

ALINE OLIVEIRA SILVA

**ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA, SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO E
CRESCIMENTO DE MILHO EM NEOSSOLO REGOLÍTICO APÓS APLICAÇÃO
DE FOSFATOS NATURAIS E AMENDOIM FORRAGEIRO**

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

FEVEREIRO- 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA, SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO E
CRESCIMENTO DE MILHO EM NEOSSOLO REGOLÍTICO APÓS APLICAÇÃO
DE FOSFATOS NATURAIS E AMENDOIM FORRAGEIRO**

ALINE OLIVEIRA SILVA

**SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR
GUSTAVO PEREIRA DUDA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
FEVEREIRO- 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA, SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO E
CRESCIMENTO DE MILHO EM NEOSSOLO REGOLÍTICO APÓS APLICAÇÃO
DE FOSFATOS NATURAIS E AMENDOIM FORRAGEIRO**

ALINE OLIVEIRA SILVA

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
FEVEREIRO - 2015

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

S586e Silva, Aline Oliveira

Estrutura e atividade microbiana, solubilização de fosfato e crescimento de milho em Neossolo Regolítico após aplicação de fosfatos naturais e amendoim forrageiro/ Aline Oliveira Silva. - Garanhuns, 2015.

87 f.

Orientador: Gustavo Pereira Duda
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade
Acadêmica de Garanhuns, 2015.

Inclui anexo e bibliografias

CDD: 631.8

1. Fosfato natural
 2. Material orgânico
 3. FAME
 4. Fertilizante
 5. Adubação
- I. Duda, Gustavo Pereira
 - II. Título

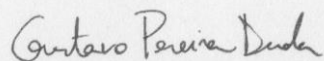
**ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA, SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO E
CRESCIMENTO DE MILHO EM NEOSSOLO REGOLÍTICO APÓS APLICAÇÃO
DE FOSFATOS NATURAIS E AMENDOIM FORRAGEIRO**

ALINE OLIVEIRA SILVA

APROVADO EM: 12 de Fevereiro de 2015

Dra. MARISE CONCEIÇÃO MARQUES

Dr. ALEXANDRE TAVARES ROCHA



Dr. GUSTAVO PEREIRA DUDA

Dedicatória

À minha mãe.

As minhas irmãs, irmão, sobrinhas, tias, padrinhos.

Aos meus amigos de trabalho e de compartilhamento de gostoS.

AGRADECIMENTO

A Deus, pois é a quem pertence minha vida, que como pai e protetor da humanidade, ilumina os caminhos percorridos e nos momentos que nos vemos atravessando o vale da sombra e da morte nos leva no colo e nos abençoa com seu amor Ágape, um amor que cura, liberta, ilumina, dá coragem e acalenta os medos, e nós faz clamar também Mãezinha do Céu passa na frente, só tenho a agradecer a ELE SEMPRE.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns pela minha formação acadêmica, e de pós-graduação, pela a infra-estrutura oferecida nos laboratórios, pelo quadro de professores e funcionários. Especial agradecimento aos laboratórios de Química Agrícola e Ambiental, Solos e Biotecnologia onde realizei toda a minha pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr Gustavo Pereira Duda, por ter me escolhido como sua orientada desde o ano de 2010, e ter me dado a oportunidade de entrar nesse mundo que é a pesquisa. Agradeço por ter me deixado a liberdade para crescer como aluna e me incentivado a percorrer o árduo caminho de tomar decisões. Não esquecendo das broncas recebidas, mas que eu sempre soube que era para o meu melhor, com a finalidade de melhorar meu trabalho e meu futuro profissional.

À minha Co-orientadora Prof. Dra. Erika Valente de Medeiros pela amizade, pelo respeito e confiança que teve em minhas ideias, que desde o começo acreditou no meu potencial e fez crescer em mim uma fé e uma certeza de que eu seria capaz. A ela agradeço a enorme oportunidade de aprender a escrever o que pesquiso, a ler com mais afinco e a publicar adequadamente.

Aos meus avaliadores, Professor Alexandre Tavares Rocha e Doutora Marise Conceição Marques, por suas colaborações na melhoria do meu texto integral.

Ao uso dos laboratórios da UAG-UFRPE, agradeço em nome da professora Keila Aparecida Moreira, coordenadora do CENLAG e do laboratório de Biotecnologia pela estrutura oferecida. Ao curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola em nome do professor José Romualdo de Souza Lima, por toda a oportunidade fornecida para a realização do curso de mestrado.

Aos funcionários da UAG-UFRPE em nome de senhor Cláudio, Dona Neide, Carla, Senhor Ivanildo, todas as meninas da limpeza, da biblioteca e da coordenação. Em especial as meninas da biblioteca Gracineide, Luciana e Wellita, que sempre me socorreram nos momentos de estudo, e que comemoram comigo minhas vitórias sempre.

Aos meus companheiros dos Laboratórios de Química Agrícola e Ambiental, Solos e Biotecnologia, em especial a Uemeson José dos Santos que foi meu apoio em momentos decisivos e meus braços e pernas nos momentos mais necessários, à Raquel Bezerra de Barros por nossas longas conversas e conselhos, à Arnaldo Joaquim por toda ajuda física para arrastar meus solos e por ter me socorrido em momentos importantes, à Krystal de Alcântara Notaro que sempre me apoiou, incentivou e ajudou a executar minhas idéias, além de ter meus momentos de fuga com ela, à Jamilly Alves de Barros pelos socorros no laboratório de Biotecnologia e por nossas conversas, à Jessica Morais de Souza por nossas conversas de livros e filmes intermináveis. À Edjunior e Wendson Morais por nossos momentos felizes. Agradeço a todos que no laboratório me auxiliaram direta ou indiretamente.

Aos meus amigos de graduação que fizeram dos meus momentos na Universidade muito mais felizes, além de terem suportado os meus ataques histéricos, que só eles presenciaram, Leonardo Augusto, Erika Sharlynnne, Wandro, Wender, Apolo, Nielso, Luis Anibal, Alisson Wanderlinden, Jocastra, Ana Valquiria, Miguel, Karolina, Andreza Raquel (que me auxiliou nas seleções), Bianca, agradeço imensamente pelo carinho da convivência.

À minha melhor amiga, quase irmã Suelane Cristina por me ouvir e compreender em momentos ruins. A meu amigo José Aldo Ribeiro, que trilha um caminho acadêmico paralelo ao meu e compartilhamos tantos momentos e confissões.

Às meninas do Grupo Os Sullivans, por nosso imenso amor à literatura e nossas conversas sem fim, que aliviaram toda tensão nos momentos finais.

À minha mãe Dona Lourdes, por seus vastos ensinamentos de como viver bem a vida nesse mundo de obstáculos, superando-os, sendo lição de vida para mim e para os outros que comigo convivem, seja por sua superação ao curar-se dos problemas de saúde, por sua fé em Nossa Mãe Maria que cuida de toda humanidade, ou por ter enfrentado a

barra criar cinco filhos vindos de seu útero e outros tantos de seu coração, sem as condições financeiras desejadas, mas com um amor que só aquela que Deus disse que seria mãe poderia ter. Minha eterna e humilde gratidão de filha que ti ama muito. E acima de tudo pela paciência em aguentar todos os momentos histéricos e de brigas. Obrigada mamãe!

Às minhas irmãs Ângela, Monica e Lidiane, e o meu irmão Ângelo por terem suportado meus momentos de estresse, me aconselhando e fazendo que eu entendesse o conceito de fraternidade em todos os seus aspectos. E que me deram apoio de todas as formas possíveis, seja ao me fazer pisar no chão ao deixar de sonhar, ou impulsionar os meus sonhos a me fazer acreditar que eu era capaz. Amo vocês demais.

Às minhas tias Valdeci e Luiza, as minhas sobrinhas Mayara, Maíra, Maria Clara e Maria Eduarda que me ajudaram a entender que é necessário amar para ser amado e que a doação ao outro vale apenas. Além de meus cunhados Antônio, Cássio, Ricardo e a querida Ana Paula, meus eternos e sinceros agradecimentos.

*O futuro da vida está preso nesta plataforma em
que hoje nossos pés se firmam.*

É dela que partimos.

*Os sabores de amanhã estão sendo
preparados na terra de nossas escolhas.*

*Ações humanas seguem as mesmas regras das causas
e dos efeitos.*

*O que escolhemos hoje é matéria-prima que será
transmudada em vida futura.*

Se escolhermos amar, restarão boas saudades.

Se escolhermos a indiferença, restarão remorsos.

Pe. Fábio de Melo

BIOGRAFIA

SILVA, Aline Oliveira. Filha de Maria de Lourdes Oliveira Silva e Antonio David da Silva, nascida em 06 de novembro de 1990, em Garanhuns-PE.

Em 2008, ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Garanhuns, graduando-se em janeiro de 2013.

Em maio de 2013 iniciou o curso de mestrado em pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola na mesma Instituição, submetendo-se a defesa pública de dissertação em Fevereiro de 2015.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	1
GENERAL SUMMARY	2
INTRODUÇÃO GERAL	3

CAPÍTULO I

ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA EM CULTIVO DE MILHO SOB FONTES FOSFATOS ASSOCIADO A AMENDOIM FORRAGEIRO E ESTERCO DE BOVINO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	
2.1. Caracterização do solo	14
2.2 . Descrição do experimento	15
2.3. Composição da comunidade microbiana	16
2.4. Atividade enzimática	17
2.5. Indicadores biológicos	18
2.6. Análise Estatística	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
3.1. Estrutura da comunidade microbiana do solo através de perfis de FAME e	

análise multivariada de componentes principais	19
3.2. Atividades enzimáticas das fosfatases e uréase no solo	27
3.3. C e P da biomassa microbiana e indicadores biológicos do solo.....	30
4. CONCLUSÕES	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
6. Anexos	41

CAPÍTULO II

CULTIVO DE MILHO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO DE FOSFATO NATURAL EM ASSOCIAÇÃO A AMENDOIM FORRAGEIRO E ESTERCO BOVINO

RESUMO	44
SUMMARY	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
3.1. Respostas das plantas de milho	51
3.2. Acúmulo de fósforo	54
3.3. Características químicas de solo	58
3. 4. Análise multivariada de componentes principais	62
4. CONCLUSÕES	65
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

RESUMO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais plantas cultivadas no mundo, e necessita do bom fornecimento de nutrientes para a sua produção. Dentre todos os nutrientes, o fósforo é um com difícil manejo, uma vez que a sua disponibilidade nos solos é limitada, entre as alternativas para elevá-la é o emprego de fosfatos naturais, e estes necessitam da aplicação de materiais orgânicos, que durante sua decomposição elevem a atividade da comunidade microbiana, e conseqüentemente, impulsionem a solubilização. Nesse intuito, o objetivo desse trabalho foi associar amendoim forrageiro e esterco bovino com fosfatos naturais e avaliar o efeito desses sobre a estrutura, atividade e composição da comunidade microbiana, as características químicas do solo e o crescimento de plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na região de Garanhuns-PE, utilizando Neossolo Regolítico, constaram de 18 tratamentos, compostos das misturas das fontes de fosfato (Fosfato de Araxá, Fosfobahia, Fosfato de Gafsa, Superfosfato Simples, Termofosfato de Yorin), com amendoim forrageiro, esterco bovino, aplicações individuais e um controle. As plantas foram conduzidas por dois cultivos consecutivos de 45 dias, sendo feitas amostragem dos solos ao fim de cada cultivo. Observou-se efeito positivo da aplicação do amendoim forrageiro e do esterco bovino no aumento da atividade da comunidade microbiana do solo, CBM, PBM e FAME e na atividade enzimática. A composição da comunidade microbiana foi sensível em detectar mudanças na qualidade do solo adubadas com fosfatos naturais aplicados associados com amendoim forrageiro. O crescimento das plantas de milho foi beneficiado com a aplicação dos fosfatos naturais associados a resíduos orgânicos. O acúmulo de P nas plantas foi elevado, e a aplicação de resíduos orgânico com fosfato natural fez com que fossem maiores a biomassa seca e as alturas das plantas de milho, sendo benéfica sua aplicação associada ao fosfato natural.

Palavras-chave: solubilização de fosfato; microbiota do solo; perfis de ácidos graxos.

GENERAL SUMMARY

Corn (*Zea mays* L.) is one of the crops grown in the world and needs good supply of nutrients for their production. Among all the nutrients, phosphorus is one with difficult to handle, since its availability in soils is limited, among the alternatives to raise it is the use of rock phosphates, and these need the application of organic materials, which for decomposition raise the activity of the microbial community, and consequently boost solubilization. In this intention, the aim of this study was to associate peanut and animal manure with rock phosphates and evaluate the effect of these on the structure, activity and composition of microbial community, the chemical characteristics of the soil and the growth of corn plants. The experiment was conducted in a greenhouse in the region of Garanhuns-PE using Entisol, consisted of 18 treatments compounds of mixtures of phosphate sources (Phosphate of Araxá, Fosfobahia, Gafsa Phosphate, Superphosphate Simple, Thermophosphate Yarin) with peanut, bovine manure, individual applications and a control. The plants were cultivated by two consecutive cultivation for to 45-day, and soil samples taken at the end of each cultivation. It was observed positive effect of the application of peanut and bovine manure on increasing soil microbial community activity, CBM, PBM and FAME and enzyme activity. The microbial community was sensitive to detect changes in soil quality fertilized with phosphates applied associated with peanut. The growth of corn plants benefited from the application of phosphate associated with organic waste. Accumulation of P in plants was high, and the application of organic waste with phosphate made them greater dry weight and the height of corn plants, and its beneficial application associated with rock phosphate.

Key words: phosphate solubilization; soil microorganisms; fatty acid profiles.

INTRODUÇÃO GERAL

A deficiência de fósforo é considerada um dos fatores mais limitante da produtividade das culturas, uma vez que é um elemento essencial, requerido para o crescimento das plantas, porém pouco disponível na maioria dos solos altamente intemperizados. Os principais problemas dessa pouca disponibilidade resultam de suas perdas no solo, pois os íons fosfato são facilmente lixiviados e precipitados em solos arenosos (MÁTHÉ-GASPAR e FODOR, 2012), ou adsorvidos aos óxidos e argilominerais em solos argilosos (DEVAU et al., 2011), tornando a concentração desse elemento na solução do solo muito baixa para o ótimo crescimento da maioria das culturas.

É significativo que os sistemas agrícolas visem a otimização da aplicação do P nos seus cultivos, já que a eficiência agrônômica no uso desse elemento trás benefícios econômicos, ambientais e produtivos (HEFFER e PRUD'HOMME, 2013). Sendo necessário que se empreguem manejos culturais que aumentem a disponibilização desse nutriente.

Os níveis de eficiência do uso de fertilizantes fosfatados são bastante baixos (10-20%) (SHEN et al., 2004), indicando que muito do P aplicada pode permanecer no solo indisponível (WANG et al., 2013). Para diminuir os efeitos das indisponibilidades de P no solo, estudos tem testado diferentes tipos de fertilizantes fosfatados (NZIGUHEBA et al., 2000), e combinações químicas de fertilizantes com fontes de matéria orgânica, inclusive com rotação de culturas (KIHARA et al., 2010).

A utilização de resíduos orgânicos aplicados com fosfatos naturais auxilia no aumento da solubilidade dessas fontes de fosfato, além de ser uma prática que vem crescendo em nível mundial, como uma alternativa economicamente viável, se bem conduzida é ambientalmente correta (SMITH, 2009).

Ao ser empregados o uso de materiais orgânicos elevamos a atividade microbiana nos solos, conseqüentemente ocorrem aumentos na mineralização e disponibilização de nutrientes para as plantas. Yu, et al. (2012) afirma que ocorre um aumento significativo na disponibilização desse nutriente no solo ao ser favorecido o desenvolvimento da comunidade microbiana, principalmente quando se adiciona fosfato natural.

Nain et al. (2010), afirma que os processos de solubilização de fosfato com a utilização de sistemas biológicos são preferenciais ao uso de fertilizantes solúveis, pois melhora a qualidade e a manutenção da estrutura e da atividade da comunidade microbiana do solo. Conforme, Kotrocó et al. (2014), as enzimas são responsáveis pelas catalises e transformações relacionadas com a decomposição e mineralização dos nutrientes no solo, e a sua atividade pode ser utilizada como uma forma de mensurar a saúde do solo. Os fertilizantes exercem influência sobre as enzimas fosfatase no solo (ALBRECHT et al., 2010), uma elevada disponibilidade de fertilizantes no solo pode suprimir as atividades (KISS et al., 1975) ou não modificar as enzimas no solo (WANG et al., 2011).

As atividades das enzimas fosfatase ácida, fosfatase alcalina, fitase e desidrogenases são afetadas quando as plantas de milho e trigo foram adubadas com fosfato natural de rochas, como foi observado por Kaur e Reddy, 2014, eles afirmam que há uma correlação negativa entre o fósforo orgânico total e atividade enzimática do solo, indicando que as mesmas agem diretamente na mineralização dessa fonte de P no solo, com o avanço do processo de decomposição menor é o teor de P orgânico no solo.

De acordo com Padilha et al. (2014) o uso de resíduos vegetais eleva os teores de matéria orgânica em solos arenosos, e também proporciona aumento nos indicadores biológicos como o coeficiente metabólico e microbiano, com o passar do tempo de decomposição do resíduo aplicado ao solo, mas entretanto solos com essa textura aceleram o processo de decomposição do material orgânico adicionado ao solo, seja de origem vegetal ou animal.

Os benefícios da aplicação de adubos fosfatados dependem da interação entre os níveis de fertilidade do solo, e fatores de manejo empregados à cultura e ao solo (KIHARA e NJORGE, 2013). Essas interações podem ser avaliadas por meio de determinações de indicadores de controle de produção, como a disponibilidade do P nos solos para as plantas, assim como as respostas das culturas e a aplicação dos fertilizantes (VANLAUWE et al., 2011).

Pei et al. (2013) também afirmam que a baixa disponibilidade de fosfato tem efeito na diminuição do crescimento e na produção de milho (*Zea mays*). E segundo esses mesmos

autores, o milho não apenas uma cultura importante na alimentação humana e animal, é matéria-prima da indústria e usado na produção de energia.

Na produção do milho, os incrementos de produtividade são ganhos através da adubação (BRUULSEMA e MURRELL, 2008), que é contínua e efetuada todos os anos, mas torna-se importante um entendimento do efeito residual do fertilizante aplicado, para cultivos sucessivos (KIHARA e NJOROGI, 2013), uma vez que o aproveitamento do adubo aplicado em cultivos antecessores, sem dúvida, gera economia nos cultivos sucessores.

A eficiência no uso do adubo fosfatado é uma característica genética do milho (LI et al., 2007), entretanto, mecanismos podem ser relacionados com o aumento do uso e eficiência da aplicação de P para plantas de milho, que incluem maior favorecimento da arquitetura e da morfologia do sistema radicular, associação a micorrizas, alteração na rizosfera, e secreções de compostos orgânicos pela rizosfera, como as enzimas fosfatases e ácidos orgânicos (RAMAEKERS et al., 2010; RICHARDSON et al., 2011), assim, conforme Postma et al. (2014) um largo sistema radicular é necessário para incrementar a absorção de fósforo. A alta eficiência da aplicação de P também pode ser considerada pela ótima distribuição e redistribuição do desse nutriente na planta, com máximo crescimento e incrementos nas biomassas produzidas (WANG et al., 2010).

Com essas considerações, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da adubação com fosfato natural em solo arenoso em conjunto com amendoim forrageiro e esterco bovino, sobre os atributos químicos, biológico, bioquímicos e da estrutura da comunidade microbiana do solo, no acúmulo de fósforo em plantas e nas características de crescimento de plantas de milho, em um Neossolo Regolítico do Agreste Pernambucano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECH, T. R.; LE PETIT, J.; CALVERT, V.; TERROM, G.; PÉRISSOL, C. Changes in the level of alkaline and acid phosphatase activities during green wastes and sewage sludge co-composting. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 228-233, 2010.
- BRUULSEMA, T. W.; MURRELL, T. S. Corn fertilizer decisions in a high-priced market. **Better Crop**, v. 92, p. 16-18, 2013.
- DEVAU, N; HINSINGER, P; LE CADRE, E.; GÉRARD, F. Root induced processes controlling phosphate availability in soils with contrasted P-fertilized treatments. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 348, p. 1-16, 2011.
- HEFFER, P.; PRUD'HOMME, M. 2013. **Nutrients as limited resources: global trends in fertilizer production and use**. In: Rengel, Z. (Ed.), *Improving Water and Nutrient-use Efficiency in Food Production Systems*. John Wiley & Sons, p. 57-78.
- KAUR, G.; REDDY, M. S. Influence of P-solubilizing bacteria on crop yield and soil fertility at multilocational sites. **European Journal of Soil Biology**, v. 61, p. 35-40, 2014.
- KIHARA, J.; VANLAUWE, B.; WASWA, B.; KIMETU, J. M.; CHIANU, J.; BATIONO, A. Strategic phosphorus application in legume-cereal rotations increases land productivity and profitability in western Kenya. **Experiences Agronomy**. 46, 35-52, 2010.
- KIHARA, J.; NJOROGE, S. Phosphorus agronomic efficiency in maize-based cropping systems: A focus on western Kenya. **Field Crops Research**, v. 150, p. 1-8, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.025>.
- KISS, S.; DRAGAN-BULARDA, M.; RADULESCU, D. Biological significance of enzymes accumulated in soil. **Advances in Agronomy**, v. 27, p. 25-87, 1975.
- KOTROCZÓ, Z.; VERES, Z.; FEKETE, I.; KRAKOMPERGER, Z.; TÓTH, J. A.; LAJTHA, K.; TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. **Soil Biology & Biochemistry**. Oxford, v. 70, p. 237-243, 2014 <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.028>.

- LI, K. P.; XU, Z. P.; ZHANG, K. W.; YANG, A. F.; ZHANG, J. R. Efficient production and characterization for maize inbred lines with low-phosphorus tolerance. **Plant Science**, v. 172, p. 255-264, 2007.
- MÁTHÉ-GÁSPÁR G.; FODOR N. Modeling the phosphorus balance of different soils using the 4M crop model. **Plant, Soil and Environment**, v. 58, p.391-398, 2012.
- NAIN, L.; RANA, A.; JOSHI, M.; JADHAV, S. D.; KUMAR, D.; SHIVAY, Y. S.; PAUL, S.; PRASANNA, R. Evaluation of synergistic effects of bacterial and cyanobacterial strains as biofertilizers for wheat. **Plant and Soil**, Dodrecht, v.3, n.31, p. 217-230, 2010.
- NZIGUHEBA, G.; MERCKX, R.; PALM, A. C.; RAO, M. Organic residues affect phosphorus availability and maize yields in a Nitisol of western Kenya. **Biology Fertility Soils**, v. 32, p. 328-339, 2000.
- PADILHA, K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38; p.1377-1386, 2014.
- PEI, L.; JIN, Z.; LI, K.; YIN, H.; WANG, J.; YANG, A. Identification and comparative analysis of low phosphate tolerance-associated microRNAs in two maize genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, Oxford, v. 70, p. 221-234, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.043>.
- POSTMA, J. A.; SCHURR, U.; FIORANI, F. Dynamic root growth and architecture responses to limiting nutrient availability: linking physiological models and experimentation. **Biotechnology Advances**, p. 32, v. 53-65, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.08.019>.
- RAMAEKERS, L.; REMANS, R.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; VANDERLEYDEN, J. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. **Field Crops Research**, v. 117, p. 169-176; 2010.
- RICHARDSON, A. E.; LYNCH, J. P.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E.; SMITH, F. A.; SMITH, S. E.; HARVEY, P. R.; RYAN, M. H.; VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; OBERSON, A.; CULVENOR, R. A.; SIMPSON, R. J. Plant and microbial

- strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 349, p.121-156, 2011.
- SHEN, J.; LI, R.; ZHANG, F.; FAN, J.; TANG, C.; RENGEL, Z. Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil. **Field Crops Research**, v. 86, p. 225-238, 2004.
- SMITH, S. R. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. **Environment International**, v.35, n.1, p.142-156, 2009.
- VANLAUWE, B.; KIHARA, J.; CHIVENGE, P.; PYPERS, P.; COE, R.; SIX, J. Agronomic efficiency of N fertilizer in maize-based systems in sub-Saharan Africa within the context of integrated soil fertility management. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 339, p. 35-40, 2011.
- WANG, J. B.; CHEN, Z. H.; CHEN, L. J.; ZHU, A. N.; WU, Z. J. Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. **Plant, Soil and Environment**, v. 57, p. 251-257, 2011.
- WANG, S.; LIANG, X.; LIU, G.; LI, G.; LIU, X.; FAN, F.; XIA, W.; WANG, P.; YE, Y.; LI, L.; LIU, Z.; ZHU, J. Phosphorus loss potential and phosphatase activities in paddy soils. **Plant, Soil and Environment**. v. 59, n. 11, p. 530-536, 2013.
- YU, X.; LIU, X.; ZHU, T.; LIU, G.; MAO, C. Co-inoculation with phosphate-solubilizing and nitrogen-fixing bacteria on solubilization of rock phosphate and their effect on growth promotion and nutrient uptake by walnut. **European Journal of Soil Biology**, p. 112-117, 2012.

CAPÍTULO I

ESTRUTURA E ATIVIDADE MICROBIANA EM CULTIVO DE MILHO SOB FONTES DE FOSFATOS ASSOCIADOS A AMENDOIM FORRAGEIRO E ESTERCO BOVINO

RESUMO

Os fosfatos naturais são adubos de baixa solubilização necessitando da aplicação de materiais orgânicos, que durante sua decomposição elevem a atividade da comunidade microbiana, e conseqüentemente, impulsionem a solubilização do fosfato. Nesse intuito, o objetivo desse trabalho foi associar amendoim forrageiro e esterco bovino com fosfatos naturais e avaliar o efeito desses sobre a composição da comunidade microbiana, sua estrutura e atividade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na região de Garanhuns-PE, utilizando Neossolo Regolítico, constaram de 18 tratamentos, compostos das misturas das fontes de fosfato (Fosfato de Araxá, Fosfobahia, Fosfato de Gafsa, Superfosfato Simples, Termofosfato de Yorin), com amendoim forrageiro, esterco bovino, aplicações individuais e um controle. As plantas foram conduzidas por dois cultivos consecutivos de 45 dias, sendo feitas amostragem dos solos ao fim de cada cultivo. Foram analisados indicadores biológicos do solo (fosfatases, uréase, CBM, PBM, COT, QCO₂, Qmic e C-CO₂, e a estrutura da comunidade - FAME). Observou-se efeito positivo da aplicação do amendoim forrageiro e do esterco bovino no aumento da atividade da comunidade microbiana do solo, CBM, PBM e FAME e na atividade enzimática. A atividade das fosfatases foi aumentada com a adição de amendoim forrageiro e esterco bovino, já a uréase foi maior nos tratamentos com adição de amendoim forrageiro. Os FAMES foram sensíveis em detectar mudanças na qualidade do solo adubadas com fosfatos naturais aplicados associados com amendoim forrageiro, sendo benéfico sua aplicação em cultivos de milho.

Palavras-Chave: solubilização de fosfato; microbiota do solo; perfis de ácido graxo.

ABSTRACT

The rock phosphates are low solubilization of fertilizer needing the application of organic materials, which during decomposition to elevate the microbial community activity, and consequently boost the phosphate solubilization. With this, the aim this study was to associate peanut and animal manure with phosphates and evaluate the effect of these on the composition of microbial community, its structure and activity. The experiment was conducted in a greenhouse in the region of Garanhuns-PE using Entisol, consisted of 18 treatments compounds of mixtures of phosphate sources (Phosphate of Araxá, Fosfobahia, Gafsa Phosphate, Superphosphate Simple, Thermophosphate Yorin) with peanut, bovine manure, individual applications and a control. The plants were cultivated by two consecutive cultivation for to 45-day, and soil samples taken at the end of each cultivation. Were analyzed biological indicators soil (phosphatases, urease, CBM, PBM, TOC, qCO₂, QMIC and C-CO₂, and the community structure - FAME). There was positive effect of the application of peanut and bovine manure on increasing soil microbial community activity, CBM, PBM and FAME and enzyme activity. The activity of phosphatases has been increased with the addition of peanut and bovine manure, but the urease was higher with addition of peanut. The FAMEs were sensitive in detecting changes in soil quality fertilized with rock phosphates applied associated with peanut, and beneficial application in corn crops.

Key words: phosphate solubilization; soil microbiota; fatty acid profiles.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fosfatos naturais, que são rochas moídas não aciduladas, vem se tornando uma estratégia de fertilização fosfatada muito empregada em vários países e aplicados em solos deficientes em fósforo (P) (MECHRI et al., 2014). São de baixa solubilidade, necessitando ser aplicados em solos com pH baixo ou em conjunto com fontes de matéria orgânica, para que aumente a solubilidade, dentre as fontes de matéria orgânica, a aplicação de resíduos orgânicos e agroindustriais se destaca.

Os resíduos orgânicos ao serem aplicados no solo tem efeito significativo no aumento da biomassa microbiana do solo, o que estimula a dinâmica do P de forma mais eficiente que apenas a fertilização mineral, uma vez que a biomassa microbiana é o principal transformador das ligações orgânicas do fósforo e também uma fonte de armazenamento desse nutriente ao solo (DAMON et a., 2014).

O fornecimento dos resíduos orgânicos ao solo influencia na composição da comunidade microbiana, na atividade e nos processos biogeoquímicos que venham a ocorrer no solo. O material orgânico torna-se substrato para a comunidade microbiana, que realiza sua decomposição, e conseqüentemente, durante o processo libera substâncias aos solos, como enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, entre outros, que auxiliam na solubilização do P (ACHAT et al., 2014; MECHRI et al., 2014; WANG et al. 2013; ZHANG et al. 2013).

A avaliação de perfis de ácidos graxos metilados (FAME) são utilizados na descrição da comunidade microbiana, quantificação da biomassa total e qualificação dos micro-organismos presentes no solo, a partir das mudanças de manejo empregados (BALL et al., 2014). A Comunidade microbiana é muito sensível e pode ser afetada pelas mudanças nos manejos empregados na fertilidade do solo, como foram observados por Zang et al. (2013) que encontraram incrementos na biomassa e na comunidade microbiana com aplicações de fertilizantes minerais, ou por Mechri et al. (2014) que verificaram alterações na comunidade microbiana avaliados pelos perfis de ácidos graxos, após a aplicação de fosfato de Gafsa em conjunto com água de produção de azeite de oliva.

A aplicação de fosfato natural com resíduos orgânicos é importante para a melhoria dos atributos microbiológicos do solo, uma vez que são fontes de C e que estimulam a comunidade microbiana e sua atividade (MECHRI et al., 2014; ONDÕNO et al., 2014). Segundo Kotroczó et al. (2014) a adição de diferentes fontes de carbono podem afetar a estrutura da comunidade microbiana do solo e interferem nas atividades enzimáticas. De acordo com Padilha et al. (2014), o uso de resíduos vegetais eleva os teores de matéria orgânica em solos arenosos, e também proporciona aumento nos indicadores biológicos, como o coeficiente metabólico e microbiano com o passar do tempo de decomposição do resíduo aplicado ao solo, mas entretanto, solos com essa textura aceleram o processo de decomposição do material orgânico adicionado ao solo.

A aplicação de fertilizantes fosfatados exercem influência sobre a estrutura microbiana no solo e sobre as atividades enzimáticas do solo, especialmente da enzima fosfatase (ALBRECHT et al., 2010), podendo suprimir a atividade (KISS et al., 1975), ou não auterando (WANG et al., 2011). A avaliação das atividades das enzimas do solo são usados como método de análise da qualidade do solo (TURNER et al., 2014), uma vez que são primordiais para o bom desenvolvimento do ecossistema, sendo catalisadoras de importantes transformações nos ciclos biogeoquímicos (WALLENSTEIN e BURNS, 2011) e componente chave na decomposição e mineralização dos materiais orgânicos do solo (KOTROCZÓ et al., 2014).

Com essas considerações, esse estudo tem por hipótese, que a estrutura e a atividade da comunidade microbiana é alterada e possivelmente aumentada com a aplicação de substratos orgânicos em conjunto com fosfato naturais, por dois cultivos consecutivos em um solo arenoso do Agreste Pernambucano. Desta forma, o presente trabalho objetivou: (1) Avaliar as alterações promovidas na estrutura e atividade da comunidade microbiana de um Neossolo Regolítico, cultivado com milho, sob aplicação de fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e a esterco de bovino. (2) Determinar quais variáveis são mais sensíveis em monitorar a qualidade desses solos através da análise multivariada de componentes principais. (3) E como os tratamentos que se agruparam em relação às variáveis mais sensíveis, para indicação do melhor tratamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do solo

O experimento foi conduzido no Agreste do estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas Latitude 8° 53' 00'' Sul, Longitude 36° 31' 00'' Oeste e altitude de 823 m. O clima predominante na região é o tropical chuvoso, com verão seco; e a estação chuvosa no período outono/inverno e início da primavera (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área sob cobertura natural de floresta xerófila, localizada no município de São João, na mesorregião do Agreste meridional do estado de Pernambuco, classificado como Neossolo Regolítico distrófico típico. Foi coletado a uma profundidade de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado em malha de 4 mm e distribuído em vasos de 7 kg.

Foram retiradas sub-amostras, que foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm para a caracterização física e química (Tabela 1). Na caracterização física, foram determinadas a composição granulométrica pelo método do densímetro com modificações (RUIZ, 2005); a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards pela metodologia citada na Embrapa (1997). Na caracterização química, foram determinados o pH em água e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^+ , Na^+ , P e acidez potencial, conforme metodologia citada por Embrapa (2009).

Tabela 1: Caracterização química e física do solo

Característica	
Argila (g kg^{-1})	20
Areia (g kg^{-1})	866,2
Silte (g kg^{-1})	133,8
Capacidade de campo (g g^{-1})	0,11
pH (1:2,5)	4,85
Ca ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,8
Mg ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,45
K ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,14
Na ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,1
Al ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,3
H+Al ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	1,88
P (mg Kg^{-1})	1,55

2.2. Descrição do experimento

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 72 unidades experimentais. A dose de fosfato utilizada foi a de 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} conforme a recomendação do Instituto Agronomico de Pernambuco (IPA, 2008), para o tipo de solo e o teor de P apresentado no solo.

Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB).

As porcentagens de P_2O_5 em água de todas as fontes de fosfato utilizadas, que foram determinadas: FA 25,96 % de P_2O_5 ; FB 32,15 5 % de P_2O_5 ; FG 29,61 de P_2O_5 %; SS 18,02 de P_2O_5 %; TF 20,94 de P_2O_5 %. Nos resíduos foram determinados sua relação C:N, por meio da determinação dos teores de C e N, obtidos por combustão seca, em analisador elementar Perkin Elmer CNHS/O 2400, foram respectivamente 13,22:1 e 11,5:1 para amendoim forrageiro e esterco bovino. Os fosfatos naturais e os resíduos orgânicos foram aplicados e misturados ao solo de forma uniforme, de maneira a permitir o máximo de contato com o solo.

O milho (variedade comercial 1058) foi semado em três sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 DAS (dias após a semeadura). A adubação com N e K foi realizada com base nos resultados da análise química do solo e na recomendação de adubação para a cultura, fracionada em duas etapas no início do primeiro cultivo, e no início do segundo cultivo (IPA, 2008), utilizando-se uréia e cloreto de potássio como fontes. As plantas foram irrigadas uma vez ao dia, com água destilada, considerando a capacidade de pote do solo.

Aos 45 DAS às plantas de milho foram cortadas, sendo também retiradas amostras de solos, que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas a 4 °C, para a realização das análises. Seguiu-se com o segundo cultivo, procedendo-se da mesma forma que o primeiro, onde as plantas de milho também permaneceram até os 45 DAS, após esse período outras amostras de solo também foram coletadas e armazenadas.

2.3. Composição da comunidade microbiana

A composição da comunidade microbiana dos solos foi caracterizada através dos perfis de ácidos graxos FAME (Fatty Acid Methyl Ester).

Os FAME foram determinados aplicando-se o procedimento de Schutter e Dick (2000), sendo quantificados através da extração com reagentes para análise de EL-FAME (perfis de ácidos graxos com ligações ester). Os ácidos graxos foram extraídos e metilados em amostras de 3 g de solo (armazenado sob refrigeração), com 15 ml da mistura de NaOH (0,2 M) e metanol (1 M), em tubos para centrifuga, que foram agitados em vortex por 20 segundos e levados a banho-maria por 1 hora à 37° C. A cada intervalo de 10 minutos as amostras passavam por nova agitação em vortex por 10 segundos, para facilitar a reação de metilação dos FAMES.

Após, foi adicionado 3 mL de ácido acético (1M) e 15 mL de hexano HPLC em cada tubo, agitados em vortex por 20 segundos e centrifugados (1600 rpm) por 10 minutos. A fase superior foi transferida para tubo e evaporada em N₂ (Biotage Tubovap LV). Os FAMES secos foram resuspendidos com hexano e transferidos para vial. A identificação dos FAME foi realizada por cromatografia gasosa com detector de massas GC-MS (Shimadzu GCMS-QP2010 Plus). Amostras de 1 µL foram injetadas em modo split (1:50), usando um auto injetor (Shimadzu AOC-20i). Foram separados em coluna capilar de sílica fundida de 30 m (ELITE-5 0,25 mm x 0,25 µm, HP), usando He ultra-puro como gás de carreamento. A temperatura da coluna foi programada a partir de 150° C por 1 minuto e a rampa de 4° C por minuto até 250° C por 5 minutos. A fonte e interface de temperatura foram de 250° C e 280° C, respectivamente. Os modelos de calibração foram determinados

por injeção de diferentes concentrações de uma solução padrão (Bacterial Acid Methyl Ester-BAME, Supelco 47080-U).

A nomenclatura para os ácidos graxos foi a descrita por Frostegard et al. (1996). Os números de FAME detectados no extrato de solo são: i-C15:0; a-C15:0; i-C16:0, i-C17:0 para bactérias Gram-positivas (Bradley et al., 2006; Blaud et al., 2012); C12:0 2OH; C12:0 3 OH; C14:0 2OH; C14:0 OH; C16:1(9)cis; C17:0(9,10)cis; C16:0 2OH; cisC19:0 para bactérias Gram-negativas (Meriles et al., 2006; Blaud et al., 2012); C18:2(9,12)cis; C18:1(9)cis para fungos saprofitos (Bradley et al., 2006); C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0 não específicos (Bradley et al., 2006; Blaud et al., 2012).

2.4. Atividade enzimática

A determinação da atividade enzimática foi através das fosfatases ácida (Fos Ac) e alcalina (Fos Al) (EC 3.1.3) e urease (URE) (EC 3.5.1.5).

As amostras de solos foram incubadas com substrato específico para cada atividade, a atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina foram determinadas conforme a metodologia de Evazi e Tabatabai (1977), com n-nitrofenil fosfato como substrato; já a atividade da uréase foi determinada conforme Kandeler e Gerber (1988), usando a uréia como substrato. Os produtos liberados após a filtragem foi quantificada por colorimetria em comprimento específico para cada enzima, a absorbância dos produtos foi mensurada por espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Cambridge, England).

2.5. Indicadores biológicos

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado através do método de irradiação das amostras de solo, que tiveram sua capacidade de campo ajustada para 60-70% da capacidade de campo, foi extraída com K_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, em uma relação de 8:2 (extrator:solo), o carbono dos extratos foram determinados pelo método colorimétrico de (Bartlett e Ross, 1988). Já o fósforo da biomassa microbiana (PBM) foi determinada conforme a metodologia proposta por Mendonça e Matos (2005), onde o extrator

empregado foi NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, em relação de 8:2 (extrator:solo), e a determinação do fósforo dos extratos feita por colorimetria. Para definir a respiração basal (RBM) e o COT, utilizou-se método descrito por Mendonça e Matos (2005).

Com os resultados, foram calculados o quociente metabólico (QCO₂) e o quociente microbiano (Qmic). O quociente metabólico foi determinado pela razão C-CO₂ liberado/biomassa microbiana (Anderson e Domsch, 1993); e o quociente microbiano (qMic), pela expressão (CBM/COT)/10 (Sparling, 1992).

2.6. Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise da variância, as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística Sisvar (Ferreira, 2003).

Todos os dados do primeiro e segundo cultivo do milho foram submetidos à análise multivariada de componentes principais (ACP), separadamente. Foram selecionadas as mesmas variáveis no primeiro e segundo cultivos para detectar as variáveis que foram mais importantes em detectar diferenças entre os tratamentos. As análises multivariadas foram realizadas pelo programa STATISTICA 7.0 (Statsoft, DEU) (Statistica, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

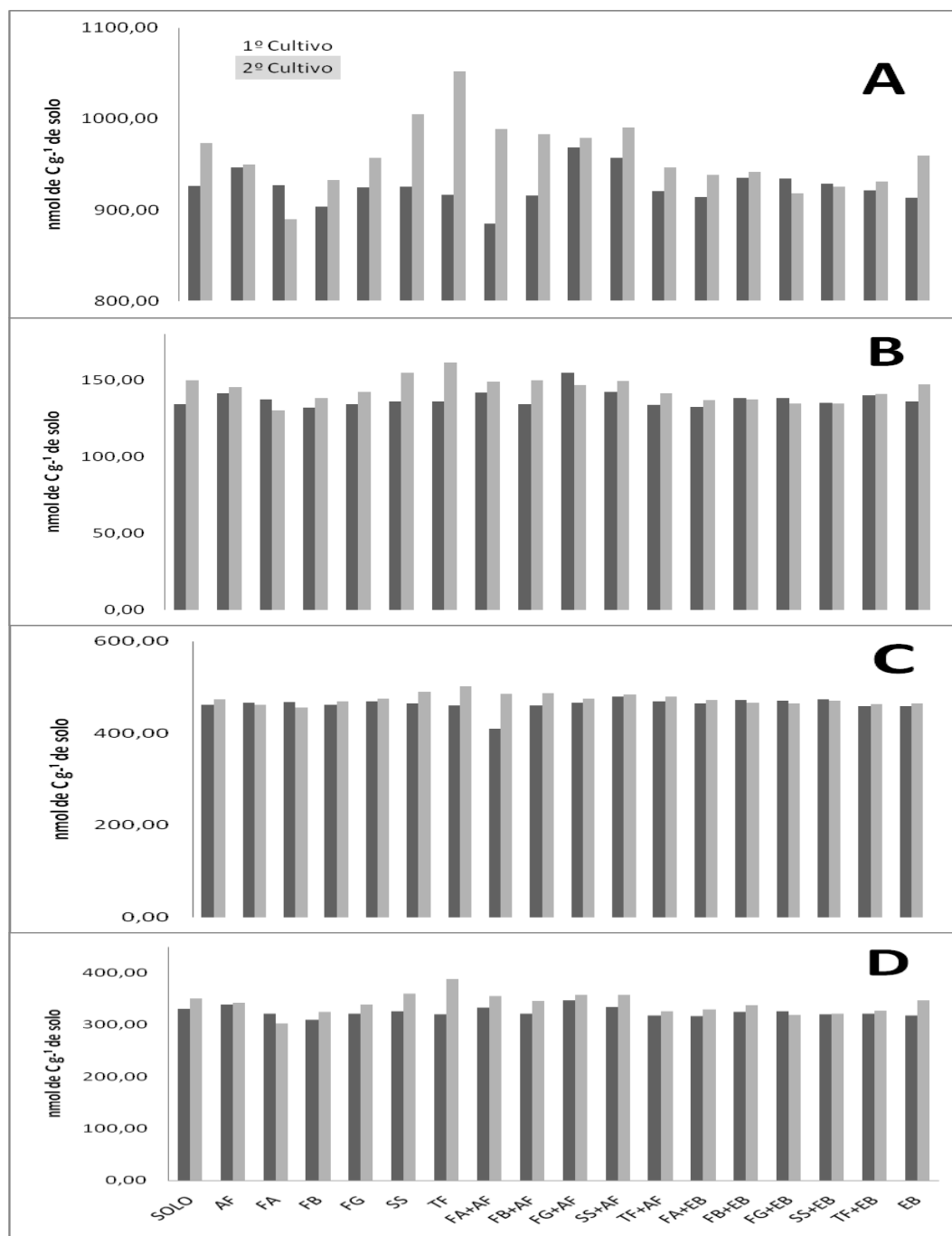
3.1. Estrutura da comunidade microbiana do solo através de perfis de FAME e Análise multivariada de componentes principais

Os resultados demonstram que a adição de fosfatos naturais aplicados com amendoim forrageiro e esterco bovino alterou os perfis de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) em comparação ao tratamento controle (Figura 1).

Os FAME totais representam o total da biomassa microbiana no solo (MECHRI et al. 2014; ZELLES, 1997), a partir de seus valores observamos que a adição do material orgânico levou a aumentos na comunidade microbiana total do solo, os tratamentos FG+AF e SS+AF foram os que levaram aos melhores resultados para o primeiro ciclo de cultivo, já durante o segundo ciclo os tratamentos TF e SS foram os melhores (Figura 1A).

A adição de fosfato natural com amendoim forrageiro, e o próprio resíduo vegetal aplicado ao solo (AF), levaram aos melhores resultados na quantidade de fungos totais encontrados no solo (Figura 1B). Os tratamentos FG+AF, SS+AF, AF e FA+AF foram os que apresentaram os maiores resultados no primeiro cultivo, já no segundo cultivo foram os tratamentos SS, TF e todos os tratamentos com adição de amendoim forrageiro foram os que apresentaram os melhores resultados.

Mechri et al. (2014) ao aplicarem água de resíduos da produção de azeite de oliva juntamente com fosfato natural de Gafsa na Tunísia, observaram que a aplicação do fosfato com o material orgânico levou a aumento nos FAMEs e actomicetos, já os fungos decresceram, eles apontam que esse maior incremento nos FAMEs podem ser atribuídos a composição do resíduo aplicado que tem potencial para mudar as características da estrutura da comunidade microbiana. Já Hota et al. (2014) ao avaliarem a aplicação de lodo de esgoto com fertilizantes, observaram que a adição de resíduos aumentou a comunidade microbiana, expressado no aumento dos fungos.



Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino.

Figura 1. Concentração de FAME Total (A), Fungos (B), Bactérias (C) e FAMES não específico (D) da comunidade microbiana de Neossolo regolítico cultivado com milho, com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

O teor de bactérias totais foi alto no solo (Figura 1C), no primeiro e segundo cultivos mostraram-se semelhantes, entretanto, os tratamentos exerceram pouco efeito na quantidade de bactérias totais, apenas o tratamento FA+AF que apresentou maior aumento no segundo cultivo. Quanto à quantidade de fungos não específicos observam-se pequenos aumentos nessa comunidade microbiana nos tratamentos em que foram acrescidos de esterco bovino e amendoim forrageiro (Figura 1 D).

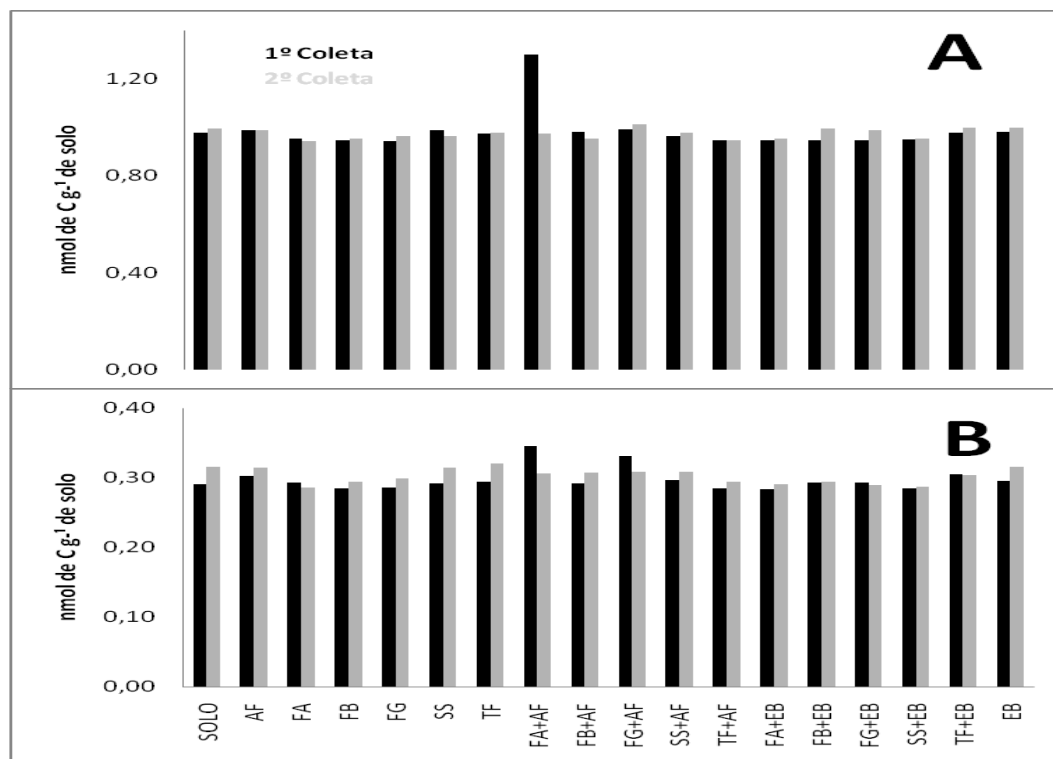
Na relação entre as bactérias Gram+:Gram- foi relativamente igual, de quase um para todos os tratamentos avaliados, e os dois ciclos de cultivos (Figura 2A). No primeiro ciclo de cultivos o FA+AF apresentou o mais alto valor dessa relação. Como a razão entre fungos e bactérias foi baixa (Figura 2B), demonstra que a maior parte dos micro-organismos nesse solo são bactérias. No primeiro cultivo FA+AF e FG+AF aumentaram essa relação ao ser comparado ao controle, já para o segundo cultivo foi o TF e SS foram os que geraram os maiores aumentos (Figura 2B).

O uso de esterco bovino e amendoim forrageiro foram benéficos no aumento da comunidade microbiana, observa-se que o aumento relativo que eles proporcionaram aos valores de FAMES quando aplicados em conjuntos com os fosfatos naturais. Stevenson et al. (2014) afirmaram que a adição de C levou a aumento na proporção de bactérias Gram- e decresceu a proporção de Gram+, assim como os actomicetos foram aumentados, diferente de nossos resultados que não foi observado uma diferença nas proporções de Gram+ e Gram- (Figura 2 A).

As variáveis referentes à composição da comunidade microbiana tiveram um pequeno aumento de um cultivo para o outro (Figuras 1 e 2). Os tratamentos que foram adicionados resíduos orgânicos apresentaram uma tendência de maior valor de micro-organismos, portanto durante o processo de decomposição do resíduo e a solubilização do fósforo, observamos que a biomassa microbiana do solo aumenta. Entretanto, de acordo com Stevenson et al. (2014), algumas vezes a biomassa microbiana total e a relação fungo:bactéria decresce com o tempo de decomposição do material orgânico depositado ao solo.

Santos et al. (2014) apontaram que a composição da comunidade microbiana pode refletir os fatores ambientais em que a mesma está, e que a abundância de bactérias Gram+ e

Gram-, actomicetos e fungos estão relacionados com o pH e o estresse hídrico, sendo portanto importante o entendimento dos fatores ambientais que interferem e formam as diferentes estruturas e comunidades microbianas no ecossistema. Mas Bowles et al. (2014), apontaram que incrementos na solubilidade de P no solo mostram efeitos negativos na quantidade de fungos, e que os manejos orgânicos incrementam bactérias Gram+ e Gram-.



Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino.

Figura 2. Relação ente bactéria Gram+:Gram- (A) e Fungos:Bactérias (B) da comunidade microbiana de Neossolo regolítico cultivado com milho, com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

A análise multivariada de componentes principais (ACP) foi utilizada para distinguir os diferentes tratamentos utilizando as variáveis mais importantes em separar os tratamentos, apontando os melhores resultados. Por isso foi realizada duas análises, uma para o primeiro cultivo outra para o segundo utilizando todas as variáveis analisadas. Foram usadas as informações das duas primeiras componentes principais, não causando

perdas de informações porque o fator 1 e o fator 2 explicam 71,37% para o 1º cultivo e 83,16% da variação total dos dados (Tabela 1 em Anexo).

Muitos estudos que avaliam as atividades enzimáticas de solos e o perfil de ácidos graxos da comunidade microbiana dos solos vêm utilizando essa análise multivariada e selecionado os dois primeiros componentes principais para explicação da variação total dos dados, como em experimento realizado por Acosta-Martínez et al. (2010) na região semiárida no Texas na qual avaliou diferentes formas de manejo na produção do algodão e selecionou muitas variáveis que corroboram com este trabalho, no entanto, foi utilizada uma ACP para as atividades enzimáticas e outra ACP para os FAMES, por isso foram obtidas % cumulative maiores que o presente trabalho. Entretanto avaliar todas as variáveis de uma só vez pode dar respostas mais claras em relação aos tratamentos, pois analisa as correlações existentes entre as variáveis por formar uma matriz de correlação, além de fornecer as correlações entre as variáveis e as componentes principais que mostram mais claramente quais são mais sensíveis em detectar diferenças entre os tratamentos (Tabela 2 em Anexo).

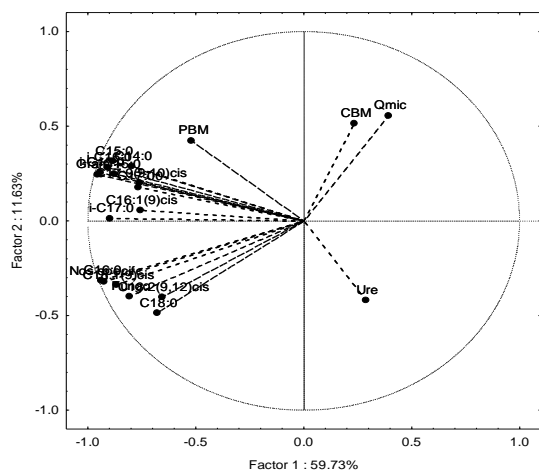
O uso da ACP destaca-se ao explicar as diferenças entre os tratamentos relacionados a quantificação da atividade e estrutura da comunidade microbiana, sensível na detecção de diferenças e no monitoração da qualidade microbiológica e física do solo (MEDEIROS et al., 2015; MOTA et al., 2014; NOTARO et al., 2014), sendo uma importante ferramenta na determinação dos efeitos dos tratamentos sobre as características da comunidade microbiana em solo, apresentando de forma mais clara a caracterização da qualidade do solo.

No 1º cultivo do milho submetido a diferentes fontes de fosfatos associados à amendoim forrageiro e esterco bovino foi observado que as variáveis mais importantes em detectar diferenças entre os tratamentos foram: Bactérias Gram+> i-C15:0= C16:0> FAMES Não específico> i-C16:0> i-C17:0> C15:0= a-C15:0> C18:1(9)cis> Fungo Total> C14:0> C17:00> C16:1(9)cis= C17:0(9,10)cis> C18:0> C18:2(9,12)cis> PBM (Tabela 4) na qual responderam por 59,73% da variação total dos dados (Figura 3A e B). Enquanto que as variáveis Qmic> CBM> URE correlacionaram-se com o principal componente 2 e responderam por 11,63% da variação total.

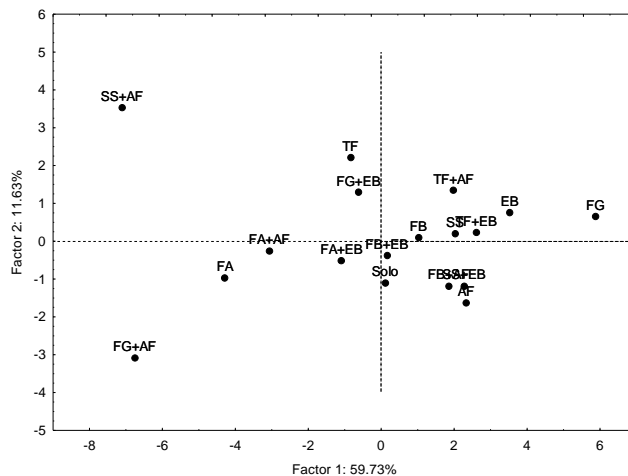
Já no 2º ciclo de cultivo do milho no mesmo solo com as mesmas fontes de fosfatos associados à amendoim forrageiro e esterco bovino, as variáveis mais importantes em detectar as diferenças entre os tratamentos tiveram uma ordem de importância diferente das do primeiro cultivo, isto é, as variáveis que se correlacionaram com o PC1 foram em ordem: C14:0> i-C15:0= C16:0= FAMES não específico= Gram += C17:00> C15:0= i-C16:0= Fungo> i-C17:0> C18:1(9)cis= C17:0(9,10)cis> a-C15:0> C18:0> C16:1(9)cis> C18:2(9,12)cis que responderam por 74,22% da variação total dos dados, enquanto que o PC2 correlacionou-se com Qmic> CBM> PBM> URE, responsáveis por 8,93% dos dados (Figura 3C e D).

O fósforo da biomassa microbiana (PBM) respondeu bem à variação total dos resultados, pois correlacionou-se com o PC1 que explicou 59,73% da explicação dos dados no 1º ciclo de cultivo, já no 2º cultivo do milho, essa variável correlacionou-se com o PC2 que explicou apenas 8,93%, não sendo muito importante na variação dos dados. O PBM é uma fonte importante de fósforo para as plantas (DAMON et al., 2014), estando disponível para as plantas conforme ocorre a mineralização da matéria orgânica durante os ciclos de cultivo, demonstrando a diminuição que essa variável apresentou com o tempo.

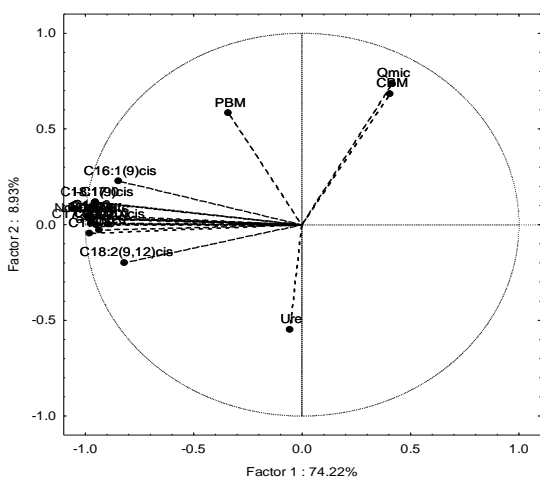
Como a PC1 é a mais importante em detectar diferenças entre os tratamentos, todos os FAMES tiveram alta correlação com a PC1 tanto no cultivo 1 quanto no cultivo 2, demonstrando que essas variáveis são mais sensíveis em detectar mudanças entre os tratamentos no solo, por isso recomenda-se a utilização dos FAMES como uma ferramenta mais sensível na detecção de diferenças na qualidade do solo (DIENG et al., 2014; LUCAS et al., 2014).



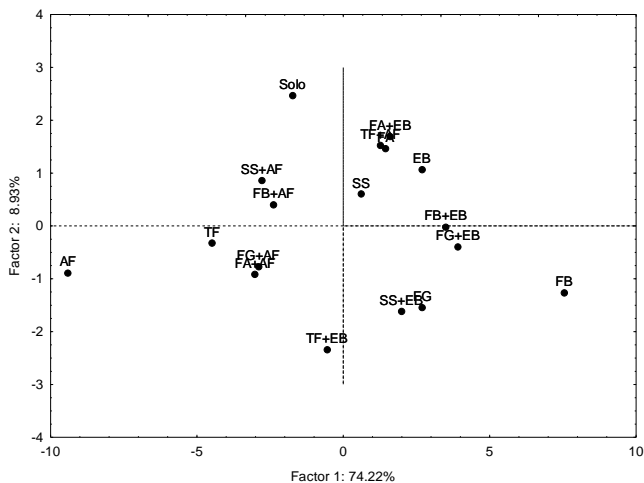
A



B



C



D

CBM= Carbono da biomassa microbiana, PBM= Fósforo da biomassa microbiana, Qmic= quociente microbiano, Ure= atividade da uréase. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino

Figura 9. Diagrama de dispersão de vetores do 1º Cultivo A) e do 2º Cultivo C) e diagrama de dispersão dos tratamentos do 1º Cultivo B) e do 2º Cultivo D) obtidos pela análise multivariada de componentes principais com os dados de atividades enzimáticas, estrutura e atividade da comunidade microbiana de Neossolo regolítico cultivado com milho, com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

A ACP foi importante, uma vez que no primeiro cultivo indicou que os solos que apresentaram os mais altos conteúdos de FAMES e de PBM foram os tratamentos com esterco bovino (FG+EB, FA+EB), e os com amendoim forrageiro (SS+AF, FG+AF e FA+AF) no qual dispersaram no mesmo sentido dos vetores, demonstrando a importância dessas fontes orgânicas como um complemento aos fosfatos (Figura 9A e B). Os esterco vêm sendo utilizados em diversos trabalhos com milho (ACHAT et al., 2014; DOAN et al., 2013; DOAN et al., 2014) e em outras culturas, como uma forma alternativa de nutrição, pois possui a vantagem de poderem ser fontes de outros nutrientes que tem em sua composição, além de aumentarem a atividade microbiana nos solos e elevarem a produtividade.

Durante o 2º Cultivo do milho, os solos que contém o amendoim forrageiro foram os que apresentaram as maiores quantidades de FAMES, SS+AF, FB+AF, FG+AF e FA+AF agruparam-se no sentido dos vetores que mais se correlacionaram com o PC1, indicando que o amendoim forrageiro possui poder de melhorar a qualidade microbiológica e bioquímica de solos arenosos cultivados com milho (Figura 9C e D). Muitos trabalhos utilizam esterco para melhoria das características do solo, porém o amendoim forrageiro como uma alternativa demonstrou ser a melhor opção, quando adicionado a fontes de fósforo. A utilização de resíduos vegetais destaca-se pelo reaproveitamento tanto dos restos de culturas, ou a aplicação de produtos pós-beneficiamento que associados a adubos fosfatados aumentam a disponibilização destes (ALBRECHT et al., 2010; MECHRI et al., 2014).

Bowles et al. (2014) afirmam que as atividades enzimáticas tem uma forte correlação positiva com a biomassa microbiana do solo, já que essa mesma biomassa é a responsável por maior parte da atividade enzimática no solo, é importante ambas as quantificações, apontam também que o total de FAMES em um solo tem uma correlação positiva com o CBM. De maneira geral o uso de material orgânico na solubilização dos fosfatos naturais, promoveu maior expressão do tamanho da comunidade microbiana, assim como da atividade microbiana no solo. Este fato é positivo uma vez que a adição de material orgânico beneficiou a comunidade decompositora desse solo nos dois ciclos de cultivo.

3.2. Atividade enzimática das fosfatases e uréase no solo

Os diferentes fosfatos naturais, aplicados com o amendoim forrageiro e o esterco bovino, influenciaram na taxa das atividades das enzimas (fosfatases e uréase) do solo. Houve diferença significativa ($P>0,05$) para os dois cultivos consecutivos (Tabela 2).

Tabela 2. Atividades enzimáticas de Neossolo regolítico cultivado com milho com fontes de fosfatos associados a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	Fos Ac (mg p-nitrophenol g ⁻¹ h ⁻¹)		Fos Al (mg p-nitrophenol g ⁻¹ h ⁻¹)		Ure (mg NH ₄ -N g ⁻¹ .2 h ⁻¹)	
	1º Cultivo	2º Cultivo	1º Cultivo	2º Cultivo	1º Cultivo	2º Cultivo
Solo	13,52 c	13,00 c	31,98 b	27,01 b	543,20 c	532,94 c
FA	10,63 d	20,70 b	21,73 c	20,80 c	503,72 c	832,72 a
FB	10,78 d	18,48 b	12,86 d	20,13 b	535,45 c	656,55 b
FG	14,01 b	26,10 a	25,32 c	27,40 b	647,32 b	654,41 b
SS	10,55 d	15,66 b	23,85 c	17,99 c	576,19 c	407,86 c
TF	17,17 a	17,36 b	14,90 d	25,68 b	425,79 d	798,09 a
AF	12,43 c	17,50 b	26,32 c	12,76 d	842,44 a	833,96 a
FA+AF	13,10 c	25,10 a	13,41 d	23,70 b	454,34 c	742,53 b
FB+AF	15,21 b	16,85 b	28,29 b	13,28 d	479,01 c	694,09 b
FG+AF	14,70 b	18,31 b	24,44 c	33,14 a	486,27 c	472,54 c
SS+AF	14,64 b	11,61 c	25,37 c	37,75 a	496,15 c	483,32 c
TF+AF	15,75 b	16,16 b	29,32 b	13,37 d	418,88 d	365,27 c
EB	13,05 c	17,34 b	31,23 b	15,28 d	319,74 e	636,04 b
FA+EB	12,92 c	17,15 b	23,87 c	16,94 c	516,68 c	489,28 c
FB+EB	13,59 c	19,91 b	29,41 b	12,38 d	465,41 c	878,28 a
FG+EB	12,80 c	18,50 c	34,43 a	20,65 c	344,71 e	726,52 b
SS+EB	13,83 c	17,97 b	26,72 c	15,48 c	790,00 a	881,80 a
TF+EB	13,41 c	17,62 b	34,65 a	25,84 b	632,74 b	878,27 a
Média	13,46	18,15	12,25	16,77	537,61	664,69
CV (%)	11,42	12,65	12,25	16,77	12,05	13,31

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino

A atividade da fosfatase ácida variou de 10,55 a 17,18 µg p-nitrofenol g⁻¹ h⁻¹ no primeiro cultivo, já no segundo cultivo variou de 11,62 a 26,10 µg p-nitrofenol g⁻¹ h⁻¹, tendo sido relativamente mais alta durante o 2º cultivo, com uma média geral de 18,15,

enquanto no 1º foi de 13,46 (Tabela 2). No 1º cultivo foi maior para o tratamento TF com 17,17 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ sendo este valor superior aos demais; seguido desse os tratamentos TF+AF, FB+AF, FG+AF, FG+AF e FG foram os que apresentaram os melhores resultados, respectivamente. Para o 2º cultivo, as maiores atividades da fosfatase ácida foram os encontrados com FG e FA+AF, com respectivamente 26,10 e 25,56 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Nota-se que a aplicação de amendoim forrageiro conjuntamente as fontes de fosfato elevou a atividade dessa enzima, o que indicando que está ocorrendo a decomposição da matéria orgânica no solo (MEDEIROS, et al. 2015) e, conseqüentemente, a mineralização do P no solo.

Quanto a Fos Al, no primeiro cultivo observou-se uma atividade de 12,86 a 34,65 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para (Tabela 2). O emprego de TF+EB e FG+EB levaram as maiores atividades dessa enzima com 34,65 e 34,43 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente, mostrando que a aplicação de esterco bovino elevou a atividade dessa enzima. No segundo cultivo a atividade da fosfatase alcalina foi de 12,38 a 37,75 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Tabela 2), destacando SS+AF e FG+AF com 37,75 e 33,15 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, indicando que a aplicação de amendoim forrageiro levou a um incremento no teor dessa enzima à medida que o processo de decomposição foi se intensificando.

Observou-se que a incorporação do amendoim forrageiro e do esterco ao solo junto com os fosfatos naturais promoveu aumento considerável na atividade da fosfatase ácida e alcalina do solo durante os dois cultivos (Tabela 2). Conforme Kotroczo et al. (2014) as atividades enzimáticas do solo são facilmente impulsionadas pelo carbono lábil, proveniente da rizosfera e de exudados das raízes, assim a manutenção dos resíduos da cultura sucessora ou a adição de material orgânico ao solo elevam as atividades.

A adição de uma fonte de P solúvel (superfosfato simples) não influenciou no aumento das atividades enzimáticas no solo. Segundo Bowles et al. (2014) a uma correlação negativa entre P solúvel e a atividade das enzimas do ciclo do P, entretanto essas enzimas são estimuladas pela adição de material orgânico, que auxilia na solubilização de P, sendo influenciadas pelo manejo mesmo em curtas escalas de tempo. Wang et al (2013), indicaram que a aplicação de fertilizantes fosfatados afetaram a atividade das fosfatases do solo na camada arável, afirmaram que o superfosfato simples diminuiu significativamente

atividades fosfatase do solo na camada arável em comparação com a aplicação de fosfato natural, corroborando com os resultados encontrados no primeiro ciclo de cultivo, onde o SS diminuiu a atividade da fosfatase ácida, sendo menor do que o controle (Tabela 2).

Tuner et al (2014) afirmam que as atividades das proteases, urease e fosfatase foram inibidas pelas interações entre dos minerais, onde a adição de fontes solúveis de fertilizantes diminuiu a atividade das enzimas. Na medida em que ocorre a diminuição no teor de matéria orgânica no solo, a atividade da fosfatase também diminui (WANG et al., 2012), da mesma forma que quando ocorrem incrementos nos teores de matéria orgânica no solo, estimulam as atividades de micro-organismos (BOWLES et al.; 2014; TURNER et al., 2014).

Foi verificada uma maior atividade na fosfatase alcalina em relação à fosfatase ácida, para os dois sistemas de cultivos, apontando que em um solo arenoso ácido houve maior predomínio da atividade alcalina dessa enzima. Uma vez que as enzimas no solo são diretamente afetadas por fatores como temperatura, clima, manejo, pH, disponibilidade de nutrientes e propriedades químicas dos resíduos aplicados (BALDRIAN et al., 2012; STEVENSON et al., 2014).

Na quantificação da uréase foi observado valores entre 319,74 a 842,44 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ 2 h}^{-1}$ no 1º cultivo, e 365, 27 a 881,80 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ 2 h}^{-1}$ no 2º cultivo, sendo que os maiores valores foram observados no segundo ciclo (Tabela 2). A atividade da uréase é de fácil detecção nos solos com diferentes coberturas, e diferentes comunidades decompositoras (LIU et al., 2014; TAN et al., 2014). Medeiros et al. (2015) afirmam que o solo que passa por constante perturbações, reduz a atividade enzimática, já que a remoção do material orgânico diminui o substratos para os micro-organismos utilizam, e aponta que sistema de manejo empregado neste solo não é ideal.

No primeiro ciclo de cultivo os maiores valores de atividades da uréase foram encontrados com os tratamentos AF e SS+EB, com 842,44 e 790,00 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ 2 h}^{-1}$ respectivamente, onde a aplicação do AF ocasionou aumento na atividade da uréase, destacando a importante participação da mesma dentro do processo de decomposição dos resíduos vegetais. Entretanto, os menores valores desta atividade enzimática foram encontrados com EB e FG+EB com 319,74 e 344,71 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ 2 h}^{-1}$ respectivamente,

onde algumas vezes a adição de material com altos teores de nitrogênio podem retardar essa enzima (DOAN, et al., 2014).

Por outro lado, no segundo cultivo, as maiores taxas na atividade dessa enzima foram encontradas com FB, TF, AF, FB+EB, SS+EB e TF+EB, que não diferiram entre si. Observou-se que com o avanço no processo de decomposição os fosfatos juntamente com o esterco bovino geraram a maior atividade dessa enzima. O uso de material orgânico no solo aumenta a capacidade de proteger e manter as enzimas do solo em atividade (BOWLES et al., 2014; SAHA et al., 2008), uma vez que com o tempo de cultivo ocorre estabilização no processo de decomposição dos resíduos orgânicos e preservação da atividade enzimática, como foi evidenciado no presente estudo.

3.3. C e P da biomassa microbiana e indicadores biológicos do solo

O uso de diferentes fontes de fosfato natural associados ao amendoim forrageiro ou ao esterco bovino aumentaram significativamente ($P>0,05$) os teores de C e P da biomassa e os indicadores biológicos do solo (Tabela 3).

O CBM do primeiro cultivo variou de 69,70 a 168,18 mg kg⁻¹, onde os melhores tratamentos foram TF, FG, SS+EB e TF+AF, com 168,18; 157,57; 156,66 e 150,75 mg kg⁻¹ de C, respectivamente. A aplicação dos fosfatos naturais ao solo influenciou no aumento do CBM, mas a associação de FBAF e FAEB foram as que apresentaram o menor valor dessa variável. Para o segundo ciclo de cultivos observa-se na Tabela 3 que os dados variaram de 70,57 a 142,57 mg kg⁻¹ de C, com os melhores valores para os tratamentos FA e FB+EB. Entretanto os menores valores de CBM foram observados para os tratamentos AF, FG+AF e TF+EB. Os valores da biomassa diminuíram de um ciclo para outro, apontando uma instabilidade entre os tratamentos e os ciclos de cultivo (Tabela 3).

Já o PBM apresentaram valores que variaram de 4,03 a 15,98 mg kg⁻¹ de P no 1º cultivo, e 3,59 a 15,34 mg kg⁻¹ de P para o 2º ciclo. No primeiro ciclo os maiores valores de PBM foram nos tratamentos FB, FA e SOLO com 15,97; 14,08 e 13,29 mg kg⁻¹ de P, respectivamente. A aplicação do SS levou à menor valor de PBM, sendo possivelmente por ser uma fonte solúvel, e os micro-organismos solubilizadores do fosfato apresentam menor

atividade nessas condições, e assim menos acúmulo de P em suas biomassas. No segundo cultivo houve uma relativa diminuição nos resultados, SOLO e FA foram os que apresentaram melhores resultados com 15,34 e 14,04 mg kg⁻¹ de P, e o SS apresentou menor resultado com 3,58 mg kg⁻¹ de P, entretanto não sendo diferente de SS+EB, FG+EB, FB+EB e FA+AF.

Tabela 3. Indicadores biológicos de Neossolo regolítico cultivado com milho com fontes de fosfatos associados a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	CBM (mg kg ⁻¹)		PBM (mg kg ⁻¹)		COT (dag kg ⁻¹)		Qmic (%)		QCO2 (mgC-CO2.g ⁻¹ CBM h ⁻¹)		C-CO2 (mg kg ⁻¹ h ⁻¹)	
	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º
	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo	Cultivo
Solo	103,78 c	105,45 c	13,29 a	15,34 a	1,51 b	1,52 b	0,34 c	0,47 a	0,71 c	0,38 c	69,50 e	58,33 e
FA	85,60 d	142,57 a	14,08 a	14,04 a	1,67 b	1,70 a	0,26 d	0,41 b	0,94 c	0,83 c	95,00 c	113,33 d
FB	115,90 c	100,00 c	15,97 a	7,21 d	1,41 c	1,60 b	0,41 b	0,31 c	1,08 b	1,14 c	129,50 a	101,66 d
FG	157,57 a	82,12 d	9,94 b	8,38 d	1,41 c	1,61 b	0,56 a	0,24 d	0,67 c	1,31 b	109,50 b	100,00 d
SS	135,60 b	127,65 b	4,04 c	3,58 e	1,49 c	1,78 a	0,45 b	0,37 b	0,70 c	0,91 c	93,00 c	133,33 c
TF	168,18 a	103,78 c	5,70 c	11,52 b	1,58 b	1,79 a	0,53 a	0,28 c	0,56 c	1,54 b	74,50 d	160,00 b
AF	90,15 d	70,57 d	11,16 b	11,01 b	1,43 c	1,52 b	0,31 c	0,22 d	1,13 b	1,99 a	104,50 c	118,33 d
FA+AF	125,75 b	99,24 c	4,53 c	4,35 e	1,74 a	1,63 b	0,36 c	0,31 c	1,17 b	0,93 c	139,50 a	86,66 e
FB+AF	69,70 e	104,54 c	11,16 b	12,15 b	1,77 a	1,66 b	0,19 e	0,31 c	1,10 b	0,89 c	79,50 d	87,50 e
FG+AF	98,48 c	84,85 d	11,85 b	7,63 d	1,81 a	1,76 a	0,27 d	0,24 d	0,74 c	1,24 b	71,00 d	103,75 d
SS+AF	135,60 b	121,65 b	4,73 c	9,62 c	1,56 b	1,87 a	0,43 b	0,32 c	0,88 c	1,11 c	109,50 b	128,33 c
TF+AF	150,75 a	130,52 b	8,58 b	12,51 b	1,75 a	1,87 a	0,43 b	0,34 c	0,60 c	1,20 b	94,00 c	161,66 b
EB	107,57 c	103,94 c	8,75 b	8,19 d	1,17 d	1,36 c	0,46 b	0,54 a	0,89 c	0,71 c	96,00 c	107,50 d
FA+EB	73,48 e	131,05 b	10,74 b	9,49 c	1,36 c	1,48 c	0,27 d	0,44 b	1,17 b	0,75 c	89,50 c	92,50 e
FB+EB	125,00 b	139,39 a	10,39 b	5,84 e	1,88 a	1,77 a	0,33 c	0,39 b	0,65 c	1,40 b	81,00 c	195,00 a
FG+EB	94,69 c	120,45 b	5,99 c	4,09 e	1,57 b	1,60 b	0,30 c	0,38 b	1,56 a	0,84 c	146,00 a	10,00 d
SS+EB	156,06 a	93,94 c	4,73 c	3,90 e	1,58 b	1,38 c	0,49 a	0,34 c	0,30 d	0,79 c	61,00 e	83,33 e
TF+EB	132,60 b	77,27 d	10,80 b	7,13 d	1,72 a	1,69 b	0,38 b	0,22 c	0,83 c	1,64 a	101,00 c	132,50 c
Média	118,14	112,71	9,27	8,7	1,57	1,69	0,38	0,34	0,87	1,09	96,88	114,65
CV (%)	9,91	11,32	27,38	16,85	5,13	3,92	10,37	15,65	25,42	26,55	21,33	16,88

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino

Os valores de CBM foram elevados com a adição dos fosfatos naturais, e quando os mesmos eram aplicados em conjunto com o amendoim forrageiro ou o esterco bovino

apresentaram respostas diferenciadas para cada combinação, embora a aplicação de material orgânico conseqüentemente gerou aumento do CBM. Doan et al. (2014) afirmam que aplicação de fertilização orgânica melhorou as propriedades do solo e incrementou a diversidade bacteriana do solo, o que faz com que haja um aumento na atividade enzimática no solo e conseqüentemente um aumento na biomassa microbiana nos solos.

A aplicação de fertilizantes é melhorada se aplicada junto com uma adubação orgânica, sendo importante que esse corretivo orgânico seja de alta qualidade química para regular e elevar as propriedades microbiológicas do solo, e com isso aumentar a solubilização dos fertilizantes no solo, dessa forma Doan et al. (2013) demonstraram influencia positiva do uso de compostos orgânicos de búfalo nas propriedades do solo, onde a aplicação deles elevou a diversidade de bacteriana e metabólica, aumentando a biomassa.

Bowles et al. (2014) avaliando 13 cultivos orgânicos de tomate na Califórnia USA, demonstraram que o manejo da adubação orgânica incrementa as atividades enzimáticas, assim como, elevaram os valores de N e CBM. Os autores também observaram que os valores das enzimas do ciclo do P tiveram forte correlação com o CBM, visto que a biomassa do solo é importante na regulação da atividade enzimática e na solubilização do P no solo. Já Stevenson et al. (2014) apontam que o teor de CBM foi similar entre os tratamentos que usaram a aplicação de composto orgânico, mas cerca de 50% maior que o controle, sem aplicação. Nota-se que a adição de fontes de material orgânico impulsiona a atividade microbiana do solo, entretanto é importante notar que a adição de resíduo orgânico nem sempre leva ao maior desenvolvimento da biomassa microbiana, sendo importante avaliar a qualidade química do material adicionado ao solo (TORRES et al., 2014).

Foram observados aumentos nas concentrações de COT com a aplicação de amendoim forrageiro juntamente com os fosfatos, nos dois ciclos de cultivo do milho (Tabela 3). Apesar desse aumento relativo no teor de COT, salientamos que esse pode ser prontamente decomposto uma vez que se trata de um solo arenoso, e nesses solos os teores de COT são mais baixos, pois a matéria orgânica é decomposta mais rápido em solos sob essa textura (Padilha et al., 2014).

As atividades metabólicas da comunidade microbiana desse solo também foram afetadas, onde os valores de Q_{mic} , QCO_2 e $C-CO_2$ obtiveram maiores atividades quando se aplicou o amendoim forrageiro (Tabela 3).

Os valores de QCO_2 elevaram-se no segundo cultivo (Tabela 3), indicando um relativo aumento na atividade decompositora da comunidade microbiana de um cultivo para o outro. Ao avaliarem solos arenosos com aplicação de resíduo de café, Padilha et al. (2014) demonstraram que com o avanço do processo de decomposição do resíduo adicionado gera aumento no coeficiente metabólico desse tipo de solo, assim como foi observado no 2º cultivo do milho nesse solo, maior QCO_2 . Já Ondõno et al. (2014) apontou correlações negativas entre as atividades enzimáticas e o QCO_2 , afirmam que a elevação no coeficiente metabólico dos solos é um indicador de ambiente de estresse e não de maior atividade metabólica para o crescimento da comunidade microbiana no solo.

Os valores de Q_{mic} foram maiores no 2º cultivo (Tabela 3), são dados que indicam maior ciclagem de nutrientes e, também, maior disponibilidade de C para a biota do solo (ANDERSON e DOMSCH, 1993; PRAGANA et al., 2012), conseqüentemente apontam que pode haver maior ciclagem de nutrientes no solo.

A respiração basal do solo ($C-CO_2$) foi elevada com a aplicação de fosfatos (Tabela 3), apontando que a adição de fertilizantes, com ou sem a adição de resíduo orgânico aumentou a atividade metabólica da microbiota. Gatiboni et al. (2011), aponta que durante o início do processo de decomposição de um material orgânico ocorre a maior atividade microbiana, pois há uma maior disponibilidade de nutrientes, já Ondõno et al. (2014) ao avaliarem substratos com adição de matéria orgânica, observaram que as maiores adições de matéria orgânica elevou as concentrações de $C-CO_2$ e o QCO_2 no solo, sendo necessário adições maiores de resíduo orgânico para alterarem a atividade microbiana do solo.

4. CONCLUSÃO

1. A adição de amendoim forrageiro ou esterco bovino na aplicação de fosfatos promoveu alterações nas atividades e na estrutura da comunidade microbiana do solo.
2. Os perfis de ácidos graxos da comunidade microbiana foram às variáveis mais sensíveis no monitoramento da qualidade do solo, seguidos, do carbono e fósforo da biomassa microbiana e as atividades enzimáticas do solo
3. As aplicações de amendoim forrageiro junto aos fosfatos naturais são uma importante alternativa para melhoria da qualidade do solo cultivado com milho.
4. A adição de resíduos orgânicos é benéfico na elevação da atividade microbiana de solos que foram adubados com fontes de fósforo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHAT, D. L.; SPERANDIO, M.; DAUMER, M.; SANTELLANI, A.; PRUD'HOMME, L.; AKHTAR, M.; MOREL, C. Plant-availability of phosphorus recycled from pig manures and dairy effluents as assessed by isotopic labeling techniques. **Geoderma**, v. 24, n. 33, p. 232-234, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.028>.
- ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; BELL, C. W.; MORRIS, B. E. L.; ZAK, J.; ALLEN, V. G. Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid region. **Agriculture Ecosystem Environment**, v. 137, p. 231-240, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.02.008>.
- ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; MOORE-KUCERAB, J.; COTTON, J.; GARDNERA, T.; WESTERD, D. Soil enzyme activities during the 2011 Texas record drought/heatwave and implications to biogeochemical cycling and organic matter dynamics. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 43-51, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.008>.
- ALBRECHT, R.; LE PETIT, J.; CALVERT, V.; TERROM, G.; PÉRISSOL, C. Changes in the level of alkaline and acid phosphatase activities during green wastes and sewage sludge co-composting. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 228-233, 2010.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.
- BALDRIAN, P.; SNAJDR, J.; MERHAUTOVÁ, V.; DOBIÁSOVÁ, P.; CAJTHAML, T.; VALÁ-SKOVÁ, V. Responses of the extracellular enzyme activities in hardwood forest to soil temperature and seasonality and the potential effects of climate change. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 56, p. 60-68, 2012.
- BALL, B. A.; CARRILLO, Y.; MOLINA, M. The influence of litter composition across the litter-soil interface on mass loss, nitrogen dynamics and the decomposer

- community. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 69, p. 71-82, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.048>
- BLAUD, A.; LERCH, T. Z.; CHEVALLIER, T.; NUNAN, N.; CHENU, C.; BRAUMAN, A. Dynamics of bacterial communities in relation to soil aggregate formation during the decomposition of ¹³C-labelled rice straw. **Applied Soil Ecology**, v. 53, p. 1-9, 2012.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANJOS, R. J.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 380-390, 2012.
- BOWLES, T. M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 68, p. 252-262. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.004>
- DAMON, P. M.; BOWDEN, B.; ROSE, T.; RENGEL, Z. Crop residue contributions to phosphorus pools in agricultural soils: A review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 74, p. 127-137. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.003>.
- DIENG, A.; NDOYE, I.; DUPONNOIS, R.; BAUDOIN, E. Effects of *Jatropha curcas* L. plantation on soil bacterial and fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 72, p. 105-115. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.01.029>
- DOAN, T. T.; BOUVIER, C.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; HENRY-DES-TUREAUX, T.; JANEAU, J. L.; LAMBALLEE, P.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. Influence of buffalo manure, compost, vermicompost and biochar amendments on bacterial and fungal communities in soil and adjacent aquatic systems. **Applied Soil Ecology**, v. 73, p. 78-86. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.016>.
- DOAN, T. T.; JUSSELME, D. M.; LATA, J.-C.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. The earthworm species *Metaphire posthuma* modulates the effect of organic amendments (compost vs. vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A

- laboratory experiment. **European Journal of Soil Biology**, v. 59, p. 15-21. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.08.005>.
- FERREIRA, D.F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras, DEX/ UFLA, 2003.
- FROSTEGÅRD, Å.; BÅÅTH, E. The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 22, p. 59-65, 1996.
- GATIBONI, L.C.; COIMBRA, J.L.M.; DERNARDIN, R.B.N. & WILDER, L.P. Microbial biomass and soil fauna during the decomposition of cover crops in no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1151-1157, 2011.
- HOTA, R.; JENA, A. K.; NARAYANA, K. L. Effect of Inorganic and Organic Amendments on Yield of Cocoyam (*Colocasia esculenta*), and on Soil Properties. **World Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 70-81, 2014. DOI:10.12691/wjar-2-2-7.
- KOTROCZÓ, Z., VERES, Z., FEKETE, I., KRAKOMPERGER, Z., TÓTH, J.A., LAJTHA, K., TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 70, p. 237-243, 2014 <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.028>.
- LIU, Y., YANG, H., LI, X., XING, Z. Effects of biological soil crusts on soil enzyme activities in revegetated areas of the Tengger Desert, China. **Applied Soil Ecology**, v. 80, p. 6-14, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.015>.
- LUCAS, S. T.; D'ANGELO, E. M.; WILLIAMS, M. A. Improving soil structure by promoting fungal abundance with organic soil amendments. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 13-23, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.002>
- MECHRI, B.; ATTIA, F.; TEKAYA, M.; CHEHEB, H.; HAMMAMIA, M. Agronomic application of olive mill wastewaters with rock phosphate increase the 10Me18:0 fatty acid marker of actinomycetes and change rhizosphere microbial functional groups under long-term field conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 70, p. 62-65, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.007>.
- MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A; BARROS, J. A.; MORAES, W. S.; SILVA, A. S.; MOREIRA, K. A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from

- tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 208-215, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.09.013>.
- MERILES, J. M.; VARGAS GIL, S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G. J.; GUZMÁN, C. A. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p. 271-281, 2009.
- MOTA, J. C. A.; ALVES, C. V. O.; FREIRE, A. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Uni and multivariate analyses of soil physical quality indicators of a Cambisol from Apodi Plateau – CE, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 140, p. 66-73, 2014 <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.02.004>.
- NOTARO, K.A.; MEDEIROS, E.V.; DUDA, G.P.; SILVA, A.O.; MOURA, P.M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 87-95, 2014. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162014000200001>.
- ONDÕNO, S.; BASTIDA, F.; MORENO, J. L. Microbiological and biochemical properties of artificial substrates: A preliminary study of its application as Technosols or as a basis in Green Roof Systems. **Ecological Engineering**, v. 70, p. 189-199, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.05.003>
- PADILHA, K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1377-1386, 2014.
- PRAGANA, R.B.; NÓBREGA, R.S.A.; RIBEIRO, M.R. & LUSTOSA FILHO, J.F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 851-858, 2012.
- RAIESI, F.; BEHESHTI, A. Soil specific enzyme activity shows more clearly soil responses topaddy rice cultivation than absolute enzyme activity in primaryforests of

- northwest Iran. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 63-70, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.012>.
- SAHA S.; MINA B. L.; GOPINATH K. A.; KUNDU S.; GUPTA H. S. Relative changes in phosphatase activities as influenced by source and application rate of organic composts in field crops. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1750-1757. 2008.
- SANTOS, E. C.; ARMAS, E. D.; CROWLEY, D.; LAMBAIS, M. R. Artificial neural network modeling of microbial community structures in the Atlantic Forest of Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 69, p. 101-109, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.049>.
- SCHUTTER, M. E.; DICK, R. P. Comparison of fatty acid methyl ester (FAME) methods for characterizing microbial communities. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 1659-1668, 2000.
- SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.
- Statistica, 2004. **Statistica** (data analysis software system), version 7.0, StatSoft (www.statsoft.com).
- STEVENSON, B. A.; HUNTER, D. W. F.; RHODES, F. L. Temporal and seasonal change in microbial community structure of a undisturbed, disturbed, and carbon-amended pasture soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 75, p. 175-185, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.04.010>.
- TAN, B.; WU, F.; YANG, W.; HE, X. Snow removal alters soil microbial biomass and enzyme activity in a Tibetan alpine forest. **Applied Soil Ecology**, v. 76, p. 34-41, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.015>.
- TORRES, I. F.; BASTIDA, F.; HERNÁNDEZ, T.; BOMBACH, P.; RICHNOW, H. H.; GARCÍA, C. The role of lignin and cellulose in the carbon-cycling of degraded soils under semiarid climate and their relation to microbial biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 75, p. 152-160, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.04.007>

- TURNER, S.; SCHIPPERS, A.; MEYER-STÜVE, S.; GUGGENBERGER, G.; GENTSCH, N.; DOHRMANN, R.; CONDRON, L. M.; EGER, A.; ALMOND, P. C.; PELTZER, D. A.; RICHARDSON, S. J.; MIKUTTA, R. Mineralogical impact on long-term patterns of soil nitrogen and phosphorus enzyme activities. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 68, p. 31-43, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.016>
- WALLENSTEIN, M. D.; BURNS, R. G. **Ecology of extracellular enzyme activities and organic matter degradation in soil: a complex community-driven process**. In: Dick, R.P. (Ed.), *Methods of Soil Enzymology*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 2011. [http://refhub.elsevier.com/S0038-0717\(14\)00137-0/sref100](http://refhub.elsevier.com/S0038-0717(14)00137-0/sref100).
- WANG, J. B.; CHEN Z. H.; CHEN, L. J.; ZHU, A. N.; WU, Z. J. Surface soil phosphorus and phosphatase activities affected by tillage and crop residue input amounts. **Plant, Soil and Environment**, v. 57, p. 251-257, 2011.
- WANG, S.; LIANG, X.; CHEN Y.; LUO Q.; LIANG, W.; LI, S.; HUANG, C.; LI, Z., WAN, L.; LI, W.; SHAO, X. Phosphorus loss potential and phosphatase activity under phosphorus fertilization in long-term paddy wetland agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, p. 161-167, 2012.
- WANG, S.; LIANG, X.; LIU, G.; LI, G.; LIU, X.; FAN, F.; XIA, W.; WANG, P.; YE, Y.; LI, L.; LIU, Z.; ZHU, J. Phosphorus loss potential and phosphatase activities in paddy soils. **Plant, Soil and Environment**, v. 59, n. 11, p. 530-536. 2013.
- ZELLES, L. Phospholipid fatty acid profiles in selected members of soil microbial communities. **Chemosphere**, v. 35, p. 275-294, 1997
- ZHANG, H.; DING, W.; YU, H.; HE, X. Carbon uptake by a microbial community during 30-day treatment with ¹³C-glucose of a sandy loam soil fertilized for 20 years with NPK or compost as determined by a GCeCeIRMS analysis of phospholipid fatty acids. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 57, p. 228-236, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.08.024>.
- ZHANG, Y.; CHEN, F.; CHEN, X.; LONG, L.; GAO, K.; YUAN, L.; ZHANG, F.; MI, G. Genetic Improvement of Root Growth Contributes to Efficient Phosphorus Acquisition in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 6, p. 1098-1111. 2013. doi:10.1016/S2095-3119(13)60329-9.

6. ANEXOS

Tabela 3. Eigenvalues, total (%) e cumulative (%) obtidos pela análise multivariada de componentes principais com os dados de atividades enzimáticas, estrutura e atividade da comunidade microbiana de Neossolo regolítico cultivado com milho, com fontes de fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

	1° Cultivo			2° Cultivo		
	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Eigenvalue	% Total	Cumulative
1	11,95	59,73	59,73	14,84	74,22	74,22
2	2,33	11,63	71,37	1,79	8,93	83,16
3	1,95	9,76	81,13	1,1	5,52	88,67
4	1,05	5,24	86,37	0,79	3,96	92,64
5	0,86	4,3	90,67	0,52	2,62	95,26
6	0,52	2,61	93,28	0,31	1,53	96,78
7	0,48	2,38	95,66	0,24	1,18	97,96
8	0,32	1,61	97,27	0,13	0,66	98,62
9	0,17	0,87	98,14	0,1	0,5	99,11
10	0,11	0,57	98,71	0,07	0,34	99,45
11	0,08	0,41	99,12	0,04	0,21	99,65
12	0,07	0,33	99,45	0,03	0,15	99,8
13	0,06	0,28	99,73	0,03	0,13	99,93
14	0,04	0,19	99,92	0,01	0,06	99,98
15	0,01	0,06	99,99	0	0,01	100
16	0	0,01	100	0	0	100
17	0	0	100	0	0	100

Tabela 4. Correlação dos componentes principais (PC1 e PC2) com variáveis das atividades enzimáticas, estrutura e atividade da comunidade microbiana de Neossolo regolítico cultivado com milho, com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

	1° Cultivo		2° Cultivo	
	PC 1	PC 2	PC 1	PC 2
CBM	0,23	0,51*	0,41	0,68
PBM	-0,52*	0,42	-0,34	0,58*
Qmic	0,39	0,55*	0,41	0,74*
Ure	0,29	-0,42*	-0,06	-0,55*
C14:0	-0,80*	0,29	-0,99*	0,04
i-C15:0	-0,94*	0,25	-0,98*	0,03
a-C15:0	-0,88*	0,25	-0,93*	-0,03
C15:0	-0,88*	0,31	-0,97*	0,01
i-C16:0	-0,91*	0,28	-0,97*	0,03
C16:1(9)cis	-0,76*	0,06	-0,85*	0,23
C16:0	-0,94*	-0,32	-0,98*	0,05
i-C17:0	-0,90*	0,01	-0,96*	0,11
C17:0(9,10)cis	-0,76*	0,20	-0,95*	0,00
C17:00	-0,77*	0,18	-0,98*	-0,04
C18:2(9,12)cis	-0,66*	-0,40	-0,82*	-0,20
C18:1(9)cis	-0,87*	-0,34	-0,95*	0,12
C18:0	-0,68*	-0,49	-0,89*	0,00
Fungo	-0,81*	-0,40	-0,97*	0,01
Não específico	-0,92*	-0,32	-0,98*	0,03
Gram +	-0,96*	0,25	-0,98*	0,04

CBM= Carbono da biomassa microbiana, PBM= Fósforo da biomassa microbiana, Qmic= quociente microbiano, Ure= atividade da uréase.

CAPÍTULO II

CULTIVO DE MILHO E EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO DE FOSFATO NATURAL ASSOCIADO A AMENDOIM FORRAGEIRO E ESTERCO BOVINO

RESUMO

O fósforo é um dos elementos essenciais a nutrição das plantas, e a utilização de fosfato natural destacam-se como fonte deste para a adubação. Entretanto, por serem de baixa solubilização necessita a aplicação de materiais orgânicos, que durante sua decomposição pode elevar a solubilização do fosfato. Nesse intuito, o objetivo desse trabalho foi aplicar amendoim forrageiro e esterco bovino com fosfatos naturais e avaliar o efeito desses sobre as características químicas do solo e o crescimento de plantas de milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na região de Garanhuns-PE, utilizando Neossolo Regolítico, constaram de 18 tratamentos (compostos das fontes de fosfato: Fosfato de Araxá, Fosfobahia, Fosfato de Gafsa, Superfosfato Simples, Termofosfato de Yorin; associados com o amendoim forrageiro ou esterco bovino, além do controle). As plantas foram conduzidas por dois cultivos consecutivos, avaliadas e amostrados solo quando atingiram os 45 DAS. Foram analisados o diâmetro do colmo (DC), altura da parte aérea (ALT), a biomassa seca da parte aérea (PPA), a biomassa seca do sistema radicular (PSR), o acúmulo de fósforo (P) nas plantas e as características químicas do solo. Observou-se efeito positivo da aplicação do amendoim forrageiro na solubilização do fosfato nos dois ciclos de cultivo. O crescimento das plantas de milho foi beneficiado com a aplicação dos fosfatos naturais em associação com o amendoim forrageiro e o esterco bovino. O acúmulo de P nas plantas foi elevado com a aplicação de superfosfato simples com o amendoim forrageiro. A aplicação de resíduos orgânico com fosfato natural fez com que fossem maiores a biomassa seca e as alturas das plantas de milho, sendo benéfica sua aplicação associada ao fosfato natural.

Palavras-Chave: disponibilidade de fósforo no solo; amendoim forrageiro; fosfato natural.

ABSTRACT

Phosphorus is an essential element plant nutrition, and using natural phosphate stand out as this source for fertilization. However for being low solubilization requires the use of organic materials, which for their decomposition can increase the phosphate solubilization. With this aim the study was to apply peanut and animal manure with rock phosphates and evaluate the effect of these on the chemical characteristics of the soil and the growth of corn plants. The experiment was conducted in a greenhouse in the region of Garanhuns-PE using Entisol, consisted of 18 treatments compounds of mixtures of phosphate sources (Phosphate of Araxá, Fosfobahia, Gafsa Phosphate, Superphosphate Simple, Thermophosphate Yorin) with peanut, bovine manure, individual applications and a control. Plants were trained for two consecutive crops, evaluated and sampled soil when they reached the 45 DAS. Were analyzed the culm diameter (DC), shoot height (ALT), dry weight of shoot (PPA), the dry root biomass (PSR), phosphorus accumulation (P) in plants and features chemical soil. There was positive effect of the application of peanut in phosphate solubilization in the two crop cycles. The growth of the corn plants benefited from the application of phosphate in association with the peanut and the bovine manure. Accumulation of P in plants was increased with the application of superphosphate with peanut. The application of organic waste with phosphate rock made them greater dry weight and the height of corn plants, and its beneficial application associated with rock phosphate.

Key words: phosphorus availability in the soil; peanut; rock phosphate.

1. INTRODUÇÃO

As deficiências no fornecimento de fósforo influenciam em seu crescimento e produtividade de muitas culturas (POSTMA et al., 2014; WANG et al., 2013), o não suprimento desse elemento é um dos fatores limitantes da produção de milho (*Zea mays*) (PEI et al., 2013). A fim de atender a demanda que as plantas têm de nutrientes é necessário a aplicação de fertilizantes, que incrementam a produção, suprindo os nutrientes e auxiliando na recuperação da fertilidade natural dos solos (CHUAN et al., 2013). Entretanto, os benefícios da aplicação de adubos fosfatados dependem da interação entre os níveis de fertilidade, e fatores de manejo empregados à cultura e ao solo (KIHARA e NJOROGI, 2013).

A eficiência no uso do adubo fosfatado no milho também depende da resposta genética da cultivar (BAYUELO-JIMÉNEZ et al., 2011). Entre os mecanismos que podem ser relacionados com o aumento do uso e eficiência da aplicação desses adubos para plantas de milho, incluem um sistema radicular bem estruturado (POSTMA et al., 2014). De acordo com Ketema e Yimer (2014) as melhorias nas características físicas do solo, como no teor de umidade, na capacidade de infiltração e nas práticas de manejo, que melhorem a aeração e a penetração das raízes, são importantes para essa cultura, e essas melhorias podem ser conseguidas através do aumento do teor de matéria orgânica no solo.

A alta eficiência da aplicação dos fertilizantes fosfatados pode ser conseguida pela localização do fertilizante no solo, sua proximidade ao sistema radicular, uma vez que o fosfato apresenta pouca movimentação no solo (OLIVEIRA et al., 2014), e pela redistribuição do nutriente dentro da planta, com máximo crescimento e incrementos nas biomassas produzidas (BAYUELO-JIMÉNEZ et al., 2011; WANG et al., 2013).

A aplicação de fosfatos naturais tornou-se uma estratégia de fertilização bastante empregada, seu uso em solos deficientes em fósforo tem recebido um interesse significativo nos últimos anos (MECHRI et al., 2014). Essa fonte de fosfato é de baixa solubilidade, sendo necessário que sejam aplicados em solos com pH baixo ou em conjunto com fontes de matéria orgânica, para que aumente sua solubilidade (MECHRI et al., 2014; WANG et

al. 2013; ZHANG et al. 2013). O uso de resíduos de plantas ou de esterco de animais domésticos torna-se uma alternativa para a reciclagem de P, além da finalidade de aplicação como fertilizante (ACHAT et al., 2014).

Além das características do resíduo e do fertilizante aplicado, as propriedades químicas do solo são importantes na solubilidade do P, tais como o pH e o teor natural do P nos solos (OLIVEIRA et al., 2014; PERASSI e BORGNINO, 2014). Essas propriedades podem ser alteradas após a aplicação de matéria orgânica ao solo, sendo essa prática de manejo uma que contribui com a sustentação do agroecossistema (DOAN et al., 2014). Necessitando também que seja avaliado a importância do efeito residual dos fertilizantes aplicado nos cultivos (KIHARA e NJOROGI 2013), uma vez que o aproveitamento do adubo, em cultivos sucessivos, é sem dúvida, uma forma de economia no uso dos fertilizantes.

Com essas considerações, esse estudo tem como hipótese que a solubilidade dos fosfatos naturais é alterada e, possivelmente, aumentada quando aplicadas em conjunto com esterco bovino e amendoim forrageiro, por dois cultivos consecutivos em um solo arenoso do Agreste Pernambucano. Os objetivos específicos desse trabalho foram: (1) Avaliar as alterações promovidas no Neossolo Regolítico cultivado com milho, após a aplicação de fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e a esterco de bovino. (2) Quantificar o efeito da solubilização do fosfato natural no crescimento de plantas de milho em dois cultivos consecutivos. (3) Determinar quais variáveis são mais sensíveis em monitorar a qualidade do uso desses fosfatos naturais aplicados com material orgânico através da análise multivariada de componentes principais. (4) Ademais, apontar os tratamentos que se agruparam em relação às variáveis mais sensíveis, para indicação do melhor tratamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Agreste do estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas Latitude 8° 53' 00'' Sul, Longitude 36° 31' 00'' Oeste e altitude de 823 m. O clima predominante na região é o tropical chuvoso, com verão seco; e a estação chuvosa no período outono/inverno e início da primavera (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área sob cobertura natural de floresta xerófila, localizada no município de São João, na mesorregião do Agreste meridional do estado de Pernambuco, classificado como Neossolo Regolítico distrófico típico. Foi coletado a uma profundidade de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado em malha de 4 mm e distribuído em vasos de 7 kg.

Foram retiradas sub-amostras, que foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm para a caracterização física e química (Tabela 1). Na caracterização física, foram determinadas a composição granulométrica pelo método do densímetro com modificações (RUIZ, 2005); a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards pela metodologia citada na Embrapa (1997). Na caracterização química, foram determinados o pH em água e os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^+ , Na^+ , P e acidez potencial, conforme metodologia citada por Embrapa (2009).

Tabela 1: Caracterização química e física do solo

Característica	
Argila (g kg^{-1})	20
Areia (g kg^{-1})	866,2
Silte (g kg^{-1})	133,8
Capacidade de campo (g g^{-1})	0,11
pH (1:2,5)	4,85
Ca ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,8
Mg ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,45
K ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,14
Na ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,1
Al ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	0,3
H+Al ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	1,88
P (mg Kg^{-1})	1,55

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 72 unidades experimentais. A dose de fosfato utilizada foi a de 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} conforme a recomendação para o estado de Pernambuco (IPA, 2008).

Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB).

As porcentagens de P_2O_5 em água de todas as fontes de fosfato utilizadas, que foram determinadas: FA 25,96 % de P_2O_5 ; FB 32,15 5 % de P_2O_5 ; FG 29,61 de P_2O_5 %; SS 18,02 de P_2O_5 %; TF 20,94 de P_2O_5 %. Nos resíduos foram determinados sua relação C:N, obtidos por combustão seca, em analisador elementar Perkin Elmer CNHS/O 2400, foram respectivamente 13,22:1 e 11,5:1 para amendoim forrageiro e esterco bovino. Os fosfatos naturais e os resíduos orgânicos foram aplicados e misturados ao solo de forma uniforme, de maneira a permitir o máximo de contato com o solo.

O milho (variedade comercial 1058) foi semeado em três sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 DAS (dias após a semeadura). A adubação com N e K foi realizada com base nos resultados da análise química do solo e na recomendação de adubação (IPA, 2008), utilizando-se uréia e cloreto de potássio como fontes. As plantas foram irrigadas uma vez ao dia, com água destilada, considerando a capacidade de pote do solo.

Aos 45 DAS às plantas de milho foram cortadas, sendo também retiradas amostras de solos, que foram acondicionadas em sacos plásticos, para a realização das análises. Seguiu-se com o segundo cultivo, procedendo-se da mesma forma que o primeiro, onde as plantas de milho também permaneceram até os 45 DAS, após esse período outras amostras de solo também foram coletadas e armazenadas.

Nas plantas foram mensurados o diâmetro do colmo (DC) em cm, altura da parte aérea (ALT) em cm, a biomassa seca da parte aérea (PPA) em g, e a biomassa seca do sistema radícula (PSR) em g. A parte aérea e as raízes foram lavadas, secas em papel toalha e acondicionadas em sacos de papel Kraft previamente identificados e secos em estufa de circulação de ar forçada à 65-70°C até peso constante, obtendo-se a biomassa seca das partes aérea e radicular.

Em seguida, as amostras do material vegetal foram moídas, passadas por peneiras de 1 mm de malha, armazenados para a realização da análise química. Para realização dessas análises, passou-se pelo processo de digestão úmida com aquecimento por micro-ondas (marca CEM Mars-Xpress). Utilizou-se 200 mg do material vegetal e em seguida as amostras foram colocadas em tubos de teflon PFA (perfluoro alquóxi etileno). As amostras foram digeridas com a mistura de 5 mL de ácido nítrico (70%) e 3 mL de peróxido de hidrogênio (30%), seguindo uma programação de aquecimento proposta por Almeida (2007). Posteriormente a digestão, as amostras foram aferidas com água destilada em um balão volumétrico de 50 mL. No extrato da digestão foram determinados os teores de fósforo (P). O fósforo foi determinado por colorimetria, no comprimento de onda de 725 nm (EMBRAPA, 2009).

A caracterização química do solo foi realizada de acordo com Embrapa (2009). As análises químicas analisadas foram: pH (em água), fósforo Mehlich-1 (PM), fósforo em bicarbonato de sódio (Pbic), potássio (K^+), cálcio (Ca^+) e magnésio (Mg^+).

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise da variância, as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística Sisvar (Ferreira, 2003).

Todos os dados do primeiro e segundo cultivo do milho foram submetidos à análise multivariada de componentes principais (ACP), separadamente. Foram selecionadas as mesmas variáveis para o 1º e 2º cultivos, a fim de detectar as diferenças entre o crescimento do milho cultivado em Neossolo Regolítico com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino, realizadas pelo programa STATISTICA 7.0 (Statsoft, DEU) (Statistica, 2004)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Respostas das plantas de milho

Foi verificada diferença significativa ($P \leq 0,05$) para todas as variáveis do crescimento de milho cultivado em neossolo regolítico, submetido à fontes de fosfatos e amendoim forrageiro e esterco bovino (Tabela 2). Foi observado que para as variáveis de crescimento do milho foram mais baixas nos tratamentos que não receberam fosfato (SOLO, AF, EB), os demais tratamentos apresentaram respostas diferenciadas para cada variável avaliada (Tabela 2).

As plantas de milho estavam em mesmo estágio vegetativo de desenvolvimento, estágio V5, então os dados de diâmetro do colmo, altura da parte aérea e número de folhas, de maneira geral, não variou nos tratamentos que receberam adubação fosfatada, associado ou não com amendoim forrageiro e esterco bovino, mas os menores resultados foram os apresentados pelos tratamentos SOLO, AF e EB (Tabela 2). Essas características foram pouco expressivas na diferenciação dos tratamentos aplicados, uma vez que são determinadas pela fase de desenvolvimento vegetativo em que a planta estava.

Os dados de DC variaram de 0,92 a 1,72 cm planta⁻¹ no primeiro cultivo, já no o segundo cultivo os valores variaram entre 0,95 a 1,40 cm planta⁻¹ (Tabela 2). Em ambos os cultivos observa-se que a aplicação de fosfatos levou a aumento dessa característica, uma vez que os tratamentos SOLO, AF e EB, que não foram adicionados fertilizantes fosfatados influenciaram na sua diminuição. Entretanto, a adição do resíduo orgânico com o fosfato foi positivo para o DC das plantas de milho. Bayuelo-Jiménez e Ochoa-Cadavid (2014) ao avaliar 20 genótipos de acesso de milho em dois níveis de fertilidade natural de P em solos do México, apontam que a ausência de fertilização com fosfato foi limitante na produção de milho, independente do nível de P encontrados no solo.

A altura da parte aérea (ALT) das plantas de milho foram de 39,50 a 74,30 cm planta⁻¹ para o 1º cultivo, já no 2º a ALT variou entre 54,97 e 74,05 cm planta⁻¹, com os maiores valores para os tratamentos que receberam a aplicação de fosfato (Tabela 2). Os tratamentos sem a adição de adubo fosfatado, SOLO, EB e AF, foram os que apresentaram

menor ALT, o P é um elemento essencial ao metabolismo das plantas, o seu fornecimento a plantas de milho leva ao aumento no crescimento e na produção de plantas de milho (Achat et al., 2014; Zhang et al. 2013), e a adição de apenas fontes orgânicas, isoladamente, não fornece o fósforo necessário a planta.

Quanto ao número de folhas, as plantas de milho apresentaram entre 8,5 a 11,5; e 8,7 a 10,5 folhas planta⁻¹ para o primeiro e segundo ciclo de cultivos respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Características de crescimento de milho cultivado em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	DC		ALT		FOLHAS		PPA		PSR	
	Cm						g			
	1° Ciclo	2° Ciclo	1° Ciclo	2° Ciclo	1° Ciclo	2° Ciclo	1° Ciclo	2° Ciclo	1° Ciclo	2° Ciclo
Solo	0,92 c	1,05 b	44,97 c	54,97 b	8,75 b	9,00 b	3,45 c	5,22 c	2,23 c	3,03 c
FA	1,42 a	1,25 a	63,60 a	66,25 a	9,75 b	9,25 b	11,33 a	10,00 b	5,45 b	10,17 a
FB	1,27 b	1,35 a	53,12 b	70,80 a	8,50 c	10,00 a	6,16 c	8,67 b	2,56 c	6,96 b
FG	1,32 a	1,35 a	60,25 b	65,15 a	9,25 b	9,75 b	9,03 b	10,43 b	5,70 a	7,20 b
SS	1,50 a	1,27 a	67,92 a	64,17 a	11,25 a	10,50 a	12,53 a	10,46 b	7,36 b	6,47 b
TF	1,55 a	1,25 a	62,95 a	67,55 a	11,00 a	9,75 a	11,61 a	10,09 b	6,66 a	6,82 b
AF	1,20 b	0,95 b	49,87 b	56,12 b	9,00 b	8,75 b	4,48 c	5,50 c	3,36 b	9,36 a
FA+AF	1,55 a	1,10 b	62,25 a	68,32 a	9,70 b	10,00 a	10,92 b	9,04 b	7,45 a	7,51 b
FB+AF	1,50 a	1,25 a	59,32 a	63,65 a	9,25 b	10,25 a	10,09 b	9,33 b	5,10 b	8,34 a
FG+AF	1,42 a	1,20 a	66,95 a	74,05 a	10,50 a	9,50 b	9,11 b	10,27 b	5,45 b	9,32 a
SS+AF	1,52 a	1,35 a	68,67 a	71,80 a	11,50 a	10,25 a	13,28 a	11,80 a	7,69 a	6,32 b
TF+AF	1,60 a	1,37 a	65,72 a	69,05 a	9,25 b	10,50 a	12,62 a	10,06 b	6,63 a	9,06 a
EB	0,95 c	0,97 b	39,50 c	56,52 b	9,00 b	9,50 b	4,06 c	6,35 c	2,21 c	5,99 b
FA+EB	1,72 a	1,05 b	74,30 a	69,00 a	10,50 a	10,00 a	10,36 b	12,22 a	5,16 b	10,34 a
FB+EB	1,55 a	1,07 b	69,57 a	70,00 a	10,00 a	9,25 b	10,32 b	8,45 b	5,49 b	7,77 b
FG+EB	1,42 a	1,40 a	59,10 a	62,55 a	9,75 b	10,50 a	9,7 b	10,73a	4,87 b	7,22 b
SS+EB	1,27 b	1,20 a	69,05 a	67,47 a	10,50 a	10,00 a	11,99 a	9,78 b	6,36 a	7,23 b
TF+EB	1,42 a	1,37 a	70,17 a	73,67 a	10,50 a	9,75 a	11,82 a	11,19 a	7,17 a	9,74 a
MG	1,39	1,21	61,24	66,18	9,88	9,8	15,07	9,42	5,41	7,71
CV (%)	11,37	11,31	10,59	11,18	8,13	15,9	15,07	13,99	17,43	15,6

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino. DC= diâmetro do caule; ALT= altura da parte aérea; Folhas= número de folhas; PPA= biomassa seca da parte aérea; PSR= biomassa seca do sistema radicular.

Os valores de peso da biomassa seca, tanto das raízes quanto do sistema radicular, foram bastante influenciados pelos fosfatos aplicados associados com as diferentes fontes de resíduo orgânico (Tabela 2). O PPA no primeiro ciclo de cultivo variou entre 3,45 e 13,28 g planta⁻¹, os tratamentos FA, SS, TF, SS+AF, TF+AF, SS+EB e TF+EB, foram os maiores valores numéricos encontrados, indicando que a adição de amendoim forrageiro e esterco bovino foram positivos para o maior crescimento das plantas de milho, intensificando o efeito da aplicação do adubo separadamente. Já no segundo ciclo de cultivos os valores de PPA foram entre 5,22 a 12,22 g planta⁻¹, para os tratamentos FAEB e SOLO, respectivamente (Tabela 2). Os maiores resultados foram para os tratamentos FA+EB, SS+AF, TF+EB e FG+EB, com respectivamente 12,22; 11,80; 11,19 e 10,73 g planta⁻¹.

Kihara e Njoroge (2013) avaliaram experimentos com adubação de milho com NPK, durante 13 anos de cultivo no Kenya, eles apontaram que o fósforo teve grande efeito na produção de milho, onde a omissão de P, em tratamentos que foram supridos com N e K, resultou em redução de 50% da produção de grãos de milho, quando comparados a adubação completa, já a omissão de N levou a redução de 43%. Colaborando esses resultados, observou-se que o fornecimento de adubação completa (N e K), mas na ausência de P, como nos tratamentos SOLO, AF e EB, apresentou menores valores de PPA.

Bayuelo-Jiménez et al. (2011), ao avaliarem 50 diferentes genótipos de milho cultivados em solos arenosos e argilosos do México, até o estágio V8 de desenvolvimento das plantas, e observaram valores entre 5,7 e 36,5 g planta⁻¹ de matéria seca da parte aérea, sendo os maiores valores encontrados nos solos com maior disponibilidade natural de P e que foram fornecidos a adubação com fosfato. Além disso, os autores ressaltaram o efeito benéfico da associação da matéria orgânica com a adubação fosfatada na produção da biomassa seca das plantas. Já Zhang et al. (2013) observaram correlação positiva da adição de fosfato ao aumento da área folhear e da matéria seca da parte aérea em plantas de milho que foram cultivadas em solos ácidos.

A adição de amendoim forrageiro ou esterco bovino junto aos fosfatos naturais foi muito benéfico no desenvolvimento do sistema radicular as plantas de milho que foram

cultivadas em solo arenoso, entretanto não houve uma expressão nos resultados, uma vez que não diferiram dos fosfatos sem estarem associados a resíduo orgânico (Tabela 2). O PSR para o primeiro cultivo variou de 2,23 a 7,69 g planta⁻¹, para respectivamente os tratamentos SOLO e SSAF. No segundo cultivo o PSR variou entre 3,03 e 10,34 g planta⁻¹, respectivamente para SOLO e FAEB.

Zhang et al. (2013), ao avaliarem diferentes genótipos de milho sob a aplicação de fosfato, observaram que as plantas que foram supridas com o P apresentam maiores biomassas nas raízes, maior matéria seca, maior comprimento total e maior área superficial das raízes. Por outro lado, Bayuelo-Jiménez et al (2011) encontraram valores de peso seco das raízes em torno de 0,74 e 3,5 g planta⁻¹, os mesmos atribuem esses valores ao baixo fornecimento de P, onde foi observado maior o número de raízes finas, uma vez que o ambiente com baixo fornecimento de P favorece ao desenvolvimento de raízes mais finas.

Já Kihara e Njoroge (2013) afirmam que, um apropriado manejo da fertilização fosfatada é importante para os ganhos na produção, e que a eficiência de aplicação do P é influenciada pelos níveis de controle de produção, conteúdo de argila no solo, aplicação de N e níveis de solubilidade do P do solo para a planta. Portanto, mudanças no manejo que permitem a maior disponibilização do P para as plantas é importante para a garantia de maiores produtividades de milho, nesse sentido a aplicação conjunta de fosfatos naturais com amendoim forrageiro ou esterco bovino foram benéficos, uma vez que aumentou os teores de biomassa seca das plantas de milho, durante dois ciclos de cultivo consecutivos.

3.2. Acúmulo de fósforo

O acúmulo de P em plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, diferiram com as diferentes fontes de fosfato aplicadas em conjunto com fontes de material orgânico (Figura 1).

O acúmulo de fósforo na parte aérea (folhas, bainhas e colmo) das plantas de milho, observou-se efeito significativo para os diferentes fosfatos naturais aplicados juntos com amendoim forrageiro ou esterco bovino uma vez que tanto no primeiro quanto no segundo o tratamento SS+AF apresentou o melhor resultado (Figura 1). No primeiro cultivo o

acúmulo de P na parte aérea das plantas de milho variou de 6,71 a 37,41 mg planta⁻¹, com os maiores valores para os tratamentos SS+EB e SS+AF, com respectivamente 37,41 e 35,10 mg planta⁻¹, onde a adição de material orgânico levou ao aumento do acúmulo de P em plantas que foram adubadas com super simples. Entretanto os tratamentos SOLO, EB, AF e FB foram os menores valores, com 6,71; 10,32; 10,52 e 12,84 mg planta⁻¹ respectivamente (Figura 1). O fornecimento de materiais orgânicos durante a aplicação do fertilizante de fonte solúvel (superfosfato simples) potencializou o efeito desse adubo durante o primeiro ciclo de cultivo, uma vez que o SS+AF e o SS+EB foram os tratamentos que apresentaram os melhores resultados. Durante o segundo ciclo de cultivo o acúmulo de P variou entre 7,58 e 19,08 mg planta⁻¹. O melhor tratamento foi o SS+AF (Figura 1).

Em ambos os cultivos SOLO, AF e EB foram os que apresentaram os menores valores de acúmulo de fósforo na parte aera das plantas de milho, por terem sido esses tratamentos sem a adição de fosfato indica que o fornecimento desse nutriente ao solo e a planta é importante para que a planta o acumule mais o nutriente. De acordo com Zhang et al. (2013), que avaliaram o efeito da adubação com fosfato em dois solos, um ácido e um calcário e dois genótipos diferentes de milho, o acúmulo de P por planta é significativamente baixa em solos ácidos, mostrando que solos que já possuem um baixo fornecimento de fósforo tendem a gerar mais perdas no adubo e, conseqüentemente, menor fornecimento do nutriente à planta. O que ocorreu em nesse experimento, uma vez que os tratamentos SOLO, AF e EB, que foram tratamentos que não foram adicionados adubo fosfatado, levaram ao menor acúmulo de P na parte aérea das plantas de milho. Em baixas disponibilidades de P, entretanto, alguns genótipos de milho tem em geral maior capacidade de adquirir P e acumular em sua biomassa (BAYUELO-JIMENEZ et al. 2011).

Conforme Kihara e Njoroge (2013), nem todo o fertilizante fosfatado aplicado é utilizado no primeiro ciclo de cultivo da cultura, em cultivo sucessores o P pode ser disponibilizado para as cultura, indicando o efeito residual positivo da aplicação do adubo. Já Kifuko et al. (2007) demonstraram que a aplicação de P tem efeito residual significativo em dois cultivos de milho. A resposta do P residual vai depender inicialmente da quantidade aplicada, que deve ser mais do que 50 kg ha⁻¹, além de fatores relacionados com o solo, a planta e o ambiente (KIMIRI et al., 2011).

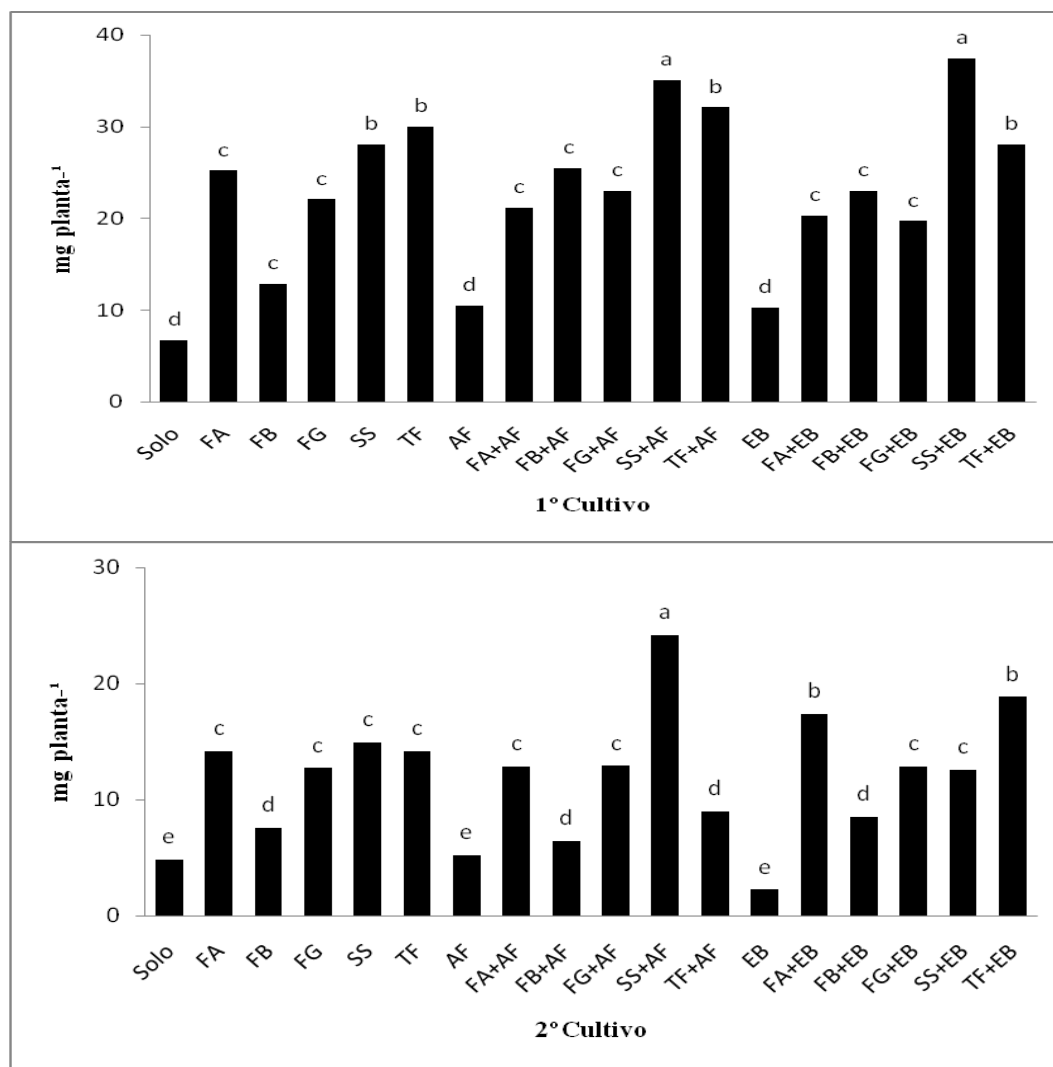


Figura 1. Acúmulo de fósforo na parte aérea de plantas de milho cultivado em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a material orgânico, em dois cultivos consecutivos. *Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino

O acúmulo de P no sistema radicular das plantas de milho, mostrou no primeiro ciclo de cultivo valores que variaram de 2,36 a 17,88 mg planta⁻¹, os melhores foram encontrados com os tratamentos SSEB, SS e SSAF com 17,88; 16,36 e 15,18 mg P planta⁻¹, indicando que o acúmulo de fósforo nas raízes foi influenciado pelo supersimples, mas a adição de

material orgânico melhorou a eficiência de sua aplicação. Os menores resultados foram encontrados nos tratamentos SOLO, EB, FB e AF (Figura 2).

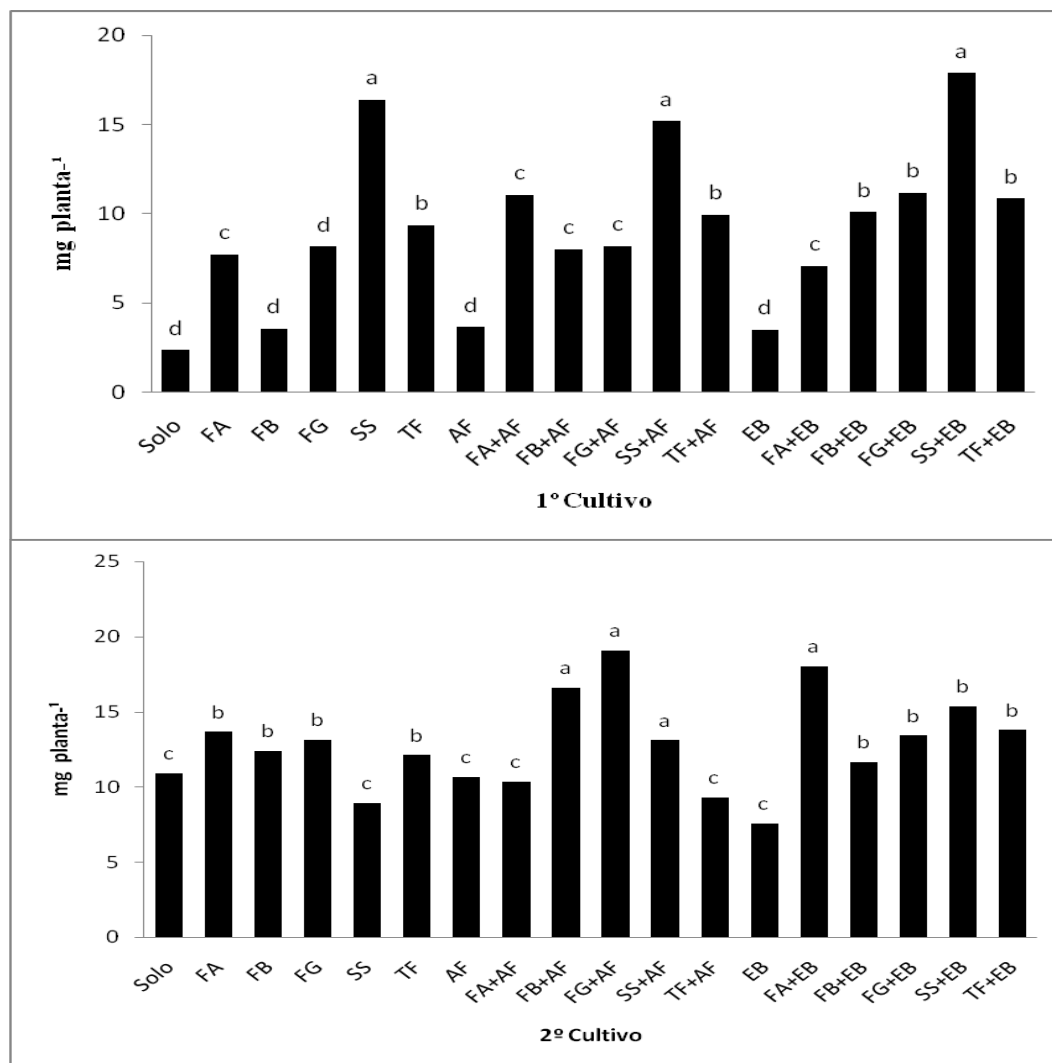


Figura 2. Acúmulo de fósforo no sistema radicular de plantas de milho cultivado em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino em dois cultivos consecutivos. *Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino

Para o segundo ciclo de cultivo, o tratamento FB+AF, FG+AF e FA+EB foram os tratamentos com maior valor de acúmulo de (Figura 2). Quando as plantas de milho são expostas ao baixo fornecimento de P, a sua tolerância a essa condição pode ser através de

modificações no sistema radicular, como incrementos no tamanho do sistema radicular (especialmente raízes finas laterais), aumentando a habilidade das plantas de milho em absorver o P nos solos Zhang et al. (2013).

3.3. Características químicas de solo

Os valores de pH nos solos foram aumentados significativamente pela aplicação de TF, SS, TF+EB e TF+AF no primeiro cultivo (Tabela 3), com respectivamente 5,71; 5,64; 5,47 e 5,43, indicando que o termofosfato levou a um, aumento nos valores de pH. Já os demais tratamentos não diferiram entre si. No segundo cultivo, os valores de pH foram semelhantes para todos os tratamentos, exceto para TF+EB, FB+EB, SS e SOLO.

A aplicação de fertilizantes fosfatados pode modificar o pH nos solos, de acordo com Oliveira et al. (2014) o efeito dos fosfatos no pH varia com a distância da região fertilizada e com o tipo de adubo aplicado, podendo elevar ou diminuir o mesmo. Por outro lado Perassi e Borgnino (2014) afirmam que a adsorção do fosfato aos solos é dependente do valor do pH, e que em decréscimos no pH elevam a adsorção. As próprias plantas exsudam substâncias que influenciam na região da rizosfera alterando o pH, a comunidade microbiana e conseqüentemente afeta a mineralização dos nutrientes (WANG et al., 2013). De acordo com Zhang et al. (2013), em solos ácidos, é necessário uma integração entre a morfologia radicular e as características fisiológicas da planta, como a exsudação de ácidos orgânicos, para levar a uma maior eficiência na aquisição de P por plantas de milho.

Os teores de P no solo extraídos por Mehlich⁻¹ foram influenciados pelos diferentes tratamentos (Tabela 3). No primeiro ciclo de cultivo os teores variaram de 2,11 mg.kg⁻¹ no testemunha SOLO, até 24,95 mg.kg⁻¹ com o FB+AF. Os maiores resultados de P_{Me} foram encontrados com os tratamentos FB+AF, FB, FA+EB, FA+AF, FA e FB+EB em ordem, observamos que as fontes de fosfato natural Fosfobahia e Fosfato de Araxá foram as que tiveram o maior valor de fosfato por esse extrator, já os tratamentos SOLO, AF e EB foram os que apresentaram menores teores de P com 2,11; 2,77 e 3,33 mg kg⁻¹, indicando que

apenas a adição de material orgânico no solo não foi suficiente para elevar os teores de P sem a aplicação de uma fonte de adubo fosfatado.

Tabela 3. pH, teores de fósforo, cálcio e magnésio de solo arenoso com cultivo de milho submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino em dois cultivos consecutivos.

TRAT	pH		PMe		POI		Ca		Mg	
	H ₂ O (1:2,5)		-----mg.kg ⁻¹ -----				-----cmol _c .dm ⁻³ -----			
	1° Cultivo	2° Cultivo	1° Cultivo	2° Cultivo	1° Cultivo	2° Cultivo	1° Cultivo	2° Cultivo	1° Cultivo	2° Cultivo
Solo	5,22 b	5,11 b	2,11 c	3,15 g	9,39 a	10,41 b	0,65 b	0,70 b	0,87 b	1,05 b
FA	4,98 b	5,29 a	21,19 a	25,14 e	14,94 a	9,58 b	0,90 a	0,97 a	0,87 b	1,10 b
FB	5,20 b	5,27 a	23,73 a	43,58 b	10,71 a	11,85 a	0,70 b	0,97 a	0,97 a	0,75 d
FG	5,21 b	5,36 a	13,15 b	29,51 d	17,38 a	9,69 b	0,55 b	0,92 a	1,15 a	0,97 c
SS	5,64 a	5,05 b	12,17 b	20,06 f	24,81 a	9,58 b	0,82 a	1,00 a	0,92 b	1,10 b
TF	5,71 a	5,37 a	15,08 b	21,33 f	22,93 a	10,23 b	1,05 a	0,97 a	0,90 b	0,92 c
AF	4,93 b	5,16 a	2,77 c	2,87 g	10,99 a	9,36 b	0,60 b	0,55 b	0,97 a	0,87 c
FAAF	5,07 b	5,27 a	21,85 a	33,17 c	19,36 a	11,09 a	0,80 b	0,09 a	0,77 b	0,97 c
FBAF	5,09 b	5,30 a	24,95 a	37,31 a	13,62 a	11,42 a	0,70 b	0,92 a	0,87 b	0,97 c
FGAF	5,22 b	4,83 b	13,11 c	25,37 e	19,54 a	10,01 b	1,02 a	1,00 a	0,50 c	0,95 c
SSAF	5,14 b	5,16 a	13,30 b	21,80 f	24,34 a	10,44 b	1,02 a	0,90 a	0,90 b	0,95 c
TFAF	5,43 a	5,28 a	14,00 b	19,87 f	21,42 a	10,33 b	0,95 a	0,75 b	1,10 a	1,30 a
EB	5,20 b	5,19 a	3,33 c	3,33 g	12,40 a	10,01 b	0,75 b	0,65 b	0,85 b	1,05 b
FAEB	5,26 b	5,30 a	21,85 a	21,01 f	29,66 a	11,31 a	1,05 a	0,90 a	0,65 c	0,85 c
FBEB	5,01 b	5,05 b	19,73 a	37,07 a	17,57 a	11,09 a	0,67 b	1,05 a	0,80 b	0,45 e
FGEB	5,27 b	5,19 a	12,92 c	10,06 f	19,92 a	11,85 a	0,85 a	1,10 a	0,60 c	0,80 d
SSEB	5,14 b	4,98 b	12,73 b	22,13 f	26,78 a	10,34 b	0,85 a	1,00 a	0,50 c	0,85 c
TFEB	5,47 a	5,21 a	14,94 b	23,35 e	26,78 a	10,55 b	0,95 a	1,05 a	1,05 a	0,90 c
MG	5,23	5,18	14,61	22,31	19,57	10,51	0,83	0,91	0,84	0,93
CV (%)	3,54	3,72	17,80	7,89	54,04	9,72	16,22	16,96	17,51	10,91

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino. PMe= P por Mehlich¹; POI= P por Olsem.

Durante o segundo ciclo de cultivo, observamos que os tratamentos FB+AF e FB+EB foram os que apresentaram os maiores dados com 37,31 e 37,07 mg kg⁻¹ respectivamente (Tabela 3), mostrando que a adição de resíduo orgânico (amendoim forrageiro e esterco bovino), influenciaram positivamente no aumento da disponibilização do fosfato nos adubos. E também no segundo ciclo os menores teores de PMe foram atribuídos a AF,

SOLO e EB com 2,86; 3,15 e 3,33 mg kg⁻¹. Entre um ciclo de cultivo e outro destacamos que ocorreu um aumento relativo nos teores de PM para quase todos os tratamentos, no entanto SOLO, AF e EB não apresentaram esse aumento, acentuando um possível efeito da solubilização dos fosfatos pelo emprego do amendoim e do esterco bovino aplicados junto.

O método de Mehlich⁻¹ é um extrator que age por dissolução ácida, ele extrai parte do P dos colóides inorgânicos por dissolução ácida e quantifica, em ordem crescente de efetividade, as formas precipitadas com Ca, Al e Fe, portanto esse efeito crescente dos teores nesse solo podem ser efeito do aumento da dissolução do fosfato natural aplicado ao solo, uma vez que esse fertilizantes são rochas fosfáticas na forma de fosfato de cálcio. Entretanto, esse método apresenta vantagens como a facilidade de execução e o baixo custo analítico; mas entre os problemas da aplicação desse método são a exaustão da capacidade de extração com o aumento do teor de argila e do grau de intemperização do solo, além de superestimar a disponibilidade de P em solos previamente adubados com fosfatos naturais (OLIVEIRA et al., 2014).

Apesar de todos os aspectos relacionados com o efeito da eficiência de um determinado método para a quantificação do teor dos nutrientes no solo, Hinsinger et al. (2011) sugerem que os métodos de extração não são totalmente representativos, uma vez que não representam química a rizosfera, e podem subestimar o fósforo absorvido. Já Zhang et al. (2014) afirma que a difícil determinação do P nos solos está relacionada a baixa disponibilidade de fosfato mineral nos solos.

Os valores de P extraídos por Olsem no primeiro ciclo de cultivo não apresentaram diferenças entre si (Tabela 3), mas os tratamentos que apresentaram adição de fertilizante fosfatado foram os que mostraram maior teor desse elemento. Já no segundo ciclo de cultivo, os maiores valores para essa variável foram encontrados nos tratamentos FB, FA+AF, FB+AF, FA+EB, FB+EB, FG+EB. Oliveira et al. (2008), não verificaram diferença estatística na disponibilização de P no solo entre a aplicação de fosfato natural isolado ou em associação com esterco bovino. Por outro lado, Ngo et al. (2013), apontam que a adição de material orgânico (esterco de búfalo, vermicomposto e biochar) foram boas fontes de P, e esse P adicionado pelos resíduos é mineralizado através da atividade microbiana, se transformando em uma forma disponível às plantas. A adição de materiais

orgânicos ao fosfato natural além de influenciar no aumento da solubilidade do fosfato, leva a aumentos nas atividades dos micro-organismos e sua biomassa (MECHRI et al., 2014), e tornam-se uma fonte de P aos solos durante o processo de decomposição de material vegetal (DAMON et al., 2014), assim como de esterco animal (DOAN et al., 2013) melhorando a produção (BOWLES et al., 2014).

A movimentação do P no solo é afetada por muitas características químicas, físicas e biológicas no solo, entre elas destaca-se o teor de umidade, tamanho de partícula, tipo de argila, tamanho e da distribuição de poros, concentração iônica da solução do solo, o pH, a concentração P na solução do solo, a atividade microbiana e teor de matéria orgânica no solo (BAYUELO-JIMÉNEZA e OCHOA-CADAVID, 2014; OLIVEIRA et al., 2014; POSTMA et al., 2014; WANG et al. 2013).

Os teores de Ca e Mg para os dois ciclos de cultivo, foram pouco influenciados pela adição de fosfatos naturais juntamente com material orgânico, uma vez que entre o testemunha SOLO e os demais tratamentos, houve apenas um pequeno aumento nessas variáveis. Mas Oliveira et al. (2014) apontaram que uso de fertilizante fosfatado pode alterar positivamente os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

A grande heterogeneidade dos recursos do solo implicam em efeitos no crescimento das plantas, onde em cada local ocorre a necessidade de diferentes estratégias de cultivo, com a finalidade de se atingir a melhor produtividade (POSTMA et al., 2014). Porém, a interferência da planta é influente na aquisição de nutrientes, a área superficial das raízes que estão em contato com o solo é importante para essa aquisição, especialmente para nutrientes imóveis como o P, por ter baixa mobilidade no solo.

3.4. Análise multivariada de componentes principais

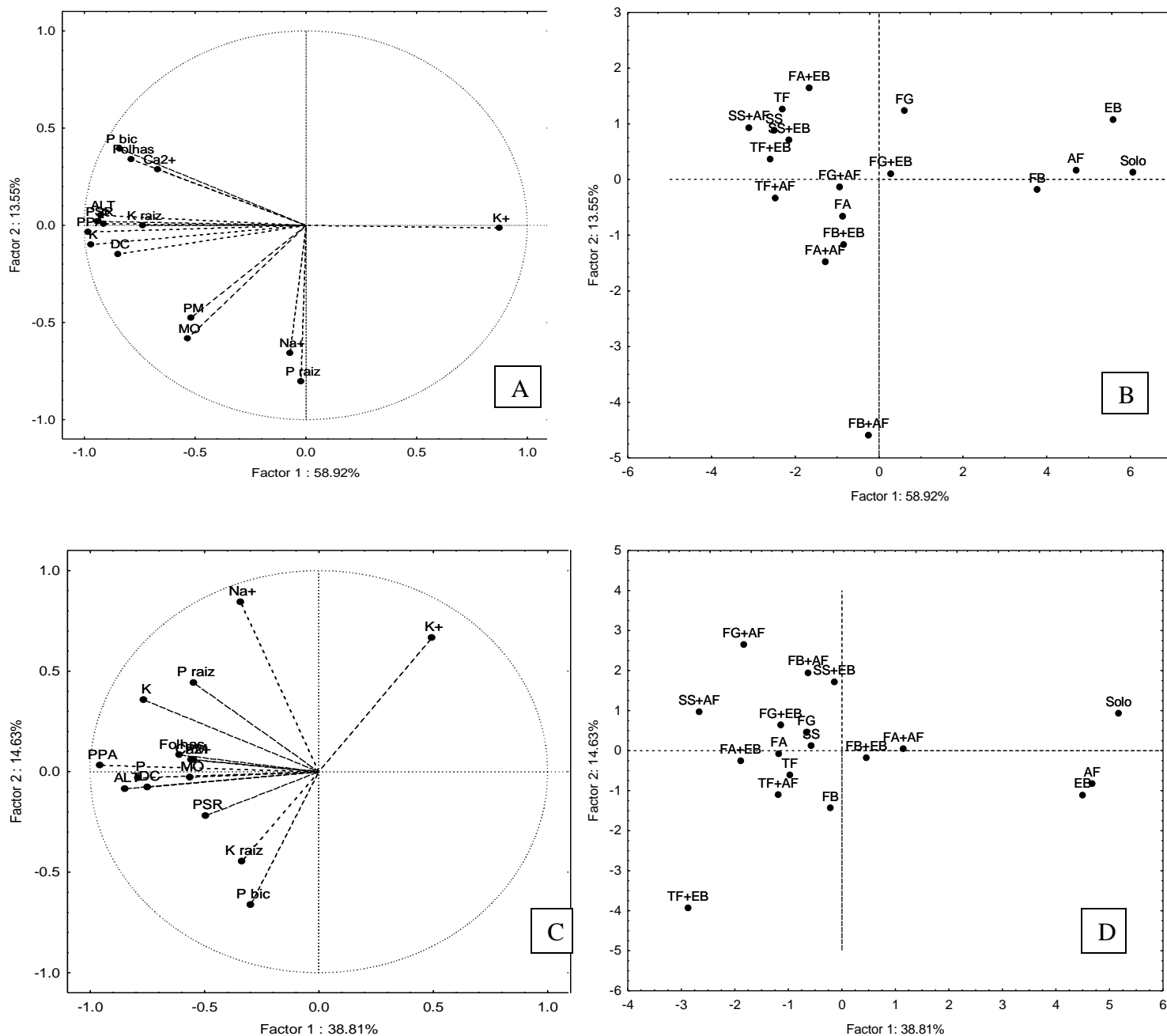
Visando distinguir os diferentes tratamentos de fontes de fosfato adicionamos à amendoim forrageiro e esterco bovino sobre o crescimento de plantas de milho cultivadas em Neossolo Regolítico, foram selecionadas as duas primeiras componentes principais tanto no primeiro quanto no segundo cultivos. As variáveis selecionadas para a ACP foram

as de crescimento de milho (DC, ALT, Folhas, PPA, PSR), teores e acúmulos de nutrientes na planta (P, K, P raiz, K raiz) e atributos no solo (PMe, POI, Na⁺, Ca²⁺ e MO).

As duas primeiras componentes principais responderam por 72,47% da variação total dos dados, enquanto que no segundo cultivo, de 53,44% (Tabela 2 em Anexo). Este último valor foi considerado baixo provavelmente por causa da seleção das mesmas variáveis selecionadas no primeiro cultivo. Apesar disso, existem uma extensa literatura que comprova que mesmo utilizando variáveis muito sensíveis, é possível analisar de forma multivariada mesmo tendo uma % cumulativa baixa (PANDEY et al., 2014), sem causar prejuízos na interpretação dos dados. É provável que esses baixos valores é devido à utilização de variáveis relacionadas à planta e ao solo na mesma análise.

O primeiro ciclo de cultivo do milho submetidos às fontes de fosfatos e matéria orgânica as variáveis mais importantes em detectar diferenças entre os tratamentos foram em ordem de importância: PPA > K > PSR > ALT > P > K⁺ > DC > Pbic > Folha > Kraiz > Ca²⁺ > PM na qual se correlacionaram com a PC1 e foram responsáveis por 58,92% da variação total dos dados (Tabela 5 e Figura 3A). Este resultado demonstra a importância dos dados de crescimento do milho na detecção de diferenças entre os tratamentos. A PC2 do primeiro cultivo foi responsável por 13,55% da variação total, com as variáveis P raiz > Na⁺ > MO correlacionando-se com a PC2 (Figura 5 A e B).

No 2º cultivo do milho, as variáveis mais importantes em detectar as diferenças entre os tratamentos tiveram uma ordem de importância diferente das do primeiro cultivo. A matéria orgânica do solo ganhou importância, pois neste segundo cultivo, correlacionou-se com o PC1 que demonstra que ela foi bastante importante apenas no segundo cultivo, porque com o aumento da decomposição do amendoim forrageiro e do esterco bovino a comunidade microbiana aumentou no solo e, conseqüentemente, elevou o teor de matéria orgânica no solo (DOAN et al., 2014; LUCAS et al., 2014). As variáveis que se correlacionaram com o PC1 foram em ordem: PPA > ALT > P > K > DC > Folhas > MO = Ca²⁺ > P raiz = PM > PSR que responderam por 38,81% da variação total dos dados, enquanto que o PC2 correlacionou-se com Na⁺ > K⁺ > Pbic > K raiz, responsáveis por 14,63% dos dados (Figura 5C e D).



Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Estercos bovino; FB+EB= Fosfobahia+Estercos bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Estercos bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Estercos bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+Estercos bovino; EB= Estercos bovino

Figura 5. Diagrama de dispersão de vetores do 1º Cultivo (A) e do 2º Cultivo (C) e diagrama de dispersão dos tratamentos do 1º Cultivo (B) e do 2º Cultivo (D) obtidos pela análise multivariada de componentes principais com os dados de crescimento do milho e características de neossolo regolítico cultivado, com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

A análise multivariada de componentes principais foi importante porque no primeiro e no segundo cultivos indicou a importância da avaliação do PPA, que mostrou ser uma variável sensível aos tratamentos aplicados. Também em ambos os cultivos observa-se que os valores de crescimento das plantas foram encontrados nos tratamentos que utilizaram a aplicação do amendoim forrageiro, uma vez que todos os tratamentos em que houve sua aplicação, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, foram os que apresentaram as melhores respostas de crescimento das plantas e atributos químicos do solo. O uso de esterco e resíduos de base animais vem sendo utilizado em diversos trabalhos com milho e outras culturas (ACHAT et al., 2014; DOAN et al., 2013; DOAN et al., 2014), como alternativa para a fertilização do solo, sendo fonte também de outros nutrientes, que estão em sua composição, além de aumentarem a atividade microbiana nos solos e elevarem a produtividade. A aplicação de resíduos de plantas tem efeito no conteúdo de cátions no solo, e auxiliam na elevação da matéria orgânica (KOTROCZÓ et al., 2014).

Dessa forma, a utilização de resíduos vegetais destaca-se pelo reaproveitamento tanto dos restos de culturas, ou a aplicação subprodutos orgânicos que associados a adubos fosfatados aumentam a disponibilização destes (ALBRECHT et al., 2010; MECHRI et al., 2014).

4. CONCLUSÃO

1. Durante os dois ciclos de cultivos a associação dos fosfatos com o amendoim forrageiro e o esterco bovino influenciaram no pH e na disponibilidade de nutrientes no solo.
2. As características de crescimento das plantas de milho foram beneficiadas pela adição de amendoim forrageiro aos fosfatos.
3. A análise multivariada indicou que o amendoim forrageiro é uma importante alternativa para melhoria da fertilidade do solo, e do crescimento das plantas de milho.
4. A biomassa seca da parte aérea (PPA) foi à variável mais sensível em detectar mudanças causadas pelo uso de fontes de fosfato adicionados a amendoim forrageiro e esterco bovino.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHAT, D. L.; SPERANDIO, M.; DAUMER, M.; SANTELLANI, A.; PRUD'HOMME, L.; AKHTAR, M.; MOREL, C. Plant-availability of phosphorus recycled from pig manures and dairy effluents as assessed by isotopic labeling techniques. **Geoderma**, v. 24, n. 33, p. 232-234, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.04.028>
- ALBRECHT, R.; LE PETIT, J.; CALVERT, V.; TERROM, G.; PÉRISSOL, C. Changes in the level of alkaline and acid phosphatase activities during green wastes and sewage sludge co-composting. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 228-233, 2010.
- ALMEIDA, E. L. **Desenvolvimento de Feijão-de-Porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.] na presença de chumbo**. Dissertação (Mestrado) Instituto Agrônômico – IAC, 2007.
- BAYUELO-JIMENEZ J S, GALLARDO-VALDEZ M, PEREZ-DECELIS V A, MAGDALENO-ARMAS L, OCHOA I, LYNCH J P. Genotypic variation for root traits of maize (*Zea mays* L.) from the Purhepecha Plateau under contrasting phosphorus availability. **Field Crops Research**, v. 121, p. 350-362, 2011.
- BAYUELO-JIMÉNEZA, J. S.; OCHOA-CADAVID, I. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency among maize landraces from the central Mexican highlands. **Field Crops Research**, v. 156, p. 123-134, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.005>
- BOWLES, T.M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across na intensively-managed agricultural landscape. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 68, p. 252-262, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.004>
- CHUAN, L.; HE, P.; JIN, J.; LI, S.; GRANT, C.; XU, X.; QIU, S.; ZHAO, S.; ZHOU, W. Estimating nutrient uptake requirements for wheat in China. **Field Crops Research**, v. 146, p. 96-104, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.02.015>.

- DAMON, P. M.; BOWDEN, B.; ROSE, T.; RENGEL, Z. Crop residue contributions to phosphorus pools in agricultural soils: A review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 74, p. 127-137, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.003>.
- DIVITO, G. A.; SADRA, V. O. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 156, p. 161-171, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.004>.
- DOAN, T. T.; BOUVIER, C.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; HENRY-DES-TUREAUX, T.; JANEAU, J. L.; LAMBALLEE, P.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. Influence of buffalo manure, compost, vermicompost and biochar amendments on bacterial and viral communities in soil and adjacent aquatic systems. **Applied Soil Ecology**, v. 73, p. 78-86, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.016>.
- DOAN, T. T.; JUSSSELME, D. M.; LATA, J.-C.; VAN NGUYEN, B.; JOUQUET, P. The earthworm species *Metaphire posthuma* modulates the effect of organic amendments (compost vs. vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A laboratory experiment. **European Journal of Soil Biology**, v. 59, p. 15-21, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.08.005>.
- EMBRAPA. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília DF: Embrapa. 2º Ed. 627p. 2009.
- FERREIRA, D.F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras, DEX/ UFLA, 2003.
- HINSINGER P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, v. 237, p. 173-195, 2001.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3.ed. Recife, IPA, 212 p., 2008.
- KETEMA, H.; YIMER, F. Soil property variation under agroforestry based conservation tillage and maize based conventional tillage in Southern Ethiopia. **Soil & Tillage Research**, v.141, p. 25-31, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.03.011>.
- KIFUKO, M. N., OTHIENO, C. O., OKALEBO, J. R., KIMENYE, L. N., NDUNG'U, K. W., KIPKOECH, A. K. Effect of combining organic residues with Minjingu

- phosphate rockon sorption and availability of phosphorus and maize production in acid soils ofwestern Kenya. **Experience Agricola**, v. 43, p. 51-66, 2007.
- KIHARA, J.; NJOROGGE, S. Phosphorus agronomic efficiency in maize-based cropping systems: Afocus on western Kenya. **Field Crops Research**, v. 150, p. 1-8, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.025>.
- KIRIMI, L., SITKO, N., JAYNE, T.S., KARIN, F., MUYANGA, M., SHEAHAN, M., FLOCK, J., BOR, G. **A farm gate-to-consumer value chain analysis of Kenya's maize marketingsystem**. Tegemeo institute of agricultural policy development, Nairobi. 2011.
- LUCAS, S. T.; D'ANGELO, E. M.; WILLIAMS, M. A. Improving soil structure by promoting fungal abundance with organic soil amendments. **Applied Soil Ecology**, v. 75, v. 13-23, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.10.002>
- MECHRI, B.; ATTIA, F.; TEKAYA, M.; CHEHEB, H.; HAMMAMIA, M. Agronomic application of olive mill wastewaters with rock phosphate increase the 10Me18:0 fatty acid marker of actinomycetes and change rhizosphere microbial functional groups under long-term field conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 70, p. 62-65, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.007>.
- MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A; BARROS, J. A.; MORAES, W. S.; SILVA, A. S.; MOREIRA, K. A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 208-215, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.09.013>.
- NGO, P.-T.; RUMPEL, C.; NGO, Q.-A.; ALEXIS, M.; VARGAS, G. V.; GIL, M. L. M.; DANG, D.-K.; JOUQUET, P. Biological and chemical reactivity and phosphorus forms of buffalo manure compost, vermicompost and their mixture with biochar. **Bioresource Technology**, v. 148, p. 401-407, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.098>.
- NOTARO, K.A.; MEDEIROS, E.V.; DUDA, G.P.; SILVA, A.O.; MOURA, P.M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 87-95, 2014. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162014000200001>.

- OLIVEIRA, H. D. V. D.; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. D. S. B.; LIMA, C. B.; GURGEL, G. C. S. Alteração nas características físico-química de um solo cultivado com pimentão, efluente de piscicultura, fosfato natural e esterco bovino. **Revista Caatinga**, v. 21, 2008.
- OLIVEIRA, J. P. M.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; PEGORARO A. Alterações químicas e avaliação de p disponível na região adjacente aos grânulos de superfosfato triplo e diamônio fosfato em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 38, p. 1526-1536, 2014.
- PANDEY, D., AGRAWAL, M., BOHRA, J. S. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. **Soil & Tillage Research**, v. 136, p. 51-60, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.09.013>.
- PEI, P.; JIN, Z.; LI, K.; YIN, H.; WANG, J.; YANG, A.. Identification and comparative analysis of low phosphate tolerance-associated microRNAs in two maize genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 70, p. 221-234, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.05.043>.
- PERASSI, I.; BORGNINO, L. Adsorption and surface precipitation of phosphate onto CaCO₃-montmorillonite: effect of pH, ionic strength and competition with humic acid. **Geoderma**, v. 232, n. 234, p. 600-608, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.06.017>.
- POSTMA J A, LYNCH J P. Theoretical evidence for the functional benefit of root cortical aerenchyma in soils with low phosphorus availability. **Annals of Botany**, v. 107, p. 829-841, 2010.
- STATISTICA, 2004. Statistica (data analysis software system), version 7.0, StatSof (www.statsoft.com).
- WANG, S.; LIANG, X.; LIU, G.; LI, G.; LIU, X.; FAN, F.; XIA, W.; WANG, P.; YE, Y.; LI, L.; LIU, Z.; ZHU, J. Phosphorus loss potential and phosphatase activities in paddy soils. **Plant, Soil and Environment**. v. 59, n. 11, p. 530-536, 2013.

ZHANG, M.; LI, C.; LI, Y.C.; HARRIS, W.G. Phosphate minerals and solubility in native and agricultural. **Geoderma**, v. 232, n. 234, p. 164-171, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.05.015>

ZHANG, Y.; CHEN, F.; CHEN, X.; LONG, L.; GAO, K.; YUAN, L.; ZHANG, F.; MI, G. Genetic Improvement of Root Growth Contributes to Efficient Phosphorus Acquisition in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 6, p. 1098-1111, 2013. doi:10.1016/S2095-3119(13)60329-9

6. Anexos

Tabela 1: Teor de P e K em plantas de milho cultivado em solo arenoso submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	P		K		P raiz		K raiz	
	mg.kg-1							
	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo
Solo	0,20 d	0,10 e	1,33 a	1,21 a	0,10 d	0,13 d	1,98 b	2,42 a
FA	0,23 c	0,13 d	1,32 a	1,18 a	0,14 c	0,13 d	1,71 c	2,36 a
FB	0,21 c	0,13 d	1,37 a	1,03 b	0,08 d	0,17 c	1,91 b	2,05 b
FG	0,24 b	0,14 d	1,31 a	1,21 a	0,15 c	0,18 c	1,97 b	2,43 a
SS	0,22 c	0,22 b	1,13 b	0,99 b	0,14 c	0,13 d	2,05 b	1,98 b
TF	0,24 b	0,14 d	1,39 a	1,04 b	0,15 c	0,18 c	1,54 c	2,07 b
AF	0,23 b	0,10 e	1,33 a	1,19 a	0,08 d	0,11 e	2,02 b	2,38 a
FAAF	0,19 d	0,14 d	1,18 b	1,11 a	0,13 c	0,14 d	1,46 d	2,23 a
FBAF	0,26 b	0,15 d	1,33 a	1,23 a	0,07 d	0,20 b	1,93 b	2,46 a
FGAF	0,25 b	0,15 d	1,45 a	1,22 a	0,13 c	0,20 b	1,41 d	2,44 a
SSAF	0,26 b	0,19 c	1,28 a	1,04 b	0,21 a	0,21 b	1,90 b	2,08 b
TFAF	0,26 b	0,14 d	1,31 a	1,27 a	0,09 d	0,10 e	2,08 b	2,55 a
EB	0,24 b	0,13 d	1,33 a	1,24 a	0,01 e	0,14 d	2,51 a	2,48 a
FAEB	0,19 d	0,13 d	0,95 b	1,02 b	0,14 c	0,18 c	1,54 d	2,03 b
FBEB	0,22 c	0,18 c	1,35 a	1,03 b	0,09 d	0,14 d	1,64 d	2,03 b
FGEB	0,20 d	0,22 b	1,31 a	1,21 a	0,12 c	0,18 c	1,64 c	2,41 a
SSEB	0,31 a	0,28 a	1,19 b	0,90 b	0,13 c	0,23 a	1,44 d	1,81 b
TFEB	0,23 b	0,15 d	1,27 a	0,88 b	0,17 b	0,14 d	1,41 d	1,76 b
MG	0,23	0,16	1,28	1,11	0,15	0,12	1,79	2,22
CV (%)	8,24	7,44	11,32	12,58	20,50	9,75	9,79	12,58

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino.

Tabela 2. Teores de matéria orgânica, sódio e potássio de solo arenoso com cultivo de milho submetido à adubação fosfatada juntamente a amendoim forrageiro e esterco bovino em dois cultivos consecutivos.

TRAT	MO		Na ⁺		K ⁺	
	dag.kg ⁻¹		cmolc.dm-3		cmolc.dm-3	
	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo
Solo	2,60 c	2,62 c	0,17 b	0,66 c	0,48 a	0,40 a
FA	2,88 b	2,93 a	0,17 c	0,71 b	0,22 c	0,16 d
FB	2,43 c	2,76 b	0,16 c	0,56 d	0,41 a	0,19 c
FG	2,43 c	2,78 b	0,15 d	0,64 c	0,20 c	0,21 c
SS	2,57 b	3,07 a	0,17 b	0,68 b	0,28 b	0,18 c
TF	2,72 b	3,09 a	0,16 c	0,67 b	0,26 b	0,14 d
AF	2,47 c	2,62 c	0,17 b	0,57 d	0,49 a	0,33 b
FA+AF	3,00 a	2,81 b	0,18 a	0,63 c	0,29 a	0,32 b
FB+AF	3,05 a	2,86 b	0,18 a	0,76 a	0,30 b	0,42 a
FG+AF	3,12 a	3,03 a	0,17 b	0,82 a	0,28 b	0,41 a
SS+AF	2,69 b	3,22 a	0,17 b	0,74 a	0,30 b	0,21 c
TF+AF	3,02 a	3,22 a	0,17 b	0,58 d	0,21 c	0,19 c
EB	2,02 d	2,34 d	0,17 b	0,59 d	0,45 a	0,29 b
FA+EB	2,34 c	2,55 c	0,16 c	0,65 c	0,28 b	0,18 c
FB+EB	3,24 a	3,05 a	0,17 b	0,70 b	0,31 b	0,18 c
FG+EB	2,71 b	2,76 b	0,17 b	0,69 b	0,30 b	0,24 c
SS+EB	2,72 b	2,38 d	0,17 b	0,74 a	0,22 c	0,33 b
TF+EB	2,97 a	2,91 b	0,17 c	0,57 d	0,21 c	0,12 c
MG	2,72	2,84	0,17	0,66	0,31	0,25
CV (%)	5,14	3,92	3,8	9,72	14,72	7,18

*Médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5%. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino.

Tabela 3. Eigenvalues, total (%) e cumulative (%) obtidos pela análise multivariada de components principais com os dados fitotécnicos e do milho cultivado em Neossolo regolítico com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

	1° Cultivo			2° Cultivo		
	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Eigenvalue	% Total	Cumulative
1	8,84	58,92	58,92	5,82	38,81	38.81
2	2,03	13,55	72,47	2,19	14,63	53.44
3	1,17	7,78	80,26	1,83	12,22	65.66
4	0,94	6,24	86,5	1,16	7,73	73.38
5	0,65	4,36	90,85	1,03	6,85	80.24
6	0,41	2,74	93,59	0,88	5,85	86.09
7	0,3	1,97	95,57	0,68	4,56	90.65
8	0,25	1,64	97,21	0,54	3,59	94.23
9	0,19	1,29	98,5	0,38	2,54	96.77
10	0,1	0,65	99,15	0,18	1,22	97.99
11	0,05	0,37	99,51	0,13	0,83	98.82
12	0,04	0,27	99,79	0,11	0,76	99.58
13	0,02	0,14	99,93	0,05	0,36	99.94
14	0,01	0,06	99,99	0,01	0,05	99.99
15	0	001	100	0	0,01	100

Tabela 4. Correlação dos componentes principais (PC1 e PC2) com variáveis dos dados de crescimento milho e de neossolo regolítico com fontes fosfatos associado a amendoim forrageiro e esterco de bovino.

	1° Cultivo		2° Cultivo	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
DC	-0,85*	-0,15	-0,75*	-0,08
ALT	-0,93*	0,05	-0,85*	-0,09
Folhas	-0,79*	0,34	-0,61*	0,08
PPA	-0,98*	-0,03	-0,96*	0,03
PSR	-0,94*	0,02	-0,50*	-0,22
P	-0,91*	0,01	-0,79*	-0,03
K	-0,97*	-0,10	-0,77*	0,36
P raiz	-0,02	-0,80*	-0,55*	0,44
K raiz	-0,74*	0,00	-0,34	-0,45*
PM	-0,52*	-0,48	-0,55*	0,06
P bic	-0,84*	0,39	-0,30	-0,66*
Na+	-0,07	-0,66*	-0,34	0,84*
K+	0,87*	-0,01	0,49	0,67*
Ca2+	-0,67*	0,29	-0,56*	0,06
MO	-0,53	-0,58*	-0,56*	-0,03