

**RELAÇÃO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO
ORGÂNICO, CALCÁRIO E GESSO COM A
ADSORÇÃO DE FÓSFORO E PRODUÇÃO DO
FEIJOEIRO EM SOLOS DE VÁRZEA**

ALEX TEIXEIRA ANDRADE

2001

ALEX TEIXEIRA ANDRADE

**RELAÇÃO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO ORGÂNICO, CALCÁRIO E
GESSO COM A ADSORÇÃO DE FÓSFORO E PRODUÇÃO DO
FEIJOEIRO EM SOLOS DE VÁRZEA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Andrade, Alex Teixeira

Relação da aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso com a adsorção de fósforo e produção do feijoeiro em solos de várzea / Alex Teixeira Andrade. --
Lavras : UFLA, 2001.

41p. : il.

Orientador: Valdemar Faquim.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

Calagem. 2. Gessagem. 3. Matéria orgânica. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-631.86
-635.652891

ALEX TEIXEIRA ANDRADE

**RELAÇÃO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO ORGÂNICO, CALCÁRIO E
GESSO COM A ADSORÇÃO DE FÓSFORO E PRODUÇÃO DO
FEIJOEIRO EM SOLOS DE VÁRZEA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração
em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do
título de "Mestre"

APROVADA em 09 de fevereiro de 2001

Prof. José Maria de Lima UFLA

Prof. Luiz Arnaldo Fernandes UFMG

Prof. Luiz Roberto Guimarães Guilherme UFLA


Prof. Valdemar Faquin

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

***"(...) Serás para mim único no mundo.
E eu serei para ti único no mundo..."***
(Saint-Exupéry)

Ao meu pai, Guiomar (*in memoriam*)

DEDICO

À minha mãe, Irene, pelo exemplo de vida e esperança.
A Áurea pelo amor e cumplicidade.
Aos meus irmãos e sobrinhos pelo carinho.
Aos meus familiares pelo incentivo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sublime presença em minha vida.

Ao professor Valdemar Faquin pela orientação, ensinamentos e amizade. Em especial pela oportunidade inicial e a continuidade desta, que proporcionaram condições para meu desenvolvimento profissional.

Ao professor Luiz Arnaldo Fernandes pelo constante empenho e disposição e, principalmente, pela seriedade com que co-orientou este trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo pelo suporte e estrutura, fundamentais para o meu aperfeiçoamento.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo pelo auxílio à realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores José Maria de Lima e Luiz Roberto Guimarães Guilherme pelas valiosas sugestões e ímpar colaboração.

Aos colegas da pós-graduação pelo companheirismo.

A Antônio e Juliana pela colaboração durante a condução da pesquisa.

A Eduardo, Vanderlei, Pedro e João Luís pela amizade e convívio.

A todos aqueles que incentivaram e apoiaram esta conquista.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O fósforo em solos submetidos aos ciclos de inundação-drenagem....	3
2.2 Relação da matéria orgânica no solo e adsorção de fósforo	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1 Montagem do experimento.....	6
3.2 Adsorção e dessorção de P, pH e Al trocável.....	10
3.3 Cultivo do Feijoeiro.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5 CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
ANEXO.....	33

RESUMO

ANDRADE, Alex Teixeira. **Relação da aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso com a adsorção de fósforo e produção do feijoeiro em solos de várzea LAVRAS: UFLA, 2001. 41p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)***

O presente estudo foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, com o objetivo de verificar os efeitos da incorporação de resíduo orgânico, de calcário e de gesso na adsorção e dessorção de fósforo em solos de várzea e na nutrição fosfatada e produção do feijoeiro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com 5 repetições, sendo três práticas de correção do solo (calcário, gesso e sem corretivo) e dois níveis de resíduo orgânico - esterco de curral curtido - (com e sem). Os solos estudados foram Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háptico (GX) e Neossolo Flúvico (RU). Amostras dos mesmos foram incubadas por 60 dias com e sem incorporação do resíduo orgânico; após este período, por mais 30 dias com os corretivos e em seguida por 60 dias com uma adubação básica com macro e micronutrientes. Antes do plantio do feijoeiro, foram retiradas subamostras dos solos e determinaram-se o fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), pH, Al trocável e índice tampão de fósforo (ITP). Após a retirada das subamostras, cultivaram-se quatro plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca - MG) por vaso de 3 dm³ de solo. No florescimento, 2 plantas foram colhidas, nas quais avaliou-se a concentração de P total nas folhas, e nas demais, colhidas no final do ciclo, a produção de grãos. Os resultados mostraram que a aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso reduziram a adsorção de P pelo solo, sendo essa redução atribuída à elevação do pH e redução dos teores Al trocável dos solos. As plantas de feijoeiro, nos tratamentos que receberam aplicação de resíduo orgânico, apresentaram maior produção de matéria seca de grãos e maiores teores foliares de P no florescimento. Dentre os tratamentos de correção do solo, o calcário promoveu maior produção de matéria seca de grãos, enquanto os teores de P, no florescimento, não apresentaram um comportamento definido.

* Comitê Orientador: Valdemar Faquin - UFLA (Orientador), Luiz Arnaldo Fernandes - UFMG.

ABSTRACT

ANDRADE, Alex Teixeira. **Effect of organic residue, limestone, and gypsum amendments on the adsorption of phosphate and bean production on lowland soils.** LAVRAS: UFLA, 2001. 41p. (Dissertation - Master of Science in Soil Science and Plant Nutrition)*

The present study was carried out under greenhouse conditions at the Department of Soil Science, Federal University of Lavras, Minas Gerais State, Brazil, with the objective of evaluating the effects of organic residue, lime and gypsum on the adsorption and desorption of phosphate, as well as on phosphorus nutrition and bean production on lowland soils. The soils were a Mesic Organosol (OY), a Melanic Gleysoil (MG), a Haplic Gleysoil (GX), and a Fluvic Neosol (RU). The experimental design was a completely randomized design, at 2x3 factorial scheme, with five replicates. The factors consisted of presence or absence of organic residue in soils under natural condition or previously treated with lime or gypsum. Soil samples were incubated for 60 days, with and without the organic residue. After this period, the samples were incubated for 30 days with lime or gypsum. Then, the samples were incubated one more time with macro and micronutrients for 60 days. Before planting, the soils were analyzed for remaining Phosphorus (P-rem), maximum phosphate adsorption capacity (MPAC), pH, exchangeable Al, and phosphorus buffering index (PBI). Finally, four bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca - MG) were grown in 4-dm³ pots. At flowering, 2 plants were harvested and analyzed for total P in the leaves. The other plants were harvested at the end of the cycle, when the grain yield was evaluated. Organic residue, limestone and gypsum decreased P adsorption by the soils, as they increased pH and decreased exchangeable Al. Organic residue increased grain production and phosphorus contents at flowering. Grain dry matter was affected more by liming than by the other amendments. Phosphorous concentration in the plants did not differ among the treatments.

* Guidance Committee: Valdemar Faquin - UFLA (Adviser), Luiz Arnaldo Fernandes - UFMG.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, existem cerca de 30 milhões de hectares de várzea irrigáveis sem aproveitamento racional (Provárzeas, 1981). Deste total, 1,5 milhões encontram-se em Minas Gerais, sendo 200.000 hectares localizados no sul do estado.

O aproveitamento das várzeas tem sido limitado quase que exclusivamente ao cultivo do arroz irrigado por inundação contínua. A topografia favorável à irrigação e a disponibilidade de água abrem perspectivas para a produção de duas ou mais colheitas por ano, dependendo das espécies cultivadas. No período chuvoso, o excesso de água e as dificuldades de drenagem limitam o uso ao cultivo do arroz inundado, e no período da seca, espécies como feijão, trigo, ervilha e outras poderão ser cultivadas (Moraes e Dynia, 1992), com destaque para o feijão nas pequenas propriedades.

Em trabalhos anteriores conduzidos no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, verificou-se que o fósforo é um dos nutrientes mais limitantes para o cultivo do feijoeiro em solos de várzea drenados (Andrade, 1997). Recentemente, Fernandes (1999) constatou que as quantidades de fósforo a serem aplicadas para a obtenção de 90% da máxima produção de grãos de feijão, em casa-de-vegetação, são elevadas, 299, 460, 359 e 345 mg dm⁻³ de P para os solos Orgânico, Glei Húmico, Glei Pouco Húmico e Aluvial, respectivamente, devido à adsorção do fósforo aplicado (neste trabalho, o termo adsorção será utilizado para os fenômenos de adsorção e precipitação).

Em outros países, tem sido verificado que aplicação de resíduos orgânicos reduz a adsorção de fósforo no solo e aumenta a eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados aplicados (Hue, 1990). Essa tem sido uma prática atrativa, particularmente em países subdesenvolvidos, como uma alternativa de baixo custo para reduzir a aplicação de fertilizantes inorgânicos e

corretivos (Iyamuremye, Dick e Baham, 1996). Segundo Sah, Mikkelsen e Hafez (1989a), em solos submetidos a ciclos de inundação-drenagem, a adição de resíduos orgânicos diminui a adsorção de fósforo e altera a distribuição das frações fosfatadas, principalmente as frações orgânicas, que correspondem a mais de 50% do fósforo total desses solos.

Os resíduos orgânicos, ao interagirem com o solo, podem ter efeitos similares ao do calcário (carbonatos de cálcio e de magnésio) pela precipitação de ferro e alumínio (Hue, 1992), e aos do gesso (sulfato de cálcio), pela complexação do alumínio trocável (Ritchey et al., 1980). No entanto, segundo Iyamuremye e Dick (1996), o conhecimento dos efeitos da aplicação de resíduos orgânicos em solos sob ciclos de inundação e drenagem é limitado e os resultados encontrados são contraditórios. Assim sendo, mais estudos são necessários com esses resíduos em comparação aos corretivos inorgânicos como o gesso, que reduz os teores de ferro e de alumínio trocável sem causar alterações significantes no pH do solo, e com o calcário, que além dos mesmos efeitos sobre o ferro e o alumínio, eleva o pH do solo. A comparação com calcário e gesso pode auxiliar no entendimento de como os resíduos orgânicos afetam a adsorção de fósforo no solo e a sua disponibilidade para as plantas.

Portanto, esse trabalho teve por objetivos verificar os efeitos da incorporação de resíduo orgânico, de calcário e de gesso na adsorção de fósforo em quatro solos de várzea e na nutrição fosfatada e produção do feijoeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Fósforo em solos submetidos aos ciclos de inundação e drenagem

O fósforo é considerado um dos principais nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O fósforo no solo pode ser dividido em quatro categorias: fósforo na forma iônica e em compostos na solução do solo; fósforo adsorvido na superfície dos constituintes minerais do solo; minerais cristalinos e amorfos de fósforo; e componente da matéria orgânica (Barber, 1984). Desta forma, são assim considerado três frações no solo, ou seja, fósforo em solução, P lábil e o P não lábil (Rajj, 1991).

O ciclo do P, diferente do ciclo de C, N e S, envolve reações de equilíbrio entre os constituintes orgânicos e inorgânicos do solo (Duxbury et al; 1989). As condições criadas pela inundação do solo influenciam a dinâmica do fósforo, ocasionando aumento de sua disponibilidade, a qual é atribuída à redução do fosfato férrico a fosfato ferroso; à hidrólise dos fosfatos e ânions orgânicos; ao deslocamento do fósforo dos fosfatos de ferro e alumínio por agentes quelantes, produzidos pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica; à liberação do fósforo da matéria orgânica; à liberação do fósforo nos solos calcários e à remoção da capa de óxidos de ferro hidratados, que recobre fosfatos pela redução do ferro (Ponnamperuma, 1972).

Entretanto, de acordo com Sayal e De Datta (1991), quando um campo de arroz inundado é drenado, ocorre a reoxidação dos constituintes reduzidos do solo com mudanças no potencial de oxi-redução, pH e concentração de Fe^{+2} , diminuindo a solubilidade tanto do fósforo nativo do solo quanto do fósforo aplicado. Segundo Willett e Higgins (1978), o decréscimo da disponibilidade de P no solo com a drenagem está associado ao aumento da adsorção de P, ocasionada pelo aumento da atividade dos óxidos de ferro.

Willet (1986) observou aumento da capacidade máxima de adsorção de fósforo e da energia de ligação, estimadas pela isoterma de Langmuir, com a drenagem de solos inundados, ocorrendo deficiência na disponibilidade de P para o milho cultivado após arroz inundado. O autor sugeriu que esta deficiência estava mais relacionada à forte adsorção de P pelo solo seco do que à imobilização durante a inundação.

2.2 Relação entre matéria orgânica no solo e adsorção de fósforo

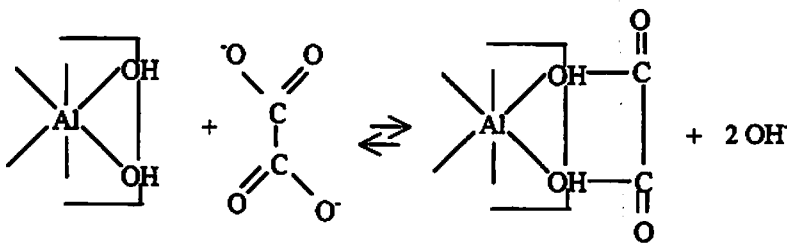
A matéria orgânica do solo engloba os resíduos orgânicos em estágios variados de decomposição, a biomassa microbiana, as raízes e a fração mais estável, denominada húmus (Camargo, Santos e Guerra; 1999). Dentre as características químicas que são afetadas pela matéria orgânica, destacam-se a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexa o de elementos tóxicos e micronutrientes, fundamentais em solos tropicais que são altamente intemperizados e  cidos (Bayer e Mielniczuk, 1999). O bloqueio dos sítios de adsorção de íons por compostos orgânicos   também relevante em solos (Hue, 1991).

A matéria orgânica incorporada ao solo   constituída por vários componentes (carboidratos, lipídios, proteínas e outros), que são decompostos pela popula o microbiana heterotrófica a compostos mais simples. Quando os a c ares simples são metabolizados pelos microrganismos, inúmeros ácidos orgânicos podem ser liberados como produtos finais de um mecanismo oxidativo incompleto e que irão promover a solubiliza o do fosfato mineral.

O tipo de ácido e a sua quantidade dependem do substrato utilizado como fonte de carbono e das espécies de microrganismos presentes. Por exemplo, a aduba o orgânica com restos vegetais de difícil decomposição, como as palhas, favorece a solubiliza o de fosfatos insolúveis pela produ o de ácidos orgânicos, que formam complexos estáveis hidrosol veis com os fosfatos

e óxidos (termo inclusivo para óxidos, hidróxidos e oxidróxidos) de ferro e alumínio (Michoustine, 1972). Esses complexos são móveis no solo e podem chegar mais facilmente até as raízes das plantas, constituindo um forma disponível de fósforo do solo.

A qualidade dos ácidos orgânicos liberados é mais importante que a quantidade. Os ácidos orgânicos mais efetivos são aqueles que têm propriedade de formar quelados (Sperber, 1958). Essa propriedade é característica dos hidroxiácidos, açúcares-ácidos, compostos aromáticos, substâncias húmicas, entre outras (Nahas, 1991). Segundo Hue (1991), os grupos funcionais carboxílicos (COOH) dos ácidos orgânicos bloqueiam os sítios de adsorção de fósforo dos óxidos de ferro e alumínio.



Fonte: Iyamuremye e Dick (1996)

Gerke e Hermann (1992) estudaram um modelo experimental de adsorção de ortofosfato em superfícies de complexos ácidos húmicos-ferro amorfo sintético, e constataram que o aumento do pH de 5,2 para 6,2 propiciou um aumento na adsorção de fósforo da ordem de 30%. Uma série de trabalhos dá suporte a esta idéia de bloqueio dos sítios de adsorção de íons por compostos orgânicos. Sibanda e Young (1986), estudando a adsorção competitiva entre ácidos húmicos ou fúlvicos e fosfatos, em dois solos tropicais, verificaram que houve uma redução significativa na adsorção de fósforo quando o conteúdo de

ácido húmico foi elevado de 0,7 a 3,0%, níveis estes equivalentes a um aumento de 1,72 a 5,2% de matéria orgânica do solo. Segundo os mesmos autores, houve uma redução de 68 e 48% na adsorção de fósforo para o nível mais alto de ácido húmico (3%), respectivamente para solos com pH 4,6 e 5,1, o que mostra que o efeito é mais pronunciado em solos mais ácidos.

Segundo Iyamuremye, Dick e Baham (1996), o papel dos resíduos orgânicos de reduzir a fixação de fósforo não pode ser atribuído somente à formação de complexos ou quelados com ferro e alumínio. Um mecanismo adicional a ser considerado é a liberação de fosfato, sulfato, flúor e cálcio pela decomposição do resíduo. O sulfato e o flúor formam complexos com ferro e alumínio e o cálcio pode formar compostos solúveis com o fósforo da solução do solo, prevenindo que o mesmo seja adsorvido.

Nahas (1999) cita também a atuação dos microrganismos na solubilização de fosfatos por dois mecanismos: o primeiro, a mineralização, que ocorre graças à síntese das enzimas fosfatases que hidrolisam o P-orgânico; e o outro mecanismo constitui propriamente a solubilização de fosfatos inorgânicos insolúveis já existentes ou já adicionados ao solo. A atividade desses microrganismos pode ser alterada pela adição de uma fonte de carbono orgânico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Montagem do experimento

Conduziram-se simultaneamente quatro experimentos, utilizando quatro solos de várzea, em condições de casa-de-vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Foram utilizadas amostras de solos representantes das classes Orgânico (O) drenado artificialmente, Gleí Húmico (GH), Gleí Pouco Húmico (GP) e

Aluvial (A), principais solos encontrados em várzeas do estado de Minas Gerais (EMBRAPA, 1982), provenientes de uma propriedade particular, no município de Lavras - MG.

De acordo com EMBRAPA (1999), essas classes de solo receberam uma nova denominação: Orgânico - Organossolo Mésico (OY); Glei Húmico - Gleissolo Melânico (GM); Glei Pouco Húmico - Gleissolo Háplico (GX); Aluvial - Neossolo Flúvico (RU).

As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm nos diferentes solos, sob vegetação natural, tomando-se o cuidado de retirar a vegetação e restos orgânicos presentes na superfície. Estas amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira com malha de 4 mm de abertura e um volume de solo de 3 dm³ foi acondicionado em vasos de 4 dm³ de capacidade, que constituíram as unidades experimentais. Ao mesmo tempo, foram tomadas subamostras dos diferentes materiais de solo, passadas em peneira de 2 mm de abertura, para as caracterizações física, química e mineralógica da fração terra fina seca ao ar (TFSA) (TABELA 1).

Em cada experimento, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, sendo três práticas de correção do solo (calcário, gesso e sem corretivo) e dois níveis de resíduo orgânico (com e sem), com cinco repetições.

Como resíduo orgânico foi usado o esterco de curral curtido, seco a 60°C e moído (peneira de 1 mm²), aplicando-se 300 dm³ por vaso, o que corresponde a 10% do volume total do solo. O resíduo foi analisado quimicamente para N (Kjeldahl) e P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn (digestão nítrico-perclórica) de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) (TABELA 2). Os solos dos vasos com e sem resíduo foram incubados por um período de 60 dias, com umidade correspondente à capacidade de campo.

TABELA 1 Atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos antes da aplicação dos tratamentos.

Solo	Químicos											
	pH ⁽¹⁾	P ⁽¹⁾	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg ⁽¹⁾	Al ⁽¹⁾	H+Al ⁽¹⁾	T	m	V	P-rem ⁽²⁾	CMAP ⁽²⁾
		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%				mg L ⁻¹	mg dm ⁻³
OY	4,6	8	76	1,6	1,2	0,9	9,8	13	23	23	16,40	1051
GM	4,7	6	51	0,7	0,2	1,6	13,7	15	61	7	1,77	2404
GX	4,5	3	36	0,6	0,2	1,1	6,3	7,2	55	12	28,00	648
RU	4,7	3	103	2,7	1,1	0,2	4,5	8,6	5	47	27,33	689

	Físicos							Sup. específica ⁽¹⁾
	Areia grossa ⁽¹⁾	Areia Fina ⁽¹⁾	Silte ⁽¹⁾	Argila ⁽¹⁾	Matéria orgânica ⁽¹⁾	Ds ⁽¹⁾	Dp ⁽¹⁾	
	g kg ⁻¹					g cm ⁻³		m ² g ⁻¹
OY	0	120	570	310	45	0,64	2,15	181
GM	9	230	391	370	245	0,40	1,81	335
GX	30	611	179	180	35	1,05	2,66	121
RU	0	179	471	350	41	0,76	2,78	137

	Mineralógicos									
	SiO ₂ ⁽³⁾	Al ₂ O ₃ ⁽³⁾	Fe ₂ O ₃ ⁽³⁾	TiO ₂ ⁽³⁾	P ₂ O ₅ ⁽³⁾	Fe _d ⁽⁴⁾	Fe _o ⁽⁴⁾	Ct ⁽⁴⁾	Gb ⁽⁴⁾	Ki ⁽⁵⁾
	g kg ⁻¹									
OY	243,4	247,1	42,8	7,3	0,48	1,6	0,16	36	18	1,67
GM	126,1	175,5	13,3	5,5	1,52	0,9	0,21	18	20	1,22
GX	84,2	112,2	13,0	6,2	0,10	0,3	0,11	12	3,4	1,28
RU	209,3	221,1	74,5	9,3	0,51	4,3	0,17	50	17	1,61

⁽¹⁾ pH = pH em água; P = fósforo extraído pelo Mehlich 1; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = acidez potencial; T = cap. troca de cátions a pH 7,0; m = saturação por Al e V = saturação por bases; areia grossa; areia fina; silte; argila; mat. Orgânica; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; superfície específica; (EMBRAPA, 1997);

⁽²⁾ Prem = P remanescente (Alvarez V. et al., 2000) e CMAP = cap. máxima de adsorção de P (Alvarez V. e Fonseca, 1990);

⁽³⁾ Óxidos do ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997);

⁽⁴⁾ Fe_d = ferro extraído pelo ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra e Jackson, 1960); Fe_o = ferro extraído pelo oxalato ácido de amônio; Ct = caulinita; Gb = gibbsita determinados na fração argila e corrigidos para terra fina.

⁽⁵⁾ Ki - relação molecular SiO₂/Al₂O₃.

Após esse período, os solos dos vasos foram secos e receberam os tratamentos com os corretivos. As doses de calcário foram estabelecidas através de curvas de incubação, visando elevar a saturação por bases (V) a 70%

(Azevedo, 1999), usando-se $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 \cdot 4\text{Mg(OH)}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ p.a. na relação Ca:Mg de 4:1. Essas doses foram, respectivamente, de 3,5; 7,3; 2,7; e 4,4 t ha^{-1} , para os solos OY, GM, GX, e RU. As doses de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ p.a.) foram calculadas visando aplicar a quantidade equivalente de Ca presente na dose de calcário, para cada solo. Para evitar um desequilíbrio nutricional nas plantas de feijoeiro, os tratamentos com gesso receberam, também, uma quantidade de Mg equivalente àquela aplicada com calcário, na forma de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.. Os solos dos vasos dos tratamentos com calcário, gesso e seu corretivo foram incubadas por mais 30 dias, com umidade correspondente à capacidade de campo.

TABELA 2 Teores totais de nutrientes no resíduo (esterco de curral).

Macronutrientes	g kg^{-1}	Micronutrientes	mg kg^{-1}
N	19,73 (0,721)*	Mn	808,5 (29,556)**
P	4,50 (0,164)	Fe	52066 (1903)
K	45,00 (1,645)	Cu	52,73 (1,927)
S	3,00 (0,109)	B	19,34 (0,707)
Ca	26,40 (0,965)	Zn	108,17 (3,654)
Mg	4,56 (0,166)		

* g dm^{-3} e ** mg dm^{-3} - Quantidade de nutrientes aplicados nos tratamentos que receberam a aplicação do resíduo (densidade do resíduo de 365 g dm^{-3}).

Após o período de incubação dos solos nos vasos com os corretivos, as amostras foram secas e aplicaram-se as doses de fósforo necessárias para atingir 90% da produção máxima de feijoeiro, que correspondem a 299, 460, 359 e 345 mg dm^{-3} de P para os solos OY, GM, GX e RU, respectivamente, de acordo com Fernandes (1999). Os solos receberam, também, a aplicação de uma adubação básica com macro e micronutrientes: 60 mg de N.; 50 mg de K; 60 mg de S; 0,5 mg de B; 1,5 mg de Cu e 5,0 mg de Zn dm^{-3} de solo, na forma de reagentes p.a.. As fontes utilizadas foram: $\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{Mg(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

KCl; ZnSO₄.7H₂O; CuCl₂.2H₂O e H₃BO₃. As amostras dos solos nos vasos foram incubadas por mais 60 dias com umidade correspondente à capacidade de campo.

Após o período de incubação dos solos com os tratamentos, foram coletadas amostras de cada unidade experimental (vasos) para as determinações analíticas e o restante do solo foi utilizado para o cultivo do feijoeiro.

3.2 Adsorção e dessorção de fósforo, pH e Al trocável.

Para as determinações analíticas, fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), pH, Al trocável e índice tampão de fósforo (ITP), as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA). A determinação do fósforo remanescente foi realizada conforme Alvarez V. (2000), agitando, por uma hora, 5cm³ de TFSA com 50 mL de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de fósforo. Após centrifugar e filtrar, o fósforo na solução de equilíbrio foi dosado pelo método da vitamina C, modificado por Braga & Defelipo (1974).

Para determinação da capacidade máxima de adsorção de fósforo, as doses de fósforo foram definidas de acordo com os valores de P-rem, conforme sugerido por Alvarez V. (1990). Em cada amostra de 3 cm³ de TFSA, foram adicionados 30 mL de solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo P nas doses indicadas e, em seguida, agitadas por 24 horas. Após esse período, a mistura solo-solução foi centrifugada e filtrada, e o P da solução de equilíbrio foi dosado colorimetricamente (Braga e Defelipo, 1974). Os valores de fósforo adsorvido foram, então, ajustados à equação de Langmuir para estimar a CMAP (Syers et al., 1973; Rajan & Fox, 1975), conforme a seguinte expressão:

$$q = (kbC) / (1 + kC)$$

Onde q = fósforo adsorvido (mg dm^{-3})

k = constante relacionada com a energia de ligação do P (L mg^{-1})

b = CMAP do solo (mg dm^{-3})

C = concentração de equilíbrio

Nas mesmas amostras de solo, após a centrifugação e descarte do sobrenadante, foram adicionados 30 mL de CaCl_2 10 mmol L^{-1} e agitou-se a mistura solo-solução por 24 horas. Após esse período, a mistura solo-solução foi centrifugada e filtrada e o P do sobrenadante dosado por colorimetria conforme Braga e Defelipo (1974), para a determinação da quantidade de P desorvido.

Equações de regressão do 2º grau foram ajustadas entre o P adsorvido e o P desorvido nas diferentes concentrações de P adicionado para cada tratamento. A partir dos coeficientes b_1 dessas equações, estimou-se o índice tampão de P (ITP), conforme Accioly et al. (1985), modificado por Guilherme et al. (2000) para o P.

O pH em água foi determinado na relação solo:solução 1:2,5 e o Al trocável extraído por KCl 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1997).

3.3 Cultivo do feijoeiro

No final dos 60 dias de incubação dos solos com macro e micronutrientes, foram semeadas oito sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca - MG) por vaso, deixando-se quatro plantas após desbaste. Duas plantas foram colhidas no florescimento (estádio R6) e as outras duas na maturação fisiológica dos grãos (estádio R9). Durante todo o período experimental, a umidade dos solos foi mantida próxima à capacidade de campo, por meio de pesagens diárias dos vasos e adição de água deionizada.

As adubações em cobertura com N e K foram realizadas de acordo com o crescimento das plantas. Para os solos OY, GX e RU, que proporcionaram um

crescimento normal, foram aplicados 220 mg dm^{-3} de N e 185 mg dm^{-3} de K e no GM, cujas plantas apresentaram crescimento menor receberam coberturas proporcionalmente menor, 140 mg dm^{-3} de N e 115 mg dm^{-3} de K.

As folhas das plantas colhidas no florescimento foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de $65-70^{\circ}\text{C}$, e moídas em moinho tipo Willey, para a determinação dos teores de fósforo por colorimetria, após obtenção dos extratos por digestão nítrico-perclórica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). Das plantas colhidas ao final do ciclo, determinou-se a matéria seca de grãos por vaso, após os mesmos serem secos em estufa de circulação forçada à temperatura de $65-70^{\circ}\text{C}$. Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Scott Knott. Correlações entre si do P-rem, CMAP, ITP, pH e Al foram realizadas, bem como dessas variáveis dos solos com a produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teores foliares de P do feijoeiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos dos solos

Na TABELA 3 são apresentados os valores de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima de adsorção de P (CMAP), índice tampão de P (ITP), pH e alumínio trocável. Somente para as variáveis ITP e Al trocável a interação práticas de correção do solo x resíduo foi significativa ($P < 0,01$) para todos os solos (TABELAS 1A, 2A, 3A e 4A).

TABELA 3 Valores de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al, dos solos Organossolo Méstico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háptico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sob diferentes práticas de correção do solo, com e sem aplicação de resíduo orgânico.

SOLO	Prática Correção	Resíduo	P rem mg L ⁻¹	CMAP mg dm ⁻³	ITP	pH	Al cmolc dm ⁻³
OY	S/ Corretivo	S/ Res	28,44 b	774,66 a	15,198 a	4,36 b	0,88 a
		C/Res	40,09 a	586,95 b	10,524 b	4,94 a	0,10 b
		Média	34,265 B	680,805 B	12,861 B	4,65 C	0,49 A
	Calcário	S/ Res	32,69 b	666,70 a	18,347 a	5,00 b	0,18 a
		C/Res	39,66 a	583,17 b	10,223 b	5,46 a	0,00 b
		Média	36,175 A	624,93 C	14,285 A	5,23 A	0,09 C
	Gesso	S/ Res	28,58 b	784,63 a	15,878 a	4,56 b	0,46 a
		C/Res	37,48 a	627,09 b	10,590 b	5,06 a	0,14 b
		Média	33,03 B	705,86 A	13,234 B	4,81 B	0,30 B
GM	S/ Corretivo	S/ Res	4,91 b	2023,66 a	175,454 a	4,26 b	1,50 a
		C/Res	8,43 a	2026,93 a	120,138 b	4,56 a	0,72 b
		Média	6,67 B	2025,29 A	147,796 A	4,41 C	1,11 A
	Calcário	S/ Res	7,11 b	2005,74 a	150,798 a	4,68 b	0,52 a
		C/Res	8,24 a	1985,04 a	101,76 b	4,94 a	0,20 b
		Média	7,675 A	1995,39 B	126,279 B	4,81 A	0,36 C
	Gesso	S/ Res	6,1 b	2017,98 a	197,862 a	4,50 b	1,00 a
		C/Res	7,97 a	1953,15 b	92,219 b	4,60 a	0,54 b
		Média	7,035 B	1985,56 B	145,04 A	4,55 B	0,77 B
GX	S/ Corretivo	S/ Res	33,85 b	615,66 a	8,331 a	5,22 b	0,14 a
		C/Res	43,77 a	375,94 b	2,40 b	5,32 a	0,00 b
		Média	38,81 A	495,80 A	5,365 A	5,37 B	0,07 A
	Calcário	S/ Res	39,13 b	575,25 a	8,047 a	5,90 a	0,00 a
		C/Res	43,25 a	356,42 b	3,576 b	6,02 a	0,00 a
		Média	41,19 A	465,835 B	5,811 A	5,96 A	0,00 B
	Gesso	S/ Res	34,21 b	626,10 a	5,286 a	5,44 a	0,04 a
		C/Res	44,84 a	288,69 b	2,550 b	5,48 a	0,10 a
		Média	39,525 A	457,395 B	3,918 B	5,46 B	0,07 A
RU	S/ Corretivo	S/ Res	41,76 b	512,67 a	16,295 a	4,66 b	0,20 a
		C/Res	47,13 a	375,48 b	6,521 b	5,34 a	0,00 b
		Média	44,445 A	444,075 B	11,408 B	5,00 B	0,10 B
	Calcário	S/ Res	41,9 a	553,51 a	16,026 a	5,62 b	0,04 a
		C/Res	42,82 a	402,62 b	9,227 b	5,96 a	0,00 b
		Média	42,36 B	478,065 A	12,626 B	5,79 A	0,02 C
	Gesso	S/ Res	38,79 b	523,70 a	20,328 a	4,72 b	0,20 a
		C/Res	43,52 a	401,69 b	8,382 b	5,22 a	0,10 b
		Média	41,155 B	462,695 A	14,355 A	4,97 B	0,15 A

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro de cada solo e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro de cada solo, independente da aplicação de resíduo.

Exceto para o solo Neossolo Flúvico (RU) com calcário, os maiores valores de P-rem, que é a quantidade de P adicionada que fica na solução de equilíbrio após um definido tempo de contato com o solo, foram encontrados nos tratamentos que receberam aplicação de resíduo orgânico, independente do solo e das práticas de correção do solo (TABELA 3). Nos tratamentos que recebem aplicação de resíduo, independente da correção, os valores de P-rem foram 31%, 36%, 26% e 9% para os solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), maiores que naqueles sem resíduo, respectivamente (FIGURA 1). Os maiores valores de P-rem nos tratamentos que receberam resíduo (FIGURA 1) podem ser atribuídos a um bloqueio dos sítios de adsorção de P na superfície dos óxidos de ferro e de alumínio pelos compostos orgânicos, resultantes do processo de decomposição do resíduo. Segundo Fontes, Weed e Bowen (1992), os grupos funcionais (COOH) bloqueiam a superfície da goethita, por exemplo, reduzindo drasticamente a adsorção de P. As ligações se dão entre os grupos funcionais COOH e as hidroxilas da superfície dos óxidos de ferro ou de alumínio (Hue, 1991). Dessa forma, conforme sugerido por Silva et al. (1997), a adoção de sistemas de manejo que propiciem um incremento no teor de matéria orgânica do solo poderá, possivelmente, contribuir para a redução da adsorção de P. Segundo Iyamurenye, Dick e Baham (1996), essa é uma alternativa interessante para a maximização da adubação fosfatada, principalmente em países em desenvolvimento, onde os agricultores possuem dificuldades financeiras para a aquisição de fertilizantes.

Independente do solo e da aplicação de resíduo orgânico, os maiores valores de P-rem foram observados nos tratamentos que receberam aplicação de calcário, exceto para o solo GX, no qual não ocorreu diferença entre as práticas de correção do solo quanto aos valores de P-rem (TABELA 3). O calcário é um corretivo que, além de neutralizar o Al e o Fe trocáveis, eleva o pH do solo,

enquanto o gesso tem efeito semelhante ao do calcário, o de reduzir a atividade do Al da solução do solo; porém, ao contrário do calcário, causa pequenas variações nos valores do pH do solo.

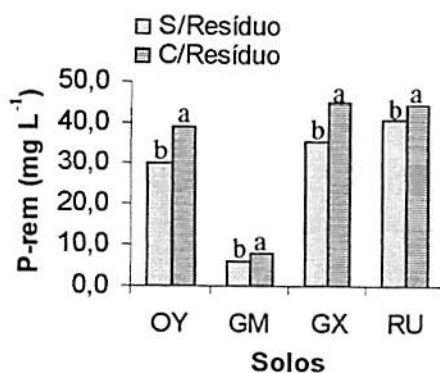


FIGURA 1 Valores de P-rem dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 1%).

Os menores valores de P-rem do solo GM podem ser atribuídos, além do maior teor de Fe oxalato (TABELA 1), também ao maior teor de alumínio na forma amorfa verificada para esse solo, em experimentos anteriores, por Fernandes (1999). Esse autor verificou correlação significativa e positiva entre o Al amorfo e fixação de P e, segundo o autor, o maior teor de Al amorfo do solo GM pode estar relacionado a seu maior teor de matéria orgânica em relação aos demais solos estudados, uma vez que os ânions orgânicos interferem na cristalização do $Al(OH)_3$ (Goh e Huang, 1985).

Possivelmente, o aumento dos valores de P-rem pela aplicação de resíduo orgânico se deve à elevação do pH do solo e à redução dos teores de Al

trocável (TABELA 3). Embora no presente estudo os valores de pH do solo nos tratamentos que receberam calcário e gesso tenham sido maiores que nos tratamentos que receberam apenas aplicação do resíduo, esse último contribuiu significativamente para a elevação dos valores do P-rem. Verificou-se, também, que os tratamentos que receberam apenas aplicação do resíduo, independente das práticas de correção, apresentam os menores valores de Al trocável. Independente da aplicação de calcário ou de gesso, o resíduo reduziu significativamente os teores de Al trocável, em 84%, 51%, 50% e 80% para os solos OY, GM, GX e RU, respectivamente (FIGURA 2). Hargrove e Thomas (1981) observaram que, com o aumento do teor de matéria orgânica, mesmo em pequenas quantidades, ocorreu uma remoção do Al em solução, dispensando, inclusive, a aplicação de calcário, devido à formação de complexos. Além disso, com a remoção de íons H^+ da solução do solo, o valor de pH aumenta, enquanto o Al trocável é hidrolizado, resultando em $(Al(H_2O)_5OH)^{2+}$ e $(Al(H_2O)_4(OH)_2)^+$. Esses monômeros de Al, não estando sujeitos à quelação pela matéria orgânica do solo, são polimerizados nas superfícies dos minerais de argila, não mais fazendo parte da acidez trocável do solo (McLean, 1973). Dependendo do pH, pode ocorrer a hidrólise completa do Al na forma de $Al(OH)_3 \cdot 3H_2O$, daí segue a cristalização do hidróxido então formado, originando a gibbsita, que tornará a liberar Al para a solução do solo, tão logo ocorra a acidificação (Lindsay, 1979).

Iyamuremye, Dick e Baham (1996) também verificaram que resíduos orgânicos, como de animais e de alfafa, aumentaram o pH dos solos em até uma unidade, após 28 dias de incubação com os mesmos, sendo esse efeito semelhante ao do carbonato de cálcio.

O efeito dos resíduos orgânicos sobre o pH do solo (FIGURA 3), segundo Hue (1992), pode ser atribuído à mineralização do carbono, à liberação de cátions "básicos" e à liberação de OH^- com a redução do Mn e, ou, do Fe de microssítios anaeróbios. O aumento do pH pode ser atribuído também à

produção de íons OH^- pelo mecanismo de troca de ligantes que ocorre com os ácidos orgânicos na superfície de hidróxidos de Fe e Al do solo (Iyamuremye, Dick e Baham, 1996). Segundo os autores, o aumento do pH causa a precipitação de Fe e Al trocáveis, reduzindo, assim, o potencial de precipitação do fosfato.

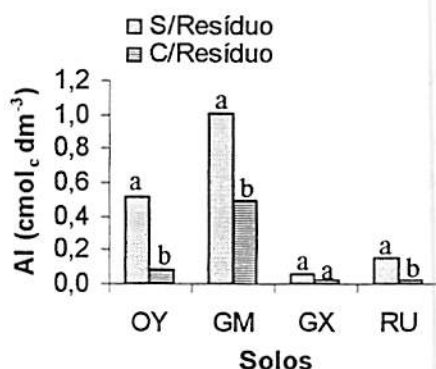


FIGURA 2 Valores de Al trocável dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1%).

Iyamuremye, Dick e Baham (1996) verificaram que os resíduos orgânicos de animais e de alfafa, semelhante ao carbonato de cálcio, reduziram em 100% os teores de Al trocável, enquanto o resíduo de trigo foi menos eficiente, reduzindo em apenas 58-78%. Já o sulfato de cálcio teve um efeito menos expressivo que o resíduo de trigo em reduzir o Al trocável.

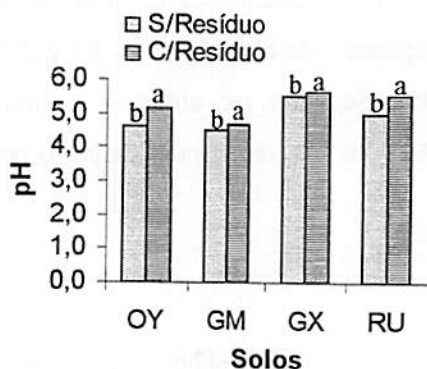


FIGURA 3 Valores de pH dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1%).

A redução dos teores de Al trocável pelo resíduo orgânico e pelo carbonato de cálcio pode ser explicada pelo aumento do pH. Essa redução, segundo Hue (1992), pode ser causada pela precipitação dos íons Al pelos íons OH^- liberados pela troca de ligantes com ânions orgânicos na superfície de hidroxilas terminais dos óxidos de Fe e Al, e, ou, pela complexação do Al pelas moléculas orgânicas. É possível, também, que durante a decomposição do resíduo orgânico, ocorra uma grande quantidade de sulfato liberado para a solução do solo, que pode diminuir os teores de Al trocável. O efeito do sulfato na redução dos teores de Al trocável pode ser observado nos tratamentos que receberam aplicação de gesso (TABELA 3). Também Alva e Sumner (1989) verificaram redução dos teores de Al trocável através da complexação com íons sulfato.

Confirmando o efeito do pH do solo e dos teores de Al trocável sobre o P-rem, verificou-se correlação positiva e significativa entre o P-rem e o pH e correlação negativa e significativa com o Al trocável (TABELA 4). Ainda com

referência ao P-rem, para as recomendações de adubação fosfatada, baseadas nesse atributo do solo, como sugerido pela Comissão... (1999), as determinações analíticas do P-rem devem ser feitas periodicamente, uma vez que seus valores podem mudar com o manejo do solo.

TABELA 4 Coeficientes de correlação linear simples para os valores de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima de adsorção de P (CMAP), índice tampão de P (ITP), pH e alumínio trocável.

	P-rem	pH	Al	CMAP	ITP
P-rem	1,00	0,69**	-0,78**	-0,98**	-0,92**
pH	—	1,00	-0,79**	-0,64**	-0,60**
Al	—	—	1,00	0,74**	0,80**
CMAP	—	—	—	1,00	0,94**
ITP	—	—	—	—	1,00

** significativo a 1% pelo teste de t.

Para a variável CMAP, que é obtida após o ajuste nas isotermas de adsorção dos valores de P no sobrenadante e os valores de P adsorvido, verificou-se que, para todos os solos e práticas de correção do solo, a aplicação de resíduo reduziu os valores de CMAP, exceto para o solo GM sem correção e com correção pelo calcário. De maneira geral, independente da aplicação de resíduo, os tratamentos que receberam calcário apresentaram os menores valores de CMAP (TABELA 3).

Pela FIGURA 4, observa-se que, independente das práticas de correção do solo, os tratamentos que receberam aplicação de resíduo apresentaram os menores valores de CMAP. A redução nos valores de CMAP pelo resíduo foi de 19,16%, 1,36%, 43,80% e 25,78%, respectivamente para os solos OY, GM, GX e RU.

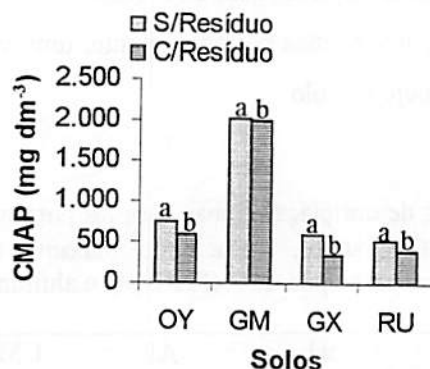


FIGURA 4 Valores de CMAP dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1%).

Iyamuremye, Dick e Baham (1996) também verificaram efeito significativo dos resíduos orgânicos e do carbonato de cálcio em reduzir os valores de CMAP, enquanto o gesso teve um efeito menos expressivo. Segundo Hue (1991), os mecanismos responsáveis por essa redução são os seguintes: (i) competição dos ácidos orgânicos, produzidos durante a mineralização pelos mesmos sítios de fixação de P; e (ii) complexação do Al trocável pelos ácidos orgânicos. Ainda, segundo Iyamuremye, Dick e Baham (1996), os resíduos orgânicos podem conter quantidades apreciáveis de ligantes orgânicos, como sulfato e, ou, flúor, e metais como Ca^{2+} e, ou, Mg^{2+} , que são liberados durante o processo de mineralização. O sulfato e o flúor podem formar complexos com Al trocável, e o Ca^{2+} pode formar complexos solúveis com o P da solução do solo, evitando que o mesmo seja fixado. No presente estudo, a redução na CMAP pode também ser atribuída ao aumento dos valores de pH dos solos pelo resíduo orgânico. A elevação do pH minimiza a atividade do Al^{3+} e favorece a produção

de íons OH^- que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção, como comentado anteriormente para o P-rem. Silva et al. (1997) também verificaram correlação inversa entre a CMAP e o teor de matéria orgânica.

No presente estudo, verificou-se correlação significativa e negativa entre a CMAP e o pH e positiva entre a CMAP e o Al trocável (TABELA 4), indicando que esses atributos, pH e Al trocável, estão relacionados com a adsorção de P pelo solo, como discutido para o P-rem, que apresentou correlação significativa e negativa com a CMAP (TABELA 4).

O ITP, que permite inferir sobre a capacidade do solo em repor o P em solução, de maneira geral teve um comportamento semelhante à CMAP, como verificado pela correlação significativa e positiva entre esses dois atributos do solo (TABELA 4). Os tratamentos que receberam aplicação do resíduo, independentemente das práticas de correção, apresentaram menores valores de ITP (FIGURA 5).

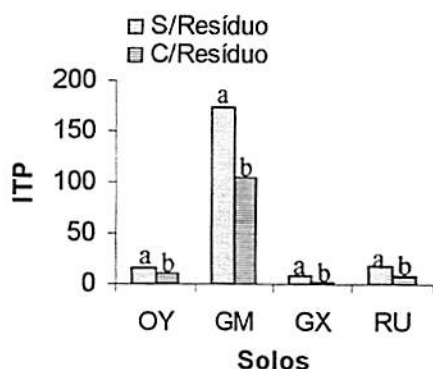



FIGURA 5 Valores de ITP dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háptico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1%).



Quando se correlacionou o ITP com o P-rem, verificou-se que o ITP teve uma relação inversa com o P-rem (TABELA 4). Pela facilidade metodológica, o P-rem constitui um bom indicativo da capacidade do solo em repor o P para a solução do solo e para o estabelecimento dos níveis críticos dos teores desse elemento nas plantas, como sugerido por Muniz (1985).

Produção e teor de P das plantas de feijoeiro

Na TABELA 5 são apresentados os valores de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P do feijoeiro no florescimento. A interação práticas de correção x resíduo para a produção de matéria seca de grãos (MSGR) foi significativa ($P < 0,01$) para os solos GM, GX e RU (TABELAS 5A, 6A, 7A e 8A).

Exceto para o solo RU, nos tratamentos com calcário, a MSGR foi maior nos tratamentos que receberam aplicação de resíduo orgânico, independente das práticas de correção do solo (TABELA 5 e FIGURA 6).

Nos tratamentos que recebem aplicação de resíduo, houve um aumento de 38%, 163%, 90% e 119% para os solos OY, GM, GX e RU, respectivamente, na produção de matéria seca de grãos. Esse aumento se deve, possivelmente, à redução da adsorção de P pelo solo devido à aplicação de resíduo orgânico, uma vez que a quantidade de nutrientes provenientes da mineralização do resíduo é muito baixa em relação à quantidade aplicada na adubação de plantio e cobertura.

A menor produção no GM pode ser explicada pela elevada capacidade de adsorver P desse solo em relação aos demais solos estudados (TABELA 5). Para esse solo, tanto as práticas de correção do solo quanto a aplicação de resíduo orgânico não foram suficientes para disponibilizar o P aplicado para as plantas de feijoeiro, como verificado para os outros solos.

TABELA 5 Teor de fósforo no florescimento e matéria seca de grãos, dos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háptico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sob diferentes práticas de correção do solo, com e sem aplicação de resíduo orgânico.

Solo	Prática Correção	Resíduo	P (g kg ⁻¹)	MSGR (g vaso ⁻¹)
OY	S/ Corretivo	S/ Res	1,51b	17,935 b
		C/Res	1,874 a	24,800 a
		Média	1,692 A	21,367 A
	Calcário	S/ Res	1,674 b	16,254 b
		C/Res	1,982 a	22,936 a
		Média	1,828 A	19,595 A
	Gesso	S/ Res	1,486 b	19,086 b
		C/Res	1,872 a	25,297 a
		Média	1,679 A	22,191 A
GM	S/ Corretivo	S/ Res	1,254 a	1,964 b
		C/Res	1,274 a	13,334 a
		Média	1,264 A	7,649 B
	Calcário	S/ Res	1,240 a	7,306 b
		C/Res	1,244 a	12,590 a
		Média	1,242 A	9,948 A
	Gesso	S/ Res	1,146 a	4,688 b
		C/Res	1,320 a	10,778 a
		Média	1,233 A	7,733 B
GX	S/ Corretivo	S/ Res	1,254 b	10,788 b
		C/Res	2,776 a	17,420 a
		Média	2,515 B	14,104 B
	Calcário	S/ Res	2,128 b	10,056 b
		C/Res	2,888 a	23,354 a
		Média	2,508 B	16,705 A
	Gesso	S/ Res	2,200 b	10,072 b
		C/Res	3,512 a	17,98 a
		Média	2,856 A	14,026 B
RU	S/ Corretivo	S/ Res	1,906 b	5,382 b
		C/Res	2,477 a	25,595 a
		Média	2,191 B	15,488 B
	Calcário	S/ Res	2,400 b	22,425 a
		C/Res	3,065 a	25,727 a
		Média	2,732 A	24,076 A
	Gesso	S/ Res	2,356 b	6,73 b
		C/Res	3,016 a	24,373 a
		Média	2,686 A	15,551 B

Letras minúsculas comparam os tratamentos com e sem resíduo, dentro de cada solo e prática de correção e letras maiúsculas comparam práticas de correção, dentro de cada solo, independente da aplicação de resíduo.

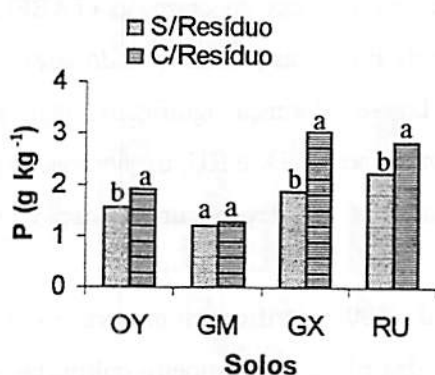


FIGURA 7 Teor foliar de P nos solos Organossolo Mésico (OY), Gleissolo Melânico (GM), Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), sem e com aplicação de resíduo, independente das práticas de correção do solo (dentro do mesmo solo, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 1%).

Também foram verificadas correlações significativas positivas e negativas entre a MSGR e teor de P com os valores de pH e Al, respectivamente (TABELA 6), uma vez que, no presente trabalho, tanto o pH quanto o Al trocável estiveram relacionados com a disponibilidade de P para as plantas.

TABELA 6 Coeficientes de correlação linear simples entre a matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P (Teor P) com de fósforo remanescente (P-rem), Capacidade Máxima de adsorção de P (CMAP), Índice Tampão de P (ITP), pH e Alumínio trocável (Al).

	P-rem	CMAP	ITP	pH	Al
MSGR	0,62**	-0,59**	-0,64**	0,53**	-0,57**
Teor P	0,79**	-0,75**	-0,63**	0,73**	-0,63**

** significativo a 1% pelo teste de t.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso reduziu a adsorção de P pelos solos, sendo essa redução atribuída à elevação do pH e redução dos teores do Al trocável dos solos.

As plantas de feijoeiro, nos tratamentos que receberam aplicação de resíduo orgânico, apresentaram maior produção de matéria seca de grãos e maiores teores foliares de P no florescimento.

Dentre os tratamentos de correção do solo, o calcário promoveu maior produção de matéria seca de grãos, enquanto os teores de P, no florescimento, não apresentaram um comportamento definido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLLY, L.J.O.; DAL BÓ, M.A.; ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Métodos para determinação do potencial de sulfato em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.2, p.103-106, maio/ago.1985.
- ALVA, A.K.; SUMNER, M.E.; Alleviation of aluminum toxicity to soybeans by phosphogypsum or calcium sulfate in dilute nutrient solutions. *Soil Science*, Baltimore, v.147, p.278-285, 1989.
- ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.14, n.1, p.49-55, jan./mar. 1990.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. de; Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo. SBCS*, v.25, p.27-32, 2000.

- ANDRADE, C.A. de B. Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro em solos de várzea do sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1997. 107p. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).**
- AZEVEDO, W.R. de. Níveis críticos de boro em rabanete cultivado em solos de várzea do sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1999. 53p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).**
- BARBER, S.A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York, Wiley: Interscience, 1984. 398p.**
- BORKET, C.M.; Manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (eds). ; Simpósio sobre micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p.173-190.**
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. Revista Ceres, Viçosa, v.21, n.1, p.73-85, jan./fev. 1974.**
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.**
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; GUERRA, J.G.M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.27-40.**
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.**
- DUXBURY, J.; SMITH, S.; DORAN, J.; JORDAN, C.; SZOTT, L.; VANCE, E. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.; OADES, J.; UEHARA, G. (ed). Dynamics of soil matter in tropical ecosystems. Honolulu, Hawaii: NITAL Project, 1989. p.33-68.**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 1982. 526p. (EMBRAPA-CNLCS. Boletim de Pesquisa, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Ministério da agricultura, 1997. 212p.

FERNANDES, L.A. Formas de alumínio, de fósforo e fosfatase ácida em solos de várzea cultivados com feijoeiro: influência de calagem e fósforo. Lavras: UFLA, 1999. 111p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CURL, N. Frações de fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro cultivadas em solos de várzeas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.3, p.561-571, jul./set. 2000.

FONTES, M.R.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, n.4, p.982-990, jul./ago. 1992.

GERKE, J.; HERMANN, R. Adsorption of orthophosphate to humic-Fe-complexes and to amorphous Fe-oxide. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Deerfield, Fl, v.155, p.233-236, 1992.

GUILHERME, L.R.G.; CURL, N.; SILVA, M.L.N.; BRENÓ, N.B.; MACHADO, R.A.F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.1, p.27-34, jan./mar. 2000.

GOH, T.B.; HUANG, P.M. Changes in thermal stability and acidic characteristics of hydroxy-Al-montmorillonite complexes formed in the presence of citric acid. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.65, n.3, p.519-522, Aug. 1985.

HARGROVE, W.L.; TOMAS, G.W. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth in acid soils. In: STELLY, M. (ed). *Chemistry in the soil environment*. Madison: American Society of American, 1981. p.151-166.

- HUE, N.V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v.23, p.241-264, 1992.
- HUE, N.V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, Baltimore, v.152, n.6, p.463-471, Dec. 1991.
- HUE, N.V. Interaction of $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ applied to an Oxisol and previous sludge amendment: soil and crop response. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v.20, p.1499-1511, 1990.
- IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, p.139-185, 1996.
- IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P.; BAHAM, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I. phosphorus chemistry and sorption. **Soil Science**, Baltimore, v.161, p.426-435, 1996.
- LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.
- McLEAN, E.O. Testing soils for pH and lime requirement. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (eds). **Soil testing and plant analysis**. Madison: American Society Agronomy, 1973. p.78-83.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 210p.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, N.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clays Minerals**, Clarkson, v.3, p.317-327, 1960.
- MICHOUSTINE, E.N. Processus microbiologiques mobilisant les composés du phosphore dans le sol. **Revue d'Écologie et de Biologie du Sol**, Montreuil, França, v.9, p.521-528, 1972.
- MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Alterações nas características químicas e físico-químicas de um solo Gley Pouco Húmico sob inundação e após a drenagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.223-235, fev. 1992.

- MUNIZ, A.S.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.3, p.237- 244, set./dez. 1985.
- NAHAS, E. *Ciclo do fósforo: transformações microbianas*. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 67p.
- NAHAS, E. Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos. In: SIQUEIRA J.O. [et al.] (eds). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.467-486.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399p.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.24, p.28-96, 1972.
- PROVARZEAS. *Programa nacional para o aproveitamento de terras de várzea irrigáveis - PROVARZEAS - Brasil*. Brasília, DF, 1981. n.p.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- RAJAN, S.S.S.; FOX, R.L. Phosphate adsorption by soils: II. Reactions in tropical acid soils. *Soil Science Society America Proceedings*, Madison, v.39, n.5, p.846-851, Sept./Oct. 1975.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, M.G.; LOBATO, E.; CORREA, A. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, v.72, p.40-44, 1980.
- SAH, R.N.; MIKKELSEN, D.S.; HAFEZ, A.A. Phosphorus behavior in flooded-drained soils. II. Iron transformation and phosphorus sorption. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, n.6, p.1729-1732, Nov./Dec. 1989a.
- SAYAL, S.K.; DE DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. *Advances in Soil Science*, v.16, p.2-120, 1991.
- SIBANDA, H.M.; YOUNG, S.D. Competitive adsorption of humic acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. *The Journal of Soil Science*, Oxford, v.37, n.2, p.197-204, June 1986.

- SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M. de; CARVALHO, A.M. de. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em latossolo vermelho-escuro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.6, p.649-654, jun. 1997.**
- SPERBER, J.I. The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. Australian Journal of Agricultural Research, East Melbourne, v.9, p.778-781, 1958.**
- SYERS, J.K.; BROWMAN, M.G.; SAMILLE, G.W.; COREY, R.B. Phosphate sorptions by soils avaluted by Langmuir adsorption equation. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.37, n.3, p.358-363, May/June 1973.**
- WILLETT, I.R. Phosphorus dynamics in relation to redox processes in flooded soils. In: INTERNATION CONGRESS IN SOIL SCIENCE, 13., 1986, Hamburg. Proceedings... Hamburg, 1986. v.6, p.748-755.**
- WILLETT, I.R.; HIGGINS, M.L. Phosphate sorption by reduced and reoxidized rice soils. Australian Journal of Soil Research, Victoria, v.16, p.319-326, 1978.**

ANEXO

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Quadrados médios de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Organossolo Mésico (OY).....	34
TABELA 2A	Quadrados médios de Fósforo Remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Gleissolo Melânico (GM).....	35
TABELA 3A	Quadrados médios de Fósforo Remanescente (P-rem), Capacidade Máxima Adsorção de Fósforo (CMAP), Índice Tampão de Fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Gleissolo Háptico (GX).....	36
TABELA 4A	Quadrados médios de Fósforo Remanescente (P-rem), Capacidade Máxima Adsorção de Fósforo (CMAP), Índice Tampão de Fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Neossolo Flúvico (RU).....	37
TABELA 5A	Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Organossolo Mésico (OY).....	38
TABELA 6A	Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Gleissolo Melânico (GM).....	39
TABELA 7A	Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Gleissolo Háptico (GX).....	40
TABELA 8A	Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Neossolo Flúvico (RU).....	41

TABELA 1A Quadrados médios de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Organossolo Mésico (OY).

Fontes	Quadrado médio					
	Variação	P-rem	CMAP	ITP	pH	Al
Resíduo (R)		631,296**	153201,664**	274,558**	1,97633**	1,408**
Corretivo (C)		25,074**	17164,149**	5,451**	0,89733**	0,400**
R x C		13,759**	7184,867**	8,466**	0,00933 ^{ns}	0,241**
Erro		2,339	238,92	0,512	0,01333	0,00233
CV (%)		4,43	2,31	5,32	2,36	16,66

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Gleissolo Melânico (GM).

Fontes	Quadrado médio				
	P-rem	CMAP	ITP	pH	Al
Resíduo (R)	35,347**	5638,923**	36746,36**	0,36300**	2,028**
Corretivo (C)	2,611*	4281,723**	1370,52**	0,41200**	1,410**
R x C	3,729**	2982,258**	2407,08**	0,02800**	0,139**
Erro	0,524	384,767	302,10	0,002667	0,00867
CV (%)	10,15	0,98	12,44	1,13	12,47

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 3A Quadrados médios de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Gleissolo Háplico (GX).

Fontes	Quadrado médio				
	Varição	P-rem	CMAP	ITP	pH
Resíduo (R)	506,967**	538618,681**	143,842**	0,17633**	0,0053**
Corretivo (C)	14,863 ^{ns}	3215,743**	9,802**	1,0103**	0,0163**
R x C	31,883*	9559,232**	6,393**	0,04433 ^{ns}	0,0263**
Erro	5,8588	530,763	1,2188	0,01683	0,00433
CV (%)	6,07	4,88	21,94	2,32	141,06

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 4A Quadrados médios de fósforo remanescente (P-rem), capacidade máxima adsorção de fósforo (CMAP), índice tampão de fósforo (ITP), pH e Al trocável, do solo Neossolo Flúvico (RU).

Fontes	Quadrado médio				
	P-rem	CMAP	ITP	pH	Al
Resíduo (R)	101,273**	140150,308**	677,759**	1,92533**	0,0963**
Corretivo (C)	27,848**	2897,277**	21,936**	2,16233**	0,0430**
R x C	14,449**	521,454 ^{ns}	16,697**	0,07233**	0,0163**
Erro	3,54433	326,1842	2,3374	0,00667	0,0005
CV (%)	4,41	3,91	11,95	1,55	24,85

**,* e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 5A Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Organossolo Mésico (OY).

Fontes Variação	Quadrado médio	
	P	MSGR
Resíduo (R)	0,861863**	300,306402**
Corretivo (C)	0,065227 ^{ns}	16,782028 ^{ns}
R x C	0,003899 ^{ns}	0,253788 ^{ns}
Erro	0,022087	6,577151
CV (%)	8,56	12,20

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 6A Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Gleissolo Melânico (GM).

Fontes Variação	Quadrado médio	
	P	MSGR
Resíduo (R)	0,032670 ^{ns}	431,074613 ^{**}
Corretivo (C)	0,002543 ^{ns}	16,997803 ^{**}
R x C	0,022030 ^{ns}	27,319763 ^{**}
Erro	0,020628	1,355647
CV (%)	11,52	13,79

******, * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 7A Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Gleissolo Háptico (GX).

Fontes	Quadrado médio	
Variação	P	MSGR
Resíduo (R)	5,607363**	645,795203**
Correção (C)	0,395723**	23,247210*
R x C	0,410603**	31,298263**
Erro	0,070420	5,12117
CV (%)	10,10	15,14

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.

TABELA 8A Quadrados médios da produção de matéria seca de grãos (MSGR) e teor foliar de P no florescimento, do solo Neossolo Flúvico (RU).

Fontes	Quadrado médio	
Variação	P	MSGR
Resíduo (R)	2,426454**	1142,055884**
Correção (C)	0,763237**	196,908982**
R x C	0,005909 ^{ns}	169,724174**
Erro	0,079594	10,902759
CV (%)	11,35	19,26

** , * e ^{ns} significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste de F, respectivamente.