

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

VITOR AUGUSTO ORIAS GUARNERI

**ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE
BASALTOS E RIOLITOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

VITOR AUGUSTO ORIAS GUARNERI

**ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE
BASALTOS E RIOLITOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

VITOR AUGUSTO ORIAS GUARNERI

**ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE
BASALTOS E RIOLITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos

PATO BRANCO

2019

Guarneri, Vitor Augusto Orias
Adsorção de Fósforo em solos desenvolvidos sobre Basalto e
Riolito / Vitor Augusto Orias Guarneri.
Pato Branco. UTFPR, 2019
32 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2019.

Bibliografia: f. 28 – 29

1. Agronomia. 2. Caulinita. 3. Quelatos. I. Campos, José Ricardo da
Rocha, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso
de Agronomia. III. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE BASALTOS E
RIOLITOS**

por

VITOR AUGUSTO ORIAS GUARNERI

Monografia apresentada às 8 horas 20 min. do dia 24 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr^a. Andressa Pilonetto
UTFPR Câmpus Pato Branco

Eng. Agrônomo Lucas Dotto
UTFPR Câmpus Pato Branco

Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos
UTFPR Câmpus Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a minha família e minha namorada que nunca mediram esforços para que a conclusão deste sonho fosse possível, apoiando-me em todos os momentos para que a formação como Engenheiro Agrônomo se tornasse uma realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por toda a saúde que possuo, além de ser meu alicerce em momentos de fraqueza.

Aos meus pais Dezidério Clementino Guarneri e Ivonete Aparecida Orias, os quais nunca mediram esforços pelas realizações dos meus sonhos e sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus irmãos João Ezequiel Orias Barbosa e Kauany Vitória Farias, sendo sempre uma inspiração para mim.

A minha namorada Fernanda Amaral Lucca, por sempre estar ao meu lado, apoiando-me nos meus sonhos.

Ao meu amigo Anderson Artemio Fontana (*in memória*), por ter me deixado vários ensinamentos para a vida.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo, sendo que todos tiveram uma participação especial na realização deste sonho.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos, pela orientação e esforços aplicados na elaboração deste trabalho.

Ao Laboratório de Solos da UTFPR, Campus Pato Branco, pela disponibilização e orientação nas análises.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus de Pato Branco e aos professores do curso de Agronomia pela transmissão de conhecimentos e experiências durante toda a graduação.

“Eu faço da dificuldade a minha motivação. A volta por cima, vem na continuação.”

Charlie Brown Jr

RESUMO

GUARNERI, Vitor Augusto Orias. Adsorção de Fósforo em Solos desenvolvidos sobre Basaltos e Riolitos. NFolhas 36. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

O fósforo é um dos elementos cruciais para agricultura, pois o mesmo é indispensável para o desenvolvimento das plantas. Em virtude de suas escassas reservas e da sua complexa dinâmica no solo, o mesmo vem sendo cada vez mais estudado. Os solos da região de Pato Branco são formados pela intemperização da rocha básica, apresentando em sua mineralogia grandes quantidades de óxidos de Fe e Al e baixo teor de MO, já os solos da região de Palmas são formados pelo intemperismo da rocha sílica, apresentando baixas quantidades de óxidos de Fe e Al e elevados teores de MO. O objetivo deste trabalho foi analisar a movimentação vertical de fósforo, proveniente de três diferentes fertilizantes, sendo eles, superfosfato simples, termofosfato e fosfato natural yoorim, em solos desenvolvidos de basaltos e riolitos com diferentes teores de matéria orgânica. O experimento foi conduzido em laboratório, localizado na UTFPR – Campus Pato Branco. De modo geral os resultados partiram de que em solos de riolito os fertilizantes fosfatados tiveram um melhor desempenho possivelmente em virtude dos maiores teores de MO e menores quantidades de óxidos de Fe e Al.

Palavras-chave: Caulinita. Hematita. Quelatos.

ABSTRACT

GUARNERI, Vitor Augusto Orias. Phosphorus Adsorption in Soils Developed on Basalts and Riolitos. 32 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2019.

Phosphorus is one of the crucial elements for agriculture, since it is indispensable for the development of plants. Due to its scarce reserves and complex soil dynamics, it has been increasingly studied. The soils of the Pato Branco region are formed by the weathering of the basic rock, presenting in its mineralogy large amounts of Fe and Al oxides and low OM content, while the soils of the Palmas region are formed by the weathering of the silica rock, presenting low amounts of Fe and Al oxides and high OM contents. The objective of this work was to analyze the vertical movement of phosphorus from three different fertilizers, being simple superphosphate, thermophosphate and natural phosphorus yoorim, in soils developed from basalts and rhyolites with different organic matter contents. The experiment was conducted in a laboratory located at UTFPR - Campus Pato Branco. In general, the results showed that in rhodium soils the phosphate fertilizers had a better performance possibly due to the higher OM content and lower amounts of Fe and Al oxides.

Keywords: Kaolinite. Hematite. Chelates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A) Teores de fósforo provenientes das fontes Fosfato Natural Yoorim, Superfosfato Simples e Termofosfato em função da profundidade em solos de Basalto; B) Teores de P proveniente das fontes supracitadas em função da profundidade em solos de Riolito.....23

Figura 2 – Variação dos teores de Fósforo em solos de Riolito em função dos dias de encubação....25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de interação entre as variáveis Profundidade em função das Fontes.....	22
Tabela 2 – Análise de interação entre as variáveis tempo em função das fontes.....	24
Tabela 3 – Comparação de médias em função dos três tipos de fertilizantes fosfatados em solos de Basalto. (Tukey à 5% de significância).....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

SS	Superfosfato Simples
TF	Termofosfato
YORIM	Fosfato Natural Yoorim
Pi	Fósforo Inorgânico
Po	Fósforo Orgânico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 O MACRONUTRIENTE FÓSFORO.....	15
3.2 ANÁLISE DE SOLOS.....	16
3.3 SOLOS DA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.....	17
3.4 FERTILIZANTES FOSFATADOS.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
6 CONCLUSÕES.....	27
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento estratégico para agricultura em virtude de suas escassas reservas e da sua complexa dinâmica na interface solo/planta e, por este motivo, vem sendo cada vez mais estudado. Este elemento participa da respiração, fotossíntese e na transferência de energia entre as células. Ele também é componente estrutural dos cromossomos e ácidos nucleicos, assim como de muitas proteínas da membrana plasmática, as quais são denominadas fosfoproteínas, coenzimas e fosfolípidos (GRANT; FLATEN, 2001).

O P do solo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po). No primeiro caso, corresponde ao P proveniente dos minerais primários e o fósforo adsorvido aos argilominerais. É composto por um intrincado grupo de fosfatos inorgânicos que formam diferentes compostos e diferentes graus de estabilidade química. Encontra-se ligado aos grupos funcionais silanol e aluminol das arestas das argilas silicatas e no R-OH dos oxihidróxidos de ferros e alumínio, adsorvido à matéria orgânica do solo através de pontes de cations. Já o Po, corresponde ao P ligado a matéria orgânica do solo que tende a ser mais facilmente liberado pela solução do solo (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

A mesorregião do Sudoeste do Paraná está localizada, em toda sua extensão territorial, no Terceiro Planalto do Paraná, o qual é constituído por derrames basálticos, por riolitos e riodacitos em porções mais ao sul, como em Palmas e em parte do município de Clevelândia. A estrutura da paisagem é bastante uniforme, predominando colinas, morrotes e escarpas em pontos isolados como o morro divisor e nas adjacências da cratera de vista alegre. O rio Iguaçu é o principal acidente geográfico da mesorregião, configurando o limite, ao norte, com a mesorregião Oeste Paranaense (IPARDES, 2004).

Em virtude dos elevados teores de óxidos de ferro e alumínio nos solos da região e a complexa dinâmica do fósforo e dos compostos supracitados, o objetivo do presente trabalho é analisar a curva de adsorção de fósforo em solos desenvolvidos sobre riolitos e basaltos (HANSEL, 2013).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo deste trabalho foi analisar a movimentação vertical de fósforo, proveniente de diferentes fontes, em solos desenvolvidos de riolitos e basaltos com diferentes teores de matéria orgânica.

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a movimentação vertical e a adsorção do P proveniente do Superfosfato Simples, do Fosfato Natural Yoorim e do Termofosfato em solos com diferentes teores de MO e formados sobre diferentes materiais de origem.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O MACRONUTRIENTE FÓSFORO

Tendo em vista sua dinâmica no solo e a necessidade como nutriente para os vegetais, o fósforo (P) está entre os elementos mais estudados na fertilidade do solo e na nutrição vegetal.

Ao realizar uma adubação fosfatada, ocorre uma sequência de eventos físico-químicos, onde o P aplicado se transforma em substâncias complexas que são responsáveis pela disponibilidade do nutriente no solo. Vários métodos estão sendo testados para fracionar as formas do elemento no solo e estudar as suas transformações. O P pode apresentar-se em formas de maior ou menor estabilidade, ligado, principalmente, a compostos de ferro, alumínio, cálcio e à matéria orgânica (ROTTA, 2012).

Este macronutriente é um dos menos exigido pelas plantas, porém, é o que mais ocasiona limitação na produção agrícola. Segundo Novais & Smyth, (1999), o teor total de fósforo no solo varia entre 200 a 3000 mgkg⁻¹, tendo em vista que menos de 0,1 % desse total é encontrado na solução do solo. Em quase todos os solos tropicais, o teor de P é menor que 0,2 mg.dm⁻¹, representando a concentração ideal de equilíbrio ocorrendo o máximo crescimento das plantas. O P apresenta baixa disponibilidade nos solos tropicais em virtude dos elevados teores de óxidos de ferro e alumínio com os quais o P pode formar compostos de baixa solubilidade (ROLIN NETO *et al.*, 2004).

O Fósforo é adicionado ao solo, predominantemente, através de fertilizantes fosfatados que, por sua vez, podem reagir com óxidos de ferro, óxidos de alumínio e com as argilas silicatadas, pelo processo de fixação do fósforo onde o mesmo é convertido em formas menos disponíveis para as plantas. Com todo esses processos de fixação, o fósforo se move muito pouco na maioria dos solos, permanecendo próximo ao local onde foi aplicado. Ademais, as culturas raramente absorvem mais de que 20% do P do fertilizante durante a primeira safra. Como é pouco móvel, o P residual permanece na zona de raízes e fica pouco disponível às

culturas sucessoras. O P somente é perdido através de significativos danos ao solo como a erosão ou pela remoção da plantação (MOSAIC, 2015).

Sendo um recurso natural não renovável, o fosfato é limitado em todo o planeta, isso se justifica não pela escassez física, mas sim econômica. O fosfato, segundo Benites (2015), é o 12º elemento mais abundante na crosta terrestre. Contudo, as principais reservas estão concentradas em poucos países. Somente em Marrocos estão localizadas cerca de 70% das reservas mundiais identificadas. Rochas fosfáticas são produzidas por 37 países, mas somente quatro deles (China, Marrocos, EUA e Rússia) detêm 72% da produção mundial.

Tendo em vista a disponibilidade internacional, o Brasil está pouco confortável com esta situação, pois ele é um forte consumidor desse recurso para a recuperação de áreas e sua incorporação aos sistemas produtivos. Por outro lado, o Brasil dispõe de reservas de rochas fosfáticas com baixo teor de fósforo e elevado teor de contaminantes, como Fe e Al. Isso faz com que o custo de produção de concentrado apatítico seja naturalmente mais elevado que em outros países que dispõem de reservas de rocha fosfática sedimentar. E também é importante considerar que somente uma pequena parte do fósforo presente na nossa reserva mineral chega à porta da indústria de fertilizantes fosfatados, devido a inúmeras perdas ao longo do processo de mineração e concentração (BENITES, 2015).

Como o Brasil tem uma grande demanda de fertilizantes fosfatados e uma baixa produção, o mesmo é um grande importador de rocha fosfática e de fertilizantes fosfatados. Segundo Embrapa Solos (2015), o Brasil compra cerca de metade de todo o fósforo que utiliza. Entre os principais países agrícolas do mundo, o mesmo é o que apresenta a maior dependência externa por fertilizantes fosfatados. Isso o coloca em situação de maior vulnerabilidade em relação aos preços internacionais (BENITES, 2015).

3.2 ANÁLISE DE SOLOS

Sendo o método mais utilizável para que se consiga obter informações referentes a fertilidade do solo, a análise de solos permite antes do plantio, conhecer a capacidade de um solo em suprir nutrientes para as plantas. Deste modo, é a

maneira mais simples, econômica e eficiente de diagnose da fertilidade dos solos e constitui base imprescindível para a recomendação de quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes para aumentar a produtividade das culturas e, como consequência a produção e a lucratividade das lavouras (CARDOSO, 2009).

Segundo Furtini Neto e Vale, (2001), o processo de análise de solos pode ser dividido em três etapas: amostragem do solo, análise em laboratório e interpretação dos resultados. A amostragem de solo é a etapa mais crítica de todo o processo de análise do solo, sendo que uma pequena porção de solo representa alguns hectares, e não há meios para se corrigir possíveis erros cometidos durante a amostragem. Já na análise em laboratório, ocorre os testes químicos para se determinar o pH, macronutrientes, micronutrientes, teor de matéria orgânica e granulometria (textura). E por fim a interpretação dos resultados, que nada mais é, que a interpretação dos resultados com base na consulta a tabelas de diferentes regiões.

3.3 SOLOS DA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

A mesorregião do sudoeste do Paraná está situada em toda a sua expansão territorial, no Terceiro Planalto, onde ocorreu entre 100 e 130 milhões de anos atrás o derramamento de lavas básicas e ácidas que deram origem aos riolitos e os basaltos, respectivamente. Neste sentido, o basalto é a principal rocha do terceiro planalto, enquanto o riolito está presente no centro-sul do paraná, mais especificado na região dos campos de Palmas (MAACK, 1968).

Nesta mesorregião ocorre dois tipos de climas distintos, nas zonas de menores altitudes, região do município de Pato Branco-PR ao longo dos vales dos rios Iguaçu, Chopim e Capanema, apresenta o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), de verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas concentradas na sua maior parte nos meses de verão. Nos meses mais quentes, a temperatura média é superior a 22°C, e, nos meses mais frios, inferior a 18°C com chuvas entre 1.600 mm e 1.900 mm e umidade relativa de 80%, sem deficiência hídrica. Já em zonas de maiores altitudes, o qual é a região do município de Palmas-PR, ocorre o clima Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), de verões com

temperaturas mais baixas e no inverno ocorre geadas severas e frequentes, sem estação seca, sendo que as principais médias anuais de temperatura dos meses mais quentes são inferiores a 22 °C, e, dos meses mais frios, inferiores a 18 °C. A temperatura média anual é de 16 °C, com chuvas entre 1.600 e 1.900 mm e umidade relativa do ar de 85%, sem deficiência hídrica (MAACK, 1968).

A rocha formadora dos solos da região do município de Palmas-PR difere em relação a rocha formadora do solo da região de Pato Branco-PR, pois naquela região é a rocha ígnea denominada de riolito. O riolito é uma rocha ígnea ácida, na sua mineralogia ela é constituída por plagioclásios, quartzo e feldspato alcalino. Ela é caracterizada por ser uma rocha de resfriamento rápido, por isso apresenta uma textura fina, podendo apresentar textura grossa com presença de fenocristais de quartzo e feldspatos em condições de resfriamento mais lento (BRILHANTE, 2014).

Já na região do sudoeste do paraná, todo seu solo é formado pelo basalto. Esta, por sua vez, é também uma rocha ígnea, caracterizada por formar solos profundos. A alteração dessa rocha, associada ao clima da região, originou-se solos do tipo terra roxa, com solos profundos, argilosos, bem drenados e com elevada fertilidade natural (MAACK, 1968).

3.4 FERTILIZANTES FOSFATADOS

O fertilizante fosfatado natural Yoorin (YOORIN) é obtido pelo processo de fusão que contém fósforo, magnésio, cálcio, silício e micronutrientes de alta eficiência agrônômica. O fosfato natural, enriquecido com silicato de magnésio, é fundido em um forno elétrico à temperatura de 1500 °C. O produto incandescente obtido é submetido a um choque térmico com jato de água e, depois de seco, é moído e embalado. Segundo seu fabricante este produto é solúvel na presença dos ácidos fracos do solo e das raízes, conseqüentemente são disponibilizados os nutrientes de acordo com a necessidade da planta (YOORIN, 2018).

Já o fertilizante Superfosfato Simples (SS) é pioneiro no mundo, quando se trata de fertilizantes fosfatados, sendo que foi o primeiro fertilizante fabricado de forma industrial, e por mais que hoje existem vários tipos o

Superfosfato Simples ainda é extremamente demandado devido às suas concentrações de fósforo, enxofre e cálcio que estão prontamente disponíveis para a absorção das plantas (BR FÉRTIL, 2018).

O fertilizante Termofosfato (TF) é defendido pelo seu fabricante o qual garante uniformidade na aplicação com o fim da segregação, pois o mesmo possui em sua composição, macronutrientes balanceados e micronutrientes silicatados em 100 % das partículas. É um produto ideal para situações onde se objetiva a construção da fertilidade do solo e a elevação dos teores de fósforo, com aumento de produtividade e qualidade dos produtos colhidos (FORZA Fertilizantes, 2018).

No entanto, estudos sobre características mineralógicas e gênese de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas são frequentes Benedetti *et al.* (2011), com isto apresenta-se uma grande importância à realização de trabalhos que busquem a compreensão sobre o funcionamento e comportamento do macronutriente fósforo nos dois referidos solos da nossa região.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em laboratório na área experimental do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco.

Foram realizados dois experimentos, sendo conduzidos no delineamento de blocos ao acaso. Para o primeiro experimento foi adotado esquema fatorial (3x5) sendo eles, os três tipos de fertilizantes naturais (Fosfato Natural Yoorin; Superfosfato Simples e Termofosfato), em cinco camadas de avaliação (0-2 mm; 2-4 mm; 4-6 mm; 6-8 mm e 8-10 mm), com 12 repetições. Para o segundo experimento foi empregado esquema fatorial (3x4) sendo eles, os três tipos de fertilizantes naturais (Fosfato Natural Yoorin; Superfosfato Simples e Termofosfato), em 4 épocas de avaliação (1; 2; 3 e 4 semanas após aplicação), com 15 repetições.

No experimento foram utilizados 38 anéis, os quais foram divididos para os três tratamentos, totalizando 12 anéis para cada fertilizante, e receberam tratamento de 0,3 g de fertilizante. Os anéis foram protegidos em um dos lados com papel filme perfurado e amarrado com elástico. Em seguida foram dispostos em fileiras sendo avaliados semanalmente, totalizando 4 semanas de coleta, sendo estes umedecidos semanalmente com auxílio de um borrifador, simulando chuvas.

Em cada semana correspondente foram feito 5 cortes sequenciais com 2 mm de espessura cada, esse material foi deixado para secar em temperatura ambiente e levado ao laboratório de solos da UTFPR de Pato Branco onde foi macerado, pesado 3g de solo, adicionado 30 ml de solução extratora de Mehlich-1 (HCl/H₂SO₄), agitado por 15 minutos e deixado em repouso por 16 horas.

Após o repouso foi pipetado 5 ml do extrato, adicionado 3 gotas de ácido ascórbico (1,5 g/l) + 10 ml solução de molibdato e amônio, depois foi aguardado 30 minutos e efetuada a leitura em espectrofotômetro UV – Vis em 660 nm, sendo o resultado valores em transmitância, posteriormente transformados em valores de absorbância.

Para a análise dos resultados, os dados foram submetidos a análise de variância a uma significância de 5%, e quando significativo, realizou-se desdobramento dos testes complementares, com auxílio do software Genes Cruz (2013). Quando o teste F apresentou valor significativo ($p \leq 0,05$) de probabilidade, as

médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os fatores qualitativos. Para os fatores quantitativos (camadas e épocas de avaliação) foi aplicado o teste de regressão polinomial, sendo os modelos selecionados, pelo critério de maior R^2 e a significância ($p \leq 0,05$) dos parâmetros da equação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os teores de P, avaliados durante quatro semanas (28 dias) no experimento 1, variaram significativamente em profundidade e em função da fonte nos dois tipos de solos estudados (Tabela 1). Nos solos desenvolvidos sobre riolito, os valores médios foram cerca de duas vezes mais elevados em comparação com o solo de basalto (Tabela 1), o que sugere que a adsorção do P em solos de basalto tende a ser mais elevada.

Tabela 1 – Análise de interação entre as variáveis Profundidade em função das Fontes.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		Fósforo em solos de Basalto	Fósforo em solos de Riolito
Fontes de P	2	8060,73*	174453,22*
Profundidades	4	39823,51*	95813,13*
Interação	8	6185,92*	31102,56*
Resíduo	165	154,08	4370,9
Média		20,53	49,24
CV%		60,47	134,27

Fonte: Autoria própria

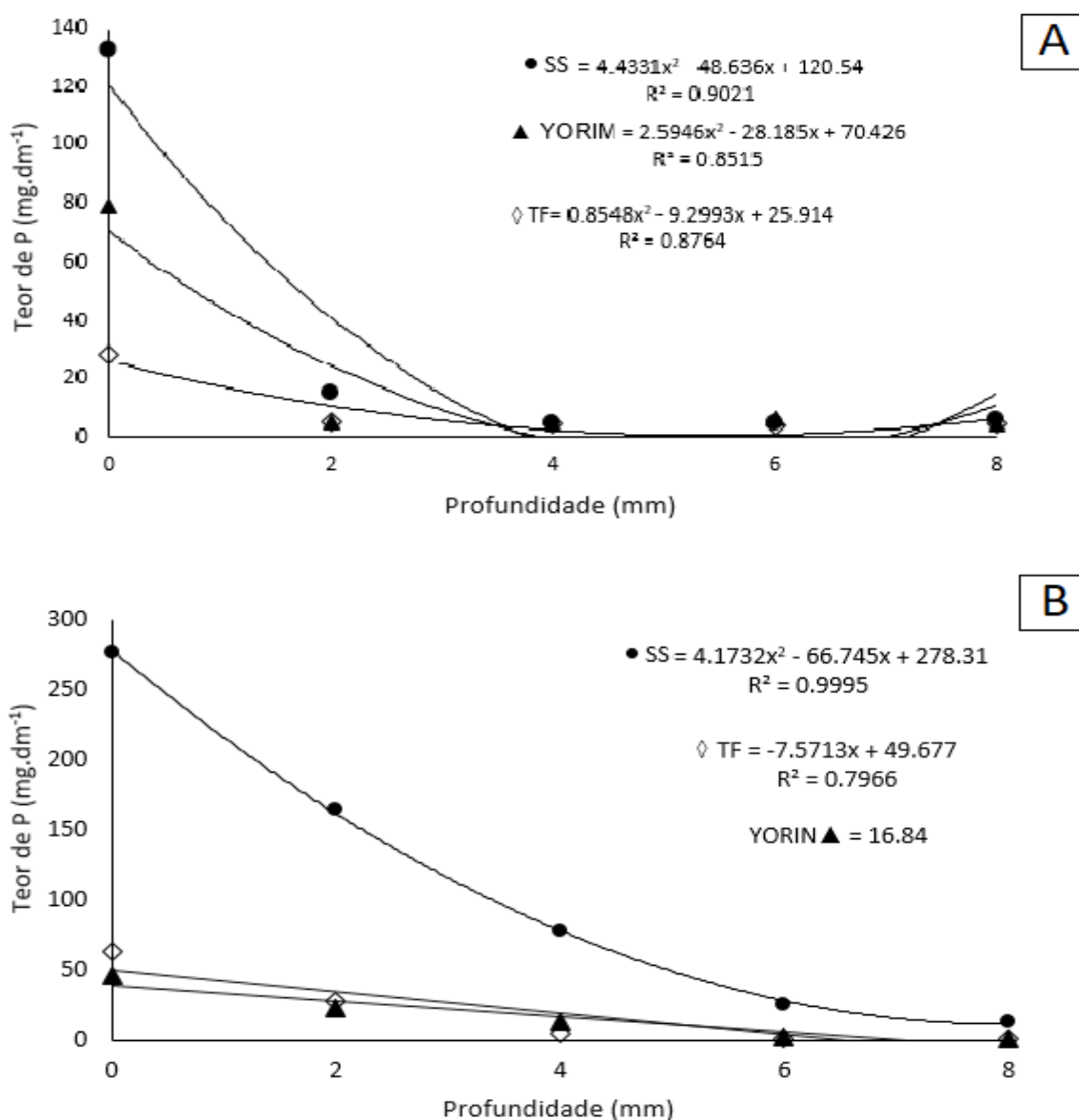
Foi observado também interação entre as variáveis profundidade e fonte, o que sugere que determinada fonte de P pode apresentar uma maior mobilidade em determinado solo, o que seria desejável em condições onde a cultura apresente sistema radicular pouco expressivo. Entretanto, é importante destacar que o coeficiente de variação (CV%) apresentou valores elevados atingindo valores de 60,47 e 134,27 para basalto e riolito, respectivamente (Tabela 1).

Tal observação também pode estar relacionada ao elevado teor de matéria orgânica do solo desenvolvidos sobre riolito. Sendo que através de análises de solo, o solo desenvolvido sobre basalto apresentou teores de MO de 2%, nos solos de riolito este valor ficou na faixa de 5% e, nestas condições, a adsorção do P nos coloides como óxidos de ferro e de alumínio tendem a ser menos intensa, uma vez que matéria orgânica pode atuar nas arestas destes minerais evitando o contato direto entre o P e os coloides supracitados. Segundo Viégas, Novais e Schulthais (2010), a matéria orgânica pode complexar os óxidos de Fe e Al e, conseqüentemente, pode-se observar que adsorção de P em solos de riolito é menor, por apresentar um teor de MO maior comparado com solo de basalto. A de se considerar também que o P pode se ligar a matéria orgânica, mas, neste caso, a

ligação tende a ser mais facilmente reversível, quando comparados aos coloides de origem mineral.

Este fenômeno é explicado na literatura de Vilar *et al.* (2010), o qual apresenta que em solos intemperizados alguns minerais são encontrados em profusão, como é o caso dos solos oriundos de rochas vulcânicas básicas, o qual em sua composição apresenta uma abundância em óxidos de ferro e alumínio, por este sentido a adsorção de P tende a ser mais elevada em solos de basalto.

Figura 1 – A) Teores de fósforo provenientes das fontes Fosfato Natural Yoorim, Superfosfato Simples e Termofosfato em função da profundidade em solos de Basalto; B) Teores de P proveniente das fontes supracitadas em função da profundidade em solos de Riolito



Fonte: Autoria própria

Em ambos os solos, os maiores teores de P foram observados na camada mais superficial e com a fonte SS (Figura 1 A e B). Entretanto, enquanto no solo de basalto a P atingiu o seu menor valor aos 4 cm de profundidade, no solo de riolito o P alcançou 8 cm, Já em relação ao fosfato natural Yoorim, em solos de basalto, os valores foram mais elevados em relação ao TF, enquanto nos solos de riolito esta diferença não foi observada (Figura 1 A e B).

Para o experimento 2, quando analisado a interação entre fontes de fósforo x tempo de avaliação para os solos de basalto, não há significância para os resultados apresentados, entretanto quando analisando o fator fontes de P em sua forma isolada já é possível verificar diferença significativa à nível de 5% de probabilidade de erro, já para os solos de riolito o tempo interferiu na disponibilidade de P no solo que, ao apresentar maior valor médio 49,24, sugere que nesta condição o P permaneceu mais tempo disponível em solução.

Tabela 2 – Análise de interação entre as variáveis tempo em função das fontes.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		Fósforo em solos de Basalto	Fósforo em solos de Riolito
Fontes de P	2	8061,71*	174453,22*
Tempo	3	284,86 ^{NS}	36754,88*
Interação	6	190,82 ^{NS}	27499,96*
Resíduo	168	1382,21	6416,71
Média		20,53	49,24
CV%		181,11	162,69

Fonte: Autoria própria

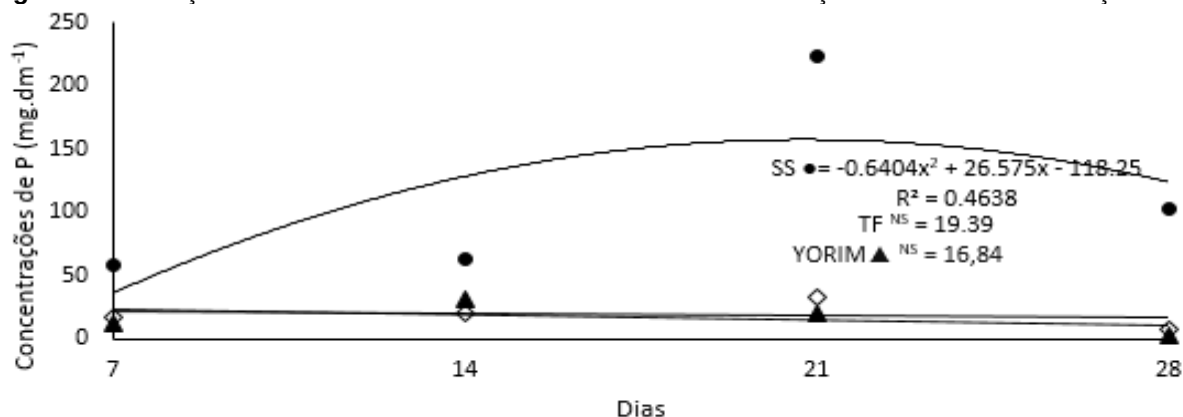
Tal acontecimento é justificado através do estudo feito por Vieira *et al.* (2013), onde foi observado que solos originários de Basalto apresentam elevados teores de óxidos de Fe e Al em sua composição e, em função da elevada afinidade do P com esses óxidos, sua adsorção ocorre de forma mais acelerada, o qual afeta sua disponibilidade de P, sendo assim o P permanece por menos tempo em solução.

Conseqüentemente nos solos de riolito o P ficou disponível por mais tempo no solo, por se tratar de um solo com maior teor de MO e por apresentar uma menor quantidade de óxidos de Fe e Al (Figura 1 B).

Em estudo Correa, Nascimento e Rocha (2011) destacaram em solos que apresentam menores valores de óxidos de Fe e Al, a adsorção de P em função do tempo é de maneira geral mais lenta.

Como podemos observar na (Figura 2), em função do tempo teve uma diferença significativa para os fertilizantes aplicados no solo formado da rocha sílica de riolito.

Figura 2 – Variação dos teores de Fósforo em solos de Riolito em função dos dias de encubação.



Fonte: Autoria própria

O qual apresentou nos primeiros 7 (sete) dias um maior valor para o fertilizante Superfosfato Simples(SS) comparado com os outros dois fertilizantes os quais não apresentam diferença significativa.

Após 14 (quatorze) dias de análises os resultados observados foram similar aos que foram apresentados nos 7 dias, apresentando apenas uma crescente mudança nos valores de SS e YOORIM.

Já nos 21 (vinte e um) dias de análises observou-se um resultado bastante significativo para o fertilizante SS, o qual apresentou um valor 8 vezes maior que os demais fertilizantes em estudo, ainda nesta semana o Termofosfato (TF) apresentou um valor maior comparado com YOORIM.

Na última análise feita nos 28 (vinte e oito) dias, os resultados demonstraram uma queda significativa nos valores do fertilizante SS, já para os demais fertilizantes a queda não foi significativa tendo em vista que os fertilizantes TF e YOORIM mantiveram uma queda dia após dia, podendo ser observado que o YOORIM apresentou o menor valor entre os 3 fertilizantes em estudo.

Por fim pode-se observar que o fertilizante SS apresentou uma maior concentração de P no solo comparado com os demais (Tabela 3). este acontecimento pode ser explicado pelo seu fabricante, o qual defende que seu

fertilizante é muito solúvel em água, tendo em vista que o experimento teve simulações de chuva semanalmente, conseqüentemente o referido fertilizante teve uma melhor resposta. Já para os resultados no solo de basalto apresentou uma diferença significativa somente para as fontes de fósforo, comparado com solo formado de riolito, avaliado pelo teste de Tukey à 5% de significância (Tabela 3), tendo em vista os resultados, apresentou uma grande diferença na mobilidade no solo de basalto entre o fertilizante superfosfato simples (SS) e o termofosfato (TF), enquanto o fertilizante Natural Yoorim (YOORIM) não teve uma diferença significativa entre os outros dois fertilizantes.

Tabela 3 – Comparação de médias em função dos três tipos de fertilizantes fosfatados em solos de Basalto. (Tukey à 5% de significância)

FONTES DE FÓSFORO	MÉDIAS
Super Simples	32,39 a
Yoorin	19,96 ab
Termofosfato	9,23 b

Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÕES

Os fertilizantes fosfatados tiveram um melhor desempenho em solos de Riolito da região de Palmas-PR, sendo que o fertilizante superfosfato simples (SS) foi o que mais ficou disponível no solo por um tempo maior, enquanto os outros dois fertilizantes se mantiveram menos disponíveis em função do tempo.

Em relação à movimentação, o melhor resultado foi observado para o SS em solos desenvolvidos sobre Riolitos, possivelmente em virtude dos maiores teores de MO.

Já no solo de basalto da região de Pato Branco, os fertilizantes apresentaram um desempenho menor, sendo que o SS em função do tempo foi o qual apresentou um melhor resultado e em relação à movimentação ambos fertilizantes apresentaram bastante semelhanças, sendo que o SS diferiu dos demais por apresentar uma concentração de P maior.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento do P em solos com características distintas como de riolito e basalto é diferente, sendo assim é de grande valia continuar pesquisando para se saber qual a melhor fonte se adapta a diferentes tipos de solo, a relação às perdas de P e fixação do mesmo. Esse conhecimento é fundamental para tomadas de decisões que implicaram diretamente no manejo e otimização dos lucros e a produtividade.

REFERÊNCIAS

- BENEDETTI, Udine Garcia *et al.* Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Boa Vista, v. 35, n. 2, p. 299–312, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000200002&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 16 abr. 2019.
- BENITES, Vinícius de Melo. **A Importância da Pesquisa na Avaliação da Eficiência das Tecnologias em Fertilizantes Fosfatados no Brasil**. Rio Verde-GO, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135594/1/2015-101.pdf>.
- BRILHANTE, Stephany Alves. **Gênese e caracterização de solos desenvolvidos de riolito em ambiente de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.
- CARDOSO E. L., Fernandes A. H. B. M.; Fernandes F. A. Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem. **Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico**, Corumbá, v. 79, 2009. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT79.
- CORREA, Rossini Mattos; NASCIMENTO, Clístenes Williams Araujo de Nascimento; ROCHA, Alexandre Tavares. Adsorção de fósforo em dez solos do estado de pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, scielo, v. 33, p. 153–159, 03 2011. ISSN 1807-8621. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212011000100022&nrm=iso.
- CRUZ, Cosme Damiã, GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, scielo, v. 35, p. 271 – 276, 09 2013. ISSN 1807-8621. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212013000300001&nrm=iso.
- FÉRTIL, BR. **Produtos – Fertilizantes e Matérias-primas**. Disponível em: <http://brfertil.com.br/produto/superfosfato-simples/>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- FORZA Fertilizantes. **Ficha Técnica**. Disponível em: <http://forzafert.com.br/produtos.html>. Acesso em: 29 out, 2018.
- FURTINI NETO A. E.; VALE, F. R.; Resende A. V.; Guilherme L. R. G.; Guedes G.A.A. Furtini. **Fertilidade do solo**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) — Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Lavras-MG, 2001.
- GRANT C. A.; FLATEN, D. N.; Tomaszewicz D. J.; Sheppard S. C. **The importance of early season phosphorus nutrition**. 81. ed. [S.l.: s.n.], 2001. 211-224 p.
- HANSEL, Fernando Dubou. **FERTILIZANTES FOSFATADOS APLICADOS A LANÇO E EM LINHA NA CULTURA DA SOJA SOB SEMEADURA DIRETA**. Dissertação (DISSERTAÇÃO) — UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 2013.
- IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais : Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense**. Curitiba, 2004.
- MAACK, Reinhard. Geografia física do estado do paraná. BADEP: UFPR: IBPT, Curitiba, 1968.

MOSAIC. **Nutrição de safras**. Disponível em:

<https://www.nutricaoadesafras.com.br/fosforo#overview>. Acesso em: 28 out. 2018.

ROLIM NETO, F. C. *et al.* Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, scielo, v. 28, p. 953 – 964, 12 2004. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000600003&nrm=iso.

ROTTA, Leonardo Ricardo. **Fracionamento e Disponibilidade de Fósforo em uma Cronossequência de Cultivos sob Plantio Direto**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Jataí, 2012. Disponível em: <https://posagronomia.jatai.ufg.br/up/217/o/Leonardo.pdf?1348175483>. Acesso em: 03 mai.2019.

SANTOS, Danilo Rheinheimer dos; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. 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. ISSN 0103-8478. Revisão Bibliográfica.

VIÉGAS, Ricardo Almeida; NOVAIS, Roberto Ferreira; SCHULTHAIS, Fernanda. Availability of a soluble phosphorus source applied to soil samples with different acidity levels. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, scielo, v. 34, p. 1126 – 1136, 08 2010. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400012&nrm=iso.

VIEIRA, Renan Costa Beber *et al.* Calagem e teores de potássio em latossolos sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, scielo, v. 37, p. 188–198, 02 2013. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100019&nrm=iso.

VILAR, Cesar Crispim; COSTA, Antonio Carlos Saraiva da; HOEPERS, Allan; SOUZA JUNIOR, Ivan Granemann de. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, FapUNIFESP (SciELO), v. 34, n. 4, p. 1059–1068, aug 2010.

YOORIN. **Sobre o Produto**. 2018. Disponível em: <http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/yoorin>. Acesso em: 01 nov. 2018.