo da soja e <i>Urochloa ruziziensis</i> em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	23
Tabela 4 - Valores de F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para altura de plantas (AP), altura de inserção de primeira vagem (AIV) e diâmetro de caule (DC) de plantas de soja, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	32
Tabela 5 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (P100G), produtividade e teor de P nos grãos de plantas de soja, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	34
Tabela 6 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios médias para número de perfilhos (NP) em quatro cortes de <i>Urochloa ruziziensis</i> , em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	36
Tabela 7 - Número de perfilhos (NP) resultantes do segundo corte da <i>Urochloa ruziziensis</i> cultivada em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	37
Tabela 8 - Valores de F, coeficiente de variação e médias para massa seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) de <i>Urochloa ruziziensis</i> , em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	38
Tabela 9 - Massa seca de raiz e volume de raiz de <i>Urochloa ruziziensis</i> em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	40
Tabela 10 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Teores de P de quatro cortes de <i>Urochloa ruziziensis</i> , em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. ....	41

Tabela 11 - Teor foliar de P do 3° e 4° cortes de *Urochloa ruzizensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. .... 43

Tabela 12 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Massa seca de quatro cortes e Massa seca Total de *Urochloa ruzizensis*, em diferentes classes de solo e adubações fosfatada. Alta Floresta, 2020. .... 44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
Figura 1 - Esquema do fracionamento de P segundo método de Hedley, Stewart e Chauhan (1982), com modificações de Condrón, Goh e Newman (1985). Fonte: (RODRIGUES, 2013).....	11
Figura 2 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para teores de P solúvel. Valores de P no solo referente as coletas de solo aos 150 dias (A) e 180 dias (B) em cultivo de <i>Urochloa ruziziensis</i> em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média (n=4). LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	21
Figura 3 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para Pi e Po lábil extraído por bicarbonato. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média (n=4). LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	25
Figura 4 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para P lábil extraído por ácido clorídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média (n=4). LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	29

## **LISTA DE SIGLAS (OU DE ABREVIATURAS)**

**CAPES** - Coordenação de Pesquisa Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**DAS** - Dias após a semeadura

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ha** - Hectare(s)

**LASAF** - Laboratório de análise de solo, adubos e foliar

**LVd** - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico

**RQ** - NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

**P** - fósforo

**PAd** - ARGISSOLO AMARELO Distrófico

**P<sub>HCl</sub>** - Fósforo inorgânico extraído com ácido clorídrico

**P<sub>i</sub>** - Fósforo inorgânico

**P<sub>BIC</sub>** - Fósforo inorgânico extraído com bicarbonato de sódio

**P<sub>HID-0,1</sub>** - Fósforo inorgânico extraído com Hidróxido de sódio a 0,1 mol L<sup>-1</sup>

**P<sub>HID-0,5</sub>** - Fósforo inorgânico extraído com Hidróxido de sódio a 0,5 mol L<sup>-1</sup>

**P<sub>o</sub>** - Fósforo orgânico

**P<sub>O<sub>BIC</sub></sub>** - Fósforo orgânico extraído com bicarbonato de sódio

**P<sub>O<sub>HID-0,1</sub></sub>** - Fósforo orgânico extraído com Hidróxido de sódio a 0,1 mol L<sup>-1</sup>

**P<sub>O<sub>HID-0,5</sub></sub>** - Fósforo orgânico extraído com Hidróxido de sódio a 0,5 mol L<sup>-1</sup>

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

## RESUMO

OLIVEIRA, Lara Caroline Alves. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Janeiro de 2020. **Frações de fósforo em classes de solo sob adubações fosfatadas e produtividade de soja e *Urochloa ruziziensis***. Orientador: Oscar Mitsuo Yamashita. Co-orientador: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Grande parte dos solos brasileiros, possuem baixa fertilidade natural, caracterizada principalmente pela deficiência de fósforo (P) e alta capacidade de adsorção de P, fazendo-se necessário a adição de fertilizantes fosfatados minerais, orgânicos ou organominerais, o que pode provocar alterações na dinâmica do P no solo. Assim, objetivou-se com o presente estudo, avaliar a produtividade da soja e da *Urochloa ruziziensis* e as frações de P no solo sob influência da aplicação de adubo fosfatado orgânico, organomineral e mineral, em diferentes classes de solo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3x3, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de P: fosfato mineral, orgânico e organomineral, em três classes de solos, sendo, LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVd), ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PAd) e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (RQ), cultivados com soja e, em seguida, com *Urochloa ruziziensis*, nas mesmas unidades amostrais. Para a cultura da soja e para *U. ruziziensis*, foram avaliados os componentes vegetativos ao decorrer do cultivo e os componentes produtivos. Realizou-se oito coletas de solo, dos 30 aos 240 DAS para avaliação do P disponível por (Resina de Troca Iônica – RTA). Para o fracionamento de P, realizou-se uma coleta de todas as unidades experimentais aos 270 dias após a implantação do experimento. A aplicação fosfatada orgânica proporciona maiores teores de P disponível no solo, principalmente a partir dos 90 dias posteriores à sua aplicação. A disponibilização de P é dependente do tipo de solo, onde no RQ, maiores são os teores de P disponível. A adubação fosfatada orgânica aumenta o P total do solo, principalmente em formas não lábeis. A adubação mineral aumenta as frações de P lábeis nos solos. Em solos de textura arenosa, maiores são os teores de P lábeis. As fontes de fósforo não influenciam as características produtivas da soja e a produção de massa seca da *U. ruziziensis*, contudo,

tendem a sofrer incrementos sob cultivo em solo RQ. Com aplicação da fonte de P mineral, a *U. ruzizensis* apresenta maior perfilhamento, massa radicular e teor foliar de P, principalmente em cultivo em LVd.

Palavras-chave: Adsorção de fósforo, fertilizantes orgânicos, fracionamento de fósforo, *Glycine max*.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Lara Caroline Alves. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, Janeiro de 2020. **Phosphorus fractions in soil classes under phosphate fertilizers and soybean and *Urochloa ruziziensis* yield.** Adviser: Oscar Mitsuo Yamashita. Co-adviser: Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Most Brazilian soils have low natural fertility, characterized mainly by phosphorus (P) deficiency and high P adsorption capacity, making it necessary to add mineral, organic or organomineral phosphate fertilizers, which can cause changes in the dynamics of P in the soil. Thus, the objective of this study was to evaluate the productivity of soybeans and *Urochloa ruziziensis* and the P fractions in the soil under the influence of the application of organic, organomineral and mineral phosphate fertilizer, in different soil classes. The experimental design used was completely randomized, in a 3x3 factorial scheme, with four replications. The treatments were constituted by three sources of P: mineral, organic and organomineral phosphate, in three classes of soils, being DYSTERIC RED OXISOL (LVd), YELLOW DYSTOPIC ARGISOL (PAd) and QUARTZARENIC NEOSOL (RQ), cultivated with soy and, then, with *Urochloa ruziziensis*, in the same sample units. For soybean and *U. ruziziensis*, the vegetative components during cultivation and the productive components were evaluated. Eight soil collections were carried out, from 30 to 240 DAS to assess the available P for (Ion Exchange Resin - RTA). For the fractionation of P, a collection of all experimental units was carried out at 270 days after the implementation of the experiment. The organic phosphate application provides higher levels of P available in the soil, mainly after 90 days after its application. The availability of P is dependent on the type of soil, where in the RQ, the higher the levels of P available. Organic phosphate fertilization increases the total P of the soil, mainly in non-labile forms. Mineral fertilization increases the labile P fractions in soils. In sandy soils, the higher the labile P contents. The sources of phosphorus do not influence the productive characteristics of soybeans and the production of dry mass of *U. ruziziensis*, however, they tend to suffer increments under cultivation in soil RQ. With the application of the



mineral P source, *U. ruziziensis* presents greater tillering, root mass and P leaf content, mainly in cultivation in LVd.

Key-words: Phosphorus adsorption, organic fertilizers, phosphorus fractionation, *Glycine max*.

## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos solos brasileiros possuem baixa fertilidade natural, caracterizados principalmente pela deficiência de fósforo (P), necessitando de aplicações de fertilizantes fosfatados em grandes quantidades para alcançar altos rendimentos das culturas (GICHANGI et al., 2009). A deficiência de P pode limitar o crescimento das plantas, acarretando em prejuízos ao seu desenvolvimento, redução na produção de perfilhos em pastagens e, conseqüentemente, no estabelecimento das plantas (SANTOS et al., 2011).

O fornecimento de P para a produção das culturas geralmente é realizado por meio da aplicação de fontes solúveis provenientes de rochas fosfatadas. Entretanto, este recurso é finito, havendo a preocupação de sua escassez num futuro muito breve. Assim, se faz necessário o estudo de novas fontes de P que possam promover resultados satisfatórios à manutenção da capacidade produtiva (DAMACENO et al., 2019).

Nesse sentido, fontes orgânicas ou organominerais como fertilizantes fosfatados têm chamado atenção dos agricultores devido ao baixo custo e pela liberação lenta dos nutrientes no solo (BOEN & HARALDSEN, 2013). Dentre estes fosfatos de baixa solubilidade, se tem a farinha de ossos calcinada e a cama de aviário, sendo que a primeira é resultante do abate e queima dos ossos de animais, e cama de aviário é proveniente de resíduos de aves. Segundo Costa et al. (2009), a utilização destes materiais como fertilizante voltados a produção agrícola vem alcançando resultados promissores, por apresentarem altos teores de fósforo e outros nutrientes.

Com a aplicação de fertilizantes fosfatados no solo, formam-se diferentes frações de P, divididos em formas orgânicas e inorgânicas, retidas não partículas de argilominerais e nos compostos orgânicos, com diferentes graus de energia. O conteúdo destas frações varia em função do material de origem, das fontes de fósforo aplicadas e do manejo do solo.

Neste contexto, para compreender o comportamento das frações de P presentes no solo, o fracionamento de P é uma técnica importante, pois permite identificar a dinâmica das transformações do fósforo no solo. O fracionamento é um método que se baseia na utilização de diferentes extratores responsáveis por extrair as frações de  $P_i$  e  $P_o$  lábil, moderadamente

lável e não-lável (CHANG & JACKSON, 1957; HEDLEY et al., 1982; PAVINATO et al., 2009).

O fracionamento é utilizado, por acreditar-se que fertilizantes fosfatados quando em contato com o solo por longo período, sofrem modificações, onde diferentes frações residuais são acumuladas no solo com diferentes graus de energia de ligação (NEGASSA & LEINWEBER, 2009; TOKURA et al., 2011). Evidências demonstram que existe efeito sinérgico quando a aplicação do fertilizante fosfatado é associada ao acréscimo de algum composto orgânico, resultando no aumento da concentração de fósforo disponível (MKHABELA WARMAN, 2005; GARG & BAHL, 2008), podendo relacionar as formas de P no solo à sua disponibilidade para as plantas e diminuir a dose do fertilizante mineral (GATIBONI, 2007).

Diante do exposto, a hipótese deste estudo é que a adubação fosfatada com fontes orgânica, mineral ou organomineral poderá resultar em diferentes frações de P nos solos e respostas das plantas.

Levando-se em consideração as variações existentes entre diferentes classes de solos, sistemas de cultivo e práticas de adubação empregadas, podem ocorrer alterações no comportamento e na dinâmica das formas de P nos solos. Desta maneira, faz-se necessário o estudo de alternativas ao uso de P para a manutenção da fertilidade do solo e suprir a necessidade das plantas.

Assim, objetivou-se com o presente estudo, avaliar a produtividade da soja e da *Urochloa ruziziensis* e as frações de P no solo, sob influência da aplicação de adubo fosfatado orgânico, organomineral e mineral, em diferentes classes de solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância do fósforo para as culturas

O P é um nutriente essencial para o metabolismo das plantas, por estar presente em importantes componentes estruturais das células vegetais, incluindo o fosfato presente nas moléculas de açúcares intermediárias da respiração e da fotossíntese e, além de ser também, constituinte de compostos de alta energia, como o adenosina trifosfato (ATP) (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012). Além disso participa na sinalização de proteínas, fazendo que o P seja o segundo elemento nutricional mais limitante do crescimento das plantas, depois do nitrogênio (WHITE; HAMMOND, 2008). De maneira geral, seu papel nas plantas é de armazenar energia e transferi-la para processos biológicos que requerem energia (MALAVOLTA, 2006; REIS, 2009). Portanto, o suprimento adequado de P é essencial desde os estádios iniciais do crescimento das plantas.

O P é absorvido pelas raízes pelas formas iônicas chamadas de ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ ), os quais são precedentes da mineralização da matéria orgânica (M.O.) e da solubilização de fontes minerais, sendo posteriormente transportados por um sistema de alta afinidade através da membrana celular das células epidérmicas da raiz (SMITH et al., 2003). Este transporte de alta afinidade funciona quando existem baixas concentrações de P inorgânico no solo, enquanto que o sistema de baixa afinidade atua em condições de altas concentrações de Pi, portanto, este último pode ser considerado como o sistema de transporte constitutivo das plantas (VANCE et al., 2003; HERRERA, 2014).

No solo, as formas de Pi na solução mudam conforme o pH, sendo que as maiores taxas de absorção encontram-se em pH de 5,0 e 6,0 onde a espécie monovalente  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  apresentam-se em maior proporção (SCHACHTMAN et al., 1998).

O principal mecanismo de contato íon-raiz do P com a planta é por meio da difusão, a qual é responsável por cerca de 95% do total de P absorvido pelas plantas (CHAPIN, 1980). Entretanto, a taxa de difusão do P é considerada baixa, devido às fortes reações deste elemento com os componentes do solo. Como estratégia para manter concentrações adequadas

de P no interior das plantas, as mesmas realizam a ciclagem interna deste elemento, produzindo enzimas capazes de hidrolisar compostos orgânicos, por exemplo, síntese de fosfatases que liberam o Pi dos fosfomonoésteres e as ribonucleases, responsáveis pela mobilização do P do RNA (HERRERA, 2014; SHEN et al., 2011).

De modo geral, o acúmulo de P inorgânico dentro das células das plantas é tipicamente 1000 vezes maior do que na solução do solo (RAGHOTHAMA, 2000), e é requerido entre 0,3 e 0,5% da massa seca da planta para um bom desenvolvimento (TAIZ & ZEIGER, 2009). O P é móvel na planta, se movendo com facilidade dos tecidos mais velhos para os mais novos em situações de falta deste elemento (SHEN et al., 2011).

A deficiência desse macronutriente no solo limita o desenvolvimento radicular, a taxa de crescimento inicial, o perfilhamento e o estabelecimento das pastagens, limitando assim sua capacidade produtiva, resultando em baixa produtividade e capacidade de suporte animal (CARNEIRO et al., 2017).

Baixa disponibilidade de P no início do desenvolvimento das culturas podem resultar em restrições no crescimento da planta, ocasionada pelas alterações na taxa de divisão celular, alongamento e por consequência, a redução da produção de flores e frutos, comprometendo a produtividade das culturas (RYCHTER; RAO, 2005), condição esta, que a planta dificilmente consegue reverter, mesmo que a disponibilidade seja aumentada (SANTOS et al., 2008). Em consequência a baixa disponibilidade de P, além da redução no crescimento da planta, ocorre o aparecimento de tonalidade roxa nas folhas mais velhas (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012).

Cecato et al. (2008), estudando o perfilhamento e características produtivas do capim Mombaça com aplicação de fontes de P, constataram que a adubação fosfatada proporciona perfilhos mais pesados e maior produção de massa seca. De acordo com Taiz et al. (2017), o fornecimento adequado de fertilizantes fosfatados desde o início do desenvolvimento da cultura da soja, é essencial para a formação das partes reprodutivas e para a boa formação de vagens e grãos, aumentando a produção agrícola. Colombo et al. (2016) estudando o efeito da aplicação de P em soja, encontraram produção de vagens 57% superiores à condições sem aplicação fosfatada. Segundo Sousa

e Lobato (2003), a eficiência econômica dos fertilizantes fosfatados varia entre 80% e 95% da produção máxima de grãos de soja.

## **2.2 Fertilizantes solúveis e de baixa solubilidade**

Os fertilizantes fosfatados mais comumente disponíveis no mercado são divididos em três grupos: os fosfatos acidulados, os fosfatos naturais e os termofosfatos. Em se tratando dos fosfatos acidulados, estes correspondem a maior demanda no mercado, por apresentar elevada concentração de  $P_2O_5$  e alto poder de solubilidade em água, tornando o P prontamente disponível na solução do solo (NOVAIS, 2007).

Dentre os fosfatos solúveis, se destaca o monoamônio fosfato (MAP), produzido a partir da reação da amônia anidra ( $NH_3$ ) com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). Este fertilizante é caracterizado por possuir elevada concentração de N (9% a 10%) e de P (48% a 55%). E, por ser uma fonte solúvel, sua concentração na solução do solo aumenta rapidamente, tendo sua eficiência reduzida com o tempo, devido processo de adsorção do P, onde a maior parte do elemento fica preservada na fase sólida como P lábil, passando progressivamente a P não-lábil (RAIJ, 2011). O MAP é o fertilizante que apresenta a maior relação N/P, sendo o adubo mais vendido mundialmente.

Já os fosfatos naturais, conhecidos como fertilizantes de baixa solubilidade em água e boa solubilidade em ácidos fracos (ácido cítrico e citrato neutro de amônio) possuem a característica de liberação de fósforo de maneira mais lenta na solução do solo, com menor fixação de P (CAVALLARO JUNIOR, 2006). Dentre os adubos fosfatados naturais, a farinha de ossos calcinada (DAMACENO et al., 2018) e a cama de frango vêm ganhando espaço no meio produtivo.

Quanto à farinha de ossos calcinada, esta é obtida após o processo de queima de ossos a elevadas temperaturas e, após o processo de moagem, obtém-se em sua composição, alta concentração de óxido de cálcio (DAMACENO et al., 2018). O emprego da farinha de ossos voltado a uso agrícola vem sendo pesquisado nos últimos anos (PACHECO & YAMANAKA, 2006), obtendo respostas satisfatórias em culturas como soja e mandioca, além de ter sido observado aumento nos teores de Ca, Mg e P e melhorias nos

atributos físicos do solo (ROSCOE et al., 2006). Entretanto, a farinha de ossos calcinada apresenta baixa solubilidade, sendo que Ferro et al. (2013) relatam que este produto possui apenas 0,26% de P solúvel em água, mesmo com sua elevada concentração de  $P_2O_5$  total, que varia de 31 a 39% (AVELAR, et al., 2009; FERREIRA & BALBINO, 2014).

Segundo Simões (2011), com o emprego da farinha de ossos calcinada no capim Tifton, obteve-se produção de matéria seca de até 93% superior à produção gerada pela aplicação de superfosfato simples, demonstrando que a farinha de ossos pode suprir a demanda das plantas por nutrientes essenciais, como o P, devido a sua composição química. Estudos realizados por Costa et al. (2009) evidenciaram que a farinha de ossos bovinos pode suprir a demanda de plantas por nutrientes como o fósforo e o nitrogênio.

Outra importante fonte natural de nutrientes é a cama de aviário, a qual geralmente é utilizada *in natura*, contudo, devido à contaminações no solo, este produto vem passando por processos de industrialização, e sendo comercializada em forma de pó ou de farelo, obtendo-se resultados promissores, como uma fonte de nutrientes essenciais como o NPK. Segundo Ramos et al. (2009), a cada 100 g do esterco contém 1,36 g de nitrogênio, 3,3 g de fósforo e 1,23 g de potássio. Moraes et al. (2006), estudando potencialidade do uso da cama de frango na recuperação das pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*, constataram que a cama de frango promoveu a mesma produção de massa seca que os fertilizantes minerais.

A combinação de fontes orgânicas e inorgânicas pode ser promissora para a nutrição de plantas, sendo que a utilização de resíduos orgânicos estará preservando os recursos finitos, como os fertilizantes fosfatados provenientes da exploração de rochas fosfatadas. Azeez e Averbek (2010) e Diacono e Montemurro (2010), demonstraram que, em experimento em longo prazo, a combinação de fontes orgânicas e inorgânicas leva à maior disponibilidade de nutrientes, tendo como consequência, maior absorção pelas plantas, gerando aumento na produtividade de culturas agrícolas.

### **2.3 Dinâmica das formas de fósforo no solo**

Durante o processo de formação do solo, o P é liberado através de desagregação das frações minerais, ocorrendo a adsorção deste elemento

inorgânico na fração coloidal do solo e de outros componentes do solo (NOVAIS et al., 2007). Com a aplicação de fertilizante fosfatados no solo, seja orgânicos ou inorgânicos, ocorre a fixação do P no solo, a qual é mediada por processos geoquímicos e biológicos, o que pode provocar reduzida disponibilidade as plantas (OLANDER & VITOUSEK, 2004).

A adsorção de P aos coloides do solo para formar os compostos de alta energia, ocorrem predominantemente na fase sólida. Desta forma, uma pequena fração do nutriente tem baixa energia de ligação, possibilitando a dessorção do P e a disponibilidade às plantas, mesmo que os teores de P total no solo sejam elevados (GATIBONI, 2003).

No solo, o P é dividido de acordo com sua labilidade, ou seja, de acordo com sua facilidade de reposição na solução do solo. Assim, o fósforo (P) pode ser dividido dois importantes grupos, o fósforo orgânico (Po) e o fósforo inorgânico (Pi), e essas formas são distintas devido seu comportamento e destino no solo.

O fósforo inorgânico (Pi) pode ser dividido em duas formas, o P constituinte dos minerais primários ou estruturais e o P adsorvido, além do P presente na solução do solo, encontrado em pequenas quantidades. O P adsorvido pode ocorrer em todos os minerais presentes no solo, devido sua facilidade em formar complexos de alta energia de ligação, podendo assim estar ligado na superfície dos oxi-hidróxidos de Ferro (Fe), Alumínio (Al) e ao Cálcio (Ca), formando-se complexos de esfera interna, onde não ocorre interposição de moléculas de água entre os grupos funcionais de superfície e o íon fosfato (SPOSITO, 2008; TIECHER et al., 2012). Esta adsorção ocorre nos sítios ácidos de Lewis, onde os grupos OH e OH<sub>2</sub><sup>+</sup> ligados mono e tricoornadamente aos metais Ferro e Alumínio e são trocadas pelo fosfato, além disto, podem estar adsorvidas a matéria orgânica através das pontes de cátions.

De acordo com Novais et al. (2007) e Gomes et al. (2010), em solos tropicais, em razão ao elevado intemperismo, ocorre geralmente baixa saturação por bases, elevada acidez e elevados teores de Fe e Al, os quais se ligam ao fósforo inorgânico, limitando a disponibilidade de P as plantas.



Segundo Sims e Pierzynski (2005), a difusão do P em microporos e nas camadas de argila provocam sua contínua imobilização no solo.

Já o fósforo orgânico (Po), uma das fontes mais importantes de P às plantas, é correlacionado positivamente com o C orgânico, tornando-se disponível para as plantas por meio da sua mineralização. Esta forma pode representar até 80% o fósforo total do solo (CHEPKWONY et al., 2001; RHEINHEIMER & ANGHINONI, 2001), e é uma forma de P resultante da adição de resíduos vegetais no solo, tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (RHEINHEIMER et al., 2000).

Grande parte das formas de Po não são identificadas pois há grande variedade de compostos orgânicos que contém o fósforo em sua composição. Assim, as principais formas de fósforo orgânico são os fosfatos de inositol, que contém entre 10 a 80% do fósforo orgânico total, ácidos nucleicos com 3%, os fosfolipídios de 0,5 a 7% e ésteres fosfato >5%. Compostos como os ácidos nucleicos e fosfolipídios com ligação diéster, são facilmente mineralizáveis, enquanto os fosfatos monoésteres, como o fosfato de inositol, exibem ligações de alta energia, o que lhes atribui facilidade de interação com a fração inorgânica do solo, dificultando a mineralização (CELI et al., 1999; GIAVENO et al., 2010). A estabilidade destes compostos dependem de sua origem e interação com a fração mineral, uma vez que são utilizados pelos microrganismos como importantes fontes de carbono e elétrons.

O Po apresenta seu conteúdo minimizado por conversões nos ecossistemas, principalmente devido à conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e com deficiência de nutrientes (RHEINHEIMER et al., 2000). Além disso, o P pode ser imobilizado por incorporação da biomassa microbiana, constituindo-se na fração orgânica do P no solo (XU et al., 2015). Em solos intemperizados, a adsorção de P pode chegar a ordem de 11 toneladas de  $P_2O_5$  e que cerca de 50% desse pode ser fixado na fração não lábil (RIBEIRO et al., 1999; COSTA, 2017).

No solo, a dinâmica das formas de P são alteradas de acordo com os diferentes tipos de solo, onde o teor de argila bem como sua constituição mineralógica constata um fator importante para compreender como as formas de P se comportam. Desta forma, em solos muito intemperizados (oxídicos),

com elevado teor de argila como os Latossolos e Argissolos, classes estas, predominantes no Brasil e no Mato Grosso, exercerão predominantemente a função de drenos, reduzindo significativamente as formas de P lábeis no solo, enquanto aqueles pouco intemperizados, ricos em minerais primários silicatados, como os Neossolos, exercerão o papel de fonte, e quando há retenção de P aplicado ao solo, em formas lábeis ou não, ocasionados tanto pela precipitação do P em solução como formas iônicas de Fe, Al e Ca, ou ainda de forma mais significativa por adsorção aos óxidos de ferro e alumínio, presentes em grandes quantidades em solos tropicais altamente intemperizados (NOVAIS; SMYTH, 1999).

#### **2.4 Fracionamento de fósforo no solo**

O fracionamento de P utilizando diferentes extratores tem sido uma importante ferramenta para entender a disponibilidade e a solubilidade do P total no solo, uma vez que permite avaliar, além do P disponível quantificado por métodos de rotina, as formas do elemento no solo e sua distribuição, de modo a identificar possíveis alterações na dinâmica do nutriente no solo (PAVINATO, 2007; RODRIGUES, 2013).

Métodos voltados à extração de P do solo baseiam-se no pressuposto de que as formas de fósforo presentes no solo podem ser identificadas por meio do uso de medidas de extração sequencial em uma mesma amostra, de maneira que os reagentes utilizados tenham uma certa seletividade na extração pela dissolução de distintos compostos contendo fósforo (RODRIGUES, 2013), removendo o fósforo orgânico (Po) e inorgânico (Pi) desde as formas mais fracamente retidas no solo (lábeis e moderadamente lábeis), até as formas mais fortemente retidas (não-lábeis), divididas conforme a sua disponibilidade as plantas. São métodos de extração indicados principalmente, para ambientes que sofreram modificações e irão auxiliar a compreender a disponibilidade e solubilidade de P total (GATIBONI, 2013).

O método proposto por Hedley, Stewart e Chauhan (1982) tem como objetivo a quantificação simultânea de formas orgânicas e inorgânicas de P no solo, e vem sendo amplamente difundida nos últimos anos, especialmente em estudos voltados a avaliação da dinâmica do P, aliado aos diferentes usos do

solo, como manejo e adubação empregada. O método original pressupõe a adição sequencial de extratores de menor a maior força de extração, sendo eles: resina trocadora de ânions;  $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 8,5;  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  + ultrassonificação;  $\text{HCl}$   $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e digestão do solo residual com  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ .

Alguns pesquisadores propuseram modificações no método de Hedley, Stewart e Chauhan (1982), objetivando-se aumentar a eficiência da extração e sua viabilidade. Dentre elas, a de maior aceitação foi a proposta por Codron, Goh e Newman (1985), havendo a substituição da extração com  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  com ultrassonificação pela mesma extração, contudo, sem a ultrassonificação. Esta modificação tem sido vista como uma evolução no método de fracionamento, uma vez que, possibilitou maior eficácia de extração do  $\text{NaOH}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  com recuperação do fósforo orgânico de 89 a 93% do total, contra 46 a 70% no esquema original proposto no fracionamento de Hedley (GATIBONI et al., 2013).

Após as modificações nos métodos originais, pode-se obter a extração sequencial onde,  $P_i$  é extraído com resina trocadora de ânions ( $P_{i\text{RTA}}$ ),  $P_i$  e  $P_o$  extraídos com  $\text{NaHCO}_3$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  ( $P_{i\text{BIC}}$  e  $P_{o\text{BIC}}$ ),  $P_i$  e  $P_o$  extraídos com  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  ( $P_{i\text{HID-0,1}}$  e  $P_{o\text{HID-0,1}}$ ),  $P_i$  extraído com  $\text{HCl}$ ,  $P_i$  e  $P_o$  extraídos com  $\text{NaOH}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  ( $P_{i\text{HID-0,5}}$  e  $P_{o\text{HID-0,5}}$ ), além do P residual ( $P_{\text{Residual}}$ ), obtido após digestão do solo ao final de todas as extrações, conforme apresentado na Figura 1.

De maneira geral, a resina trocadora de ânions (RTA) é responsável pela extração de formas de  $P_i$  lábeis do solo, representando a fração que está sendo atraída por força eletrostática nos colóides e que está na solução do solo disponível para as plantas (RAIJ et al., 2001). Partes do  $P_i$  e do  $P_o$  que formam as frações facilmente disponibilizadas as plantas são extraídas com Bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ). A partir da solução com hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ), é extraído as formas orgânicas e inorgânicas, as quais são moderadamente lábeis e estão quimiossorvidas nos óxidos de Fe e Al. O  $P_i$  e  $P_o$  considerados não-lábeis ou dificilmente disponíveis para as plantas são extraídos com o extrator  $\text{NaOH}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ . Com a solução de  $\text{HCl}$  extrai-se os fosfatos de cálcio. E o P residual é determinado por meio de

digestão com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), representando o Pi o Po quimicamente estáveis (GATIBONI, 2003).

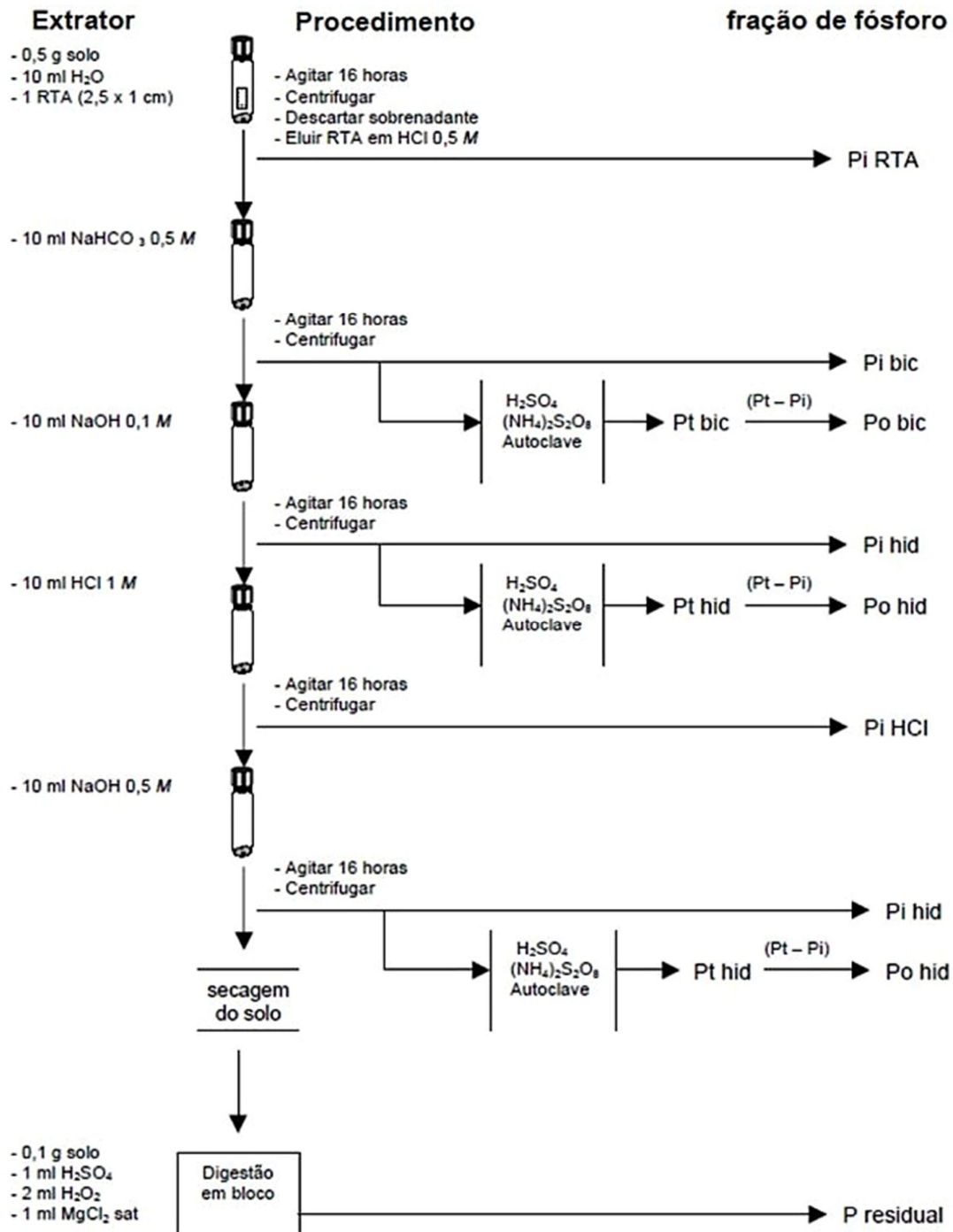


Figura 1 - Esquema do fracionamento de P segundo método de Hedley, Stewart e Chauhan (1982), com modificações de Condrón, Goh e Newman (1985). Fonte: (RODRIGUES, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, nas dependências da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus de Alta Floresta - MT, Brasil, nas coordenadas 55° 30' a 57° 00' de longitude Oeste e 9° 00' e 11° de latitude Sul, com altitude de 334 m. O clima de Alta Floresta, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger (2017), é tropical (Am) com duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa no verão (novembro a abril) e outra seca no inverno (maio a setembro), com temperatura média de 25,4 °C e precipitação média anual de 2.281 mm.

#### 3.2 Análise e classificação do solo

Inicialmente, foi realizada a análise de solo, amostrado na camada de 0,00 – 0,40 m de profundidade para determinação das características químicas e granulométricas, de acordo com o procedimento recomendado pela Embrapa (2009), no Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado do Mato Grosso, sendo as características descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Análise química e granulométrica dos solos, na camada 20 a 40 cm de profundidade, Alta Floresta – MT, 2018.

Classes	Prof. (m)	pH	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al
		H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----			
LVd	0-0,40	5,2	4,8	0,7	0,20	2,40	1,02	3,70
RQ	0-0,40	5,1	4,2	0,7	0,08	0,27	0,15	2,63
PAd	0-0,40	4,9	4,2	0,7	0,06	0,85	0,44	3,15

Classes	Prof. (cm)	T	SB	V	m	Areia	Silte	Argila
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	%	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
LVd	0-0,40	7,3	3,6	49,4	0,0	480	51	469
RQ	0-0,40	3,1	0,5	16,0	41,7	655	76	269
PAd	0-0,40	4,5	1,3	30,0	23,4	630	26	344

Fonte: Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar – LASAF, Alta Floresta-MT, 2018. Obs: T= CTC a pH 7; SB= Soma de bases; V= Saturação por base e m= Saturação por alumínio. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

As classes de solo utilizadas foram LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVd), ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PAd), e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (EMBRAPA, 2013).

Visando igualar a saturação por bases dos três solos, foi realizada 60 dias antes da semeadura, a correção do solo por meio de aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 85%, objetivando-se elevar a saturação por bases a 60%, conforme necessidade da cultura da soja.

### **3.3 Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 3x3, com 4 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de três fontes de fósforo (MAP, orgânico, organomineral) em três classes de solo (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, ARGISSOLO AMARELO Distrófico e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO).

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos, contendo 20 dm<sup>3</sup> de solo, preenchidos com solo e fertilizante de acordo com cada tratamento.

Todos os tratamentos receberam a dose de 170 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (NOVAIS, 1999), baseado no P total. Para isso, foram utilizadas como fontes de fósforo o mono-amonio-fosfato - MAP (51% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicando-se 3,27 g vaso<sup>-1</sup> (fonte mineral). Como fertilizante orgânico utilizou-se o formulado 04-20-03 (20% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), a base de cama de aviário moída + farinha de ossos bovino calcinada, aplicando-se 8,5 g vaso<sup>-1</sup> (base seca). Quanto ao tratamento com fertilizante organomineral, utilizou-se a dosagem de 1,63 e 4,25 g vaso<sup>-1</sup> de MAP e adubo orgânico, respectivamente. Todos os tratamentos foram balanceados com N e K, com objetivo de fornecer as mesmas condições para todos os vasos.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no mesmo dia da semeadura da soja. Neste momento, os fertilizantes granulados foram macerados, realizando-se a mistura entre solo e fertilizante com auxílio de uma betoneira, objetivando-se homogeneizar a mistura.

A cultivar de soja (*Glycine max* L.) utilizada foi a NS 8338 IPRO, com semeadura no dia 08 de dezembro de 2018, de forma manual, semeando-se

cinco sementes por vaso, com desbaste aos 10 dias após a emergência, mantendo uma planta por vaso. As sementes foram 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.

Ao fim do cultivo da soja foi realizada a semeadura da *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *ruziziensis*, em 14 de maio de 2019, sobre os restos culturais da soja, semeando-se 10 sementes por vaso, manualmente, com posterior desbaste aos 15 dias após a emergência, mantendo três plantas por vaso. Tanto para a soja quanto para a *U. ruziziensis* a irrigação foi realizada via aspersão, em três horários, aplicando-se uma lâmina de 6 mm ao dia.

### **3.4 Avaliações fitotécnicas da soja (*Glycine max* L.)**

Foram avaliados os seguintes parâmetros fitotécnicos: altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, diâmetro de caule, número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de 100 grãos, produtividade e teor de P nos grãos.

A altura de plantas foi determinada na época do pleno florescimento (R2) e a inserção da primeira vagem por ocasião da colheita, com auxílio de régua graduada, sendo que, para a altura de plantas, mediu-se da base da planta até o ponto de inserção do racemo floral no final da haste principal. Quanto ao diâmetro de caule, este foi obtido com auxílio de paquímetro digital, realizando-se a medição na base do caule.

Para determinação dos componentes produtivos da soja, a contagem de número de vagens e de grãos por planta foi realizada manualmente em todas as repetições. Após a debulha de todas as vagens, os grãos de cada planta foram pesados em balança de precisão (0,01 g) e, após a determinação do grau de umidade, se corrigiu os valores para 13% de água, sendo expressos em g planta<sup>-1</sup>. Quanto a massa de 100 grãos, sua determinação foi realizada após a determinação da produtividade, através contagem e pesagem de amostras de grãos de soja, em balança de precisão (0,01 g) e o valor extrapolado para massa de 100 grãos.

Para determinação de teor de P nos grãos ( $\text{g kg}^{-1}$ ), os mesmos foram secos, moídos e pesados (250 mg por amostra), e em seguida as mesmas foram submetidas a digestão com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ , e posteriormente realizada a determinação por espectrofotometria com azul-de-molibdênio, seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

### **3.5 Avaliações fitotécnicas da *Urochloa ruziziensis***

As avaliações fitotécnicas da forrageira *Urochloa ruziziensis* foram realizadas através da contagem no número de perfilhos por vaso<sup>-1</sup>, massa verde e seca de parte aérea, massa verde e seca de raiz, volume de raiz e teor foliar de P.

Aos 40 dias após a emergência foi efetuado o primeiro corte da forrageira, sendo estabelecido quando 75% dos vasos apresentavam plantas com 0,60 - 0,70 m de altura, mantendo um resíduo de 0,20 m de altura. Após cada corte, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel tipo kraft, e levadas para estufa, onde foram secas, a  $65 \pm 2$  °C, até a obtenção do peso constante. Após serem secas, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica obtendo a massa seca de parte aérea.

No total, foram realizados quatro cortes da *U. ruziziensis*, onde a massa seca resultante de cada corte foi moída em moinho tipo Willey e levada para Laboratório. Para determinação da concentração de P foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ), as amostras moídas foram pesadas (250 mg por amostra), em seguida submetidas a digestão com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$  para posterior determinação de P. A concentração foliar de P foi determinada por espectrofotometria com azul-de-molibdênio, seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

Após o último corte, foi determinado o volume de raiz por meio do método de proveta graduada e o resultado expresso em  $\text{cm}^3$ , seguindo os procedimentos de análise sugerida por Bouma et al. (2000).

### **3.6 Determinação do teor de P solúvel**

Para determinação do teor de P solúvel foi utilizada a extração pelo método da RTA (resina trocadora de ânions) em esferas, onde inicialmente, pesou-se 2,5 g da amostra, posteriormente adicionou-se 25 mL de água



destilada, e em seguida colocou-se uma esfera de vidro, agitando-se por 15 minutos em agitador circular horizontal a 170 rpm para a desagregação do solo. Posteriormente, a esfera de vidro foi retirada, e adicionou-se 2,5 cm<sup>3</sup> de resina, com auxílio de cachimbo provido de fundo de malha de poliéster.

Em seguida, a amostra foi colocada em agitação por 16 horas em agitador a 33 rpm, onde em seguida separou-se a resina com peneira com malha de poliéster de 0,4 mm para um recipiente coletor, contendo 40 mL de NH<sub>4</sub>Cl 0,8 mol l<sup>-1</sup> + HCl 0,2 mol l<sup>-1</sup>. Posteriormente, deixou-se os recipientes abertos por 30 minutos visando a liberação do CO<sub>2</sub> e, agitou-se por 60 minutos em agitador circular horizontal a 130 rpm, e retirou-se uma alíquota do sobrenadante para determinação do fósforo disponível. O fósforo dos extratos foi determinado segundo a metodologia de Murphy e Riley (1962).

### 3.7 Fracionamento de fósforo

Um dos principais focos deste estudo foi avaliar o efeito das fontes fosfatadas sob as frações orgânicas e inorgânicas de P no solo, em diferentes classes de solo ao longo do período de cultivo da soja e da *Urochloa ruziziensis*. Diante disto, realizou-se uma coleta aos 270 dias após a implantação do experimento, sendo realizado o fracionamento em todas as amostras de todas as unidades experimentais, seguindo a metodologia proposta por Hedley, Stewart e Chauhan (1982), com modificações de Condrón, Goh e Newman (1985), sendo descritas a seguir:

Inicialmente, pesou-se amostras de 0,5 g de solo, e estas foram submetidas a diferentes soluções extratoras em ordem sequencial, sendo eles:

- A)** resina de troca de ânions - RTA (lâmina de RTA imersa em 10 mL de H<sub>2</sub>O em contato direto com o solo), extraindo P<sub>RTA</sub> (inorgânico);
- B)** 10 mL de NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, extraindo P<sub>Bic</sub> (inorgânico e orgânico);
- C)** 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, extraindo P<sub>Hid-0,1</sub> (inorgânico e orgânico);
- D)** 10 mL de HCl 1,0 mol L<sup>-1</sup>, extraindo P<sub>HCl</sub> (inorgânico);
- E)** 10 mL de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, extraindo P<sub>Hid-0,5</sub> (inorgânico e orgânico).

A partir dos extratos B, C e E retirou-se uma alíquota para análise do Pt, visando quantificar o Po de cada fração, sendo este obtido por diferença entre o Pt e o Pi de cada extrato. O solo residual no tubo foi submetido à

digestão com  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$  para obtenção do P residual ( $P_{\text{Residual}}$ ). O fósforo dos extratos ácidos, além das digestões totais (B, C e E) foram quantificados seguindo a metodologia de Murphy e Riley (1962). Para os extratos alcalinos (B, C e E), a determinação do P inorgânico foi feita segundo Dick e Tabatabai (1977).

Para classificar cada fração extraída, utilizou-se as recomendações de Gatiboni (2003), onde as frações de P quantificadas foram agrupadas segundo a labilidade do P predita pelos extratores, em que considerou-se como fósforo lábil, as frações de  $P_i$  extraído por resina (RTA) e os teores de  $P_o$  e  $P_i$  extraídos por bicarbonato de sódio; como fósforo moderadamente lábil considerou-se, os teores de  $P_i$  e  $P_o$  extraídos por hidróxido de sódio a  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  e o  $P_i$  extraído por ácido clorídrico; como teores de  $P_i$  e  $P_o$  não lábeis foram considerados os extraídos por hidróxido de sódio a  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ; como teores de fósforo residual (recalcitrante), foram considerados aqueles extraídos por ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. Para o fósforo total, utilizou-se a somatória de todas as frações extraídas anteriormente.

### **3.8 Análise dos dados**

Os dados de todas as avaliações foram submetidos a análise de variância sendo as médias obtidas sob influência da aplicação de fontes de fósforo e classes de solos, comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Para o fósforo solúvel e fracionamento de P, as análises foram realizadas utilizando-se o software BioEstat (versão 5.2) e o nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fósforo disponível durante o cultivo da soja e da forrageira

#### *Urochloa ruziziensis*

Os resultados para os teores de P disponível em oito coletas de solo, determinado pelo extrator RTA (resina trocadora de ânions) em esferas são apresentados na Tabela 2. Para as fontes de P, respostas significativas foram obtidas em todas as coletas de solo. Quanto ao cultivo em diferentes classes de solo, o Neossolo apresentou maiores teores de P nas três primeiras coletas. Houve interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores (fontes de P x classes de solo) no teor de P no solo, nas coletas referente aos 150 e 180 dias.

Aos 30 DAS, observa-se maiores teores de P disponível com adubação mineral e organomineral. Comportamento semelhante foi observado na 2ª coleta (60 DAS), onde o adubo mineral proporcionou maior teor de fósforo que o fertilizante orgânico e organomineral (Tabela 2). Estes resultados estão relacionados a solubilidade da fonte aplicada, onde o fertilizante mineral MAP, é uma fonte altamente solúvel, e ao ser aplicada no solo, aumenta rapidamente a sua concentração na solução, contudo, sua eficiência é reduzida ao longo do tempo, em decorrência dos processos de adsorção (NOVAIS & SMITH, 1999).

A partir dos 90 DAS, o fertilizante orgânico apresentou maiores teores de P disponível no solo, diferenciando-se estatisticamente do fertilizante mineral e organomineral, confirmando a solubilização mais lenta da fonte orgânica aplicada.

Assim como no presente estudo, Ourives et al. (2010), comparando o teor de fósforo no solo, também encontraram maiores teores com a aplicação de formulado composto por cama de aviário (12%) e farinha de ossos calcinado (5%), quando comparados com fertilizantes convencionais. De acordo com Novais e Smith (1999) e Cezar (2001), as fontes de P naturais são pouco solúveis em água, e se dissolvem de maneira lenta na solução do solo, com isso, tendem a aumentar a disponibilidade de P ao longo do tempo, onde a longo prazo, sua eficiência pode aumentar e apresentar efeito residual maior que fosfatos de fontes solúveis.

Tabela 2- Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Teores de P no solo resultantes de oito coletas durante o cultivo da soja e *Urochloa ruziziensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias	210 dias	240 dias
	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----							
Fontes de P (F)								
Mineral	26,23 a	20,19 a	11,91 c	11,87 b	9,78	10,67	8,68 c	14,71 b
Orgânico	16,93 b	14,02 b	21,59 a	18,76 a	18,90	17,15	16,29 a	21,70 a
Organomineral	23,23 a	16,84 b	15,68 b	14,22 b	15,59	13,76	11,01 b	16,71 b
Valor de F	13,71**	7,73**	49,03**	9,25**	30,10**	39,18**	53,08**	22,48**
Classes de solo (C)								
LVd	19,71 b	14,43 b	12,76 c	16,15	11,76	13,29	11,24	17,42
PAd	21,68 b	16,84 b	16,44 b	12,78	11,90	14,10	12,81	18,45
RQ	25,00 a	19,78 a	19,99 a	15,92	20,61	14,19	11,93	17,32
Valor de F	4,34*	5,81**	26,90**	2,66 ns	36,24**	0,92 ns	2,16 ns	0,68 ns
Interação F x C								
Valor de F	1,80 ns	0,32 ns	11,63 ns	2,25 ns	7,12**	4,55*	2,42 ns	0,62 ns
CV (%)	20,05	22,62	14,72	26,66	19,75	12,94	15,45	14,76

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significante, significante a 1% e significante a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. DAS= Dias após a semeadura.

Caione (2011) observou que a farinha de ossos promoveu elevação do P no solo extraído por resina, sendo mais eficiente na elevação de fósforo durante o cultivo da Cana, em que o superfosfato triplo foi eficiente na disponibilização de P apenas no início do cultivo.

Quanto às classes de solo, maiores teores de P disponível foram observados no RQ aos 30, 60, 90 e 150 DAS. O LVd apresentou menores teores de P em todas as coletas, permanecendo abaixo da média das demais classes de solo utilizadas neste estudo, conforme apresentadas na Tabela 2.

De acordo com Santos et al. (2008), os maiores teores de P observados no RQ ocorrem por se tratar de solos mais jovens e pouco intemperizados, sendo que o P ocorre em minerais primários, e a maior parte deste elemento ocorre na forma orgânica ou inorgânica, estando fracamente adsorvida aos minerais secundários, podendo assim, ser facilmente disponibilizada na solução do solo. Já LVd são solos altamente intemperizados (oxídicos), com elevado teor de argila (46% - Tabela 1), o qual exercem predominantemente a função de dreno de P, ocasionando a retenção de P aplicado no solo, devido a adsorção aos óxidos de Fe e Al, que estão presentes em grandes quantidades neste solo, provocando baixa disponibilidade na solução do solo (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Corroborando com o presente estudo, Mesquita et al. (2004), avaliando teores de P no solo por RTA, sob cultivo de forrageiras Mombaça, Marandu e Andropogon em vasos, também observaram maiores teores de P solúvel em RQ, no qual o teor de argila é menor (21%), e conseqüentemente menor é a adsorção de P no solo.

Em relação à redução na disponibilidade de P no RQ nas três últimas coletas, aos 180, 210 e 240 dias (Tabela 2), este comportamento indica que no solo arenoso a disponibilidade de P foi mais rápida inicialmente entre os 30 e 90 dias, e após este período houve a estabilização dos teores de P adsorvido na fração trocável a disponibilidade permaneceu constante (MACHADO; SOUZA et al., 2012).

Para melhor entender os resultados obtidos no presente trabalho, outro fato a se considerar é que o fertilizante orgânico utilizado no presente estudo é composto por cama de frango, e os resultados obtidos corroboram

com Ribeiro et al. (1999), que destacam que o uso de cama de frango, promove melhorias na agregação das partículas de solos arenosos, aumento da capacidade de retenção de água, e da disponibilidade de nutrientes por processos de mineralização, ocorrendo a diminuição da fixação de fósforo no solo e maior disponibilidade para as plantas.

Aos 150 DAS (Figura 2A) observa-se que com aplicação do adubo orgânico e organomineral houve maiores médias no RQ, sendo superiores em 166% e 126%, comparados ao fertilizante mineral, respectivamente, o que pode ter ocorrido em função da solubilização mais lenta dessas fontes e da menor adsorção nesta classe de solo. Apenas com aplicação do fertilizante mineral não houve diferença entre as classes de solo.

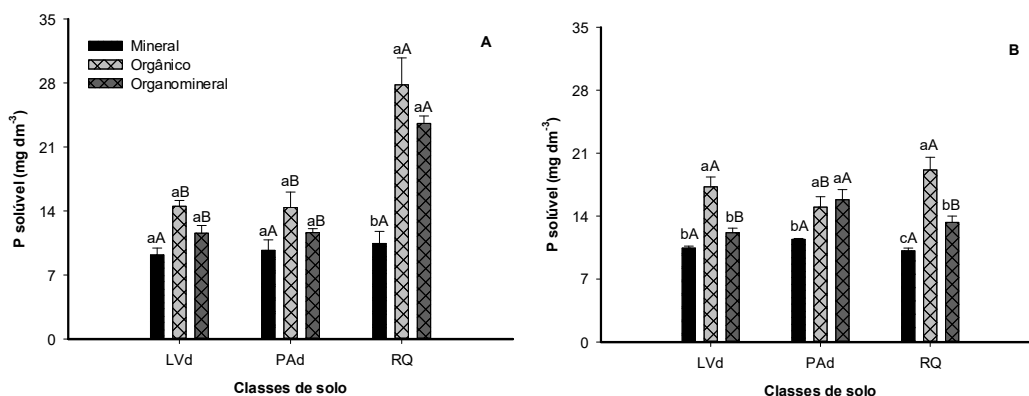


Figura 2 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para teores de P solúvel. Valores de P no solo referente as coletas de solo aos 150 dias (A) e 180 dias (B) em cultivo de *Urochloa ruziziensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média ( $n=4$ ).

Aos 180 dias (Figura 2B), o P solúvel no LVd, PAd e RQ foram maiores com a aplicação de fertilizante orgânico não diferenciando-se significativamente do organomineral apenas no PAd. Com aplicação da fonte mineral não ocorreu diferença entre as classes. Com aplicação da fonte orgânica, o P disponível no RQ e LVd foi superior quando comparado ao PAd. Com adubação organomineral, o PAd teve o maior teor que as demais classes.

Os resultados observados para o P disponível (Figura 2 A e 2 B) aos 150 e 180 dias corroboram com Santos et al. (2008), pois estes autores

afirmam que os RQ são pouco intemperizados e a maior parte do P ocorre na forma orgânica ou inorgânica, estando fracamente adsorvida aos minerais secundários e podendo ser facilmente disponibilizada na solução do solo.

#### **4.2 Frações de P no solo**

Quanto às fontes de P, observa-se que houve resposta significativa em todas as frações, com exceção do  $P_{Residual}$ . Para as classes de solo, todas as frações responderam significativamente. Os resultados indicam que houve interação ( $p < 0,05$ ) entre as classes de solos e as fontes de P somente para  $P_{BIC}$ ,  $P_{OBIC}$  e  $P_{HCl}$  (Tabela 3).

A primeira fração é a extraída por resina de troca aniônica (RTA), e é considerada lábil, prontamente disponível às plantas. Observa-se que houve resposta significativa para as fontes e classes de solo. Quanto às fontes, o fertilizante mineral MAP proporcionou os maiores teores de P inorgânico lábil, com 64% e 29% superiores ao adubo orgânico e organomineral, respectivamente, indicando que as fontes pouco solúveis demandam maiores períodos para estarem prontamente disponíveis para as plantas.

Para as classes de solos, a maior quantidade de P lábil foi observada no RQ, sendo estatisticamente superiores ao LVd e PAd, sugerindo que estes resultados são condizentes com o maior teor de argila e presença de óxidos de Fe e Al no LVd e PAd em relação ao RQ, em acordo com Novais e Smyth (1999), os quais indicam que, entre outros, estes são fatores do solo que podem influenciar a adsorção de fósforo no solo.

Tabela 3 - Valores de F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para frações de P do fracionamento de Hedley resultantes do cultivo da soja e *Urochloa ruziziensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	P <sub>iRTA</sub>	P <sub>iBIC</sub>	P <sub>oBIC</sub>	P <sub>iHID-0,1</sub>	P <sub>oHID-0,1</sub>	P <sub>iHCl</sub>	P <sub>iHID-0,5</sub>	P <sub>oHID-0,5</sub>	P <sub>residual</sub>	P <sub>total</sub>
----- (mg kg <sup>-1</sup> ) -----										
Fontes de P (F)										
Mineral	2,90 a	1,88	54,22	38,19 b	229,30 a	2,36	33,22 b	125,71 b	222,63	716,36 b
Orgânico	1,77 c	1,13	48,95	36,70 b	194,69 b	5,05	42,52 a	188,16 a	226,12	770,20 a
Organomineral	2,24 b	1,36	44,62	44,39 a	185,83 b	3,06	41,02 a	116,51 b	229,50	676,60 b
Valor de F	21,61**	26,16**	6,71**	12,75**	4,95*	32,36**	13,39**	19,99**	0,18 ns	6,38**
Classes de solo (C)										
LVd	2,04 b	1,35	54,27	56,45 a	310,81 a	2,66	43,45 a	235,70 a	303,24 a	1015,65 a
PAd	2,15 b	1,51	42,91	33,53 b	156,84 b	3,43	35,24 b	149,57 b	276,33 b	724,21 b
RQ	2,52 a	1,51	50,61	29,30 c	142,68 b	4,37	28,07 b	45,12 c	98,68 c	423,32 c
Valor de F	3,76*	1,68*	9,77**	163,66**	81,08**	12,28**	47,85**	119,84**	195,50**	253,79**
Interação F x C										
Valor de F	1,60 ns	4,20**	8,17**	1,41 ns	1,93 ns	13,69**	1,97 ns	1,53 ns	0,74 ns	0,83 ns
CV (%)	19,16	17,68	13,04	9,95	17,59	24,28	12,15	21,05	12,18	8,93

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significante, significante a 1% e significante a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.



Os resultados do desdobramento da interação ( $p < 0,05$ ) entre as classes de solos e as fontes de P sobre o P inorgânico e orgânico, encontram-se na Figura 3. O fósforo extraído por  $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , corresponde frações de P inorgânico e orgânico também disponíveis e sensíveis à mudanças na solução do solo pela absorção pelas plantas, que juntamente com a fração resina compõem a fração lábil de P no solo (GATIBONI, 2003).

Quanto ao P inorgânico (Figura 3 A), verifica-se o fertilizante mineral proporcionou os maiores teores de P inorgânico lábil em todas classes de solo, onde, somente no LVd não houve diferença entre a adubação mineral e organomineral. Analisando-se o efeito de cada fonte de P nas classes de solo, se observa que o adubo orgânico proporcionou diferença estatística, onde foram maiores os teores de  $\text{P}_i$  lábil no RQ, com acréscimo de 57,89%, comparado ao LVd e PAd.

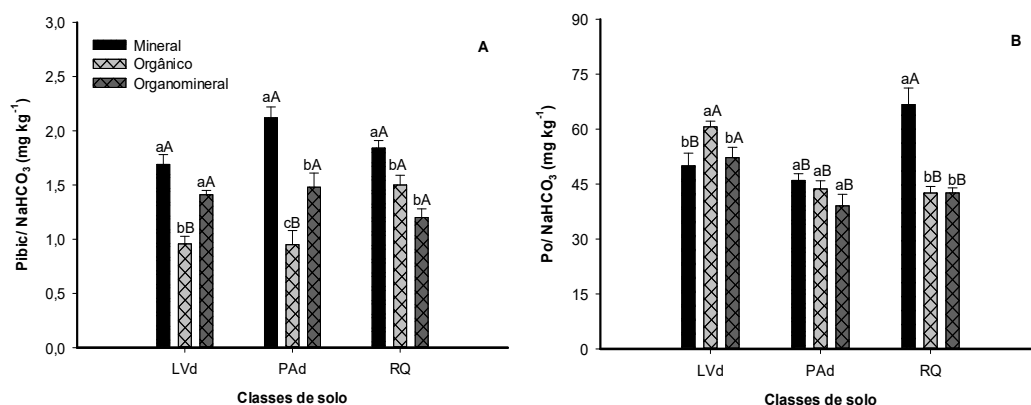


Figura 3 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para  $\text{P}_i$  e  $\text{P}_o$  lábil extraído por bicarbonato. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média ( $n=4$ ).

Resultados observados por Olibone e Rosolem (2010) corroboram com o presente estudo, em que a aplicação de fertilizantes fosfatados promoveu mudanças na fração lábil de P inorgânico com o uso de fontes solúveis. Segundo Dobermann et al. (2002) e Santos (2005), a adubação fosfatada é responsável pela alteração no  $\text{P}_{\text{BIC}}$ , onde as fontes solúveis tendem a aumentar mais em relação às fontes naturais, assim como observados no presente estudo.

Independente da classe de solo ou da fonte de P, as frações inorgânicas lábeis apresentaram-se em baixas concentrações, o que comprova a dificuldade da manutenção do conteúdo prontamente disponível para as plantas, visto que esta fração representa o  $P_i$  fracamente adsorvido à matriz mineral do solo.

Para o P orgânico (Figura 3 B), observa-se que o fertilizante orgânico e organomineral proporcionaram maior teor de fósforo orgânico lábil no LVd, sendo significativamente superior ao PAd e RQ. Em relação ao fertilizante mineral, maiores teores de  $P_{O_{BIC}}$  foram observados no RQ, diferenciando-se do LVd e PAd com 33% e 45% de superioridade. No PAd, independente da fonte aplicada, não houve diferença estatística.

O predomínio de  $P_o$  sobre  $P_i$  encontrado neste estudo, corroboram com resultados obtidos em diversos trabalhos Duda et al. (2013) e Partelli (2009), em que os autores comentam que esta fração geralmente representa de 20 a 80% de todo o fósforo no solo, e que pode ser facilmente disponível as plantas após o processo de mineralização, que ocorre principalmente sob condições climáticas em solos tropicais e subtropicais e pela atividade microbiana do solo (GATIBONI et al., 2005).

De acordo com Rheinheimer e Anghinoni (2001), a ocorrência das formas orgânicas no solo são dependentes de reações biológicas e a presença de resíduos nas camadas superficiais do solo favorecem a maior transformação do P inorgânico em formas orgânicas lábeis. Desta forma, como foi realizado o cultivo de soja e pastagem em subsequência, não houve o revolvimento do solo e os resíduos das culturas mantiveram-se sobre o solo ao decorrer de todo o cultivo. Com isso, os resultados de  $P_{O_{BIC}}$  podem ser atribuídos à maior atividade biológica das plantas e da biomassa microbiana do solo, sendo que tal atividade seria a responsável pela produção de compostos orgânicos fosfatados a partir do P inorgânico (BUNEMANN et al., 2008).

Sharpley e Sisak (1997) relataram que a aplicação de esterco aumenta a atividade microbiana e inicialmente sequestra o P para essa fração ( $P_{O_{BIC}}$ ), mas ao longo de tempo este é disponibilizado para as plantas pela sua mineralização.

Os valores positivos entre o Po lábil e o P disponível (RTA – item 4.1) aparentemente revelam similaridade entre os mecanismos de mobilização do Po no reservatório lábil (GUERRA et al., 1996), confirmando a contribuição da forma orgânica de P na disponibilidade para as plantas.

Os resultados para  $Pi_{HID-0,1}$  moderadamente lábil (Tabela 3), que compreende ao P ligado aos óxidos de Fe e Al, mostram aumento nos teores de fósforo inorgânico com a aplicação de fertilizante organomineral, com porcentagens de 21% e 16% superiores ao adubo orgânico e mineral, o que indica que com a aplicação de MAP + adubo orgânico composto por osso calcinado e cama de frango, pode ter ocorrido um equilíbrio na adsorção do P entre as fontes solúveis e pouco solúveis empregadas. Quanto as classes de solo, verifica-se que no LVd foram maiores os teores de Pi moderadamente lábeis, com 68% e 93% superior ao PAd e RQ, respectivamente.

Comparando-se as frações  $Pi_{BIC}$  com as frações de  $Pi_{HID-0,1}$  (Tabela 3), se observa que a  $Pi_{HID-0,1}$  representou a maior proporção de P, indicando que grande parte do P aplicado ao solo é adsorvido rapidamente, ficando pouco disponível na solução do solo. Tokura et al. (2011) relatam que os teores desta fração são maiores em LATOSSOLO do que em NEOSSOLO, o que pode ser atribuído aos teores mais elevados de Fe e Al, provavelmente formando ligações com a fração coloidal, os quais apresentam alta capacidade de imobilização de P.

Oliveira Filho (2012) e Tokura et al. (2011) também encontraram maiores teores nesta fração do que na fração Pi lábil. Estes autores sugerem que a fração  $Pi_{HID-0,1}$  é o principal amortecedor das frações mais lábeis do solo. Desta maneira, como as formas mais lábeis são consumidas pelas plantas e microorganismos, uma porção da fração Pi moderadamente lábil oculta, é convertida em  $Pi_{BIC}$ , continuando a tamponar o sistema de disponibilidade de P para as plantas, e com o passar do tempo, formas mais estáveis de P são formadas, aumentando o “pool” de P não-lábil (RAIJ, 1991). De acordo com Conte et al. (2003) e Gonçalves e Meurer et al. (2009), a partir a aplicação de fertilizantes, maior é o teor de P na fração Pi moderadamente lábil, principalmente em solos mais ácidos.

O fósforo orgânico moderadamente lábil ( $P_{\text{HID-0,1}}$ ) foi influenciado pelas fontes de P (Tabela 3), em que, a partir da aplicação do adubo mineral os teores de  $P_{\text{HID-0,1}}$  foram maiores que em todas as demais fontes. As classes de solo também influenciaram as frações de fósforo orgânico moderadamente lábil, onde o LVd apresentou as maiores médias, se diferenciando dos demais solos.

O incremento obtido no teor de Po no LVd foi 98% e 118% superiores aos encontrados no PAd e no RQ. Esse resultado pode ser explicado se compararmos as frações  $P_{\text{BIC}}$  com as frações de  $P_{\text{HID-0,1}}$ , onde se observa que a  $P_{\text{HID-0,1}}$  representou a maior proporção de P. De acordo com Novais e Smyth (1999) e Rheinheimer et al. (2008), é comum em solos muito intemperizados como os LATOSSOLOS, o Po predominar na forma orgânica estabilizada química e fisicamente, resultando em baixos teores de P na solução do solo.

Diante desses fatos, vale salientar que a fração de P com menor estado de labilidade é uma importante fonte para manutenção das plantas, atuando tanto como fonte quanto como dreno para solução do solo (HEDLEY; STEWART; CHAUHAN, 1982), dependendo da sua composição mineralógica, manejo e adubações do solo, entre outros (CALEGARI et al., 2013; TIECHER et al., 2012). Além disso, muitos estudos relatam que a passagem dessas formas de P, orgânicas e inorgânicas, para frações mais lábeis do solo é frequentemente mediada pela atividade dos microorganismos do solo (MENDES; JUNIOR, 2003; WU et al., 2005; MOHAPATRA et al., 2013).

Na Figura 4 verifica-se que em todas as classes de solos, o fertilizante orgânico proporcionou os maiores teores de P inorgânico moderadamente lábil, onde apenas no LVd, o adubo mineral e orgânico não se diferenciaram entre si. Quanto as classes de solo, os maiores teores de P inorgânico moderadamente lábil foram obtidos no RQ, o qual não se diferenciou do organomineral no PAd.

A fração de P extraída com  $\text{HCl } 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ , representa o  $P_i$  adsorvido com maior energia as superfícies dos minerais e a fração de  $P_i$  ligado ao cálcio, formando o fosfato de cálcio altamente estável (CROSS; SCHLESINGER, 1995; DAMACENO, 2015), a qual pode ser proveniente dos

minerais primários do solo, de fosfatos de cálcio e também da adição de fertilizantes fosfatados sem solubilização prévia.

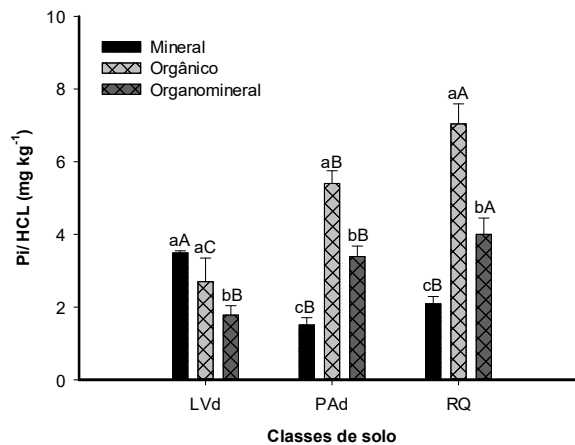


Figura 4 - Desdobramento da interação entre classes e fontes para Pi moderadamente lábil extraído por ácido clorídrico. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Letras minúsculas comparam as fontes de P na mesma condição de solo, enquanto letras maiúsculas comparam o efeito de cada fonte de P nos diferentes solos. Barras sobre representam o erro padrão da média ( $n=4$ ).

No presente estudo, utilizou-se adubo orgânico composto por cama de frango e farinha de ossos calcinada. A farinha de ossos calcinada apresenta elevados teores de Cálcio, resultante da queima de ossos, desta forma, o fornecimento de Ca pode ter favorecido a ligação Ca-P e ter resultados nos maiores teores de Pi moderadamente lábeis nesta fração com a aplicação do adubo orgânico. Caione (2011), ao trabalhar com aplicação de farinha de ossos em cultivo de cana de açúcar, observou maiores teores de Ca no solo, reforçando o resultado obtido neste estudo.

Quanto as frações de Pi e Po não lábeis (Tabela 3), observa-se que para a fração Pi não lábil, maiores foram os teores com a aplicação do adubo orgânico e organomineral. Para as classes de solo, o LVd proporcionou maiores teores de P inorgânico não-lábil, em que o RQ apresentou os menores teores, evidenciando a maior adsorção de P em LVd.

A fração Pi extraída com hidróxido de sódio a  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , é considerada a fração que se encontra química ou fisicamente protegida por microagregados no interior do solo, tendo dificilmente reversibilidade no solo. No presente estudo, de modo geral, observou-se que o LVd têm tendência ao

acúmulo de P em formas não-lábeis, quando submetidos a adubações com fertilizantes de baixa solubilidade, e até mesmo com fertilizantes solúveis. Tais características são amplamente difundidas no estudo da dinâmica do P em solos intemperizados, sendo que as maiores proporções do P em solos ocorrem em formas não-lábeis (NOVAIS; SMITH, 1999).

Quanto ao P orgânico não lábil, a aplicação adubo orgânico proporcionou maiores teores para esta fração, sendo significativamente superior a fonte mineral e organomineral. Nesta fração, em relação as classes de solos, maiores teores de  $P_{\text{HID-0,5}}$  foram obtidos em LVd, sendo estatisticamente superior aos demais solos, sendo observados no RQ os valores mais baixos para esta fração.

Os maiores valores observados Po não lábil com a aplicação do adubo orgânico, provavelmente está relacionado ao poder de solubilidade destes adubos, os quais apresentam baixa solubilidade em água e não são imediatamente disponibilizados e aproveitável pelas plantas, necessitando que ocorra a acidificação para a solubilização do fósforo presente, da mesma forma que ocorre nos fosfatos de rocha, contudo para esta fração, dificilmente ocorre a disponibilização de P na solução do solo (DINIZ et al., 2008; KOZEN; ALVARENGA, 2010; FERRO et al., 2013).

De acordo com Giaveno et al. (2010), com aplicação de fontes orgânicas de P, ocorre predominantemente formas de Po não lábil no solo, o que pode ser explicado pela maior formação de fosfatos de monoésteres (fosfato de inositol), o qual é o mais abundante dentre as formas de P orgânico e, apresentam ligações de alta energia, aumentando sua capacidade de interação com a fração inorgânica do solo e, dificilmente é mineralizado, e a estabilidade destes compostos dependem de sua origem e interação com a fração mineral, uma vez que são utilizados pelos microrganismos como importantes fontes de carbono e elétrons.

Quanto ao maior P não lábil no LVd, Villani et al. (1993) descrevem que nos solos mais argilosos há forte predomínio do dreno-solo sobre o dreno-planta pelo que se adiciona como fertilizante, enquanto nos solos mais arenosos o dreno-planta é predominante, e a formação de formas não-lábeis

de P são significativamente menores (GONÇALVES et al., 1989), e isso resultaria no maior potencial produtivo dos solos arenosos.

Quanto as frações de  $P_{\text{residual}}$ , verifica-se que não houve resposta significativa quanto as fontes de P, indicando fontes solúveis e pouco solúveis não alteram esta fração. Em relação as classes de solo, o LVd apresentou os maiores teores de  $P_{\text{residual}}$ . De acordo com Fernandes et al. (2002) e Rodrigues et al. (2016) este resultado é esperado em solos ácidos e ricos em óxidos de Fe e Al, uma vez que, tais solos têm alto conteúdo de minerais fortes adsorventes de P, como hematita, goethita e gibbsita, o que resulta em má recuperação de P de fertilizantes pelas lavouras, causando a necessidade de fertilização frequente de P para manutenção da produção agrícola os maiores teores dessa forma de P no LVd.

Para os teores de  $P_{\text{total}}$ , resultantes do somatório de todas as frações de P, houve diferença estatística para de fontes de P e para as classes de solo (Tabela 3). Verifica-se o maior teor foi obtido a partir da aplicação do fertilizante orgânico, sendo significativamente superior ao adubo organomineral e mineral. Quanto as classes de solo, o maior teor de  $P_{\text{total}}$  foi obtido no LVd, com 140% e 40% superior ao RQ e PAd, respectivamente.

A maior média obtida para o  $P_{\text{total}}$  com adubação orgânica, indica que a eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados naturais podem ser suficientemente elevada para se obterem resultados compatíveis à aplicação dos fosfatos solúveis (GATIBONI et al., 2003; CHIEN et al., 2011), apresentando-se adequados para o uso em culturas sequestras ou de ciclos maiores (SZILAS et al., 2007). Em estudo, Tiecher et al. (2013) demonstraram que após 154 meses o teor de P disponível no solo e a produção anual de forragem foram equivalentes com a aplicação de hiperfosfato de Gafsa e fosfatos solúveis.

Como observado no presente estudo, o LVd apresentou maior teor de  $P_{\text{total}}$ , e o RQ apresentou os menores teores, provavelmente em virtude da menor acumulação de resíduos que ocorrem no RQ, pelo fato de que em solos arenosos a mineralização do P é muito mais acentuada que em solos argilosos, além do menor teor de P no material de origem do solo, uma vez que o quartzo é o mineral primário predominante (RODRIGUES et al., 2013), diferentemente

dos solos argilosos, que possuem maior teor de argila e óxidos como, hematita e goethita, tendo maior afinidade pela adsorção de P, com menor acúmulo em frações mais lábeis e menor aproveitamento pelas culturas (JACOMINE et al., 1973).

De acordo com Rodrigues et al. (2013), Tiecher et al. (2012) e Rheinheimer et al. (2008), independente da natureza química, o fósforo é dividido de acordo com a facilidade em que repõe a solução do solo. A divisão em formas lábeis, moderadamente lábeis e não-lábeis auxiliam na compreensão da dinâmica do P no solo de acordo com os diferentes tipos de solos, condições ambientes e fontes de adubos utilizadas.

### 4.3 Avaliações fitotécnicas para a cultura da soja

Analisando-se os resultados, pode-se observar que na cultura da soja, somente para altura de plantas houve resposta significativa entre as diferentes fontes de fósforo. A altura de inserção de primeira vagem e diâmetro de caule apresentou diferença significativa entre as classes de solo. Não houve interação entre as fontes de P e classes de solo (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para altura de plantas (AP), altura de inserção de primeira vagem (AIV) e diâmetro de caule (DC) de plantas de soja, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	AP ----- (cm)	AIV -----	DC (mm)
<b>Fontes de P (F)</b>			
Mineral	61,94 a	17,06	8,25
Orgânico	52,16 b	15,08	8,03
Organomineral	60,20 a	14,58	7,53
Valor de F	6,50**	1,88 ns	2,23 ns
<b>Classes de solo (C)</b>			
LVd	56,83	17,16 a	7,17 b
PAd	57,72	16,25 a	9,48 a
RQ	59,75	13,31 b	7,17 b
Valor de F	0,53 ns	4,41*	29,16**
<b>Interação F x C</b>			
Valor de F	1,00 ns	1,73 ns	0,39 ns
CV (%)	12,18	21,28	10,78

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significativa, significativa a 1% e significativa a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.



Para a altura de plantas, a maior resposta foi observada com a aplicação do adubo mineral (MAP) isolado e quando utilizado o adubo organomineral, com médias 18,75% e 15,41% superiores em altura, respectivamente, em relação ao fertilizante orgânico. Este resultado pode estar relacionado a maior solubilidade do adubo mineral e organomineral logo após a aplicação no solo, proporcionando maior crescimento inicial das plantas de soja, diferentemente do adubo orgânico, o qual disponibiliza P gradualmente.

De acordo com Oliveira Júnior et al. (2008) e Valadão Júnior et al. (2008), o P está entre os macronutrientes que mais limitam o desenvolvimento das plantas, onde, em casos de deficiência, ocorre redução no porte da planta e na altura de inserção de primeira vagem, onde no presente estudo, apesar de ter existido diferença entre as fontes de P, estas proporcionaram valores de altura de plantas satisfatórios, considerando o recomendado por Sedyama et al. (2005) e Alcântara Neto et al. (2010) para colheita mecanizada, que é em torno de 0,50 a 0,60 m, indicando que a quantidade de P aplicada foi suficiente em todos os tratamentos.

Quanto à altura de inserção de primeira vagem, a maior média foi observada no LVd a qual não diferiu somente do PAd. Shigihara e Hamawaki (2005), consideram altura de inserção de 1ª vagem adequada entre 0,10 e 0,15 m para que não ocorram perdas durante o processo de colheita mecanizada, ficando somente o NEOSSOLO dentro desta recomendação, no entanto se deve considerar que o cultivo foi realizado em vasos e não ocorreu o efeito de competição entre plantas que favorece o alongamento dos internódios.

Para o diâmetro do caule, houve resposta significativa apenas para as classes de solo, onde no PAd a soja apresentou diâmetro 32% superior as outras classes. O maior diâmetro observado no presente estudo, é uma característica importante, onde, em condições de campo, plantas com maiores diâmetros sofrem menor risco de acamamento (TOURINO et al., 2002).

Santos et al. (2017) também constataram maior altura de inserção de primeira vagem e diâmetro de caule de plantas de soja sob cultivo em solo de textura argilosa, e explicam que isso pode estar relacionado a maior CTC destes solos e, conseqüentemente maior conteúdo de água, onde o filme de

água das partículas sólidas fica mais espesso, diminuindo a interação íon colóide e aumentando a quantidade de nutrientes na solução do solo.

Somente para massa de 100 grãos ocorreu diferença em relação as classes de solo. Para as fontes de P não houve influência significativa sob os componentes reprodutivos da soja, assim como também não ocorreu interação ( $p < 0,05$ ) entre as classes de solo e fontes de P (Tabela 5).

Com relação ao número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP), não houve incremento estatístico com a aplicação de fontes de P e sob cultivo em distintas classes de solo.

Somente a massa de 100 grãos foi influenciada pelas classes de solo, onde o RQ proporcionou média de 20,60% superior ao PAd e 19,43% maior que o LVd e 12,74% superior a massa de 100 grãos da mesma cultivar utilizada em pesquisa de Rosa et al. (2017) sob cultivo em LATOSSOLO, evidenciando assim, a menor capacidade de adsorção de P no RQ.

Tabela 5 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (P100G), produtividade e teor de P nos grãos de plantas de soja, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	NVP	NGP	M100G	Produção	Teor de P
	-----Unidade-----		(g)	g planta	g kg
Fontes de P (F)					
Mineral	26,33	54,75	16,81	9,17	6,53
Orgânico	32,75	70,41	16,47	11,58	5,92
Organomineral	31,75	64,66	16,90	11,01	6,58
Valor de F	1,74 ns	2,18 ns	0,12ns	1,76 ns	3,06 ns
Classes de solo (C)					
LVd	26,58	56,00	15,44 b	9,24	6,39
PAd	28,58	56,08	15,29 b	10,20	6,46
RQ	33,66	67,75	18,44 a	12,33	6,13
Valor de F	1,84 ns	1,40 ns	6,18**	2,77 ns	0,44 ns
Interação F x C					
Valor de F	2,67 ns	1,54 ns	1,20ns	1,95 ns	0,95 ns
CV (%)	29,94	29,33	13,26	30,98	11,34

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significativa, significativa a 1% e significativa a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Assim como o NVP e o NGV, a produção da soja também não foi influenciada pelo cultivo em diferentes classes de solo. De acordo com Syers et al. (2008), o fertilizante fosfatado ao ser aplicado no solo, cerca de 15 a 30% do P é absorvido pelas plantas no início do cultivo, podendo ter causado a não diferença entre as fontes de P.

Quanto as classes de solo, Santos et al. (2008) verificaram tendência de aumento na produção da soja em solo arenoso, sendo maior que em solos de textura argilosa, contudo, não foi suficiente para elevar a produção a níveis de significância, corroborando com os resultados do presente estudo.

Observando os resultados para o teor de P (Tabela 5), nota-se que apesar de não significativo, todos os tratamentos mantiveram-se acima dos encontrados por Batistella Filho (2012), trabalhando com aplicação de doses de P em soja, que foi entre 4,08 a 4,75 g kg<sup>-1</sup> independentemente da dose, não ocorrendo diferença estatística.

Os teores de P em sementes de soja podem variar de acordo com a cultivar e com as práticas de adubação, existindo, geralmente, relação direta entre as fontes de P aplicadas no solo e o teor de nutrientes em sementes de soja (VIEIRA et al., 1987), contudo, resultados encontrados por Bedin et al. (2003), corroboram com o verificado no presente estudo, onde verificaram que a adubação fosfatada nem sempre promove alterações nos teores de P em sementes de soja, mesmo ocorrendo variação nas fontes de P aplicadas. Segundo Trigo et al. (1997), sementes de soja com maiores teores de fósforo, dentro da faixa que varia entre 0,58 e 1,10%, geram incremento no rendimento de grãos da planta subsequente, efeito que é mais pronunciado em solos com alta disponibilidade de fósforo.

#### **4.4 Avaliações fitotécnicas para *Urochloa ruziziensis***

Os valores médios do número de perfilhos da *U. ruziziensis* em função de diferentes fontes e classes de solos, em quatro cortes podem ser observados na Tabela 6. No 1° corte não houve influência das classes de solo e das fontes de P ou interação entre os mesmos. No 2° corte, houve acréscimo no número de perfilhos da *U. ruziziensis* sob aplicação do fertilizante mineral (MAP), o qual superou as outras duas fontes, possivelmente devido ao maior

suprimento de P no início do desenvolvimento da forrageira proporcionado pelo adubo de maior solubilidade. Neste mesmo corte, observa-se maior perfilhamento da *U. ruziziensis* sob cultivo em LVd, diferindo estatisticamente do número de perfilhos proporcionado pelo PAd e RQ.

Lavres Júnior e Monteiro (2003) e Eichler et al. (2008) indicam que o aumento do número de perfilhos do primeiro para o segundo corte, como observado no presente trabalho, se deve ao fato de que, inicialmente, as plantas acumulam maior parte da energia para seu estabelecimento, com a formação das raízes e parte aérea, com isso, posteriormente, as plantas já estabelecidas, com maior volume radicular, conseguem absorver maior quantidade de nutrientes, somado ao fato de que a ação do primeiro corte promove o desenvolvimento das gemas basais, originando maior número de perfilhos.

Tabela 6 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios médias para número de perfilhos (NP) em quatro cortes de *Urochloa ruziziensis*, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	NP 1° Corte	NP 2° Corte	NP 3° Corte	NP 4° Corte
	----- (Unidade vaso <sup>-1</sup> ) -----			
Fontes de P (F)				
Mineral	33,58	46,16 a	49,62 a	53,08 a
Orgânico	35,58	41,00 b	47,08 a	53,16 a
Organomineral	32,75	37,16 c	42,25 b	47,33 b
Valor de F	1,34 ns	20,18**	13,96**	7,10**
Classes de solo (C)				
LVd	32,75	43,50 a	48,00 a	52,50 a
PAd	34,08	41,25 b	47,08 a	52,91 a
RQ	35,08	39,58 b	43,87 b	48,16 b
Valor de F	0,87 ns	3,82*	4,66*	4,39*
Interação F x C				
Valor de F	2,05 ns	3,69*	1,49 ns	0,48 ns
CV (%)	12,80	8,40	7,50	8,49

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significativa, significativa a 1% e significativa a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Quanto ao 3° e 4° cortes, o número de perfilhos não se diferenciou estatisticamente entre os adubos mineral e orgânico, as quais foram superiores ao organomineral. Em relação a classes de solo, a *Urochloa ruziziensis* sob cultivo em LVd apresentou a maior média, não diferindo da PAd (Tabela 6).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2012), trabalhando com adubação fosfatada em capim Mombaça sob distintas classes de solo, onde obtiveram maior perfilhamento sob cultivo em solo argiloso quando comparado com cultivo em RQ.

Dias et al. (2015) também verificaram maior resposta no perfilhamento promovido pelas fontes mais solúveis, e explicam que isso ocorre em função da intensa atividade meristemática promovida pelo suprimento de fósforo na fase inicial da rebrota da forrageira. O aumento observado no perfilhamento da *U. ruziziensis* no 3° e 4° cortes a partir da aplicação de adubo orgânico, podem indicar que houve uma disponibilização gradual do P na solução do solo, suprimindo a necessidade da pastagem durante seu ciclo, obtendo o mesmo comportamento que as plantas adubadas com MAP (CARNEIRO et al., 2017).

Quando no cultivo foi utilizado a fonte mineral ou organomineral, não ocorreu diferença entre as classes de solos, no entanto, quando o cultivo se desenvolveu com a fonte orgânica, a maior média foi verificada em LVd, a qual foi superior as demais. Quando a *U. ruziziensis* foi cultivada em LVd as maiores médias foram verificadas com as fontes orgânica e mineral, sendo superiores a fonte mista (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de perfilhos (NP) resultantes do segundo corte da *Urochloa ruziziensis* cultivada em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

Classes de Solo	Número do perfilhos no 2° corte (unidade)		
	Fontes de Fósforo (g vaso <sup>-1</sup> )		
	Mineral	Orgânico	Organomineral
LVd	46,25 aA	47,50 aA	36,75 bA
PAd	47,00 aA	38,75 bB	38,00 bA
RQ	45,25 aA	36,75 bB	36,75 bA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na linha, e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

No cultivo em PAd e RQ o melhor resultado para o número de perfilhos foi observado com a fonte Mineral. Estes resultados demonstram a grande interferência das classes solo e fontes na liberação de P para as plantas. Percebe-se também a rápida liberação de P pelo fertilizante mineral

tem grande influência no perfilhamento das forrageiras. Resultados obtidos por Dim et al. (2010) e Leite et al. (2019) corroboram parcialmente com os encontrados no presente estudo na classe LVd, onde estes constataram aumento no número de perfilhos em capim Mombaça com a aplicação de fertilizante a base de farinha de ossos calcinada.

Costa et al. (2019), avaliando o efeito da aplicação de cama de aviário em LVd, encontraram maior perfilhamento por planta em *Panicum maximum* cv. Mombaça, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo. Orrico Junior et al. (2013) também verificaram que a fertilização com cama de aviário aumentou o número de perfilhos de *Brachiaria brizantha*, indicando que fertilizantes a base de cama de aviário podem ser uma importante fonte de P para gramíneas.

Tabela 8, verifica-se que com a aplicação da fonte mineral, houve incrementos significativos para massa seca de raiz e volume de raiz. Houve interação significativa entre as fontes de P e classes de solo.

Tabela 8 - Valores de F, coeficiente de variação e médias para massa seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) de *Urochloa ruziziensis*, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	MSR (g)	VR (cm <sup>3</sup> )
Fontes de P (F)		
Mineral	24,37	136,25
Orgânico	19,44	100,58
Organomineral	21,31	102,00
Valor de F	4,81*	7,93**
Classes de solo (C)		
LVd	27,07	149,91
PAd	20,58	93,00
RQ	17,47	95,91
Valor de F	18,64**	19,97**
Interação F x C		
Valor de F	8,56**	5,13**
CV (%)	18,12	21,99

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significativa, significativa a 1% e significativa a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Com a aplicação do fertilizante mineral, maior foi a fitomassa de raiz sob cultivo em LVd, diferenciando-se estatisticamente dos tratamentos onde

aplicou-se o adubo orgânico e organomineral. Costa et al. (2008), em estudo com fontes de P de alta solubilidade e baixa solubilidade em capim Marandu, encontraram maiores valores para o desenvolvimento radicular nos tratamentos onde empregou-se o fertilizante solúvel em água. Estes resultados podem ter ocorrido, pelo fato de que, o P prontamente disponível para as plantas, oriundo de fontes mais solúveis promoveram maior crescimento radicular durante o estabelecimento da forrageira. De acordo com Santos et al. (2002), o P possui papel fundamental no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento de gramíneas, principalmente se ocorrer o suprimento de P no estabelecimento das plantas.

Para o volume de raiz, também obteve-se maiores médias com aplicação do fertilizante mineral Map, sob cultivo em LVd, obtendo aproximadamente 35% de acréscimo em relação ao orgânico e 34% em relação ao organomineral. Resultados de Silva et al. (2019), corroboram com os observados no presente estudo, onde ao avaliar o efeito de adubação fosfatada em LATOSSOLO e NEOSSOLO, também observaram maiores medias para o LATOSSOLO com a aplicação de fonte de maior solubilidade.

Sob cultivo em LVd, o fertilizante mineral proporcionou 58% de incremento em relação ao orgânico, e 51% sobre o organomineral. Quanto ao RQ, com aplicação do adubo organomineral houve 43% de acréscimo sobre o fertilizante mineral, e 72,35% sobre o orgânico (Tabela 9).

De acordo com Santos et al. (2010), o P possui papel fundamental no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento de gramíneas, principalmente se ocorrer o suprimento de P no estabelecimento das plantas. Desta maneira, a expressiva diferença na massa seca radicular nos tratamentos onde empregou-se o fertilizantes de maior solubilidade (MAP isolado e, mistura de MAP + orgânico), podem ter ocorrido em virtude do equilíbrio na liberação de P, onde o P prontamente disponível para as plantas, oriundo de fontes mais solúveis, promoveram maior crescimento radicular durante o estabelecimento da forrageira, e a adubação organomineral proporcionou a liberação gradual do P suprindo a necessidade da cultura ao longo do cultivo (COSTA et al., 2008).

Tabela 9 - Massa seca de raiz e volume de raiz de *Urochloa ruziziensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

Classes de Solo	Massa seca de raiz (g)		
	Fontes de Fósforo		
	Mineral	Orgânico	Organomineral
LVd	35,40 aA	22,34 bA	23,48 bA
PAd	21,66 aB	22,63 aA	17,43 aA
RQ	16,05 bB	13,35 bB	23,01 aA

Classes de Solo	Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )		
	Fontes de Fósforo		
	Mineral	Orgânico	Organomineral
LVd	188,75 aA	155,50 aA	105,50 bA
PAd	122,00 aB	70,00 bB	87,00 bA
RQ	98,00 aB	76,25 aB	98,50 aA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na linha, e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

A fonte mineral promoveu maior massa seca de raiz no LVd, sendo significativamente superior as demais classes de solo. Com aplicação de adubo orgânico, a massa de raiz foram superiores sob cultivo em LVd e PAd. Assim como no presente estudo, Carneiro et al. (2007), observaram para capim-andropogon, melhor resultado de MSR quando as plantas foram cultivadas em LATOSSOLO, sob aplicação de fonte de fósforo de maior solubilidade, com aumento de 63%, aproximadamente, em comparação a ausência de fósforo.

Quanto ao volume de raiz, o fertilizante mineral e orgânico proporcionaram maiores médias no LVd, diferenciando-se estatisticamente do organomineral. Sob cultivo em PAd, o fertilizante mineral, também promoveu maior volume de raiz, que os demais fertilizantes. Já sob cultivo em RQ, o volume de raiz da *U. ruziziensis* não foi influenciado pelas diferentes fontes de P. Nas fontes de P mineral e orgânica as maiores médias de VR foram observadas para o LVd, todavia, com a aplicação da fonte organomineral, não houve diferença entre o LVd, PAd e RQ. Resultados de Silva et al. (2019), corroboram parcialmente com os observados no presente estudo, onde ao avaliar o efeito de adubação fosfatada em LVd e RQ, também observaram maiores médias para o LATOSSOLO com a aplicação de fonte de maior solubilidade.



Os resultados obtidos no presente estudo, indicam que na adubação fosfatada para a formação da pastagem, se considerarmos apenas a necessidade de rápida resposta, é importante dar preferência para fontes de fósforo mais solúveis (MAP), pois, nos primeiros dias de vida da planta de capim, as exigências em fósforo são maiores. Os fertilizantes orgânicos (cama de frango e osso calcinado) nem sempre são ideais na fase de estabelecimento da pastagem, pois a quantidade de fósforo imediatamente disponível para a planta presente nesses adubos é muito baixa (DIAS-FILHO, 2012).

Na Tabela 10, podem ser observados os teores de P foliar em quatro cortes da pastagem de *U. ruziziensis*, onde, em todos os cortes houve diferença significativa quanto as fontes de P utilizadas e classes de solo. Houve interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores (Fontes x Classes de solo) nos teores correspondentes ao terceiro e quarto corte.

Tabela 10 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Teores de P de quatro cortes de *Urochloa ruziziensis*, em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

	Teor de P 1° Corte	Teor de P 2° Corte	Teor de P 3° Corte	Teor de P 4° Corte
	----- (g kg massa seca) -----			
Fontes de P (F)				
Mineral	2,73 a	1,49 a	1,70	1,35
Orgânico	1,75 c	0,94 b	0,92	0,87
Organomineral	2,26 b	1,26 a	1,18	1,06
Valor de F	16,23**	9,40**	9,09**	8,90**
Classes de solo (C)				
LVd	1,78 b	1,03 b	0,88	0,98
PAd	1,81 b	1,06 b	1,18	1,02
RQ	3,16 a	1,60 a	1,81	1,27
Valor de F	42,43**	12,77**	13,55**	3,84*
Interação F x C				
Valor de F	2,88 ns	2,73 ns	2,90*	3,01*
CV (%)	18,70	25,17	35,98	25,77

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significativa, significativa a 1% e significativa a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

O MAP proporcionou aumento nos teores de P na parte aérea da *U. ruziziensis*, em todos os cortes, sendo 56% maior que o teor de P obtido com o fertilizante orgânico no mesmo corte da *U. ruziziensis*. No 2° corte, os teores de

P da parte aérea não diferiram entre o MAP e o Organomineral (MAP + cama de aviário + osso calcinado). Quanto as classes de solo, o NEOSSOLO proporcionou aumento nos teores de P foliar no primeiro e segundo corte, onde em relação ao primeiro corte, obteve-se em média 75 e 78% maior que o teores de P obtidos quando cultivado em PAd e LVd, respectivamente. Mesmo em menores teores, todas as fontes de P aplicadas nas três classes de solo, promoveram teores de P foliar dentro da faixa de suficiência para as *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*, que é de 0,8 a 3,0 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca (WERNER et al., 1996).

Os maiores teores de P na parte aérea nos tratamentos com fertilizante mineral e organomineral, podem ter ocorrido por que o MAP nos períodos seguintes à sua aplicação, age no solo reduzindo o pH em função do consumo de H<sup>+</sup> pela transformação de parte das moléculas de HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> em H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, em decorrência do equilíbrio entre essas duas formas. Este comportamento pode aumentar a absorção de P pelas plantas (ERNANI, 2008), proporcionando maiores teores foliares de P com aplicação do adubo mineral em RQ.

Lourini (2017), analisando os efeitos da aplicação de MAP em diferentes classes de solo sobre os teores de P, em capim Mombaça, encontrou resultados diferentes dos observados no presente estudo, onde o Argissolo proporcionou maiores teores de P foliar que o NEOSSOLO, e estes autores explicam que este comportamento se deve aos maiores teores de argila, o que conseqüentemente, provoca maior adsorção de P com menor disponibilidade na solução do solo.

Observa-se que no 3º corte, quando cultivado em LVd e PAd o teor de P foliar da *U. ruziziensis* não se diferenciou entre as fontes, mesmo aplicando fontes solúveis e pouco solúveis, contudo, em relação ao RQ maiores teores de P foram observados com a aplicação de fertilizante mineral, diferenciando-se estatisticamente dos demais fertilizantes (Tabela 11).

Quanto a adubação fosfatada dentro das classes de solo, o fertilizante MAP foi o único que apresentou diferença entre as fontes, apresentando maior teor de P foliar no RQ. Para as demais fontes, não ocorreu diferença independentemente das classes de solo.

O teor de P foliar do 4° corte (Tabela 11), foi semelhante ao teor de P do 3° corte, onde o RQ promoveu maiores teores de P sob aplicação de MAP quando comparado ao fertilizante orgânico e organomineral. Para as demais fontes não ocorreu diferença entre as classes de solo.

Tabela 11 - Teor foliar de P do 3° e 4° cortes de *Urochloa ruziziensis* em diferentes classes de solo e adubações fosfatadas. Alta Floresta, 2020.

Teor foliar de P no 3° corte (g kg)			
Classes de Solo	Fontes de Fósforo		
	Mineral	Orgânico	Organomineral
LVd	0,97 aB	0,78 aA	0,89 aA
PAd	1,39 aB	0,84 aA	1,11 aA
RQ	2,17 aA	1,15 bA	1,54 bA
Teor foliar de P 4° no corte (g kg <sup>-1</sup> )			
Classes de Solo	Fontes de Fósforo		
	Mineral	Orgânico	Organomineral
LVd	1,05 aB	0,90 aA	0,99 aA
PAd	1,15 aB	0,86 aA	1,06 aA
RQ	1,85 aA	0,84 bA	1,13 bA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, na linha, e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Somente para o RQ ocorreu diferença entre as fontes com superioridade para a mineral. Os resultados observados para RQ estão de acordo com os obtidos por Costa et al. (2008), onde observaram maiores teores de P na massa seca da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, quando comparado com o LVd. Isso ocorre pelo fato do RQ ser um solo jovem e moderadamente intemperizado, onde ainda ocorrem fósforo em minerais primários, sendo adsorvida fracamente pelos minerais secundários, e conseqüentemente, facilmente aproveitada pelas culturas (SANTOS et al., 2008).

Na Tabela 12, pode ser observado os valores médios para massa seca de *U. ruziziensis* resultantes de quatro cortes. Para fontes de P não foi observada diferença significativa entre as mesmas para todas as variáveis e em relação a classes de solo, somente não foi observado diferença entre as

mesmas no 2º e 3º corte. Não houve interação ( $p < 0,05$ ) entre os fatores fontes de fósforo x classes de solo.

Tabela 12 - Valores de F, coeficiente de variação e valores médios para Massa seca de quatro cortes e Massa seca Total de *Urochloa ruziziensis*, em diferentes classes de solo e adubações fosfatada. Alta Floresta, 2020.

	MS 1º Corte	MS 2º Corte	MS 3º Corte	MS 4º Corte	MS total
	----- (g)-----				
Fontes de P (F)					
Mineral	14,87	19,92	17,40	19,34	71,53
Orgânico	14,26	20,29	17,28	19,27	71,12
Organomineral	14,59	20,55	17,57	18,33	71,05
Valor de F	0,22 ns	0,08 ns	0,053 ns	1,08 ns	0,012 ns
Classes de solo (C)					
LVd	14,54 b	19,98	17,26	16,33 b	68,12 b
PAd	13,00 b	19,85	16,97	17,17 b	68,08 b
RQ	16,18 a	20,93	18,92	23,44 a	77,50 a
Valor de F	5,95**	0,27 ns	0,72 ns	51,18**	5,20*
Interação F x C					
Valor de F	0,066 ns	0,91 ns	0,74 ns	0,91 ns	0,47 ns
CV (%)	15,48	19,18	12,62	9,91	11,56

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. ns, \*\*, \* Não significante, significante a 1% e significante a 5% de probabilidade. LVd= LATOSSOLO VERMELHO Distrófico; PAd= ARGISSOLO AMARELO Distrófico; RQ= NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

Avaliando a aplicação de fontes de P, se observa que não houve incrementos na produção de massa seca da *U. ruziziensis*. Contudo, quanto as classes de solo, houve aumento na produção de massa seca no 1º e 4º corte, e na massa seca total no RQ. A massa seca total resultante do cultivo da *U. ruziziensis* em RQ, apresentou um incremento de 14% sobre a massa seca produzida sob cultivo em LVd.

Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2008), onde em estudo com diferentes classes de solos, o RQ apresentou acréscimo na produção de massa seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, quando comparado com o LVd, independente da fonte de P utilizada.

Assim como no presente estudo, Moura et al. (2012), comparando os efeitos da aplicação de fertilizante composto por cama de frango e um adubo mineral em *Urochloa decumbens*, observaram valores semelhantes na massa seca de parte aérea entre as duas fontes, demonstrando que o fertilizante composto por cama de frango pode ser utilizado para suprir a

necessidade da cultura. De acordo com Pascoal (2008), fertilizante orgânico a base de osso calcinado, representa uma fonte de cálcio e de fósforo, especialmente para as forrageiras, por serem constituídos por hidroxiapatita, a qual se decompõe sob ação do calor em  $\beta$ -fosfato tricálcico, CaO e água. Sendo assim, a cama de frango juntamente com o osso calcinado pode fornecer os nutrientes necessários para gramíneas, ou complementar a fertilização mineral.

Korndörfer e Melo (2009), trabalhando com cana de açúcar, não observaram diferença significativa para massa seca da parte aérea entre a aplicação de superfosfato triplo e farinha de ossos. Contudo, de acordo com Lima et al. (2007), ao decorrer do cultivo, as fontes de menor solubilidade tendem a contribuir para o aumento da produção, por apresentarem maior efeito residual de P no solo.

Antille et al. (2017) e Corrêa et al. (2016), também não relataram diferenças entre adubos minerais, orgânicos ou organominerais na produção de massa seca de milho e trigo em solo argiloso. Estes autores explicam que além da maior capacidade de adsorção destes solos em relação a solos arenosos, outro aspecto que contribuem para estes resultados é a solubilidade dos fertilizantes, onde durante o cultivo da soja, parte do P disponibilizado pela aplicação do MAP foi aproveitado rapidamente pelas plantas e, e parte foi adsorvido e, após o ciclo da soja os fertilizantes orgânicos e organominerais por serem de baixa solubilidade promoveram a liberação lenta do P no solo, não diferenciando-se do MAP na produção de massa seca da pastagem.

Villani et al. (1993), citam que em solos argilosos predominam a função dreno no solo, onde no LVd e no PAd, com a aplicação de adubos fosfatados, maior foi a absorção de P que no RQ, formando as frações mais quimicamente estáveis e, conseqüentemente menor é a disponibilidade de P as plantas (GONÇALVES et al., 1989), isso resultaria no maior potencial produtivo dos solos arenosos, assim como observado no presente estudo, onde sob cultivo em NEOSSOLO, maior foi a massa de 100 grãos da soja, massa seca e teor de P na *U. ruziziensis*. Novais (1996) argumenta que, assim como os solos mais argilosos, mais tamponados, resistiriam mais às perdas de suas reservas de nutrientes, eles também resistiriam mais aos ganhos.

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação fosfatada orgânica proporciona maiores teores de P disponível no solo, principalmente a partir dos 90 dias após à sua aplicação. A disponibilização de P é dependente da classe de solo, onde no NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, maiores são os teores de P disponível.

A adubação fosfatada orgânica aumenta o P total do solo, principalmente em formas não lábeis. A adubação mineral aumenta as frações de P lábeis nos solos. Em solos de textura arenosa, maiores são os teores de P lábeis.

As fontes de fósforo não influenciam as características produtivas da soja e produção de massa seca da *U. ruziziensis*, contudo, tendem a sofrer incrementos sob cultivo em solo RQ. Com aplicação da fonte de P mineral, a *U. ruziziensis* apresenta maior perfilhamento, massa radicular e teor foliar de P, principalmente em cultivo em LVd.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTILLE, D. L.; GODWIN, R. J.; SAKRABANI, R.; SENEWEERA, S.; TYRREL, S. F.; JOHNSTON, A. E. Field-scale evaluation of biosolids-derived organomineral fertilizers applied to winter wheat in England. **Agronomy Journal**, Madison, v. 109, n. 2, p. 654–674, 2017.

AVELAR, A. C.; FERREIRA, W. M.; BRITO, W.; MENEZES, E. M. A. B. C. Composição mineral de fosfatos, calcário e farinha de ossos usados na Agropecuária Brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 737-740, 2009.

AZEEZ, J. O.; AVERBEKE, W. V. Fate of manure phosphorus in a weathered sandy clay loam soil amended with animal manures. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 16, p. 6584-6588, 2010.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 639-646, 2003.

BOEN, A.; HARALDSEN, T. K. Meat and bone meal and biosolids as slow-release phosphorus fertilizers. **Agricultural and Food Science**, v. 22, n. 2, p. 235-246, 2013.

BOUMA, T. J.; NIELSON, K. L.; KOUTSTAAL, B. A. S. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 218, n. 10, p. 185-196, 2000.

CAIONE, G. **Avaliação de fontes de fósforo no desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica de cana-de-açúcar**. 2011, 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2011.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. F.; RHEINHEIMER, D. S. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 133, p. 32-39, 2013.

CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R. Resposta do capim mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.4, n.1, p.12-25, 2017.

CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M.; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H. M. Inoculação micorrízica arbuscular e doses de fósforo na produção do capim-andropogon, em substrato não estéril. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 2 n. 3, p. 212-218, 2007.

CAVALLARO JUNIOR, M. L. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fonte de N e de P na produção de rúcula e tomate**. 2006. 39 f. Dissertação

(Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas, 2006.

CECATO, U.; SKROBOT, V.D.; FAKIR, G.R.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; GOMES, J.A.N. Perfilhamento e características estruturais do Capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.30, n.1, p.1-7, 2008.

CELI, L.; LAMACCHIA, S.; MARSAN, F.; BARBERIS, E. Interaction of inositol hexaphosphate on clays: adsorption and charging phenomena. **Soil Science**, Philadelphia, v. 164, n. 8, p. 574-585, 1999.

CEZAR, V. R. S. **Efeito da biodigestão aneróbica sobre a solubilização e a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fósforo**. 2001. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo, 2001.

CHANG, S. C.; JACKSON, M. L. Solubility Product of Iron Phosphate 1. **Soil Science Society of America Journal**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 265-269, 1957.

CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Alaska, v. 11, p. 233-260, 1980.

CHEPKWONY, C.; HAYNES, R.J.; SWIFT, R.S.; HARRISON, R. Mineralization of soil organic P induced by drying and rewetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 234, n. 1, p. 83-90, 2001.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L.I.; TU, S.; SNYDER, C.S. Aspectos agrônômicos e ambientais de fertilizantes fosfatados com variação de fonte e solubilidade: uma revisão atualizada. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 89, n.1, p. 229-255, 2011.

COLOMBO, G. A.; PELUZIO, J. M.; PIRES, L. P. M.; DARONCH, D. J.; MACHADO FILHO, G. C. Phosphorus use efficiency of soybean cultivars in cerrado conditions of Tocantins, Brazil. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.3, n.1, p.42-49, 2016.

CONDRON, L. M.; GOH, K. M.; NEWMAN, R. H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance analysis. **European Journal of Soil Science**, New Jersey, v. 36, p. 199 - 207, 1985.

CONTE, E.; ANGHINONI, T.; RHEINHEIMER, D. S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 893 – 900, 2003.

CORRÊA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; NICOLOSO, R. D. S.; LOURENÇO, K. S.; MARTINI, R. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 916–924, 2016.



COSTA, S. E. V. G. D., FURTINI NETO, A. E., RESENDE, Á. V. D., SILVA, T. O. D.; SILVA, T. R. D. Crescimento e nutrição da braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, 2008.

COSTA, M. S. S.; COSTA, L. A.; DECARL, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, U. F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 100-107, jan. 2009.

COSTA, D. P. **Correlações entre as frações de fósforo do solo e o microbioma rizosférico da cana-de-açúcar**. 2017. 119 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2017.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 64, n. 3/4, p. 197-214, 1995.

DA COSTA LEITE, R.; DA SILVA, R. R.; DA COSTA LEITE, R.; DA SILVA CARNEIRO, J. S.; DE FARIA, Á. J. G.; DE FREITAS, G. A. Farinha de carne e ossos e adubação de cobertura na produtividade de capim Mombaça. **Revista Nativa**, Sinop, v. 7, n. 1, p. 59-63, 2019.

DA SILVA SANTOS, R.; NETO, J. V. E.; DE CASTRO MIRANDA, C. V.; DOS SANTOS DIFANTE, G.; LISTA, F. N.; DE SOUZA BONFIM, B. R.; BARBOSA, L. D. Efeito da adubação fosfatada em cultivares de capim-elefante durante a fase de estabelecimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 2, p. 201-214, 2019.

DAMACENO, J. B. D.; FERREIRA, E.; DE OLIVEIRA, D. M.; DE SOUZA GUIMARÃES, R.; DA GAMA, R. T.; DE JESUS PADILHA, F. Produção de biomassa de *Brachiaria ruziziensis* adubada com farinha de ossos calcinada sob tratamentos ácidos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2018.

DAMACENO, J. B. D.; LOBATO, A. C. N.; GAMA, R. T.; SILVA, C. A.; MARTINS, J. K. D.; OLIVEIRA, D. M.; TUCCI, C. A. F.; FALCÃO, N. P. S.; FERREIRA, E. Agronomic efficiency of bone meal under acidification in *Brachiaria ruziziensis* dry matter production in Western Amazon. **Journal of Experimental Agriculture International**, Hooghly, v. 34, n. 4, p. 1-7, 2019.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V.; SANTOS NETO, J. A.; ASPIAZÚ, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.330–335, 2015.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 9p. (Comunicado Técnico, 235).

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, cidade, v. 30, n. 2, p. 401-422, 2010.

DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, p. 82-85, 1977.

DIM, V. P.; CASTRO, J. G. D.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C.; SILVA NETO, S. P. Fertilidade do solo e produtividade de capim Mombaça adubado com resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 303-316, 2010.

DOBERMANN, A.; GEORGE, T.; THEVS, N. Phosphorus fertilizer effects on soil phosphorus pools in acid upland soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 652-660, 2002.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C.; RIBEIRO, M. R. Avaliação da biodisponibilidade de fósforo em diferentes classes de solos do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1563-1575, 2013.

EICHLER, V.; SERAPHIN, E. S.; DE AQUINO PORTES, T.; ROSA, B.; DE ARAÚJO, L. A.; SANTOS, G. produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim Mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 617-626, 2008.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting on management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Canadá, v.75, p.529-538, 1995.

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

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

FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V.; FURTINI, A. E.; CURTI, N. Formas de fósforo em solos de várzea e biodisponibilidade para o feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 373-383, 2002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, E; BALBINO, T. Carta de cores para a avaliação qualitativa da farinha de ossos calcinada. **Instituto Nacional de Propriedade Industrial**, Diretoria de Patentes, 2014.

FERRO, L. A. B.; CUNHA, J. B.; FERREIRA, E. Farinha de ossos calcinada no desempenho agrônômico de estilosantes Campo Grande. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE; XII WORKSHOP DE POLÍTICAS PÚBLICAS; XIII SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE DA ATIVIDADE LEITEIRA. 2013.

**Anais...** Porto Velho: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2013.

GARG, S.; BAHL, G. S. Disponibilidade de fósforo no milho influenciada por adubos orgânicos e atividade da fosfatase associada ao fertilizante P nos solos. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5773-5777, 2008.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. BRUNETTO, G. Superphosphate and rock phosphates as P-source for grass-clover pasture on a limed acid soil of Southern Brazil. *Commun. **Soil Science and Plant Analysis***, v. 42, n. 1, p.1- 12, 2003.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; FLORES, J. P. C.. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 691-699, 2007.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com Mehlich-1, Mehlich-3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 363-371, 2005.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 213f. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: usos e limitações. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES, B.J.R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. v.8, p.141-187

GIAVENO, C.; RICHARDSON, A.; SIMPSON, R.; BARBERIS, E. Interaction of phytases with minerals and availability of substrate affect the hydrolysis of inositol phosphates. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 42, n. 3, p. 491-498, 2010.

GICHANGI, E. M.; MNKENI, P. N. S.; BROOKES, P. C. Effects of goat manure and inorganic phosphate addition on soil inorganic and microbial biomass phosphorus fractions under laboratory incubation conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 55, n. 6, p. 764-771, 2009.

GOMES, E. A.; SOUZA, F. A.; SOUSA, S. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; MARRIEL, I. E.; SILVA, U. C. **Prospecção de comunidades microbianas do solo ativas no aproveitamento agrícola de fontes de fósforo de baixa solubilidade**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, p.34, 2010.

GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J. Frações de fósforo no solo e sua relação com a absorção pelas plantas de arroz irrigado por alagamento em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 357 – 362, 2009.

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; RIBEIRO, A. C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em

solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 13-24, 1989.

GUERRA, J. G. M.; DE ALMEIDA, D. L.; DE ARAÚJO SANTOS, G.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 291-299, 1996.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil-phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 5, p. 970-976, 1982.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, p. 970-976, 1982.

HERRERA, W. F. B. **Disponibilidade de fósforo no solo e eficiência agrônômica de fontes fosfatadas solúvel e complexada com substâncias húmicas**. 95f. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. C.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Ceará: descrição de perfis de solos e análises**. Recife: MA/DNPEA - SUDENE/DRN, 502 p., 1973.

JORDAN, C. F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. **Rain forest regeneration and management**. Paris: Unesco, p. 159-180, 1991.

KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 92-97, 2009.

KOZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. **Fertilidade dos solos: adubação orgânica**. Cultivo do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010, 6p.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075. 2003.

LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 100-105. 2007.

LIMA, M. T. V.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; NASCIMENTO, M. T. B. Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, **Revista Geama**, Ceará, v. 3, n. 3, p. 136-143, 2017.

LOURINI, S. H. **Classes de disponibilidade de fósforo em solos do norte do Estado de Mato Grosso cultivados com capim Mombaça**, 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias da Universidade do Estado de Mato Grosso, 2017.

MACHADO, V. J.; DE SOUZA, C. H. E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 1-7. 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. Cidade: Academic Press, 2012. 645 p.

MENDES, I. C.; JUNIOR, F. B. R. **Microorganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. EMBRAPA Cerrados. 2003. 26 p.

MESQUITA, E. E.; PINTO, J. C.; NETO, A. E. F. Teores Críticos de Fósforo em Três Solos para o Estabelecimento de Capim-Mombaça, Capim-Marandu e Capim Andropogon em Vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 290- 301, 2004.

MKHABELA, M. S.; WARMAN, P. R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Canadá, v. 106, n. 1, p. 57-67, 2005.

MOHAPATRA, B., VERMA, D. K., SEN, A., PANDA, B. B., ASTHIR, B. Biofertilizers- A Gateway to Sustainable Agriculture. **Popular Kheti**, West Bengal, v. 1, n. 4, p. 97-106, 2013.

MORAES, B. E. R.; MOURA, G. S. A.; PRADO, P. P.; BENEDETTI, E. Potencialidades do uso de Cama de frango na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 12, n. 2, p. 127, 2006.

MOURA, J. B.; MARASCA, I.; MENESES, L. A. S.; PIRES, W. M.; MEDEIROS, L. C. Resistência a penetração do solo em pastagem cultivada com *Brachiaria decumbens* sob aplicação de dejetos suínos e cama de frango. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 03, p. 162–169, 2012.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 27, p. 31-36, 1962.

NEGASSA, W.; LEINWEBER, P. Como o fracionamento sequencial de fósforo de Hedley reflete os impactos do uso e manejo da terra no fósforo do solo: uma revisão. **Revista de Nutrição de Plantas e Ciência do Solo**, Temuco, v. 172, n. 3, p. 305-325, 2009.

NETO, F. D. A.; GRAVINA, G. D. A.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. D. C. Phosphorus fertilization in the soybean crop at the micro region of alto médio gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 266-271, 2010.

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.; SMITH, T. J. **Fósforo em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

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

NOVAIS, R. F. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, 2007. 1017 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fósforo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; BARROS, V. H.; FONTES, N.F.; CANTARUTTI, R.L.F.; NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p 471-550.

NOVAIS, R. F. A pesquisa em fertilidade do solo (no país) - como a vejo (e a sinto). In: ALVAREZ V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F., eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.397-409.

OLANDER L. P.; VITOUSEK P. M. Biological and geochemical sinks for phosphorus in soil from a wet tropical forest. **Ecosystems**, New York, v. 7, p. 404-419, 2004.

OLIBONE, D.; ROSOLEM, C.A. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 465-471, 2010.

OLIVEIRA FILHO, J. S. **Dinâmica do fósforo e da matéria orgânica em Neossolo cultivado com cana-de-açúcar colhida sem queima**. 2012. 59 f. Dissertação (mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 05, p. 623-631, 2008.

OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; CASTAGNARA, D. D.; GOMES, F. C. N. Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 397-406, 2012.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; CENTURION, S. R.; ORRICO, A. C. A.; OLIVEIRA, A. B. de M.; SUNADA, N. S. Características produtivas, morfológicas e

estruturais do capim Piatã submetido à adubação orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 1238 -1244, 2013.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 126-132, 2010.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abate** (bovinos e suínos). CETESB, São Paulo, 2006. 98p.

PARTELLI, F. L.; BUSATO, J. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P. A. P.; CANELLAS, L. P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2065-2072, 2009.

PASCOAL, L. L. **Rendimento de cortes preparados de carcaças de bovinos e formação de preço de venda**. 2008. 158 f. Tese (Doutorado em Produção Animal), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 158 p.

PAVINATO, P. S. **Dinâmica do fósforo no solo em função do manejo e da presença de resíduo em superfície**. 2007. 145 p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2007.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1031-1040, 2009.

RAGHOTHAMA, K. G. Transporte e sinalização de fosfato. **Opinião atual em biologia vegetal**, v. 3, n. 3, p. 182-187, 2000.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAMOS, A.M.; FREITAS, G.B.; NEVES, E.G.F.; FREITAS, L.M.S. **Manga "Ubá" orgânica – Boas práticas agrícolas para produção destinada à agroindústria**. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Viçosa. 2009. 75 p.

REIS, T. H. P. **Dinâmica e disponibilidade de fósforo em solos cultivados com cafeeiro em produção**. 134f. 2009. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

RHEINHEIMER, D. S.; 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.

RHEINHEIMER, D.D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 151 -160, 2001.

BATISTELLA FILHO, F. **Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja**. 2012, 74 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012.

RHEINHEIMER, S. D; GATIBONI, C. L; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, CFSEMG, 1999. 359p.

RODRIGUES, M. **Sistemas de manejo e a dinâmica das formas de fósforo e da fertilidade em solos de Cerrado**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P. J. A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, v. 542, n. 1, p. 1050–1061, 2016.

ROSA, R. P.; PITTELKOW, F. K.; PASQUALLI, R. M. **Avaliação de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura e populações de planta**. BOLETIM TÉCNICO. pag. 1-16, 2017.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M. ; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: Fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Org.). **In: Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, v., p. 163-197.

RYCHTER, A. M.; RAO, I. Role of phosphorus in photosynthetic carbon metabolism. **Handbook of Photosynthesis**, Florida, v. 2, p. 123-148, 2005.

SANTOS, A. M; 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. 10, 2008.

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, F. C.; NOVAISII, R. F.; NEVESII, J. C. L.; FOLONIIII, J. M.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; KERII, J. C. PRODUTIVIDADE e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 2015-2025, 2008.

SANTOS, I. P. A. DOS; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R. DE; SANTOS, C. L. DOS. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, p.605-616, 2002.

SANTOS, J.Z.L. **Frações de fósforo em solo da região do Cerrado, adubos com fosfato em diferentes modos de aplicação e cultivo com milho**, 2005. 65 p. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; PIMENTEL, R. M.; SILVA, G. P.; GOMES, V. M.; SILVA, S. P. Número e peso de perfilhos no pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 131-136, 2011.

SANTOS, T. D.; MEERT, L.; BORGHI, W. A.; SILVA, P. S.; FIGUEIREDO, A. S. T. Desenvolvimento inicial de plantas de soja e qualidade de semente em função da velocidade de deslocamento da semeadora e textura do solo. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v.10, n.2 p.97-103, 2017.

SCHACHTMAN, D.P.; REID, R.J.; AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology**, Washington, v. 116, n. 2, p. 447-453, 1998.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 553-603.

SHARPLEY, A. N.; SISAK, I. Differential availability of manure and inorganic sources of phosphorus in soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p. 1503-1508, 1997.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 156, n. 3, p. 997-1005, 2011.

SHIGIHARA, D.; HAMAWAKI, O. T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Eletrônica**. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, 2005, p.1-26.

SILVA, A. M.; SANTOS, M. V.; DA SILVA, L. D.; DOS SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A. E.; DOS SANTOS JÚNIOR, H. S. Morfofisiologia de *Tithonia diversifolia* sob adubação fosfatada em Latossolo Vermelho distrófico ou Neossolo Quartzarênico. **Livestock Research for Rural Development**, Minas Gerais v. 31, n. 2, p. 1-8, 2019.

SIMÕES, A. C. Farinha de carne e ossos como fonte de fósforo para o capim Tifton. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 1, n. 1, p.155-159, 2012.

SIMS, J. T.; PIERZYNSKI, G. M. Chemistry of phosphorus in soils. In: TABATABAI, M.A.; SPARKS, D.L. (Ed.). Chemical processes in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 2005. p. 151-192. (Book Series, 8).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S., eds. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2004. p.157-196.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. Oxford university press, 2008.

SYERS, J. K.; JOHNSTON, A. E.; CURTIN, D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. **FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin**, v. 18, n. 108, 2008.

SZILAS, C.; SEMOKA, J. M.R.; BORGGAARD, O. K. Can local Minjingu phosphate rock replace superphosphate on acid soils in Tanzania? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 77, n.1, p. 257-268, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, IM; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 271–281, 2012.

TOKURA, A. M.; NETO, A. E. F.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

TOKURA, A. M.; NETO, A. E. F.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALAVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S. T.; GASTAL, M. F.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta subsequente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; SCHLINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Cambridge, v. 157, n. 3, p. 423-447, 2003.

VIEIRA, R. D.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, N. M.; THIEBAUT, J. T. L.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S. Avaliação do efeito de doses de P e K na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 83-88, 1987.

VILLANI, E. M. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; NEVES, J. C. L. Difusão de fósforo em solos com diferentes texturas e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 343-347, 1993.

XU, X.; HUI, D.; KING, A. W.; SONG, X.; THORNTON, P. E.; ZHANG, L. Convergence of microbial assimilations of soil carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur in terrestrial ecosystems. **Scientific Reports**, London, v. 5, n. 17445, p. 1-8, 2015.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, Jr., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. p.263-271.

WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P. Phosphorus nutrition of terrestrial plants. In: WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P. **The ecophysiology of plant-phosphorus interactions**. Amsterdam: Springer Link, 2008. p. 51-81.

WU, S. C., CAO, Z. H., LI, Z. G., CHEUNG, K. C., WONG, M. H. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. **Geoderma**, Amsterdam, v. 125, p. 155-166, 2005.