INFLUÊNCIA DO pH E TEOR DE ARGILA DE SOLOS NA SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATOS

CELI TEIXEIRA FEITOSA

Orientador: VALDOMIRO CORRÊA DE BITTENCOURT

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", na Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração, Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1982

À memória de minha saudosa MÃE

AGRADECIMENTOS

A todos os que contribuíram para a realização deste trabalho expresse meus agradecimentos, fazendo-o de maneira especial ao

Prof. Dr. Valdomiro Corrêa de Bittencourt pela orientação e apoio.

Dr. Bernardo van Raij

Ms. Quirino Augusto de Camargo Carmello

Dr. Toshio Igue

Dra. Sonia Carmela Falci Dechen

Dr. Hipólito A.A. Mascarenhas

Sra. Maria Eunice de L. Pereira

Instituto Agronômico do Estado de São Paulo pela oportunidade concedida e facilidade oferecidas

FINEP pelos recursos fornecidos ao Projeto "Avaliação Agronômica de Fosfatos Brasileiros"

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de pesquisador.

Í N D I C E

	Pág.
LISTA DE TABELAS	v
1. RESUMO.....	
SUMMARY.....	
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Fatores que afetam a disponibilidade do fósfo ro no solo	7
3.2 Consequência de aplicação de diferentes fosfa tos	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Solos	23
4.2 Ensaio de soja	26
4.3 Ensaio de braquiária	29
4.4 Ensaio de arroz	30
4.5 Ensaio de adsorção	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Ensaio biológicos	34
5.1.1 Soja	34
5.1.2 Braquiária	48
5.1.3 Arroz	84
5.2 Solos	96
6. CONCLUSÕES	105
7. LITERATURA CITADA.....	107

Í N D I C E

	Pág.
LISTA DE TABELAS	v
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo no solo	7
3.2 Consequência de aplicação de diferentes fosfatos	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Solos	23
4.2 Ensaio de soja	26
4.3 Ensaio de braquiária	29
4.4 Ensaio de arroz	30
4.5 Ensaio de adsorção	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Ensaio biológicos	34
5.1.1 Soja	34
5.1.2 Braquiária	48
5.1.3 Arroz	84
5.2 Solos	96
6. CONCLUSÕES	105
7. SUMMARY	107
8. LITERATURA CITADA	110

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1 - Peso seco da parte aérea e P adsorvido pela soja no início do florescimento em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições	35
TABELA 2 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da soja	38
TABELA 3 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja	39
TABELA 4 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da soja para Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila	40
TABELA 5 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	40
TABELA 6 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.....	41

TABELA 7 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.....	41
TABELA 8 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila	42
TABELA 9 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila	42
TABELA 10 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila	43
TABELA 11 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	43
TABELA 12 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila	44

TABELA 13 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.....	44
TABELA 14 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila..	46
TABELA 15 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila	46
TABELA 16 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pela braquiária, primeira colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições	50
TABELA 17 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, primeira colheita	52
TABELA 18 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, primeira colheita	53
TABELA 19 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila	54

TABELA 20 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea da braquiária, primeira colheita, para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado , textura muito argilosa com 72% de argila ..	54
TABELA 21 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea de braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A modera <u>do</u> , textura argilosa com 39% de argila	56
TABELA 22 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea de braquiária, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila	56
TABELA 23 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea da braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A modera <u>do</u> , textura média com 17% de argila	57
TABELA 24 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea de braquiária, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proemi <u>nente</u> , textura arenosa/média com 16% de argila	57

TABELA 25 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado , textura muito argilosa com 76% de argila ..	58
TABELA 26 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	58
TABELA 27 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila	59
TABELA 28 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado , textura média/argilosa com 35% de argila ..	59
TABELA 29 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila	61
TABELA 30 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila	61

TABELA 31 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pela braquiária, segunda colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições	63
TABELA 32 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiária, segunda colheita	64
TABELA 33 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, segunda colheita	65
TABELA 34 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila	66
TABELA 35 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiária, segunda colheita para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	66
TABELA 36 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila	68

TABELA 37 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea da braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila	68
TABELA 38 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea de braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A modera <u>do</u> , textura média com 17% de argila	69
TABELA 39 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea de braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proemi <u>nente</u> , textura arenosa/média com 16% de argila	69
TABELA 40 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado , textura muito argilosa com 76% de argila ..	70
TABELA 41 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	70

TABELA 42 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila	72
TABELA 43 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado , textura média/argilosa com 35% de argila ..	72
TABELA 44 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila	73
TABELA 45 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila	73
TABELA 46 - Peso da parte aérea e P absorvido pela braquiária, terceira colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições	75
TABELA 47 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita	76

TABELA 48 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita	77
TABELA 49 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila	78
TABELA 50 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado , textura muito argilosa com 72% de argila ..	78
TABELA 51 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila ..	79
TABELA 52 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita, para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila	79
TABELA 53 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiária, terceira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila	80

TABELA 54 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de peso seco da parte <u>aé</u> rea da braquiária, terceira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proemi <u>n</u> ente, textura arenosa/média com 16% de argila	80
TABELA 55 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila ..	81
TABELA 56 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila	81
TABELA 57 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, <u>tex</u> tura argilosa com 39% de argila	82
TABELA 58 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita, para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila ..	82
TABELA 59 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, <u>tex</u> tura média com 17% de argila	83

TABELA 60 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila	83
TABELA 61 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pelo arroz no início da formação, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições	85
TABELA 62 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte <u>aé</u> rea do arroz	87
TABELA 63 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pelo arroz.....	87
TABELA 64 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e peso seco da parte aérea do arroz (tratamento testemunha)..	89
TABELA 65 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e peso seco da parte aérea do arroz (tratamento testemunha)..	90
TABELA 66 - Coeficiente de correlação entre algumas característica dos solos e P absorvido pelo arroz (tratamento testemunha).....	92
TABELA 67 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e P absorvido pelo arroz (tratamento testemunha)	93

	Pág.
TABELA 68 - Granulometria dos solos estudados.....	96
TABELA 69 - Características químicas dos solos estudados para avaliar a fertilidade	97
TABELA 70 - Características químicas (teores totais) dos solos estudados	98
TABELA 71 - Teores de fósforo extraídos pela resina e fracionamento	99
TABELA 72 - Valores da adsorção máxima de fósforo (b), constante de seletividade (K), equações li- neares de Langmuir e coeficientes de correla- ção, para os solos estudados.....	101
TABELA 73 - Relação entre o valor da adsorção máxima de fósforo (b) de Langmuir e algumas caracterís- ticas dos solos-.....	102
TABELA 74 - Relação entre a constante de seletividade (K) de Langmuir e algumas características dos solos	104

INFLUÊNCIA DO pH E TEOR DE ARGILA DE SOLOS NA SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATOS

Celi Teixeira Feitosa

Prof. Valdomiro Correa de Bittencourt

- Orientador -

1. RESUMO

Estudou-se a influência do pH e do teor de argila na solubilização do superfosfato triplo, fosfato alvorada, maranhão e apatita de araxá nas doses de 0 e 400 kg/ha de P_2O_5 total em seis solos. O estudo foi realizado a pH 5 e 6, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Utilizou-se ensaio de vaso com capacidade para 3kg de solo com cultura de soja e efeito residual para braquiária.

A variedade de soja utilizada foi IAC-7, colhida no início da formação das vagens, obtendo-se peso seco da parte aérea e fósforo absorvido. Na avaliação do fósforo residual disponível utilizou-se braquiária, espécie *Brachiaria decumbens* sendo efetuado 3 colheitas obtendo-se peso seco da parte aérea e fósforo absorvido para cada colheita.

Devido a reação do solo com o adubo a pH 5 para a soja decidiu-se realizar um ensaio utilizando dezessete solos com a cultura do arroz, cuja variedade utilizada foi a IAC-

165. O estudo foi realizado nas amostras originais, sem aplicação de calcário, utilizando o superfosfato triplo, e a apatita de araxá nas doses de 0 e 400 kg/ha de P_2O_5 total, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. O arroz foi colhido no início da formação da panícula, obtendo-se peso seco da parte aérea e fósforo absorvido.

Nas amostras dos dezessete solos foram estudado ensaio de adsorção utilizando soluções crescentes de fósforo na forma de ortofosfato diácido de potássio em solução de $CaCl_2$ 0,01M cujas concentrações finais de fósforo foram: 0,5, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 250ppm de P, com duas repetições para cada tratamento. As soluções ficaram em contato com as amostras de solo durante 24 horas com agitações e repouso intercalados.

Após o equilíbrio a suspensão foi filtrada e determinou-se fósforo em solução sulfo molíbdica em presença de ácido ascórbico no comprimento de onda de 825nm.

Observou-se que houve efeito de fontes de fósforo para a soja e braquiária sendo que os melhores tratamentos foram obtidos para o superfosfato triplo e maranhã a pH 5 e 6. Houve diferença entre solos no aproveitamento do fósforo dos fosfatos. Por sua vez os fosfatos alvorada e apatita de araxá foram bastante prejudicados com a elevação do pH, sendo que o último apresentou em todos os solos uma menor reação.

Na segunda colheita da braquiária houve uma tendência de melhoria do aproveitamento do fosfato de araxá igualando-se ao superfosfato triplo, principalmente em pH 5.

No ensaio de arroz verificou-se melhor resposta para o superfosfato triplo, em todos os solos.

Melhores correlações foram observadas quando estudou-se separadamente os solos (Podzólicos e Latossólicos) do que quando agrupou-se.

Observou-se correlações significativas somente para pH (H_2O e $CaCl_2$), cálcio trocável e fósforo extraído pela resina e pelo H_2SO_4 0,05N tanto para peso seco da parte aérea como para fósforo absorvido pelo arroz quando agrupou-se os solos; porém para o estudo dos solos em separado houve muita variação nas correlações não havendo nenhuma tendência.

Boas correlações foram obtidas entre adsorção máxima de fósforo e teor de argila, matéria orgânica, $H + Al$, CTC, Al_2O_3 , pH em H_2O e Fe_2O_3 , o que não foi observado para a constante de seletividade, que somente apresentou correlação com matéria orgânica, argila e $H + Al$, para todos os solos.

EFFECTS OF pH AND CLAY LEVEL OF THE SOIL
ON PHOSPHATES SOLUBILIZATION

Celi Teixeira Feitosa

Prof. Valdomiro Correa de Bittencourt
- Adviser -

SUMMARY

A pot experiment was carried out in the greenhouse with six soils using soybean followed by brachiaria as test plants to study the influence of soil pH and clay content on the solubilization of triple superphosphate, alvorada, maranhão and araxa rock phosphate in soils. The experiments were carried out at pH 5 and 6 in each soil using a completely randomized blocks design with three replications, and applying 0 and 400 kg/ha of P_2O_5 .

The soybean variety IAC-7 was used and the above ground parts were harvested at the formation of pods, the dry matter was weighed and the quantity of phosphorus absorbed determined.

The residual effects of the phosphates was evaluated using *Brachiaria decumbens*, which was harvested three times. The above ground parts were dried, weighted and analysed for phosphorus.

Another trial was conducted with seventeen soils and rice variety IAC-165 as test plant. The study was made with no lime application using triple superphosphate and araxa rock phosphate in a completely randomized block design with three replications. The rice plants were harvested at the panicle formation stage, dried and weighed, and the quantity of phosphorus absorbed was evaluated.

Phosphorus adsorption were made for each soil using increasing levels of the element in the form of potassium monophosphate in 0.01M CaCl_2 solution, with P concentrations between 0 and 250 ppm. The solutions remained in contact with the soil samples during 24 hours, with occasional shaking periods. After obtaining equilibria the suspensions were filtered and phosphorus was determined.

The results showed that there was response for sources of phosphorus by soybeans and brachiaria. However the best results were obtained with triple superphosphate and maranhão rock phosphate at pH 5 and 6. There were differences in the absorption of phosphorus by the crops in different soils. The effect of alvorada and araxa rock phosphate were diminished with increasing pH and araxa showed small response in all soils. In the second brachiaria harvest there was an increase in the absorption of P from the araxa treatment showing the same response as for triple superphosphate, especially at pH 5. In the rice experiment triple superphosphate showed the best responses in all soils. Highest correlations were obtained when the data were grouped into podzolic and

latosolic soils rather than when taken all together.

Significant correlations were obtained, for rice, only for pH in water, pH in 0.01M CaCl_2 solution, exchangeable calcium and phosphorus (extracted with resin and H_2SO_4 0.05N) with dry matter weight of the above ground parts and phosphorus absorbed.

Good correlations were obtained between maximum adsorption of phosphorus and clay, organic matter, $\text{H} + \text{Al}$, CTC, Al_2O_3 , pH and Fe_2O_3 for all soils.

2. INTRODUÇÃO

O fósforo é um macronutriente exigido pelas plantas em quantidades relativamente pequenas, sendo, no entanto o nutriente que mais limita a produção das culturas em solos brasileiros.

Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que são altas as quantidades totais deste elemento nos solos do Estado de São Paulo. CATANI et alii (1957) observaram variações entre 84 e 1970 ppm, enquanto VERDADE (1960) encontrou variações entre 43 e 2180 ppm. Já CATANI e BATAGLIA (1968) obtiveram teores entre 741 e 1493 ppm e JORGE e VALADARES (1969) verificaram variação entre 134 e 1111 ppm de P em vários tipos de solo.

Apesar dos solos apresentarem teores considerados altos de fósforo total, somente uma pequena parte deste está na forma disponível às plantas, sendo esta geralmente ao redor de 1% desse total. LARSEN (1974) calculou, com base no conteúdo de fósforo total, que a camada arável possui uma reserva da ordem de 2000 kg/ha de P, porém se for considerada uma remo

ção anual pelas culturas de 10 a 20 kg/ha, e, se as plantas aproveitarem de 10 a 20% do fósforo adicionado, conclue-se que grande parte do fósforo ficou no solo.

De um modo geral, as plantas têm capacidade de aproveitar somente o fósforo que está presente na solução do solo. SUTTON e LARSEN (1969) descreveram que o comportamento do fósforo do solo está ligado às duas formas existentes deste elemento e que estão em equilíbrio iônico dinâmico: uma forma lábil, capaz de passar rapidamente para a solução do solo e portanto aproveitada pelas plantas, e outra não lábil.

Na fase sólida do solo, o fósforo acha-se combinado, em compostos de ferro, alumínio e cálcio, e na matéria orgânica. A importância relativa dos compostos inorgânicos de fósforo no solo está condicionada ao pH e a quantidade e tipo de minerais existentes na fração argila. Os solos do Estado de São Paulo apresentam teores relativamente altos de óxidos de ferro, alumínio e cálcio, os quais possuem afinidade com o fósforo, formando compostos de solubilidade muito baixa.

A ligação dos íons fosfato com os cátions pode se dar em solução, formando precipitados, ou por adsorção dos fosfatos na superfície de partículas de argila, óxidos de ferro e alumínio, ou de carbonato de cálcio em solos calcários. A natureza da ligação que se estabelece é de grande importância pois é do tipo covalente de alta energia.

O comportamento dos fosfatos conduz a concentrações baixas na solução do solo, em virtude da baixa solubilidade.

de dos fosfatos formados, quer por reação com a solução do solo, quer por adsorção na superfície das partículas. É necessário portanto, conhecer-se as reações quando os fosfatos são adicionados ao solo.

Os valores de pH e os teores de argila do solo são os fatores que mais afetam a disponibilidade dos fosfatos no solo, e, visando estudar a influência destes fatores na solubilização de fosfatos solúvel e natural decidiu-se realizar o presente trabalho.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 FATORES QUE AFETAM A DISPONIBILIDADE DO FÓSFORO NO SOLO

A imobilização do fósforo no solo é conhecida como fixação.

O estudo da fixação do fósforo por elementos do solo já era estudada por Crawley em 1902 (DAVIS, 1935), porém ao longo dos anos vários trabalhos foram realizados.

DAVIS (1935) reconheceu em seu trabalho a possibilidade de adsorção estar ligada no fenômeno de retenção de íons PO_4^{3-} , admitindo-se a participação dos grupos OH^- das superfícies das partículas e de alguns cátions metálicos na sorção dos íons fosfatos e orientou sua discussão com base no equilíbrio de Donnan. Davis foi talvez o primeiro a usar o termo sorção, reconhecido como o mecanismo de retenção. Ele também foi o primeiro a utilizar a equação de Langmuir para a adsorção dos gases na adequação da sorção dos fosfatos.

Paralelamente, outros pesquisadores se preocupavam com as formas de fósforo e os compostos encontrados nos solos que implicavam na retenção do fósforo.

Trabalhos utilizando raios X observaram que a fixação de fosfato pode se dar pela goethita resultando na formação de novas estruturas cristalinas, (FORD, 1933) e por alterações morfológicas na rede cristalina da caulinita, (STOUT, 1939). Ele atribuiu essa fixação à troca entre íons PO_4^{3-} e as OH^- das arestas da caulinita.

Já ELLIS e TRUOG (1955) estudaram os fatores envolvidos na fixação de fósforo pela montmorillonita, e encontraram que os óxidos de ferro e alumínio responderam pela maior parte do fósforo fixado.

Vários trabalhos científicos demonstram da importância dos íons alumínio, ferro, cálcio e outros, na retenção de fósforo pelo solo. BARBIER (1956) afirmou que o ferro e o alumínio livres têm papel importante na retenção do fósforo pelos solos; porém CATANI e PELEGRINO (1960) utilizando solos brasileiros, observaram que a adsorção por hidróxidos de ferro e alumínio é mais importante que a precipitação de fosfato por cálcio ou magnésio, em solos do tipo "terra roxa".

COLEMAN et alii (1960) observaram que a adsorção se correlacionava com o conteúdo de alumínio trocável. Eles verificaram que se houvesse remoção de alumínio por lixiviação havia diminuição da retenção de fosfato e sugeriram que o mesmo ocorria devido a formação de compostos do tipo variscita. HSU (1964), estudando solos levemente ácidos, observou que

duas reações de fixação realizam-se em velocidades diferentes. A primeira, que se verifica em poucas horas, deve-se à adsorção de superfície nos hidróxidos de alumínio e ferro já existentes no solo. A segunda, de velocidade mais lenta, deve-se à adsorção sobre os hidróxidos e óxidos desenvolvidos durante o experimento. Ele verificou que a maior parte do fósforo se uniu ao alumínio. Concluiu que o fósforo não é fixado como compostos tais como variscita e strengita, o que contraria o sugerido por Coleman. Porém admite que o fósforo é adsorvido em hidróxidos de alumínio ou óxidos e hidróxidos de ferro, amorfos existentes nos solos.

KURTZ et alii (1946) observaram que a fixação de fosfatos é um fenômeno dinâmico e cuja velocidade tende a diminuir com o tempo, o mesmo ocorrendo com a natureza dos compostos formados. Já SHAPIRO e FRIED (1959) em estudo do sistema solo-fosfato do ponto de vista da competição P-OH, admitiram que há pelo menos duas formas de retenção de fósforo pelo solo: uma fracamente ligada à fase sólida, cuja liberação para a solução do solo é rápida e decresce acentuadamente com o tempo, e outra, fortemente ligada à fase sólida, de liberação relativamente constante com o tempo.

SYERS et alii (1970) observaram que a adsorção de fósforo estava relacionada com o teor de óxidos de ferro livres. Os solos que adsorveram muito fósforo desorveram pequenas quantidades do elemento em etapa a seguir, enquanto solos com baixa capacidade de adsorção liberam quase a totalidade do fósforo retido, entretanto SCHALSCHA et alii (1972) observaram que a capa

cidade de sorção de fósforo foi correlacionada com a quantidade de alumínio reativo e ativo mas não o foi com a quantidade de Fe_2O_3 livre ou alumínio trocável.

BLATT (1973), tendo aplicado anualmente superfosfato por três anos sucessivos, observou que o maior aumento ocorreu na forma P-Al, porém BITTENCOURT e ZAMBELLO (1973) observaram que a energia de ligação do fósforo é diferente para os diversos solos e a quantidade disponível do elemento está associada aos valores da adsorção máxima e não aos da constante de seletividade. Verificaram que altos teores de óxidos de ferro livre se combinam com o fósforo, no início de uma maneira mais intensa, tendendo atingir um valor máximo de adsorção e depois decrescer, o que não ocorre com os sesquióxidos de alumínio.

WRIGHT e PEECH (1960), em estudos realizados em 32 solos ácidos dos Estados Unidos, através de determinações de produto de solubilidade dos compostos de fósforo formados, constataram que a adubação fosfatada aumentou a fração do fósforo que se ligava ao ferro e que somente em dois solos ocorria que a fração predominante estava ligada ao alumínio.

REEVE e SUMMER (1970), em estudos com solos da África, concluíram que a facilidade de dessorção do fósforo pelos solos é determinada pelo grau de saturação do complexo pelo nutriente, porém KINJO e PRATT (1971), em estudos que abrangiam solos do Brasil, Colômbia e México, sugeriram que os sítios de adsorção dos anions NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} e H_2PO_4^- são os mesmos, mais suas afinidades são diferentes.

WILLIAMS (1960) e BRONFIELD (1964) observaram em solos da Escócia, que a retenção de fósforo era dependente do conteúdo de alumínio trocável. Williams observou que a retenção de fósforo se relacionava também com o teor de ferro solúvel em oxalato e com o teor de carbono.

RALTJE (1960) propôs um equilíbrio entre as formas de fósforo dos solos (Ca-P; Al-P e Fe-P), o qual em condições ácidas é deslocado no sentido da formação de um composto constituído de fosfatos e hidróxidos de ferro e alumínio, já CHANG (1965) conclui que o fosfato de ferro seria a forma dominante em solos mais intemperizados (latossolos) e naqueles menos intemperizados a de cálcio.

Outras características do solo também concorrem para a fixação de fósforo pelo solo, BODZIAK et alii (1967) observaram que a maior capacidade de fixação relacionava-se com os solos que perderam maior quantidade de matéria orgânica e cálcio trocável, quando estudaram solos do estado do Paraná. O mesmo foi observado por BHAT e BOUYER (1968), quando em estudo com solos tropicais constataram diminuição da fixação do fósforo e aumento daquele isotropicamente trocável, pela adição da matéria orgânica. Observaram que a capacidade de fixação de fósforo, entretanto, era maior nos solos com maior conteúdo de matéria orgânica original. RODRIGUES e SANCHEZ (1968) em estudo de laboratório, observaram que solos com teores mais elevados de matéria orgânica tinham maior capacidade de fixar fósforo.

HUSSAIN e KYUMA (1970) relacionaram a fixação do fósforo com as características de carga do complexo organo mineral, e mostraram que a fixação era menor em solos com menor quantidade de cargas positivas, e em consequência, a matéria orgânica e a eliminação de sexquióxidos devem diminuir a capacidade de adsorção de fosfatos. Entretanto NAHIA F^o e BRAGA (1975a), em estudo com amostras superficiais de vinte latossolos, observaram que o teor de matéria orgânica e o conteúdo de sexquióxido de alumínio influenciaram positivamente a capacidade de tampão de fósforo, e que a natureza do material constituinte da fração argila afetou também os valores obtidos da capacidade tampão.

Trabalhos científicos demonstram a influência do pH na adsorção de fósforo, HSU e JACKSON (1960) verificaram que há uma relação entre a fração inorgânica do fósforo no solo e o pH do solo. Observaram que acima de pH 7, o fósforo se une principalmente ao cálcio e em pH abaixo de 7, há ligações com ferro e alumínio, contudo, compostos de fósforo com alumínio, ferro e cálcio podem coexistir em valores de pH acima ou abaixo de 7, o mesmo sendo observado por CHO e CALDWELL (1959) e VOLK e McLEAN (1963); que em estudo utilizando fósforo marcado em três níveis e quatro solos com diferentes graus de retenção de fosfatos, verificaram que, em geral, mais de 90% do fósforo aplicado havia sido imobilizado como fosfato de alumínio e ferro. Observaram que esses fosfatos podem ser formados mesmo em solos com pH 7 ou acima deste valor. Eles também constataram

que os solos com alto poder de fixação apresentavam maior teor de fósforo ligado ao ferro, enquanto que os solos com menor capacidade de retenção de fósforo a preferência de ligação se dava com o alumínio.

LARSEN (1966) verificou diminuição da concentração do fosfato do meio com o aumento da concentração de cálcio originário de solução de cloreto de cálcio, em solos com pH superior a 7,2.

GUTNIK et alii (1967) observaram mudança no fenômeno de fixação do fósforo pela variação do pH de solos derivados de cinzas vulcânicas, com teores diferentes de alumínio trocável. A quantidade de fósforo retido se correlacionou com o aumento do pH, já FASSBENDER et alii (1968) obtiveram correlação significativa quando estudaram forma de fósforo e pH, em cento e dez amostras superficiais de solo da América Central. Observaram que em oitenta das amostras o predomínio era de fosfato de cálcio e nas demais fosfato de alumínio e ferro, e que no primeiro caso o teor de fósforo total era maior e com predominância de fósforo inorgânico sobre o orgânico. FASSBENDER (1969) confirmou que a fixação de fósforo em solos tropicais é afetada principalmente pelo pH e pela concentração de óxido de ferro livre.

BARROW (1970) encontrou correlação entre o teor de alumínio livre e a adsorção de fosfato, molibdato e sulfato em solos com capacidade de adsorção e níveis de pH diferentes.

BRAGA e DEFELIPO (1972), trabalhando com nove latossolos escuros de Minas Gerais, verificaram que a calagem

provocou, além do aumento nos teores das formas ativas de fosfatos, a melhoria de significância da fração P-Fe com o fósforo "disponível", o que não foi observado por CABALA e FASSBENDER (1971) que obtiveram pouca ou nenhuma influência nos teores das três formas ativas de fosfatos do solo; o mesmo foi observado por VASCONCELOS et alii (1975a) que não obtiveram efeito da calagem sobre as formas de fósforo em NH_4Cl , NH_4F , NaOH e H_2SO_4 . Verificaram que as produções e os teores de fósforo absorvidos pelo sorgo tiveram um máximo quando utilizou-se o nível de 0,75 vezes a sorção máxima.

CAMARGO et alii (1979), em estudo do efeito dos íons cálcio e potássio na adsorção e movimento do fósforo em um alfissol, observaram que as velocidades de reação para adsorção de P são iguais em solos saturados com K^+ ou Ca^{2+} , e isto expressa uma igualdade no comportamento para ambos os tipos de lugares no equilíbrio, indicando que os íons cálcio têm um papel importante não apenas na adsorção mas também na mobilidade do fosfato no solo.

BAHIA FILHO e BRAGA (1975b), utilizando amostras de vinte latossolos em estudo de laboratório e vaso com a cultura de aveia, obtiveram para a produção máxima valores que variaram diretamente com a capacidade tampão do fósforo. Verificaram que a produção de matéria seca e fósforo absorvido foram influenciados principalmente pelo fator quantidade de fósforo expresso pela forma P-Al e que não houve efeito do fator intensidade na quantidade de fósforo a ser aplicada para a produção máxima. Já FARIA et alii (1976) observaram que após a remoção

dos óxidos amorfos de alumínio e ferro pelo oxalato de amônio houve consideráveis reduções na capacidade máxima de sorção de fosfato; porém resultados semelhantes foram obtidos, mas em menor intensidade, depois da extração dos óxidos livres de ferro pelo ditonito de sódio, sendo que a remoção do alumínio trocável pelo cloreto de potássio pouco alterou a intensidade dos processos de sorção de fosfato.

GUNJIGAKE e WADA (1981), trabalhando com dezoito andossolos de diferentes pH, cujos índices variaram de 4 a 8,5 e em concentrações de fósforo de $10^{-3}M$ a $2M$, observaram que quando estudou-se a análise da regressão múltipla o valor da retenção de fósforo foi correlacionada com o estado de alumínio e ferro analisado por dissolução seletiva e que há relação entre a quantidade de fósforo retido e o pH de equilíbrio e concentração de fósforo.

MIRANDA e VOLKWEISS (1981), estudando doze solos com características físicas e químicas diferentes, observaram que os parâmetros poder tampão de fósforo e porcentagem de argila contribuíram mais do que os métodos de extração de fósforo estudados para avaliar a disponibilidade de fósforo e a necessidade de adubação para a cultura de soja.

VASCONCELOS et alii (1975b), em estudo da reversibilidade de fosfatos adsorvidos em relação à concentração e ao pH, verificaram que as dessorções decresceram com as sucessivas extrações e que houve comportamento totalmente distintos entre solos, quando estudou-se dessorção em função do pH. Já CAMARGO et alii (1976), em estudo da influência de cations tro

cáveis e pH na fixação de fósforo em solos ácidos, observaram que a natureza do solo influi dentro da faixa de pH normalmente encontrada em solos, mais do que os cátions trocáveis e o pH. Concluíram que a natureza e a superfície do material influi decisivamente na quantidade de fósforo fixada.

CAMARGO (1979), estudando o íon fluoreto na adsorção e dessorção de fosfato, verificou que o íon F^- afeta a isoterma de fósforo e seu efeito é bastante grande em baixas concentrações ou nos lugares de alta energia de retenção.

O teor de argila do solo pode ser um modificador da quantidade de fósforo fixado, PISSARIDES et alii (1968) verificaram que os cátions podem aumentar a retenção de fosfato por minerais de argila pelo deslocamento dos íons Al^{3+} que iriam precipitar o fosfato, porém SÁ et alii (1968) observaram que a adsorção de fósforo aumentava com a quantidade de argila e com a superfície específica estimada através da porcentagem de umidade equivalente, quando estudaram solos da Zona da Mata em Pernambuco, contudo SYERS et alii (1971) encontrou uma amplitude de 12 a 98% da porcentagem de fixação de fósforo adicionado na quantidade de 500 ppm P quando estudaram quinze solos ácidos do Rio Grande do Sul com textura que variaram de arenosa a argilosa.

FREIRE et alii (1979), utilizando quatro solos cujas porcentagens de argila variaram de 74,8 a 18,8, verificaram correlações entre o teor de argila e os métodos de determinação de fósforo no solo e que há uma tendência de aumento dos níveis críticos com a diminuição do teor de argila do solo, o

mesmo foi verificado por NOVAIS e KAMPRATH (1978) quando estudaram solos com teores de argila, que variavam de 5,4 a 42,4%. Obtiveram significância para os coeficientes de correlação entre capacidade tampão de fosfato, capacidade máxima de adsorção e constante da equação de Freundlich com teor de argila, superfície específica e capacidade de campo. Entretanto, NOVAIS e KAMPRATH (1979b) observaram que os teores de argila correlacionaram-se com os valores de capacidade tampão de fósforo ou com o fator capacidade dos solos, de um modo geral, quando se tem solos com o mesmos tipos de argila.

NOVAIS e KAMPRATH (1979a) estudaram alguns parâmetros do solo e observaram que o conteúdo de argila e a superfície específica do solo não apresentavam correlação com adsorção máxima de Langmuir, porém houve correlação com energia de adsorção de Langmuir, porém OLSEN e WATANABE (1957) obtiveram correlação com a capacidade de adsorção máxima de fosfato com a superfície específica dos solos medida pela retenção de etileno-glicol.

MEAD (1981), trabalhando com 38 amostras de solo, comparou a equação de Langmuir, de Freundlich e de Temkin em solos com propriedades físicas e químicas diferentes e obteve correlação significativa para todos os parâmetros de adsorção estudados.

BARROW (1961) observou que as quantidades de fosfato adsorvidos pelos solos aumentavam com a concentração da solução de equilíbrio, inicialmente de uma maneira mais intensa, porém tendendo a adquirir um valor constante em altas con-

centrações. A forma da isoterma é característica da adsorção química de uma monocamada de ânions pela fase sólida adsorvente do solo, todavia CHANG e CHU (1961) consideram que a adsorção de fosfatos pelos solos se processa em duas etapas, as quais correspondem inicialmente a uma reação de troca entre os íons fosfatos e hidroxilas da superfície das partículas e a uma reação lenta e contínua que se dá pelo aumento gradual do tamanho dos cristais dos fosfatos de ferro e alumínio precipitados.

DELAZARI et alii (1980) estudando a disponibilidade de fósforo em dez amostras de solo do Estado do Espírito Santo, verificaram que os valores do potencial de fosfato diminuíram com as doses crescentes de fósforo. Os autores quando correlacionaram o potencial de fosfato com as quantidades de fósforo adsorvido encontraram equações de regressão que permitiram determinar, para cada solo, os fatores intensidade e capacidade tampão de fosfato, tendo sido diferente o comportamento da capacidade tampão para cada solo. Houve correlação entre capacidade tampão diferencial de fosfato com os parâmetros físicos dos solos como: equivalente de umidade, capacidade de campo e teor de argila.

3.2 CONSEQUÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE DIFERENTES FOSFATOS

Trabalhos os mais diferentes são encontrados quando se comparam fontes de fósforo.

FEITOSA e RAIJ (1976) realizaram experimentos em vasos com trigo e milho em dois solos, os quais foram aplica-

dos superfosfato triplo e simples, fosfato diamônio, termofosfato, hiperfosfato e apatita de araxã visando o estudo da disponibilidade de fósforo. Os resultados mostram que os fosfatos solúveis foram melhores do que os fosfatos naturais, o que não foi observado por MUZILLI et alii (1971) que utilizaram com adubos fosfatados, os fosfatos rhenamia, termofosfato e o superfosfato simples e observaram que em solos ácidos do sul do Paraná os melhores resultados foram devidos ao fosfato rhenamia quanto à disponibilidade de fósforo e a redução da acidez do solo. Porém FEITOSA & RAIJ (1976) quando estudaram a extração do fósforo do solo em meio ácido, verificaram que a apatita de araxã e o hiperfosfato forneceram teores mais elevados do que os demais fosfatos.

ABRÃO e GRIMM (1975), em experimento conduzido em oxissolo, avaliaram o efeito residual da adubação fosfatada durante três anos de cultivo de trigo e cinco cortes de alfafa. Constataram que houve efeito dos adubos sobre o rendimento de trigo e feno de alfafa. Entretanto, a partir do segundo ano de cultivo do trigo o efeito residual do fósforo diminuiu bruscamente, para após tender a estabilização. Entretanto, CORDEIRO et alii (1979) observaram que o fosfato de gafsa teve uma eficiência média de 95% em relação ao superfosfato triplo no residual e que quando utilizou-se uma manutenção de fósforo solúvel, sua eficiência foi superior à do superfosfato triplo. Para o fosfato de patos de minas a eficiência média foi de 62% e quando aplicou-se superfosfato triplo para manutenção a eficiência aumentou para 83%.

GARGANTINI e FEITOSA (1974) estudaram a disponibilidade do fósforo utilizando, superfosfatos simples e triplo, termofosfato, fosfato diamônio e apatita de araxá no período de 15 a 360 dias de incubação em dois solos e em três condições de acidez. Observaram que aos 15 dias após a aplicação dos fosfatos os teores de fósforo do solo eram baixos e que estes teores pouco variaram com o tempo de contato do adubo com o solo mesmo aos 360 dias e que não houve efeito do calcário na disponibilidade do fósforo, o que contraria o observado por NOVAIS et alii (1980), que obtiveram acentuado efeito na eficiência dos fosfatos quando aumentaram o tempo de incubação.

FEITOSA et alii (1978) estudaram a eficiência relativa de fosfatos para trigo em casa de vegetação em um solo que continha 37% de argila onde foi aplicado calcário. Verificaram que dos dezessete fosfatos estudados, os fosfatos solúveis: superfosfato triplo e o termofosfato yoorin foram os melhores, seguindo-se os fosfatos maranhão, fospal e alvorada que reagiram igualmente e foram superiores aos demais fosfatos naturais estudados, tendo sido o mesmo observado, em ensaio de campo com cultura da soja, por BRAGA et alii (1980). Eles verificaram que quando utilizou-se o superfosfato triplo no sulco de plantio em presença de superfosfato triplo ou de patos de minas a lânc o efeito foi semelhante ao dos melhores tratamentos. O mesmo comportamento para os fosfatos naturais não foi verificado por RAMOS (1982), pois ele obteve eficiência, para o trigo, do fosfato galsa e farinha de ossos semelhante à do superfosfa-

to, já a partir do primeiro ano de cultivo, enquanto que a do fosfato alvorada foi inferior aos demais.

Para a cultura da soja os melhores fosfatos foram: fosfato de fusão, escória de Thomas e termofosfato Yoorin e no grupo dos fosfatos naturais, o fosfato alvorada que a partir do segundo ano passou a ser mais eficiente que os superfosfatos, o que diferiu da cultura do trigo.

Quanto a calagem para a cultura do trigo, somente algumas fontes variaram, porém para a cultura da soja houve efeito para todos os fosfatos.

CABALA e WILD (1982) estudaram o efeito do tempo de reação quando aplicou-se fosfato de rocha de baixa solubilidade em três solos ácidos do sul da Bahia. Utilizaram para o estudo os fosfatos de patos de minas, fosfato monocálcico, de gafsa e de marrocos na cultura do sorgo, tendo verificado que a eficiência do fosfato de patos foi pobre nos três solos e que houve aumento do teor de fósforo com o tempo de reação no ultissolo, que possui alta capacidade tampão de cálcio e fósforo, porém não houve alteração nos demais solos. No Oxissolo observaram que houve um decréscimo no teor de fósforo do fosfato monocálcico quando se aumentou o tempo de reação, mas para os fosfatos de gafsa e de marrocos houve apenas um pequeno e rápido decréscimo. Os resultados demonstraram que a taxa de solubilização dos fosfatos de rocha de baixa solubilidade é mais alta em solos de pH baixo e com alta capacidade tampão de cálcio e de fósforo, o mesmo foi observado por SMYTH e SANCHEZ (1982) que concluíram que os fosfatos de rocha são de baixa

eficiência. Verificaram que o fosfato de patos de minas sozinho foi incapaz de suprir as necessidade de fôsforo para a cultura da soja, sendo necessário suprimentos anuais de superfosfato. Eles determinaram que ao redor de 4 kg/ha de P na forma de fosfato de rocha são requeridos para obter o mesmo aumento quando utiliza-se 1 kg/ha de P na forma de superfosfato.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SOLOS

Para a execução deste trabalho foram coletadas amostras compostas dos 0-20cm de profundidade de dezessete solos classificados, segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960) e reclassificados pelos critérios utilizados no Levantamento Pedológico semi-detalhado dos solos do Estado de São Paulo-Quadrícula de Campinas (OLIVEIRA et alii, 1979) como:

Latossolos Roxos: LR-1 (distrófico, A moderado, textura muito argilosa);

LR-2 (distrófico, A moderado, textura argilosa);

Latossolo Vermelho Escuro: LE (álico, A moderado, textura argilosa);

Latossolos Vermelhos Amarelos: LV-1 (distrófico, A moderado, textura muito argilosa);

LV-2 e LV-3 (distróficos, A moderado, textura argilosa);

LV-4 (állico, A moderado, textura média);

Podzólicos Vermelhos Amarelos: PV-1 e PV-2 (distrófico, A moderado, textura média/argilosa);

PV-3 (állico, A proeminente, textura arenosa/média);

PV-4 e PV-5 (distróficos, A moderado, textura arenosa/média);

Terra Roxa Estruturada: TE (eutrófica, A moderada, textura muito argilosa);

Cambissolo: Cb (állico, A proeminente, textura argilosa);

Areia Quartzosa: AQ (Podzólica profunda, álica, A moderada);

Solos Hidromórficos: Hi-1 (Gley pouco húmico, distrófico, textura média) e

Hi-2 (Gley húmico, distrófico textura argilosa).

As amostras foram coletadas em sua grande maioria na região sudeste do Estado de São Paulo, e a sua localização é a seguinte: Estação Experimental de Ribeirão Preto e Centro Experimental de Campinas (LR-1 e LR-2, respectivamente); Estação Experimental de Limeira (LE); Rodovia Presidente Dutra, na altura do km 382, no município de Guarulho (LV-1); Estação Experimental de Piracicaba e Centro Experimental de Campinas (LV-2 e LV-3, respectivamente); estrada Mogi Mirim - Limeira, próximo a Conchal (LV-4); estrada Tatuí - Guareí (PV-1); Souza próximo ao colégio Notre Dame no município de Campinas (PV-2); ponto 406 - folha de Campinas, estrada para Hortolândia enfren

te ao Instituto Adventista Campineiro, município de Campinas (PV-3); no km 218 da rodovia Porto Feliz - Itu no município de Porto Feliz e Estação Experimental de Pindorama (PV-4 e PV-5 , respectivamente); Paulínia, perfil 1197 (Estrada de Paulínia para Oswaldo Aranha aproximadamente 700m do Rio Atibaia - folha de Campinas, município de Campinas (TE); Estação Experimental de Itararé (Cb); ponto 24 - folha de Campinas, próximo a Fazenda Santo do Morro Azul enfrente a Capela Santa Cruz, município de Campinas (AQ) e no Centro Experimental de Campinas (Hi-1 e Hi-2).

Na sua grande maioria, as áreas amostradas supor-tavam mato ou mata original com exceção das de LR-2 que receberam cultivos sucessivos de amendoim, LV-1 que estava com a cultura de eucalipto, LV-2 que havia sido plantada com cana-de-açúcar durante três anos consecutivos.

A análise física foi realizada no laboratório da Seção de Pedologia do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, situado em Campinas, tendo sido utilizado o método de densímetro. Para a análise química visando avaliar a fertilidade dos solos, seguiu-se a metodologia descrita por RAIJ e ZULLO (1977) com exceções do pH em cloreto de cálcio, H + Al e o fósforo extraído pela resina. A determinação do pH foi feita em solução 0,01M de cloreto de cálcio na relação 1:2,5 de solo:solução, agitação durante 10 minutos, repouso por 30 minutos e leitura no sobrenadante; para a determinação do H + Al utilizou-se solução N de acetato de cálcio a pH 7,0 na relação solo:solução de 1:10, e para o fósforo extraído pela resina,

utilizou-se a relação solo:resina aniônica de 1:2,5 e para resina dupla 1:1 com agitação por 16 horas.

Para a análise dos teores totais baseou-se na metodologia descrita por RAIJ e VALADARES (1974). Nas amostras de solo efetuou-se o fracionamento do fósforo pelo método de CHANG e JACKSON (1957) utilizando percolação lenta em vez de agitação. Para o estudo utilizou-se tubo de percolação onde foram colocadas camadas superpostas da seguinte maneira: papel de filtro, 2,5cm³ de areia lavada, 1g de solo misturado com 5cm³ de areia lavada, 2,5cm³ de areia lavada e papel de filtro. Depois de preparar o tubo de percolação, procede-se à colocação das soluções da maneira descrita por CHANG e JACKSON, tendo-se o cuidado de obedecer os tempos de contato das soluções com o solo.

4.2 ENSAIO COM SOJA

O ensaio foi instalado usando os solos LR-1, LV-1, LV-3, LV-4, PV-1 e PV-3, e com o objetivo de determinar o efeito imediato dos fosfatos em condições variáveis de pH.

As amostras de solo inicialmente receberam doses crescentes de carbonato de cálcio puro (CaCO₃) para a determinação da curva de neutralização. Durante um período de 15 dias, os solos ficaram incubando tendo recebido quantidade de água até sua capacidade de campo. Após este período, as amostras de solos foram secas em estufa a 60°C, determinando-se o pH em H₂O na relação de 1:2,5. As curvas de neutralização foram fei

tas utilizando dados de quantidade de CaCO_3 aplicado versus pH e então determinou-se a quantidade de calcário dolomítico necessário para elevar o pH a 5 e a 6, respectivamente para cada solo.

No ensaio utilizou-se vasos de capacidade para 3 litros de solo onde foram aplicados as quantidades de calcário dolomítico necessários para cada tratamento, juntamente com os fosfatos. Os fosfatos estudados foram: superfosfato triplo, alvorada, maranhão e apatita de araxá, respectivamente fosfato solúvel, fosforita, fosfato de alumínio e apatita, cujas porcentagens totais em P_2O_5 são da ordem de 45,8; 30,0; 29,9 e 36,5% respectivamente, e as dosagens utilizadas foram: 0 e 400 kg/ha de P_2O_5 total. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três repetições.

Os solos foram incubados com calcário e fosfatos durante um mês após o qual semeou-se soja da variedade IAC-7, utilizando-se 10 sementes por vaso. Todos os tratamentos receberam por ocasião do plantio da soja, uma adubação de complementação com potássio, enxofre e micronutrientes, nas dosagens: 200mg de K/vaso, 80mg de S/vaso na forma de sulfato de potássio e 3ml/vaso da mistura que continha 10g de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ + 15g de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 4g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 4g de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ + 0,1g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ por litro de solução.

A germinação deu-se cinco dias após a semeadura e o desbaste foi realizado aos quinze dias deixando-se 6 plantas por vaso. Após o desbaste aplicou-se 3ml/planta da solução contendo 1mg de P/vaso, para o arranque inicial das plan-

tas. As plantas receberam tratamentos fitossanitários para o bom desenvolvimento, tendo-se o cuidado de não aplicar produtos que continham fósforo em sua composição.

No início do florescimento, quando as plantas tinham aproximadamente sessenta dias, aplicou-se 200mg de K e 80mg de S por vaso na forma de sulfato de potássio.

No início da formação das vagens, aos noventa dias, em março de 1980, efetuou-se a colheita das plantas cortando-as rente ao solo. As plantas de cada vaso foram colocadas em saco de papel e levadas à estufa a temperatura de 60°C até peso constante, após o que foram pesadas, obtendo-se assim peso seco da parte aérea.

As amostras secas foram moídas e procedeu-se a análise do fósforo total através do ataque de 0,5g do material vegetal com 5ml de ácido nítrico concentrado a frio durante uma noite, e posterior digestão do material durante 6 horas até ser atingida a temperatura de 150°C. Após o resfriamento acrescentou-se 0,5ml de ácido perclórico ao tubo seguindo-se a digestão durante 2 horas, até atingir a temperatura de 250°C, continuando a mesma até que o tubo contenha aproximadamente 0,5ml de extrato. Acrescentou-se então 50ml de água desionizada e efetuou-se agitação e aquecimento até 70°C. Na determinação do fósforo total utilizou-se a solução vanado-molibdica e a leitura no comprimento de onda de 470nm na relação de 1:1 de extrato e solução vanado-molibdica diluída. Obtidos as leituras determinou-se a porcentagem de fósforo total absorvido pela soja.

4.3 ENSAIO DE BRAQUIÁRIA

Após a coleta das plantas de soja, o solo dos vasos foram revolvidos e recolocados nos mesmos procedendo-se então a semeadura da braquiária, a fim de determinar o efeito residual dos fosfatos.

A espécie empregada neste estudo foi a *Brachiaria decumbens* utilizando-se 12 sementes por vaso, que após o desbaste aos quarenta dias, deixou-se 4 plantas por vaso. Após o desbaste efetuou-se uma adubação de complementação com nitrogênio, potássio e enxôfre, adicionando-se 10ml por vaso de uma solução que continha 20mg de N, 40mg de K e 6,5ml de S por litro, na forma de nitrato de potássio e sulfato de amônio.

A cultura da braquiária desenvolveu-se durante um período de dezoito meses realizando-se vários cortes. As plantas receberam irrigação, tomando-se precauções para que não houvesse percolação e o controle de pragas e doenças com produtos que não continham fósforo em sua composição.

Aos três meses os vasos receberam nova adubação nitrogenada com 500mg de N por vaso na forma de nitrato de amônio. O primeiro corte foi realizado aos quatro meses tendo-se o cuidado de cortar as plantas à mesma altura do solo. Como primeira colheita considerou-se somente o primeiro corte. A segunda colheita abrange os quatro cortes realizados a seguir, que em virtude do grande desenvolvimento de alguns tratamentos, foram realizados mês após mês, sendo que somente no quinto cor

tes o intervalo foi de três meses. A terceira colheita consta dos dois últimos cortes, sendo o primeiro realizado após um mês e o outro após oito meses. Este período mais longo foi devido ao desenvolvimento das plantas ter sido afetado pelo inverno.

A cada corte as plantas receberam complementação de nitrogênio, na dosagem de 250mg de N por vaso, na forma de nitrato de amônio. O ensaio foi dado por encerrado devido a alguns tratamentos, principalmente as testemunhas, apresentaram morte das plantas.

O material vegetal colhido foi seco em estufa à temperatura de 60°C até peso constante, obtendo assim, o peso seco da parte aérea para a primeira, segunda e terceira colheitas. Este material após pesado foi moído e determinou-se o fósforo total absorvido pela braquiária nas várias colheitas, conforme já descrito.

4.4 ENSAIO COM ARROZ

Tendo em vista os resultados encontrados a pH 5 com a soja decidiu-se realizar um estudo utilizando-se então os dezessete solos já descritos. As amostras inicialmente foram passadas em peneira de malha grossa para melhor homogeneização, utilizando-se as amostras originais, sem aplicação de calcário.

Os fosfatos empregados foram o superfosfato triplo e a apatita de araxá, nas dosagens de 0 e 400 kg/ha de

P_2O_5 total, que apresentavam 45,8 e 36,5% de P_2O_5 total, respectivamente. Utilizou-se no estudo vasos de capacidade de 2,8 litros de solo, sendo os fosfatos aplicados com antecedência de um mês. O delineamento experimental utilizado para o estudo foi o inteiramente casualizados com três repetições.

A variedade de arroz usada no experimento foi a IAC-165, empregando-se 10 sementes por vaso e deixando-se 5 plantas por vaso, com o desbaste que se deu um mês após a semeadura. Em seguida ao desbaste aplicou-se uma adubação com 250mg de N por vaso na forma de nitrato de amônio. A cultura do arroz recebeu tratos fitossanitário, bem como irrigação para o bom desenvolvimento, sem que houvesse percolação ou aplicação de produtos que possuissem fósforo em sua composição. Aos cinquenta dias aplicou-se uma adubação de complementação com nitrogênio, potássio e enxofre mais micronutrientes nas dosagens de 250mg de N, 125mg de K e 50mg de S e mais 5ml por vaso de uma solução de micronutrientes contendo 10g de $MnSO_4 \cdot H_2O$ + 15g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 4g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ + 4g de $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ + 0,1g de $(NH_4)_2Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ por litro de solução. Quinze dias após foi feita nova aplicação de potássio na quantidade de 125mg de K por vaso na forma de sulfato de potássio. A aplicação do potássio foi parcelada devido a dosagem ser muito elevada, pois existiam amostras de solo com teores muito baixos deste elemento.

O arroz foi colhido aos quatro meses isto é, no início da formação das panículas. As plantas foram colhidas

rente ao solo e colocadas para secar em estufa a 60°C até peso constante, obtendo-se assim o peso seco da parte aérea. O material seco foi moído e determinou-se o fósforo total absorvido pelo arroz pelo método já descrito.

4.5 ENSAIO DE ADSORÇÃO

Quantidades de cinco gramas de terra fina seca ao ar e passadas em peneira de malha de 1mm dos dezessete solos foram colocadas em presença de doses crescentes de P.

Em erlenmeyer de 125ml foram colocadas as amostras de solo e as doses crescentes de 0; 0,5; 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20 e 25ml de solução contendo 500 ppm de P na forma de ortofosfato diácido de potássio e doses crescentes de água até completar 25ml de solução total e mais 25ml de CaCl_2 0,02M, constante para todos os tratamentos, perfazendo um total de 50ml de solução em cada erlenmeyer. As concentrações finais das soluções foram: 0, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 e 250 ppm de P, fazendo-se duas repetições de cada tratamento. A solução de fósforo adicionada tinha pH 7 ajustada com NaOH 0,5N.

As soluções ficaram em contato com as amostras de solo por 24 horas, sendo que nas primeiras 2 horas e 30 minutos foram submetidos a vários períodos de agitação e repouso por um tempo de 30 minutos em cada operação. Completando esse período, deixou-se em repouso durante 14 horas e 30 minutos, quando reiniciou-se os ciclos de agitação e repouso, já descri

to anteriormente até completar às 24 horas, sendo a agitação realizada em agitador horizontal (vai e vem).

Após o equilíbrio a suspensão foi filtrada e então determinou-se o fósforo tomando 25ml do extrato e colocando 1 ml de solução concentrada sulfo-molibdica e mais 30mg de ácido ascórbico, sendo a leitura efetuada em comprimento de onda de 825nm, 30 minutos após o início da reação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENSAIOS BIOLÓGICOS

5.1.1 SOJA

Na tabela 1 são apresentados o peso seco da parte aérea e o fósforo absorvido pela soja no início do florescimento, média de três repetições. Verificou-se que houve pouca influência do pH no peso seco da parte aérea, havendo para os solos LV-1 e PV-3 um ligeiro decréscimo não significativo quando passou-se de pH 5 para 6, porém quando estudou-se P absorvido, o acréscimo foi maior havendo somente um ligeiro decréscimo não significativo para os solos LV-3 e PV-3.

No estudo de fonte de fósforo houve grande variação para todos os solos. A pH 5 os melhores tratamentos foram obtidos para o superfosfato triplo e maranhão, não havendo diferença significativa entre ambos tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido, porém observa-se um ligeiro aumento no peso seco da parte aérea para o fosfato mara-

Tabela 1 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pela soja no início do florescimento em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições.

Solo	Teor de argila	Tratamento	Peso seco da parte aérea		P absorvido pela soja	
			pH		pH	
			5	6	5	6
	%		- g/vaso -		- mg/vaso -	
LV-1	76	Testemunha	11,7	10,9	9,551	11,372
		S. triplo	36,5	36,2	39,975	43,083
		Alvorada	32,3	14,2	35,821	15,513
		Maranhão	39,2	35,9	45,727	34,752
		A. araxá	22,7	11,3	28,937	13,845
LR-1	72	Testemunha	25,0	30,0	26,025	32,772
		S. triplo	32,6	52,4	49,349	66,420
		Alvorada	34,0	34,0	38,480	37,796
		Maranhão	38,7	39,7	55,237	52,754
		A. araxá	34,3	30,8	43,712	34,196
LV-3	39	Testemunha	14,9	17,1	14,979	14,484
		S. triplo	32,7	43,4	41,579	46,843
		Alvorada	25,9	21,8	26,826	18,051
		Maranhão	33,7	36,4	36,958	43,907
		A. araxá	23,7	17,5	21,330	16,776
PV-1	35	Testemunha	19,5	20,5	14,829	16,782
		S. triplo	38,0	42,6	40,838	48,923
		Alvorada	33,1	27,0	33,073	23,938
		Maranhão	37,3	42,7	36,540	43,440
		A. araxá	29,5	26,5	26,247	18,821
LV-4	17	Testemunha	18,3	23,8	15,455	18,747
		S. triplo	37,0	39,6	55,582	60,294
		Alvorada	27,9	24,8	28,683	21,092
		Maranhão	33,2	33,1	44,052	43,725
		A. araxá	23,5	27,5	26,242	22,636
PV-3	16	Testemunha	17,3	15,7	13,561	13,158
		S. triplo	43,0	40,5	57,309	57,366
		Alvorada	31,2	25,9	37,792	26,515
		Maranhão	39,7	39,1	54,511	48,961
		A. araxá	31,9	20,3	33,856	20,252

nhão nos solos LV-1, LR-1 e LV-3, solos estes que possuem maiores teores de argila, o mesmo ocorrendo para o LV-1 e LR-1 para fósforo adsorvido.

A pH 6 todos os solos apresentaram maiores peso seco da parte aérea de soja para os tratamentos com superfosfato triplo e maranhão não havendo diferença significativa para os dois fosfatos, mas verifica-se um ligeiro acréscimo para o superfosfato triplo, com exceção do PV-1. O mesmo verificou-se para o fósforo absorvido, com exceção dos solos LR-1 e PV-3 que apresentaram diferença significativa para os tratamentos com superfosfato triplo e maranhão.

O fosfato que apresentou menor peso seco da parte aérea e fósforo absorvido foi a apatita de araxá com exceção dos solos LR-1, PV-3 e LV-4, que apresentaram menor peso seco para os tratamentos com superfosfato triplo e alvorada a pH 5 e alvorada a pH 6, respectivamente. Para o fósforo absorvido o mesmo foi observado em ambos pH com exceção do PV-3 que obteve menor peso seco para apatita de araxá.

Os dados apresentados mostram diferença entre solo no aproveitamento do fósforo dos fosfatos, verificou-se maior diferença entre o tratamento que produziu mais e a testemunha, para os solos LV-1 a pH 5 e LV-3 a pH 6 e menor diferença para o LR-1 a pH 5 e para LV-4 a pH 6. As diferenças para todos os solos foram da ordem de 27,5; 13,7; 17,8; 18,5; 18,7 e 25,7 para os tratamentos estudados a pH 5 e 25,3; 22,4; 26,3; 22,2; 15,8 e 24,8 para os estudados a pH 6, respectivamente para os solos LV-1, LR-1, LV-3, PV-1, LV-4 e PV-3.

Na tabela 2 e 3 observa-se que quando estudou-se a análise de variância com desdobramento houve efeito para todos os parâmetros, inclusive as interações não havendo somente significância para pH quando estudou-se peso seco da parte aérea.

No estudo em separado, para cada solo, verifica-se que para o LV-1 os fosfatos alvorada e apatita de araxã foram bastante prejudicados com o aumento do pH igualando a testemunha tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido. Nas tabelas 4 e 10 verifica-se que para o LV-1 houve diferença significativa para todos os parâmetros estudados com exceção da interação, quando estudou-se peso seco da parte aérea.

Nas tabelas 5 e 11 nota-se que somente não houve influência do pH quando estudou-se fósforo absorvido pelo LR-1, o que vem demonstrar que o teor de argila pouco influenciou no aproveitamento do fósforo do solo, pois solos com teores de argila próximos apresentaram comportamento diferente.

Nas tabelas 6 e 12 observa-se o comportamento do peso seco da parte aérea e fósforo absorvido pelo LV-3. Verifica-se que para ambos, não houve efeito para pH, porém quando estudou-se a interação pH x adubo houve diferença significativa mostrando que houve comportamento diferente do adubo frente ao pH 5 e 6.

Nas tabelas 7, 13, 6 e 12 podemos verificar que para o PV-1 o comportamento foi semelhante ao LV-3, cujos teores de argila variaram de 35 e 39% respectivamente, mostrando

Tabela 2 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da soja.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	16,842	16,842	1,649 NS
Adubo	4	10861,294	2715,323	265,947 **
Solo	5	1965,307	393,061	38,498 **
pH x adubo	4	898,499	224,625	22,000 **
pH x solo	5	648,494	129,690	12,702 **
Adubo x solo	20	738,683	36,934	3,617 **
pH x adubo x solo	20	2812,161	140,608	13,771 **
(Tratamento)	(59)	15655,604	265,349	25,989 **
Resíduo	120	1225,193	10,210	
Total	179	16880,796		

Tabela 3 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	225,613	225,613	18,049 **
Adubo	4	28542,170	7135,543	570,843 **
Solo	5	5470,937	1094,187	87,535 **
pH x adubo	4	1787,157	446,789	35,743 **
pH x solo	5	615,842	123,168	9,853 **
Adubo x solo	20	5812,351	290,617	23,249 **
pH x adubo x solo	20	4288,64	214,432	17,154 **
(Tratamento)	(59)	38527,360	653,006	52,240 **
Resíduo	120	1500,013	12,500	
Total	179	40027,373		

Tabela 4 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da soja para Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	346,052	346,052	80,967 **
Adubo	4	3594,302	898,575	210,242 **
pH x adubo	4	16,007	4,002	0,936 NS
(Tratamento)	(9)	3956,361	439,596	102,853 **
Resíduo	20	85,472	4,274	
Total	29	4041,833		

Tabela 5 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	147,719	147,719	15,216 **
Adubo	4	838,745	209,686	21,599 **
pH x adubo	4	495,729	123,932	12,766 **
(Tratamento)	(9)	1482,193	164,688	16,964 **
Resíduo	20	194,158	9,708	
Total	29	1676,351		

Tabela 6 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	5,242	5,242	0,735 NS
Adubo	4	2080,775	520,194	72,918 **
pH x adubo	4	239,835	59,959	8,405 **
(Tratamento)	(9)	2325,852	258,428	36,225 **
Resíduo	20	142,685	7,134	
Total	29	2468,537		

Tabela 7 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	1,049	1,049	0,148 NS
Adubo	4	1773,697	443,424	62,401 **
pH x adubo	4	144,660	36,165	5,089 **
(Tratamento)	(9)	1919,406	213,267	30,012 **
Resíduo	20	142,118	7,106	
Total	29	2061,524		

Tabela 8 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	23,852	23,853	0,933 NS
Adubo	4	1117,847	279,462	10,937 **
pH x adubo	4	70,067	17,517	0,685 NS
(Tratamento)	(9)	1211,766	134,641	5,269 **
Resíduo	20	511,033	25,552	
Total	29	1722,799		

Tabela 9 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	140,314	140,314	18,693 **
Adubo	4	2538,870	634,717	84,561 **
pH x adubo	4	117,167	29,292	3,902 *
(Tratamento)	(9)	2796,351	310,706	41,394 **
Resíduo	20	150,121	7,506	
Total	29	2946,472		

Tabela 10- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	515,298	515,298	62,513 **
Adubo	4	4136,717	1034,179	125,461 **
pH x adubo	4	645,179	161,295	19,567 **
(Tratamento)	(9)	5297,194	588,577	71,403 **
Resíduo	20	164,858	8,243	
Total	29	5462,052		

Tabela 11 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	37,208	37,208	2,443 NS
Adubo	4	3391,049	847,762	55,675 **
pH x adubo	4	613,995	153,499	10,0807 **
(Tratamento)	(9)	4042,252	449,139	29,496**
Resíduo	20	304,542	15,227	
Total	29	4346,794		

Tabela 12- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	0,779	0,779	0,265 NS
Adubo	4	4225,449	1056,362	359,551 **
pH x adubo	4	260,188	65,029	22,134 **
(Tratamento)	(9)	4486,416	498,491	169,670 **
Resíduo	20	58,766	2,938	
Total	29	4545,182		

Tabela 13- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	0,274	0,274	0,035 NS
Adubo	4	3497,476	874,369	111,101 **
pH x adubo	4	422,029	105,507	13,406 **
(Tratamento)	(9)	3919,779	435,531	55,341 **
Resíduo	20	157,406	7,870	
Total	29	4077,185		

que o comportamento foi semelhante para o podzólico e o latossólico. Porém quando estudou-se solos com teores mais baixos de argila, tabela 8, 14, 9 e 15 o comportamento não foi o mesmo, visto que para o PV-3 que apresentou o teor de argila de 16%, houve significância para todas as variáveis estudadas o que não foi observado para o LV-4, que possui 17% de argila, que somente apresentou significância para adubo.

Podemos observar que para a soja a influência maior se deu para o aproveitamento dos adubos em presença do pH. Porém a pH 6 o aproveitamento dos fosfatos alvorada e araxá foram reduzido em solos com diferentes teores de argila, demonstrando que há influência de outras variáveis no aproveitamento do fósforo do solo.

CHAUDHARY e MISHRA (1980) que afirma que a transformação da rocha fosfatada no solo está principalmente relacionada com a acidez e o potencial de fósforo, já MARWAHA et alii (1981) demonstraram que a eficiência do fosfato de rocha aumenta grandemente quando usa-se em conjunto uma parte do superfosfato.

A pH 6 o aproveitamento do superfosfato triplo foi beneficiado mais do que os demais fosfatos.

Dentre os fosfatos em ambos pH, o superfosfato triplo foi o que apresentou melhor eficiência, tendo sido já observado por FEITOSA e RAIJ (1976), FEITOSA et alii (1978) e BRAGA et alii (1980), em culturas anuais.

CORDEIRO et alii (1979) observou que a eficiên-

Tabela 14- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	3,717	3,717	0,104 NS
Adubo	4	6781,348	1695,337	47,437 **
pH x adubo	4	151,961	37,990	1,063 NS
(Tratamento)	(9)	6937,026	770,781	21,567 **
Resíduo	20	714,773	35,739	
Total	29	7651,799		

Tabela 15- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela soja para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa da variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	284,179	284,179	57,030 **
Adubo	4	7858,842	1964,710	394,282 **
pH x adubo	4	230,670	57,667	11,573 **
(Tratamento)	(9)	8373,691	930,410	186,717 **
Resíduo	20	99,668	4,983	
Total	29	8473,359		

cia dos fosfatos naturais foi mais baixa do que o superfosfato triplo quando utilizou-se calcário o que foi também verificado neste trabalho pois o comportamento dos fosfatos naturais foram diferentes em ambos pH.

5.1.2 BRAQUIÁRIA

Na tabela 16 são apresentados peso seco da parte aérea e fósforo absorvido pela braquiária, primeira colheita , média de três repetições. Verificou-se que houve maior influência do pH no aproveitamento do fósforo dos fosfatos pela braquiária do que pela soja. Na maioria dos solos o peso seco da parte aérea e o fósforo absorvido foram prejudicados quando elevou-se o pH de 5 para 6. Porém para o LR-1 no tratamento com superfosfato triplo e nos PV-1 e LV-4 no tratamento testemunha apresentaram ligeiro acréscimo pela elevação do pH no peso seco da parte aérea e para os solos LR-1 e LV-4 no fósforo absorvido.

Quando estudou-se fonte de fósforo houve grande efeito para todos os solos da ordem de 1,5 a 3 vezes mais quando comparou-se a testemunha com o tratamento que recebeu fosfato de araxá para o peso seco da parte aérea a pH 5. A pH 6 estes valores são menores e da ordem de aproximadamente 0,5 a 2 vezes. O mesmo foi verificado para fósforo absorvido.

Os melhores tratamentos foram obtidos quando utilizou-se fosfato maranhão e superfosfato triplo que não diferiram entre si tanto para peso seco da parte aérea como para fósforo absorvido, com exceção do solo PV-3 que apresentou melhor tratamento para o superfosfato triplo diferindo do fosfato maranhão, quando estudou-se peso seco da parte aérea.

O fosfato de araxá foi dos fosfatos o que apresentou menor peso seco da parte aérea e fósforo absorvido. Nos solos LV-1, LR-1 e PV-3 a pH 5 a apatita de araxá apresentou

diferença significativa quando comparou-se com a testemunha para peso seco da parte aérea. Para fósforo absorvido houve diferença entre apatita de araxá e a testemunha nos solos LV-1; LR-1; LV-3 e PV-3 a pH 5 e PV-3 a pH 6.

O fosfato alvorado apresentou resultado intermediários entre o fosfato de araxá e os fosfatos maranhão e superfosfato triplo. Nos solos PV-1 e LV-4 ele apresentou diferença significativa com a apatita de araxá a pH 5 quando estudou-se peso seco da parte aérea. Já para fósforo absorvido ele somente apresentou significância para os solos LV-3 a pH 5 e 6 e para LV-4 e PV-1 a pH 5, porém SCHOLLES et alii (1981) observaram que o fosfato gafsa, da Flórida e o superfosfato triplo evidenciaram eficiência semelhante no rendimento do siratro, do desmódio e da soja perene, porém o fosfato de Jacupiranga foi ineficiente.

Na tabela 16 verifica-se que os efeitos dos fosfatos foram diferentes para os diferentes solos. Os solos PV-3 e LV-1 apresentaram maior diferença de peso seco da parte aérea entre o tratamento que produziu mais e a testemunha tanto para o pH 5 como para o pH 6. Este efeito demonstra que o teor de argila não influenciou no aproveitamento do fósforo dos fosfatos, pois os solos que apresentaram as maiores diferenças possuem 16 e 76% de argila. As menores diferenças foram observadas para o LR-1 em ambos pH. As diferenças encontradas foram da ordem de 31; 18,6; 29; 29,8; 28,5 e 37,7 para pH 5 e 29,2; 17,9; 24,9; 25,6; 26,3 e 36,9 para pH 6, respectivamente para os solos LV-1; LR-1; LV-3; PV-1; LV-4 e PV-3.

Tabela 16- Peso seco da parte aérea e P absorvido pela braquiária, primeira colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições.

Solo	Teor de argila	Tratamento	Peso seco da parte aérea		P absorvido pela braquiária	
			pH		pH	
			5	6	5	6
	%		- g/vaso -		- mg/vaso -	
LV-1	76	Testemunha	6,1	1,7	5,633	1,557
		S. triplo	32,1	27,2	29,700	28,786
		Alvorada	21,7	3,9	21,401	4,189
		Maranhão	37,1	30,9	32,171	31,887
		A. araxã	18,7	3,2	21,181	4,245
LR-1	72	Testemunha	16,4	15,6	16,574	18,400
		S. triplo	31,7	33,5	34,680	38,907
		Alvorada	29,2	23,7	32,850	28,100
		Maranhão	35,0	31,4	44,606	37,490
		A. araxã	25,2	19,1	31,842	21,714
LV-3	39	Testemunha	5,5	4,8	6,463	4,591
		S. triplo	34,5	29,7	37,398	27,628
		Alvorada	24,9	14,8	28,629	17,095
		Maranhão	30,7	28,8	34,319	29,115
		A. araxã	15,0	6,8	17,072	7,506
PV-1	35	Testemunha	5,2	5,5	5,502	4,720
		S. triplo	33,0	28,7	35,980	25,103
		Alvorada	21,7	12,2	23,798	11,277
		Maranhão	35,0	31,1	37,244	28,870
		A. araxã	9,7	7,2	9,889	7,468
LV-4	17	Testemunha	9,7	11,1	8,354	10,645
		S. triplo	37,9	37,4	48,557	39,800
		Alvorada	28,6	16,1	31,562	14,034
		Maranhão	38,2	36,4	49,885	40,926
		A. araxã	15,4	13,0	17,042	15,252
PV-3	16	Testemunha	8,9	4,0	7,892	3,259
		S. triplo	46,6	36,9	43,210	34,630
		Alvorada	36,2	18,7	33,686	20,654
		Maranhão	42,0	40,9	41,208	37,569
		A. araxã	26,3	14,7	24,402	17,286

No estudo da análise de variância com desdobramento tabela 17 e 18, observa-se que houve tanto para peso seco da parte aérea como para fósforo absorvido efeito altamente significativo para todos os parâmetros estudados e suas interações, mostrando que neste caso houve efeito do pH e dos adubos no crescimento da braquiária.

Na tabela 19 e 25 onde estudou-se a análise de variância do peso seco da parte aérea e fósforo absorvido, respectivamente, para o LV-1 observa-se que houve efeito para pH, adubo e sua interação. O solo apresentou um decréscimo para todos os tratamentos quando elevou-se o pH de 5 para 6 tendo sido mais alto esta diferença para os tratamentos que receberam os fosfatos alvorada e araxá.

Neste solo observa-se dois grupos de fosfatos, o fosfato maranhão que igualou-se ao superfosfato triplo e os fosfatos de alvorada e araxá que foram iguais entre si e somente diferiram da testemunha a pH 5 tanto para peso seco da parte aérea e fósforo absorvido.

Quando se estudou o solo LR-1, tabela 20 e 26 observa-se que o comportamento foi semelhante tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido.

O efeito do pH na absorção dos fosfatos apresentou para o superfosfato triplo um ligeiro acréscimo quando passou-se de pH 5 para pH 6, o que não foi observado para os demais fosfatos. As menores diferenças entre os fosfatos foram encontradas neste solo. A testemunha apresentou a maior produção entre solos igualando ou sendo superior aos tratamentos com

Tabela 17- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, primeira colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	1426,980	1426,980	178,999 **
Adubo	4	20338,765	5084,691	637,819 **
Solo	5	2432,420	486,484	61,024 **
pH x adubo	4	661,771	165,443	20,753 **
pH x solo	5	335,943	67,189	8,428 **
Adubo x solo	20	1233,740	61,687	7,738 **
pH x adubo x solo	20	2461,408	123,070	15,438 **
(Tratamento)	(59)	26659,573	451,857	56,681 **
Resíduo	120	956,599	7,972	
Total	179	27616,173		

Tabela 18- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiária, primeira colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	2256,538	2256,538	204,101 **
Adubo	4	22018,384	5504,596	497,883 **
Solo	5	3587,253	717,450	64,892 **
pH x adubo	4	716,090	179,023	16,192 **
pH x solo	5	164,405	32,881	2,974 *
Adubo x solo	20	1294,785	64,739	5,856 **
pH x adubo x solo	20	3389,817	169,491	15,330 **
(Tratamento)	(59)	31251,992	529,695	47,910 **
Resíduo	120	1326,728	11,056	
Total	179	32578,720		

Tabela 19- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	709,560	709,560	82,087 **
Adubo	4	4015,704	1003,926	116,141 **
pH x adubo	4	232,481	58,120	6,724 **
(Tratamento)	(9)	4957,745	550,861	63,727 **
Resíduo	20	172,889	8,644	
Total	29	5130,634		

Tabela 20- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, primeira colheita, para o Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	58,800	58,800	10,757 **
Adubo	4	1255,089	313,772	57,404 **
pH x adubo	4	67,893	16,973	3,105 *
(Tratamento)	(9)	1381,782	153,531	28,088 **
Resíduo	20	109,320	5,466	
Total	29	1491,102		

fosfato de araxá dos demais solos, com exceção do PV-3 que apresentou a maior produção do tratamento com fosfato de araxá, mostrando uma tendência do melhor aproveitamento dos fosfatos naturais em solos arenosos.

A pouca resposta dos fosfatos no LR-1 se deva talvez a alta produção da testemunha, porém obtivemos um aumento a ordem de 2 vezes mais quando utilizou-se superfosfato triplo ou fosfato maranhão.

Na tabela 21 e 27 observa-se que somente não houve efeito para a interação adubo x pH. Houve para todos os tratamentos do solo LV-3 um decréscimo tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido quando elevou-se o pH. As diferenças foram altas e significativas para os tratamentos que receberam fosfato alvorada e araxá quando estudou-se peso seco da parte aérea, porém para fósforo absorvido este efeito foi verificado para todos os tratamentos. O comportamento dos fosfatos foi semelhante aos solos já estudados.

Na tabela 22 e 28 são apresentados a análise de variância com desdobramento do grau de liberdade para o solo PV-1, respectivamente para peso seco da parte aérea e fósforo absorvido e observa-se que houve efeito para todos os parâmetros estudados. O solo apresentou o mesmo efeito, dos já verificados, nos demais solos estudados, havendo somente uma pequena diferença entre tratamentos a pH 5 e 6 para os fosfatos alvorada e araxá.

Quando estudou-se a análise de variância para o LV-4, tabela 23 e 29 verifica-se que os efeitos para as variâ-

Tabela 21 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de brachiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	198,558	198,558	12,824 **
Adubo	4	3260,758	815,189	52,651 **
pH X adubo	4	86,851	21,713	1,402 NS
(Tratamento)	(9)	3546,167	394,018	25,448 **
Resíduo	20	309,663	15,483	
Total	29	3855,830		

Tabela 22- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de brachiaria, primeira colheita para Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	118,167	118,167	17,708 **
Adubo	4	3832,715	958,179	143,590 **
pH X adubo	4	77,320	19,330	2,897 *
(Tratamento)	(9)	4028,202	447,578	67,073 **
Resíduo	20	133,458	6,673	
Total	29	4161,660		

Tabela 23- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de brachiaria, primeira colheita para Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SO	QM	F
pH	1	76,353	76,353	7,600 **
Adubo	4	3878,781	969,695	96,516 **
pH X adubo	4	181,199	45,300	4,509 **
(Tratamento)	(9)	4136,333	459,593	45,744 **
Resíduo	20	200,943	10,047	
Total	29	4337,276		

Tabela 24 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de brachiaria, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SO	QM	F
pH	1	601,490	601,490	52,176 **
Adubo	4	5329,458	1332,365	115,576 **
pH X adubo	4	237,379	59,345	5,148 **
(Tratamento)	(9)	6168,327	685,370	59,453 **
Resíduo	20	230,567	11,528	
Total	29	6398,894		

Tabela 25 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	466,220	466,220	47,452 **
Adubo	4	3514,385	878,596	89,425 **
pH X adubo	4	434,696	108,674	11,061 **
(Tratamento)	(9)	4415,301	490,589	49,933 **
Resíduo	20	196,491	9,825	
Total	29	4611,792		

Tabela 26 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	76,241	76,241	4,228 *
Adubo	4	2004,330	501,083	27,785 **
pH X adubo	4	219,223	54,806	3,039 *
(Tratamento)	(9)	2299,794	255,533	14,169 **
Resíduo	20	360,671	18,034	
Total	29			

Tabela 27 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	431,977	431,977	47,611 **
Adubo	4	3396,960	849,240	93,601 **
pH x adubo	4	93,900	23,475	2,587 NS
(Tratamento)	(9)	3922,837	435,871	48,040 **
Resíduo	20	181,450	9,073	
Total	29	4104,287		

Tabela 28 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	673,725	673,725	94,651 **
Adubo	4	3211,563	802,891	112,797 **
pH x adubo	4	436,560	109,140	15,333 **
(Tratamento)	(9)	4321,848	480,205	67,463 **
Resíduo	20	142,357	7,118	
Total	29	4464,205		

veis pH, adubo e interação pH x adubo foram altamente significativas.

Observa-se que houve um ligeiro acréscimo para a testemunha quando elevou-se o pH de 5 para 6, mas para os tratamentos com superfosfato triplo, maranhão e apatita de araxá os efeitos do pH foram praticamente nulo. O fosfato mais afetado pela elevação do pH foi o alvorada que apresentou uma diferença de peso seco na parte aérea de 11,8. O mesmo foi verificado quando estudou-se fósforo absorvido, porém este valor foi de 17,528 quando elevou-se o pH.

Na tabela 24 e 30 são apresentadas as análises de variância para o PV-3 e observa-se que para o fósforo absorvido não houve efeito significativo entre a interação pH x adubo. Neste solo verifica-se uma alta resposta para todos os fosfatos principalmente a pH 5. Houve efeito depressivo dos fosfatos naturais pela elevação do pH, havendo para todos os fosfatos uma diferença significativa do pH no aproveitamento dos fosfatos, com exceção do fosfato do maranhão cuja diferença é menos acentuada. Trabalho de CHU et alii (1962) vem confirmar o obtido neste trabalho pois eles verificaram que a melhor resposta do fosfato de rocha foi obtido nos solos com baixo pH e relativa quantidade de ferro livre.

O efeito do pH no PV-3 foi verificado tanto para o peso seco da parte aérea quanto para o fósforo absorvido. O superfosfato triplo e o fosfato maranhão apresentaram o mesmo comportamento. Houve para o PV-3 uma maior resposta do fosfato araxá a pH 5, conseguindo uma diferença da testemunha de

Tabela 29 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	362,102	362,102	33,039 **
Adubo	4	6442,520	1610,630	146,955 **
pH X adubo	4	346,807	86,702	7,911 **
(Tratamento)	(9)	7151,429	794,603	72,500 **
Resíduo	20	219,190	10,960	
Total	29	7370,619		

Tabela 30 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	410,678	410,678	36,253 **
Adubo	4	4743,411	1185,853	104,683 **
pH X adubo	4	82,497	20,624	1,821 NS
(Tratamento)	(9)	5236,586	581,843	51,363 **
Resíduo	20	226,569	11,328	
Total	29	5463,155		

17,4 e 16,51 respectivamente para peso seco da parte aérea e fósforo absorvido.

Para o estudo da braquiária segunda colheita observa-se que os valores de peso seco da parte aérea e fósforo absorvido foram maiores do que da primeira colheita, isto se deve ao maior período de desenvolvimento da cultura, tabela 31.

Na tabela 32 onde são apresentados o estudo da análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea, observa-se que o parâmetro pH não apresentou significância mostrando desta maneira que os fosfatos não foram influenciado pelo pH o que não foi verificado para a primeira colheita. Porém quando estudou-se fósforo absorvido esta influência ainda é observada, tabela 33. Os tratamentos com fosfatos apresentaram uma tendência a se igualarem o que é evidenciado na tabela 31.

Para o solo LV-1, tabela 34 e 40 verifica-se efeito para todos os parâmetros estudados tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido. Os fosfatos que apresentaram igualdade no fornecimento de fósforo para a braquiária a pH 5 foram: superfosfato triplo, fosfato maranhão e alvorada, somente apresentando menor peso para o fosfato araxá. A produção foi bastante prejudicada para os fosfatos alvorada e araxá quando elevou-se o pH, isto foi verificado com maior evidência para todos os solos com exceção do PV-1 que apresentou igualdade para os dois pH. No caso do LV-3 apresentou aumento para o tratamento alvorada quando aumentou o pH. O fosfato de araxá não apresentou diferença entre os valores

Tabela 31 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pela braquiária, segunda colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de três repetições.

Solo	Teor de argila	Tratamento	Peso seco da parte aérea		P absorvido pela braquiária	
			pH		pH	
			5	6	5	6
	%		- g/vaso -		- mg/vaso -	
LV-1	76	Testemunha	8,6	5,6	6,076	3,235
		S. triplo	56,2	57,4	44,788	39,676
		Alvorada	53,2	28,8	43,695	23,043
		Maranhão	56,8	62,7	43,146	45,666
		A. araxã	35,6	14,9	25,703	10,761
LR-1	72	Testemunha	36,8	39,8	29,633	29,765
		S. triplo	73,4	65,1	77,431	64,849
		Alvorada	77,7	69,5	75,048	54,908
		Maranhão	77,4	79,0	81,281	79,245
		A. araxã	74,5	62,7	62,274	51,775
LV-3	39	Testemunha	11,7	11,7	7,201	7,260
		S. triplo	65,8	67,0	60,767	51,827
		Alvorada	48,2	56,2	44,720	47,027
		Maranhão	66,7	72,9	63,483	63,550
		A. araxã	46,7	39,2	43,307	34,701
PV-1	35	Testemunha	10,0	11,1	10,453	11,391
		S. triplo	58,5	67,7	65,726	59,116
		Alvorada	41,6	42,1	43,743	40,581
		Maranhão	54,0	72,5	60,348	71,096
		A. araxã	35,9	32,6	40,965	27,689
LV-4	17	Testemunha	9,8	13,8	6,885	9,195
		S. triplo	57,1	64,8	59,569	62,712
		Alvorada	40,4	25,3	36,802	20,710
		Maranhão	60,6	64,7	73,779	64,263
		A. araxã	35,0	25,6	30,322	22,954
PV-3	16	Testemunha	13,2	13,2	10,726	12,615
		S. triplo	64,4	64,5	59,664	68,598
		Alvorada	67,3	56,6	67,029	55,470
		Maranhão	62,0	70,0	71,720	77,817
		A. araxã	45,1	43,9	41,358	42,128

Tabela 32 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiária, segunda colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	92,665	92,665	2,101 NS
Adubo	4	61274,941	15318,735	347,308 **
Solo	5	15311,897	3062,379	69,307 **
pH x adubo	4	1777,853	444,463	10,077 **
pH x solo	5	826,696	165,339	3,748 **
Adubo x solo	20	7917,988	395,899	8,976 **
pH x adubo x solo	20	8159,737	407,987	9,250 **
(Tratamento)	(59)	84839,240	1437,953	32,601 **
Resíduo	120	5292,825	44,107	
Total	179	90132,064		

Tabela 33 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, segunda colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	898,032	898,032	18,795 **
Adubo	4	65737,260	16434,315	343,958 **
Solo	5	17712,237	3542,447	74,141 **
pH x adubo	4	1158,574	289,643	6,062 **
pH x solo	5	563,547	112,709	2,359 *
Adubo x solo	20	3883,872	194,194	4,064 **
pH x adubo x solo	20	6807,974	340,399	7,124 **
(Tratamento)	(59)	91155,503	1545,008	32,336 **
Resíduo	120	5733,649	47,780	
Total	170	96889,153		

Tabela 34- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	501,352	501,352	14,431 **
Adubo	4	11729,988	2930,247	84,345 **
pH x adubo	4	1101,325	275,331	7,925 **
(Tratamento)	(9)	13323,665	1480,407	42,613 **
Resíduo	20	694,812	34,741	
Total	29	14018,477		

Tabela 35- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	168,081	168,081	3,724 NS
Adubo	4	5941,434	1485,359	32,906 **
pH x adubo	4	263,490	65,873	1,459 NS
(Tratamento)	(9)	6373,005	708,112	15,687 **
Resíduo	20	902,791	45,140	
Total	29	7275,796		

de peso para os dois pH nos solos Podzólicos, porém esta diferença foram mais marcantes nos solos: LV-1 e LR-1, solos que apresentam teores mais elevados de argila. O LR-1 foi o solo que apresentou maior peso seco da parte aérea para a testemunha e os demais tratamentos tanto para pH 5 como para pH 6.

Para o fósforo absorvido observa-se que o LV-1 apresentou um decréscimo bastante acentuado quando elevou-se o pH, com exceção do fosfato maranhão que apresentou um ligeiro aumento não significativo. O superfosfato triplo, alvorada e maranhão se comportaram igualmente e diferiram da apatita de araxá quando estudou-se frente a pH 5, porém somente o fosfato maranhão apresentou um ligeiro acréscimo pela elevação do pH. Os demais tratamentos apresentaram um ligeiro decréscimo sendo mais acentuado quando utilizou-se apatita de araxá.

Nas tabelas 35 e 41 são apresentados os dados de análise de variância para LR-1 e observa-se que somente houve significância para adubo no peso seco da parte aérea e a pH e adubo para fósforo absorvido.

Neste solo verifica-se igualdade para todos os fosfatos com exceção da testemunha que apresentou diferença altamente significativa quando estudou-se a pH 5. Porém mesmo a pH mais elevado houve resposta à aplicação de fosfato, havendo decréscimo no peso seco para os fosfatos de araxá, alvorada e superfosfato triplo e um acréscimo para o fosfato maranhão e a testemunha. Já para o fósforo absorvido houve decréscimo para todos os fosfatos utilizados.

Tabela 36- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	18,408	18,408	0,345 NS
Adubo	4	13055,040	3263,760	61,194 **
pH x adubo	4	220,840	55,210	1,035 NS
(Tratamento)	(9)	13294,288	1477,143	27,695 **
Resíduo	20	1066,705	53,335	
Total	29	14360,993		

Tabela 37- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	204,572	204,572	6,261 *
Adubo	4	11669,354	2917,339	89,281 **
pH x adubo	4	454,889	113,722	3,480 *
(Tratamento)	(9)	12328,814	1369,868	41,923 **
Resíduo	20	653,521	32,676	
Total	29	12982,336		

Tabela 38- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	22,759	22,759	0,341 NS
Adubo	4	11367,353	2841,838	42,537 **
pH x adubo	4	592,016	148,004	2,215 NS
(Tratamento)	(9)	11982,127	1331,347	19,928 **
Resíduo	20	1336,189	66,809	
Total	29	13318,317		

Tabela 39- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea de braquiaria, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	4,189	4,189	0,131 NS
Adubo	4	11953,981	2988,495	93,566 **
pH x adubo	4	267,272	66,818	2,092 NS
(Tratamento)	(9)	12225,442	1358,382	42,529 **
Resíduo	20	638,806	31,940	
Total	29	12864,248		

Tabela 40- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	504,940	504,940	17,636 **
Adubo	4	6932,439	1733,110	60,533 **
pH x adubo	4	433,526	108,382	3,785 *
(Tratamento)	(9)	7870,905	874,545	30,545 **
Resíduo	20	572,615	28,631	
Total	29	8443,520		

Tabela 41- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa, com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	610,862	610,862	12,502 **
Adubo	4	8907,183	2226,796	45,572 **
pH x adubo	4	406,613	101,653	2,080 NS
(Tratamento)	(9)	9924,658	1102,740	22,568 **
Resíduo	20	977,259	48,863	
Total	29	10901,917		

Para o LV-3 não houve efeito para o pH e a interação entre adubo x pH tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido (tabela 36 e 42). Pode-se verificar pelos dados da tabela 31 que houve pequena diferença não significativa entre os tratamentos a pH 5 e a pH 6, já para o PV-1 (tabela 37 e 43) este efeito foi somente verificado para pH quando estudou-se fósforo absorvido. Neste solo os tratamentos com fosfato maranhão, superfosfato triplo e alvorada foram beneficiados com a elevação do pH, no peso seco. Para fósforo absorvido somente houve acréscimo para o tratamento com fosfato maranhão.

Nas tabelas 38, 44 e 39 e 45 observa-se que somente houve diferença significativa para adubo tanto para peso seco da parte aérea quanto para fósforo absorvido o que demonstra que o efeito do pH foi semelhante para os dois solos que apresentam praticamente o mesmo teor de argila apesar de serem um latossólico e outro podzólico.

Porém quanto ao comportamento dos fosfatos verifica-se uma ligeira modificação, pois para o LV-4 houve aumento do peso seco para o tratamento com superfosfato triplo e maranhão enquanto que para o PV-3 somente apresentou aumento para o tratamento com maranhão quando elevou-se o pH, porém para fósforo absorvido o tratamento com superfosfato triplo apresentou um ligeiro aumento para ambos os solos quando elevou-se o pH, entretanto para o PV-3 um ligeiro decréscimo foi verificado para o fosfato maranhão e apatita de araxá.

Tabela 42- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	68,521	68,521	1,641 NS
Adubo	4	11397,261	2849,315	68,224 **
pH x adubo	4	170,452	42,613	1,020 NS
(Tratamento)	(9)	11636,234	1292,915	30,958 **
Resíduo	20	835,274	41,764	
Total	29	12471,508		

Tabela 43 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	38,731	38,731	1,340 NS
Adubo	4	11989,918	2997,480	103,698 **
pH x adubo	4	480,819	120,205	4,158 **
(Tratamento)	(9)	12509,468	1389,941	48,085 **
Resíduo	20	578,110	28,906	
Total	29	13087,578		

Tabela 44- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	227,249	227,249	2,447 NS
Adubo	4	15644,107	3911,027	42,120 **
pH x adubo	4	401,250	100,313	1,080 NS
(Tratamento)	(9)	16272,606	1808,067	19,472 **
Resíduo	20	1857,100	92,855	
Total	29	18129,706		

Tabela 45- Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiária, segunda colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	11,277	11,277	0,247 NS
Adubo	4	14847,242	3711,811	81,283 **
pH x adubo	4	370,876	92,719	2,030 NS
(Tratamento)	(9)	15229,395	1692,155	37,056 **
Resíduo	20	913,291	45,665	
Total	29	16142,686		

O efeito residual dos fosfatos naturais foram evidenciados pela cultura da braquiária que apresentou em seu comportamento um bom aproveitamento dos fosfatos maranhão e alvorada tendo sido praticamente igual ao superfosfato triplo. O efeito do fosfato de araxá foi aumentado ao longo do cultivo de braquiária. Este efeito foi estudado por ABRÃO e GRIMM (1975) que constataram que o aproveitamento dos adubos fosfatados no início é mais elevado, e que a partir do segundo ano de cultivo o efeito é diminuído bruscamente para após tender à estabilização, o que não foi verificado neste trabalho, pois há ainda na terceira colheita aumento do peso e fósforo absorvido devido a adubação fosfatada.

Os dados da terceira colheita da braquiária mostram diminuição do peso seco e fósforo absorvido no tratamento com superfosfato triplo, quando comparou-se com as demais colheitas, com exceção do LV-3 a pH 5 e LR-1 e PV-3 a pH 6. (Tabela 46). Os fosfatos naturais apresentaram uma sensível melhora em seu aproveitamento em ambos pH.

No estudo da análise de variância para peso seco e fósforo absorvido (Tabela 47 e 48) encontrou-se significância somente para pH, adubo e solo, porém as interações não apresentaram efeito.

Para o estudo dos solos em separado, tabelas 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57 e 59 verifica-se que somente houve efeito do adubo tanto para peso seco quanto para fósforo absorvido nos Latossolos, porém para os Podzólicos, tabelas 52, 54, 58 e 60 houve efeito para pH e adubo.

Tabela 46 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pela braquiária, terceira colheita, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições.

Solo	Teor de argila %	Tratamento	Peso seco da parte aérea pH		P absorvido pela braquiária pH	
			5	6	5	6
			- g/vaso -		- mg/vaso -	
LV-1	76	Testemunha	2,93	4,84	2,180	2,429
		S. triplo	46,94	48,16	22,242	21,842
		Alvorada	51,64	46,18	27,658	23,161
		Maranhão	42,74	57,10	19,279	30,264
		A. araxã	40,86	34,81	17,042	17,167
LR-1	72	Testemunha	30,01	43,09	17,084	19,205
		S. triplo	65,82	75,07	36,813	44,928
		Alvorada	80,04	82,61	45,651	43,150
		Maranhão	80,39	80,89	46,575	48,620
		A. araxã	72,55	67,83	38,547	37,889
LV-3	39	Testemunha	17,37	19,37	12,412	10,954
		S. triplo	65,66	57,94	35,276	31,748
		Alvorada	72,74	79,36	37,249	50,291
		Maranhão	60,13	67,57	35,295	35,664
		A. araxã	62,40	74,02	34,591	33,446
PV-1	35	Testemunha	5,68	18,78	4,033	14,583
		S. triplo	51,71	53,53	32,358	34,958
		Alvorada	50,92	64,11	28,231	38,881
		Maranhão	64,23	64,39	41,446	41,438
		A. araxã	48,89	61,92	32,340	36,038
LV-4	17	Testemunha	13,16	13,57	7,548	6,233
		S. triplo	50,36	51,56	23,207	28,512
		Alvorada	49,27	52,97	22,849	26,147
		Maranhão	51,79	55,68	28,230	32,212
		A. araxã	39,55	54,54	20,528	29,602
PV-3	16	Testemunha	12,32	19,07	8,433	14,233
		S. triplo	44,92	144,89	30,487	32,084
		Alvorada	50,08	190,93	28,582	42,637
		Maranhão	44,20	59,40	26,353	40,180
		A. araxã	35,44	47,10	22,574	33,111

Tabela 47 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	1323,076	1323,076	17,272 **
Adubo	4	50502,792	12625,698	164,818 **
Solo	5	19011,880	3802,376	49,637 **
pH x adubo	4	179,355	44,839	0,585 NS
pH x solo	5	389,458	77,892	1,017 NS
Adubo x solo	20	2184,528	109,226	1,426 NS
pH x adubo x solo	20	1473,346	73,667	0,962 NS
(Tratamento)	(59)	75064,435	1272,278	16,608 **
Resíduo	120	9192,497	76,604	
Total	179	84256,932		

Tabela 48 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	678,647	678,647	21,809 **
Adubo	4	15720,098	3930,024	126,298 **
Solo	5	7205,905	1441,181	46,315 **
pH x adubo	4	81,719	20,430	0,656 NS
pH x solo	5	355,229	71,046	2,283 NS
Adubo x solo	20	896,842	44,842	1,441 NS
pH x adubo x solo	20	874,431	43,721	1,405 NS
(Tratamento)	(59)	25812,871	437,506	14,060 **
Resíduo	120	3734,091	31,117	
Total	179	29546,962		

Tabela 49 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	10,752	10,752	0,179 NS
Adubo	4	9093,335	2273,333	37,845 **
pH x adubo	4	405,913	101,478	1,689 NS
(Tratamento)	(9)	9510,000	1056,667	17,591 **
Resíduo	20	1201,383	60,069	
Total	29	10711,383		

Tabela 50 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	128,298	128,298	2,422 NS
Adubo	4	8022,647	2005,662	37,869 **
pH x adubo	4	300,812	75,203	1,420 NS
(Tratamento)	(9)	8451,757	939,084	17,731 **
Resíduo	20	1059,271	52,963	
Total	29	9511,028		

Tabela 51 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	119,600	119,600	1,367 NS
Adubo	4	12292,765	3073,191	35,132 **
pH x adubo	4	327,187	81,797	0,935 NS
(Tratamento)	(9)	12739,552	1415,506	16,182 **
Resíduo	20	1749,504	87,475	
Total	29	14489,056		

Tabela 52 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita, para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	511,789	511,789	5,724 *
Adubo	4	10267,696	2566,924	28,708 **
pH x adubo	4	266,380	66,595	0,745 NS
(Tratamento)	(9)	11045,865	1227,318	13,726 **
Resíduo	20	1788,323	89,416	
Total	29	12834,188		

Tabela 53 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	175,401	175,401	1,568 NS
Adubo	4	6832,749	1708,187	15,273 **
pH x adubo	4	207,050	51,762	0,463 NS
(Tratamento)	(9)	7215,200	801,689	7,168 **
Resíduo	20	2236,834	111,842	
Total	29	9452,034		

Tabela 54 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de peso seco da parte aérea da braquiaria, terceira colheita, para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	766,691	766,691	13,251 **
Adubo	4	6178,126	1544,531	26,695 **
pH x adubo	4	145,364	36,341	0,628 NS
(Tratamento)	(9)	7090,181	787,798	13,616 **
Resíduo	20	1157,183	57,859	
Total	29	8247,364		

Tabela 55 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 76% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	12,525	12,525	0,488 NS
Adubo	4	2182,264	545,566	21,272 **
pH x adubo	4	199,118	49,779	1,941 NS
(Tratamento)	(9)	2393,907	265,990	10,371 **
Resíduo	20	512,933	25,647	
Total	29	2906,840		

Tabela 56 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Roxo, distrófico, A moderado, textura muito argilosa com 72% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	24,959	24,959	1,023 NS
Adubo	4	3212,949	803,237	32,918 **
pH x adubo	4	96,878	24,219	0,992 NS
(Tratamento)	(9)	3334,786	370,532	15,185 **
Resíduo	20	488,030	24,401	
Total	29	3822,816		

Tabela 57 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura argilosa com 39% de argila

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	15,898	15,898	0,505 NS
Adubo	4	3415,794	853,948	27,117 **
pH x adubo	4	263,270	65,817	2,090 NS
(Tratamento)	(9)	3694,962	410,551	13,037 **
Resíduo	20	629,828	31,491	
Total	29	4324,790		

Tabela 58 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita, para o Podzólico Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, textura média/argilosa com 35% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	226,710	226,710	6,118 *
Adubo	4	3610,392	902,598	24,359 **
pH x adubo	4	138,844	34,711	0,937 NS
(Tratamento)	(9)	3875,946	441,772	11,922 **
Resíduo	20	741,091	37,054	
Total	29	4717,037		

Tabela 59 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, terceira colheita, para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	124,041	124,041	3,371 NS
Adubo	4	1950,630	487,657	13,253 **
pH x adubo	4	84,260	21,065	0,572 NS
(Tratamento)	(9)	2158,931	239,881	6,519 **
Resíduo	20	735,874	36,794	
Total	29	2894,805		

Tabela 60 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do P absorvido pela braquiaria, para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	629,740	629,740	20,108 **
Adubo	4	2244,907	561,227	17,921 **
pH x adubo	4	174,192	43,548	1,390 NS
(Tratamento)	(9)	3048,839	338,760	10,817 **
Resíduo	20	626,337	31,317	
Total	29	3675,176		

5.1.3 ENSAIO COM ARROZ

Na tabela 61 são apresentados o peso seco da parte aérea e fósforo absorvido pelo arroz no início da formação das panículas. Observa-se que para todos os solos houve resposta para os fosfatos, sendo as maiores para o tratamento com superfosfato triplo tanto para peso da parte aérea quanto para fósforo absorvido. Para os tratamentos que não receberam adubação fosfatada os maiores peso seco e fósforo absorvidos foram obtidos para os Latossolos: LV-2 e LR-1 e os menores para os solos: PV-1, LE, LV-1 e Cb.

Os aumentos relativos a adubação com superfosfato triplo apresentaram maiores efeitos para os solos: LE, PV-4, PV-5 e PV-2 e os menores para os TE, Hi-2 e LR-1 e nos tratamentos com apatita de araxá foram os solos PV-5; Hi-1 e PV-2 para os maiores efeitos e TE, LR-1, LV-2 e Hi-2 para os menores efeitos. CHIEN et alii (1980) em estudo da dissolução de rocha fosfatada sugeriram que a eficiência agronômica relativa do fosfato de rocha comparando com o superfosfato decresce quando a capacidade de sorção de fósforo do solo aumenta, no entanto CRAHAM (1955) observou que solos ácidos com alta energia de retenção de Íon Ca pode ter alta capacidade de dissolver fosfatos de rocha.

Quando estudou-se separadamente teor de argila para os Latossolos e os Podzólicos verificou-se que não houve uma sequência lógica para os Latossolos pois solo que continham aproximadamente mesmo teores de argila apresentavam valores va

Tabela 61 - Peso seco da parte aérea e P absorvido pelo arroz no início da formação da panícula, em g/vaso e mg/vaso, respectivamente, média de 3 repetições.

Solos	Teor de argila %	Peso seco da parte aérea			P absorvido pelo arroz		
		Tratamento			Tratamento		
		Test.	S.T*	A.A**	Test	S.T*	A.A**
		----- g/vaso -----			----- mg/vaso -----		
LR-1	72	18,4	25,3	21,2	19,032	31,518	23,597
LR-2	44	9,2	19,0	16,0	5,620	15,314	12,100
LE	60	2,1	25,8	9,9	1,448	26,100	10,573
LV-1	76	2,8	17,2	10,6	2,916	24,025	13,391
LV-2	49	20,4	28,5	23,5	19,031	40,987	26,183
LV-3	39	5,1	20,1	16,6	4,761	24,106	18,492
LV-4	17	10,2	23,9	20,9	7,674	36,166	27,357
PV-1	32	0,5	16,6	12,4	0,330	17,645	13,385
PV-2	20	7,7	26,2	22,1	5,860	48,093	25,501
PV-3	16	8,3	20,0	17,6	7,192	21,772	13,449
PV-4	12	8,7	28,3	17,3	6,427	46,171	15,801
PV-5	9	15,4	34,0	32,4	13,776	85,560	54,157
TE	59	6,4	9,0	7,8	5,132	13,128	9,383
Cb	47	3,1	19,8	14,8	3,014	24,503	17,975
AQ	10	6,0	20,9	15,2	4,803	34,592	20,734
Hi-1	37	8,9	25,0	23,8	3,682	30,754	18,709
Hi-2	20	11,7	15,6	14,9	7,770	15,608	11,873

* S.T = superfosfato triplo

** A.A = apatita de araxá

riáveis de peso seco no tratamento testemunha, porém para os Podzólicos observa-se que existe uma relação entre teor de argila e peso seco. A medida que diminui o teor de argila os da dos do peso seco aumentam tanto para o tratamento testemunha quanto para os demais tratamentos, com exceção do solo PV-3 ~~ms~~ tratamentos que receberam superfosfato triplo e fosfato de araxã. Para os demais solos não observa-se qualquer relação, isto vem demonstrar que somente teor de argila não caracteriza a resposta da cultura ao fósforo, havendo sim outras características que afetam a absorção de fósforo do solo.

No estudo do Índice de aproveitamento = $(FN - T / ST - T) \times 100$ onde: FN é o valor do peso seco da parte aérea do arroz para o tratamento com fosfato de araxã, T para o tratamento testemunha e ST para o tratamento com superfosfato triplo obteve os seguintes valores: 36,8; 67; 37,2; 49,8; 32,7 ; 71; 69,1; 75,7; 46,4; 42,5; 23,6; 53,3; 53,7; 70; 53; 55,3 e 52,6 para os respectivos solos LR-1, LR-2, LE, LV-1, LV-2, LV-3, LV-4, PV-1, PV-2, PV-3, PV-4, PV-5, TE, Cb, AQ, Hi-1 e Hi-2. Observa-se que para os Podzólicos com teores mais elevados de argila os índices eram maiores e decresciam a medida que baixavam os teores de argila, com exceção do solo PV-5 que apresentou o índice de 53,3 maior do que os PV-2, PV-3 e PV-4. Para os Latossolos não verificamos nenhuma relação, porém nos AQ, Hi-1 e Hi-2 os valores dos índices foram aproximadamente iguais.

Nas tabelas 62 e 63 observa-se que quando estudou-se a análise de variância obteve-se efeito para todos os parâmetros estudados tanto para peso seco da parte aérea quan-

Tabela 62 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade do peso seco da parte aérea do arroz.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Adubo	2	4 851,181	2425,590	1098,546 **
Solo	16	3869,672	241,854	109,535 **
Adubo x solo	32	1084,389	33,887	15,347 **
(Tratamento)	(50)	9805,242	196,105	88,816 **
Resíduo	102	225,180	2,208	
Total	152	10030,422		

Tabela 63 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de fósforo absorvido pelo arroz.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Adubo	2	15387,787	7693,893	855,447 **
Solo	16	14935,398	933,462	103,787 **
Adubo x solo	32	6427,027	200,844	22,331 **
(Tratamento)	(50)	36750,212	735,004	81,721 **
Resíduo	102	917,399	8,994	
Total	152	37667,611		

to para fósforo absorvido.

Para o estudo da correlação entre características dos solos e peso seco da parte aérea do arroz, tabelas 64 e 65, observa-se que quando estudamos separadamente os Latossolos e os Podzólicos obtivemos melhores correlações do que quando agrupou-se todos os solos.

Uma alta correlação foi obtida com pH em H_2O e $CaCl_2$ para todos os solos, porém as melhores correlações foram para os Latossolos, o mesmo ocorrendo para o teor de cálcio do solo o que foi verificado por LARSEN (1966) que mostrou existir uma relação entre diminuição da concentração do fósforo no meio com o aumento da concentração de cálcio, porém LEWIS et alii (1981) verificaram que o ferro ativo, alumínio ativo, carbono orgânico e fósforo adsorvido estão mais estreitamente correlacionado com a retenção de fósforo, já HSU e JACKSON (1960) encontraram uma relação entre fração inorgânica do fósforo do solo e pH. PAAW (1965) considerou que pH do solo e capacidade de fixação de fósforo são fatores que controlam a disponibilidade de fósforo de rochas fosfatadas.

Outras correlações foram observadas quando estudou-se teor de argila, matéria orgânica e $H + Al$ para os Podzólicos. Estas correlações se devem talvez à menores variações dos teores dos elementos nestes solos do que nos Latossolos. Trabalhos têm demonstrado que a retenção de fosfato depende do conteúdo de alumínio solúvel e que correlacionam também com o teor de ferro solúvel, WILLIAMS (1960).

No entanto, BODZIAK et alii (1967) acharam que

Tabela 64 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e peso seco da parte aérea do arroz (tratamento testemunha)

Solos	Argila	M.O %	pH		Ca ²⁺	H + Al	CTC
			H ₂ O	CaCl ₂			
Latossolos	- 0,04	- 0,16	0,98***	0,92***	0,89***	- 0,60	0,11
Podzólicos	- 0,93**	- 0,83*	0,87*	0,81*	0,77	- 0,91**	- 0,77
Todos os solos	- 0,06	- 0,08	0,66***	0,56**	0,67***	- 0,13	0,23

* Para 10% de probabilidade

** Para 5% de probabilidade

*** Para 1% de probabilidade

Tabela 65 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e peso seco da parte aérea do arroz (tratamento testemunha).

Solos	P		Teores totais			Fracionamento			
	H ₂ SO ₄	Resina	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P-Al	P-Fe	P-Ca	
Latossolos	0,77*	0,87**	0,58	0,16	0,39	0,80**	0,37	0,47	
Podzólicos	0,92**	0,72	-0,44	-0,76	-0,75	-0,58	-0,80	0,47	
Todos os solos	0,66***	0,67***	0,27	0,0008	0,23	-0,07	-0,09	0,42	

* Para 10% de probabilidade

** Para 5% de probabilidade

*** Para 1% de probabilidade

a maior capacidade de fixação de fósforo está correlacionada com os solos que perderam maior quantidade de matéria orgânica, porém TAYLOR et alii (1963) observaram que a dissolução do fosfato de ferro e alumínio amorfos dependem largamente da razão de difusão do fosfato ao redor da partícula do solo. SUTTON e LARSEN (1966) verificaram que a imobilização do fósforo é devido a formação de fosfatos de cálcio, ferro e alumínio no solo.

Para o fósforo absorvido, tabelas 66 e 67 o mesmo foi observado com exceção do teor de argila e pH em CaCl_2 para os Podzólicos que não apresentaram correlações.

Quando estudou-se outras variáveis observa-se que somente os teores de fósforo extraídos pelo H_2SO_4 e resina apresentaram correlações para todos os solos, com exceção dos Podzólicos que não apresentaram correlações com os teores de fósforo extraídos pela resina.

Para as demais características do solo somente verifica-se correlação significativa para o fracionamento do fósforo ligado ao alumínio o que vem confirmar que a forma de fósforo ligado ao alumínio e ferro têm importância no adubo adicionado, SING e RAM (1977) e BRAGANÇA et alii (1981).

Os dados mostram que o pH e o teor de fósforo do solo extraídos pelo H_2SO_4 e resina são os únicos parâmetros que podem ser utilizados como indicativos de boa correlação com peso seco e fósforo absorvido pelo arroz. Trabalhos científicos têm utilizados extração do fósforo com resina COOKE e HISLOP (1963), TAYLOR e GURNEY (1965), GUNARY e SUTTON (1967), PARMA e FASSBENDER (1970), VARGAS (1970) e ROCHE et alii (1980).

Tabela 66 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e P absorvido pelo arroz (tratamento testemunha)

Solos	Argila	M.O %	pH		Ca ²⁺	H + Al	CTC
			H ₂ O	CaCl ₂			
Latossolos	0,10	- 0,08	0,98***	0,95***	0,95***	- 0,50	0,24
Podzólicos	- 0,77	- 0,89**	0,82*	0,74	0,64	- 0,86*	- 0,73
Todos os solos	0,07	- 0,07	0,67***	0,61**	0,73***	- 0,17	0,22

* Para 10% de probabilidade

** Para 5% de probabilidade

*** Para 1% de probabilidade

Tabela 67 - Coeficiente de correlação entre algumas características dos solos e P absorvido pelo arroz (tratamento testemunha).

Solos	P		Teores totais			Fracionamento		
	H ₂ SO ₄	Resina	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P-Al	P-Fe	P-Ca
Latossolos	0,78**	0,92***	0,66	0,20	0,48	-0,87**	0,32	0,56
Podzólicos	0,91***	0,66	-0,52	-0,77	-0,69	-0,51	-0,74	0,51
Todos os solos	0,58**	0,61***	0,40	0,12	0,37	-0,18	0,38	0,55**

* Para 10% de probabilidade

** Para 5% de probabilidade

*** Para 1% de probabilidade

Observa-se através dos valores que para um detalhamento dos dados, o melhor seria separarmos os solos, porém como o nosso objetivo é procurar parâmetros, que permitíssemos caracterizar o aproveitamento do fósforo do solo, sem que houvesse diferenciação entre solos, verifica-se que somente duas características foram permitidas: pH (H_2O e $CaCl_2$) e fósforo (extraído pela resina e H_2SO_4).

5.2 SOLOS

Na tabela 68 são apresentados os teores de argila, limo e areia dos solos estudados. Observa-se que os teores de argila variam de 76 a 9%, sendo que a maior variação se encontra nos Latossolos pois a faixa é de 76 a 17%, enquanto que para Podzólicos esta variação é de 35 a 9%. Constam para o estudo outros tipos de solos que não se enquadram nesta classificação.

Estes solos foram escolhidos tomando como base os teores de argila bem como os teores baixo de fósforo, cuja análise química para avaliar a fertilidade do solo constam da tabela 69. Observa-se que os dezessete solos relacionados para estudo apresentam uma grande variação em sua análise química o que nos conduziu a explorações através das correlações com as várias características dos solos.

Na tabela 70 são apresentados os teores totais de P_2O_5 , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O e CaO , verifica-se que na relação constam solos com baixos teores de P_2O_5 tais como: PV-3, PV-5, Hi-2, LV-4, AQ e Hi-1 e solo que apresentaram os maiores teores como LR-1 e TE, porém para o Al_2O_3 houve uma variação grande desde solos com 0,80 a 19,40 respectivamente para Hi-1 e LR-1 o mesmo ocorreu para o Fe_2O_3 que foi de 27,96 e 0,02.

Os teores de fósforo extraído pela resina e o fracionamento do fósforo são apresentados na tabela 71. Verifica-se que pelos dois métodos de extração de fósforo os teores deste elemento se encontram na faixa de muito baixo a

Tabela 68- Granulometria dos solos estudados.

Solos	Argila	Limo	Areia
	%		
LR-1	72	20	8
LR-2	44	5	51
LE	60	11	29
LV-1	76	8	16
LV-2	49	13	38
LV-3	39	5	56
LV-4	17	3	80
PV-1	35	4	61
PV-2	20	9	71
PV-3	16	6	78
PV-4	12	7	81
PV-5	9	3	88
TE	59	10	31
Cb	47	5	48
AQ	10	4	86
Hi-1	20	6	74
Hi-2	37	12	51

Tabela 69 - Características químicas dos solos estudados para avaliar a fertilidade.

Solos	M.O	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	K ⁺	CTC*	P**
		H ₂ O	CaCl ₂							
	%					meq/100ml				µg/ml
LR-1	3,5	5,0	4,4	1,0	0,4	0,6	4,1	0,07	5,57	2,0
LR-2	2,8	4,8	4,2	0,7	0,3	0,4	4,1	0,26	5,36	2,3
LE	4,6	4,3	3,9	0,6	0,2	1,5	8,4	0,43	9,63	3,7
LV-1	7,0	4,3	3,8	0,5	0,2	2,4	11,4	0,17	12,27	3,3
LV-2	3,1	5,5	4,8	3,5	1,9	0,2	4,4	0,47	10,27	9,8
LV-3	2,2	4,6	3,9	0,4	0,2	1,1	4,5	0,14	5,24	2,8
LV-4	1,2	4,8	4,0	0,4	0,7	0,5	2,3	0,13	3,53	4,1
PV-1	2,5	4,6	4,1	0,5	0,2	0,9	5,3	0,10	6,10	2,0
PV-2	2,4	5,3	4,6	1,6	0,5	0,2	2,6	0,26	4,96	3,7
PV-3	2,2	4,9	4,3	1,3	2,2	0,2	2,7	0,10	6,30	3,3
PV-4	2,4	5,1	4,5	1,6	0,5	0,2	2,2	0,27	4,57	5,5
PV-5	1,0	5,4	4,6	1,5	0,3	0,1	1,8	0,20	3,80	8,3
TE	1,5	6,0	5,4	3,7	0,8	0,0	1,7	0,51	6,71	4,6
Cb	9,1	4,3	3,9	0,5	0,2	2,3	1,7	0,15	2,55	2,0
AQ	1,3	4,3	4,0	0,3	0,1	0,8	3,1	0,09	3,59	3,3
Hi-1	3,8	4,6	4,0	0,7	0,6	1,3	5,3	0,15	6,75	3,7
Hi-2	10,2	4,8	3,9	1,5	0,3	3,5	14,2	0,09	16,09	13,1

* CTC calculada

** Extração com H₂SO₄ 0,05N na relação 1:10 (solo:solução).

Tabela 70 - Características químicas (teores totais) dos solos estudados.

Solos	P ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
	%					
LR-1	0,719	15,50	19,40	27,96	1,36	0,71
LR-2	0,270	8,91	16,73	9,97	0,90	0,66
LE	0,270	17,30	19,30	11,60	1,52	1,10
LV-1	0,205	18,80	10,00	8,50	3,20	2,07
LV-2	0,308	16,28	13,38	6,86	2,07	1,56
LV-3	0,102	12,30	10,50	2,80	1,99	1,70
LV-4	0,068	3,29	5,02	1,25	1,11	0,96
PV-1	0,102	8,91	10,04	3,21	1,51	1,25
PV-2	0,154	8,33	10,04	2,14	1,42	1,25
PV-3	0,051	3,30	3,90	1,20	1,44	1,20
PV-4	0,102	3,68	4,68	0,71	1,34	1,22
PV-5	0,051	2,52	3,01	1,25	1,42	1,13
TE	0,547	18,00	14,40	15,70	2,12	1,25
Cb	0,291	7,70	14,10	6,60	0,93	0,71
AQ	0,068	3,68	4,01	0,62	1,56	1,42
Hi-1	0,068	7,56	0,80	0,02	16,06	15,90
Hi-2	0,051	15,40	10,20	1,00	2,57	2,41

Tabela 71 - Teores de fósforo extraídos pela resina e fracionamento.

Solos	P resina		Fracionamento		
	Aniônica 16 horas	Dupla	P-Al	P-Fe	P-Ca
	$\mu\text{g}/\text{cm}^3$				
LR-1	13,0	14,0	3,1	7,7	30,5
LR-2	6,1	5,4	15,5	23,1	6,9
LE	2,0	3,8	14,7	27,7	8,4
LV-1	2,0	2,7	10,8	13,1	4,6
LV-2	8,8	10,0	3,1	51,6	23,7
LV-3	3,3	3,5	9,3	9,2	33,5
LV-4	3,3	3,4	7,0	6,9	3,8
PV-1	1,2	1,8	16,3	43,1	6,1
PV-2	5,1	5,4	9,3	11,6	10,7
PV-3	4,9	3,8	9,3	10,8	6,1
PV-4	2,6	3,8	10,1	13,9	3,1
PV-5	4,7	4,6	11,6	12,3	11,4
TE	7,1	8,4	16,3	50,1	16,0
Cb	3,8	4,5	18,6	49,3	9,2
AQ	3,8	3,5	7,7	6,9	0,8
Hi-1	9,3	8,7	12,4	5,4	3,8
Hi-2	16,5	14,1	68,9	28,5	8,4

médio. Entretanto no fracionamento os teores mais elevados são encontrados na fração do fósforo ligado ao ferro, com exceção dos solos LR-1 e LV-3 cujos teores de fósforo ligado ao cálcio foram os mais elevados, porém para os solos: LV-4, AQ, Hi-1 e Hi-2 os teores de fósforo ligado ao alumínio apresentaram mais altos do que as demais frações.

Na tabela 72 são apresentados os valores da adsorção máxima do fósforo, constante de seletividade, equações lineares de Langmuir e os coeficientes de correlação dos solos, verificou-se que os maiores valores de adsorção máxima foram obtidos para os LV-1, Cb, Hi-2, LE e LR-1. Os solos Cb e Hi-2 apresentam como características predominantes teores elevados de fósforo ligado ao alumínio e ao ferro, porém o LV-1 e LE apresentam os mais elevados teores de SiO_2 . Também LE apresentou elevado teor de fósforo ligado ao ferro e Al_2O_3 , mas o LR-1 somente teores de Al_2O_3 . Entretanto teores mais elevados foram obtidos para o Fe_2O_3 , quanto que a fração predominante foi o fósforo ligado ao cálcio. Vê-se que apesar de não haver uma concordância no predomínio para estes solos observa-se que sempre há valores mais altos, no geral mostrando que todas as características devem estar contribuindo para a adsorção máxima.

Quando correlacionou a adsorção máxima com as características dos solos, tabela 73, obteve-se altas correlações para argila, matéria orgânica, $\text{H} + \text{Al}$, CTC, Al_2O_3 e menores correlações para $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e Fe_2O_3 , mostrando que estas características contribuem na adsorção do fósforo do solo. Porém

Tabela 72 - Valores da adsorção máxima de fósforo (b), constante de seletividade (K), equações lineares de Langmuir e coeficientes de correlação, para os solos estudados.

Solos	b*	K**	Equação de Regressão	Coeficiente da correlação
LR-1	1039,501	0,489	$10^2. c/(x/M) = 0,1968 + 0,0962 c$	0,992
LR-2	638,204	0,343	$10^2. c/(x/M) = 0,4565 + 0,1567 c$	0,997
LE	1064,509	0,816	$10^2. c/(x/M) = 0,1150 + 0,0940 c$	0,996
LV-1	1944,768	1,425	$10^2. c/(x/M) = 0,0514 + 0,0733 c$	0,996
LV-2	653,595	0,363	$10^2. c/(x/M) = 0,4214 + 0,1530 c$	0,996
LV-3	438,866	0,748	$10^2. c/(x/M) = 0,3047 + 0,2279 c$	0,999
LV-4	90,470	-0,239	$10^2. c/(x/M) = -4,6309 + 1,1053 c$	0,987
PV-1	646,120	0,039	$10^2. c/(x/M) = 3,9901 + 0,1548 c$	0,996
PV-2	206,360	0,640	$10^2. c/(x/M) = 0,7574 + 0,4846 c$	0,995
PV-3	32,205	-0,069	$10^2. c/(x/M) = -44,9811 + 3,1051 c$	0,928
PV-4	69,040	-0,093	$10^2. c/(x/M) = -15,4782 + 1,4484 c$	0,938
PV-5	175,631	0,041	$10^2. c/(x/M) = 14,0186 + 0,5694 c$	0,925
TE	712,098	0,455	$10^2. c/(x/M) = 0,3084 + 0,1404 c$	0,996
Cb	1406,199	2,030	$10^2. c/(x/M) = 0,0350 + 0,0711 c$	0,998
AQ	71,882	-0,017	$10^2. c/(x/M) = -81,7224 + 1,3912 c$	0,987
Hi-1	165,755	1,269	$10^2. c/(x/M) = 0,4752 + 0,6033 c$	0,999
Hi-2	1342,633	1,243	$10^2. c/(x/M) = 0,0599 + 0,0745 c$	0,995
* μg P adsorvido por g de solo			** $ml/\mu g$ P na solução de equilíbrio	

Tabela 73 - Relação entre o valor da adsorção máxima de fósforo (b) de Langmuir e algumas características dos solos.

Características do solo	Equação de regressão	Coefficientes de correlação
b x argila %	$Y = -164,184 + 21,673 x$	0,837 ***
b x mat. org. %	$Y = 6,486 + 168,608 x$	0,820 ***
p x pH H ₂ O	$Y = 2569,704 - 463,169 x$	-0,604 **
b x pH CaCl ₂	$Y = 1548,476 - 213,752 x$	-0,182
b x Ca ²⁺	$Y = 592,522 + 26,750 x$	0,058
b x H + Al	$Y = 133,190 + 105,697 x$	0,660 ***
b x CTC	$Y = -58,197 + 98,902 x$	0,635 ***
b x P _{H₂SO₄}	$Y = 532,399 + 20,447 x$	0,108
b x P resina	$Y = 411,077 + 36,593 x$	0,243
b x P ₂ O ₅ %	$Y = 381,454 + 1229,691 x$	0,410
b x Al ₂ O ₃ %	$Y = 30,230 + 60,084 x$	0,610 ***
b x Fe ₂ O ₃ %	$Y = 411,714 + 36,490 x$	0,470 *
b x P-Al	$Y = 417,203 + 14,780 x$	0,385
b x P-Fe	$Y = 340,222 + 13,135 x$	0,396
b x P-Ca	$Y = 541,407 + 7,989 x$	0,135

* Para 10 % de probabilidade

** Para 5 % de probabilidade

*** Para 1 % de probabilidade

quando estudou-se as mesmas características com a constante de seletividade, tabela 74, verifica-se que o mesmo não ocorreu pois somente houve correlação para matéria orgânica, argila e $H + Al$.

Isto demonstra que as características que mais contribuem para a adsorção do fósforo do solo são: argila, matéria orgânica, $H + Al$, CTC, Al_2O_3 , Fe_2O_3 e pH.

Tabela 74- Relação entre a constante de seletividade (K) de Langmuir e algumas características dos solos.

Característica do solo	Equação de regressão	Coefficiente de correlação
K x argila %	$Y = 0,167 + 0,012 x$	0,450 *
K x Mat. org. %	$Y = - 0,035 + 0,174 x$	0,819 ***
K x pH_{H_2O}	$Y = 2,798 - 0,447 x$	- 0,402
K x pH_{CaCl_2}	$Y = 2,701 - 0,487 x$	- 0,401
K x Ca^{2+}	$Y = 0,736 - 0,094 x$	- 0,198
K x H + Al	$Y = 0,264 + 0,073 x$	0,442 *
K x CTC	$Y = 0,266 + 0,049 x$	0,305
K x $P_{H_2SO_4}$	$Y = 0,626 - 0,004 x$	- 0,021
K x P resina	$Y = 0,420 + 0,0031 x$	0,201
K x P_2O_5 %	$Y = 0,540 + 0,332 x$	0,107
P x Al_2O_3 %	$Y = 0,365 + 0,024 x$	0,239
K x Fe_2O_3 %	$Y = 0,568 + 0,006 x$	0,081
K x P-Al	$Y = 0,395 + 0,015 x$	0,372
K x P-Fe	$Y = 0,453 + 0,007 x$	0,203
K x P-Ca	$Y = 0,598 + 0,0008 x$	0,014

* Para 10% de probabilidade

** Para 5% de probabilidade

*** Para 1% de probabilidade

6. CONCLUSÕES

Os fosfatos mais afetados pelo pH foram alvorada e apatita de araxã tanto no efeito imediato quanto para o efeito residual.

Todos os fosfatos foram mais eficientes para a braquiária principalmente devido a planta ter explorado todo o volume de solo por um período mais longo de cultivo.

Os fosfatos naturais se igualaram ao superfosfato triplo principalmente o fosfato maranhão e alvorada já para os primeiros efeitos.

Na terceira colheita da braquiária verificou-se que somente os Podzólicos apresentaram efeito para pH.

Houve somente correlações para pH (H_2O e $CaCl_2$) e fósforo extraído pela resina e H_2SO_4 , quando correlacionou-se peso seco da parte aérea e fósforo absorvido pelo arroz para todos os solos; porém houve uma melhoria quando estudou-se os grupos de solos em separado, principalmente para os Podzólicos.

O teor de argila pouco influenciou no aproveitamento do fósforo dos fosfatos para as culturas de braquiária e arroz, porém para a soja houve melhor resposta do fosfato maranhã a pH 5 em solos com teores mais elevados de argila.

A adsorção máxima foi o melhor parâmetro para o estudo do fósforo do solo pois apresentou correlações significativas com as seguintes características do solo: teor de argila, matéria orgânica, $H + Al$, CTC, Al_2O_3 , pH_{H_2O} e Fe_2O_3 .

7. LITERATURA CITADA

ABRÃO, J.J.R. e S.S. GRIMM, 1975. Avaliação do efeito residual da calagem e da adubação fosfatada num Oxisol durante três anos de cultivo. Agron. Sulriogr., Porto Alegre, 11 (1):105-127.

BAHIA FILHO, A.F.C. e J.M. BRAGA, 1975a. Fósforo em Latossolos do Estado de Minas Gerais. I - Intensidade e capacidade tampão de fósforo. Experientiae. Viçosa, 19(2):17-32.

BAHIA FILHO, A.F.C. e J.M. BRAGA, 1975b. Fósforo em Latossolos do Estado de Minas Gerais. III - Índices de disponibilidade de fósforo e crescimento vegetal. Experientiae. Viçosa, 20(8):217-234.

BARBIER, G., 1956. Introduction a l'etude des phosphates du Sol. Extraits des rapports de VI^e Congrès International de la Science du Sol. Paris.

BARROW, G.M., 1961. Physical chemistry. New York, McGraw Hill. 694p.

BARROW, N.J., 1970. Comparison of the adsorption of molybdate sulfate and phosphate by soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 109: 282-287.

BHAT, K.K.S. e S. BOUYER, 1968. Influence de la matiere organique sur le phosphate isotopiquement diluable dans quelques types de sols tropicaux. Em *Isotopes and radiation in soil organic-matter studies. Proc. of a Symposium.* Vienna.

BITTENCOURT, V.C. e E. ZAMBELLO JUNIOR, 1973. Comportamento do fósforo em solos tropicais. I - Isotermas de adsorção. Piracicaba, ESALQ/USP, 65p. (Tese de Doutorado).

BLATT, C.R., 1973. Effect of superphosphate applications on soil phosphorus and on crop phosphorus removal by the strawberry. *Com. Soil Sci. Pl. Anal.* New York, 4(4):245-250.

BRAGA, J.M. e B.V. DEFELIPO, 1972. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material em solos sob a vegetação de cerrado. II - Trabalho em estufa. *Rev. Ceres.* Viçosa, 19(104):248-260.

BRAGA, N.R., H.A.A. MASCARENHAS, C.T. FEITOSA, R. HIROCE e B. van RAIJ, 1980. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4:36-39.

BRAGANÇA, J.B., J.M. BRAGA, R.F. NOVAIS e J.T.L. THIÉBAUT, 1981. Solubilização do fosfato de araxá no solo, considerando o teor de alumínio trocável e o tempo de incubação. *Rev. Ceres.* Viçosa, 28(158):383-390.

BRASIL, SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISA AGRONÔMICAS, Rio de Janeiro, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura - CNEPA. 636p. (Boletim, 12).

- BROMFIELD, S.M., 1964. Relative contribution of iron and aluminium in phosphate sorption by acid surface Soils. Nature, New York, 201:321-322.
- BODZIAK JUNIOR, C., D.M.P. SOUZA e J.C.S. RISPOLI, 1967. Fixação do fósforo em solos da região cafeeira do Estado do Paraná. Rev. da Ex. Agron. Vet. Paraná, 3:33-46.
- CABALA, P.R. e A. WILD, 1982. Direct use of low grade phosphate rock from Brazil as fertilizer. I - Effect of reaction time in soil. Plant and Soil, The Hague, 65(3): 351-362.
- CABALA, P.R. e H.W. FASSBENDER, 1971. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fósforo en suelos de la region cacaotera, Bahia, Brasil. Turrialba, Costa Rica, 21:3846.
- CAMARGO, O.A., 1979. O papel do íon fluoreto na adsorção, des-sorção e movimento de fósforo em alfisol. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 3:141-144.
- CAMARGO, O.A., B. van RAIJ e F. GROHMANN, 1976. Influência de cátions trocáveis e pH na fixação do fósforo em solos. Ciência e Cultura. São Paulo, 28(6):678-681.
- CAMARGO, O.A., J.W. BIGGAR e D.R. NIELSEN, 1979. Efeito do cálcio ou do potássio na adsorção e movimento do fósforo em um Alfisol. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 3(1):8-13.
- CATANI, R.A., A.C. NASCIMENTO e J.R. GALLO, 1957. Formas de ocorrência do fósforo nos solos do Estado de São Paulo. Revista de Agricultura. Piracicaba, 32:147-163.
- CATANI, R.A. e D. PELEGRINO, 1960. Avaliação da capacidade de fixação de fósforo pelo solo. Anais. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 17:19-27.

- CATANI, R.A. e O.C. BATAGLIA, 1968. Formas de ocorrência do fósforo no solo Latossolítico Roxo. Anais. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, XXV:99-119.
- CHANG, S.C., 1965. Application of phosphorus fractionation to the study of the chemistry of available soil phosphorus. Soil and Fertilizers in Taiwan. Taipei, p.1-15.
- CHANG, S.C. e M.L. JACKSON, 1957. Fractionation of Soil phosphorus. Soil Sci., Baltimore, 84:133-144.
- CHANG, S.C. e W.K. CHU, 1961. The fate of soluble phosphate applied to soils. J. Soil Sci., Inglaterra, 12:286-293.
- CHAUDLARI, M.L. e B. MISHRA, 1980. Factors affecting transformation of rock phosphate in soil. J. Indian Soc. Soil. Sci. India, 28(3):295-301.
- CHIEN, S.H., L.A. LEON e H.R. TEJEDA, 1980. Dissolution of North Carolina Phosphate Rock in Acid Colombian Soils as Related to Soil Properties. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, 44:1267-1271.
- CHO, C.M. e A.C. CALDWELL, 1959. Forms of phosphorus and fixation in soils. Soil Sci. Am. Proc. Madison, 23(6): 458-460.
- CHU, C.R., W.W. MOSCHLER e W. THOMAS, 1962. Rock phosphate transformation in acid soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 26:476-478.
- COLEMAN, N.T., J. THORUP e W.A. JACKSON, 1960. Phosphate sorption reaction that involve exchangeable Al. Soil Sci. Baltimore, 90(1):1-7.
- COOKE, G.M. e J. HISLOP, 1963. Use of anion exchange resin for the assessment of available soil phosphate. Soil Sci. Baltimore, 96:308-312.

- CORDEIRO, D.S., D. POTTKER, C.M. BORKERT, G.J. SFREDO, A.N. MESQUITA, R.C. DITTRICH e J.B. PALHANO, 1979. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS). R. bras. Ci Solo, Campinas, 3(2):100-105.
- DAVIS, L.F., 1935. Sorption of phosphate by non calcareous Hawaii an Soils. Soil Sci. Baltimore 40:129-158.
- DELAZARI, P.C., J.M. BRAGA, R.F. NOVAIS e J.T.L. THIÉBAUT, 1980. Disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Espírito Santo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 4:149-153.
- ELLIS JUNIOR, R. e E. TRUOG, 1955. Phosphate fixation by montmorillonite. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 19: 451-454.
- FARIA, C.M.B., J.M. BRAGA e O.C.B. PINTO, 1976. Sorção de fósforo em cinco solos do Estado de Minas Gerais: Influência de alguns fatores. Revista Ceres. Viçosa, 23 (127): 166-179.
- FASSBENDER, H.W., 1969. Phosphorus fixation in tropical soils. Agric. Digest., Bruxelas, 18:20-28.
- FASSBENDER, H. W., L. MULLER e F. BALELDI, 1968. Estudio del fósforo en suelos de America Central. II - Formas y su relacion com las plantas. Turrialba, Costa Rica. 18(4):333-346.
- FEITOSA, C.T. e B.van RAIJ, 1976. Influência da natureza de fosfatos aplicados a dois solos no fósforo solúvel em extractores químicos e disponível para o trigo e milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV, Campinas, SP, 1975. Anais. Campinas, SP, Soc. Bras. Ciência do Solo p.215-220.

- FEITOSA, C.T., B.van RAIJ, A.R. DECHEN e J.C. ALCARDE, 1978. Determinação preliminar da eficiência relativa de fosfatos, para trigo, em casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 2:193-196.
- FEITOSA, C.T. e V.C. BITTENCOURT, 1981. Disponibilidade do fósforo ao solo na forma de diferentes fosfatos. Energia Nucl. Agric., Piracicaba, 3(2):110-136.
- FORD, M.C., 1933. The nature of phosphorus fixation in soil. J. Amer. Soc. Agron., Genova 25:134-144.
- FREIRE, F.M., R.F. NOVAIS, J.M. BRAGA, G.E. FRANÇA, H.L. SANTOS e P.R.R.S. SANTOS, 1979. Adubação fosfatada para a cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) baseada no fósforo "disponível" em diferentes extratores químicos e no "fator capacidade". R. bras. Ci. Solo. Campinas, 3:106-111.
- GARGANTINI, H. e C.T. FEITOSA, 1974. Comportamento de diferentes fertilizantes fosfatados em diversas condições de acidez do solo em dois grupos de solo do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XIV, Santa Maria, RS, 1973. Anais. Santa Maria, UFSM, Soc. Bras. Ciência do Solo, p.256-262.
- GRAHAM, E.R., 1955. Availability of natural phosphorus according to energy changes. Soil Sci. Am. Proc. Madison, 19:26-29.
- GUNARY, D. e C.D. SUTTON, 1967. Soil factors affecting plant uptake of phosphate. J. Soil Sci. Oxford, 18:167-173.

- GUNJIGAKE, N. e K. WADA, 1981. Effects of phosphorus concentration and pH on phosphate retention by active aluminum and iron of andosoils. Soil Science. Baltimore, 132(5):347-352.
- GUTNIK, V., J. BALCAR, H. BEHRENS e E. ACEVEDO, 1967. Influência del pH sobre la fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricult. Tecn. Santiago, 27(4):141-143.
- HSU, P.H., 1964. Adsorption of phosphate by aluminium and iron in soils. Soil Sci. Soc. Proc. Madison, 28(4):474-478.
- HSU, P.H. e M.L. JACKSON, 1960. Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH. Soil Sci. Baltimore, 90:16-24.
- HUSSAIN, A. e K. KYUMA, 1970. Charge characteristics of soil organo mineral complexes and their effect on phosphate fixation. Soil Sci. and Plant Nutr. Tokyo, 16(4):154-162.
- JORGE, J.A. e J. VALADARES, 1969. Formas de fósforo em solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 28:23-30.
- KINJO, T. e P.F. PRATT, 1971. Nitrate adsorption. II - In competition with chloride, sulphate and phosphate. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 35(5):725-728.
- KURTZ, L.T., E. TURK e R. BRAY, 1946. Phosphate adsorption by Illinois soils. Soil Sci. Baltimore, 61:111-124.
- LARSEN, S., 1966. The solubility of phosphate in a calcareous soil. J. Soil Sci. Oxford, 17:121-126

- LARSEN, S., 1974. Phosphorus a limiting factor in future food production. Neth. J. Agr. Sci. Wageningen, 22:270-274.
- LEWIS, D.C., A.L. CLARKE e W.B. HALL, 1981. Factors affecting the retention of phosphorus applied as superphosphate to the sandy soils in south-eastern south Australia. Aust. J. Soil Res. Australia,, 19:167-174.
- MARWAHA, B.C., B.S. KANWAR e B.R. TRIPATHI, 1981. Direct and residual effect of Mussorie rock phosphate related to the crop species in an acid soil. J. Indian Soc. Soil Sci. India, 29(3):349-355.
- MEAD, J.A., 1981. A comparison of the Langmuir, Freundlich and Temkin Equations to describe phosphate adsorption properties of soils. Aust. J. Soil. Res. Australia, 19: 333-342.
- MIRANDA, L.N. e S.J. VOLKWEISS, 1981. Relações entre resposta da soja a adubação fosfatada e alguns parâmetros do solo. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 5:58-61.
- MUZILLI, O., J.C. HISPOLI e N.A. COSTA, 1971. Efeitos de adubação fosfatada em solos ácidos do sul do Paraná. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 7p. (Boletim nº 9).
- NOVAIS, R. e E.J. KAMPRATH, 1978. Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. Soil Sci. Soc. of Am.J. Madison, 42(2):931-935.
- NOVAIS, R.F. e E.J. KAMPRATH, 1979a. Parâmetros das isotermas de adsorção de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 3:37-41.

- NOVAIS, R.F. e E.J. KAMPRATH, 1979b. Fósforo recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no solo e do "fator capacidade". Rev. bras. Ci. Solo. Campinas, 3:41-46.
- NOVAIS, R.F., J.M. BRAGA e C.A.S. MARTINS FILHO, 1980. Efeito do tempo de incubação do fosfato de araxá em solos sobre o fósforo disponível. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 4:153-155.
- OLIVEIRA, J.B., E.J.R. MENK e C.L. ROTTA, 1979. Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo: Quadricula de Campinas. Rio de Janeiro(RJ).IBGE-SUPREN, 172p. (Séries Recursos Naturais e Meio Ambiente,5).
- OLSEN, S.R. e F. WATANABE, 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 21:144-149.
- PAAUW, F., 1965. Factors controlling the efficiency of rock phosphates for potatoes and rye on humic sandy soils. Plant and Soil. Netherlands, 22:81-98.
- PALMA, G. e H.W. FASSBENDER, 1970. Estudio del fósforo en suelos de América Central: V - Uso de resinas de intercambio para evaluar la disponibilidad de P. Turrialba, Costa Rica, 20(3):279-287.
- PISSARIDES, A., J.W.B. STEWART e D.A. RENNIE, 1968. Influence of cation saturation on phosphorus adsorption by selected clay minerals. Can. J. Soil Sci. Canadá, 48:151-157.
- RAIJ, B.VAN e J.M.A.S. VALADARES, 1974. Análise dos elementos maiores de rochas, argilas e solos. Campinas, Instituto Agrônômico, 23p. (Boletim Técnico nº 16).

- RAIJ, B.VAN e M.A.T. ZULLO, 1977. Métodos de análises do solo. Fertilidade do solo, Instituto Agrônomo, Secretaria da Agricultura, Campinas, SP. 16p. (Circular nº 63).
- RALTJE, W., 1960. On the mutual conversion of calcion-bound phosphoric acid in soil. Plant and Soil. The Hagve, Netherland, 13:159,165.
- RAMOS, M.G., 1982. Avaliação da eficiência de oito fosfatos para as culturas de trigo e soja em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 6:38-42.
- REEVE, N.G. e M.E. SUMMER, 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 34(2):263-267.
- ROCHE, P., L. GRIÈRE, D. BABRE, H. CALBA e P. FALLAVIER, 1980. O fósforo nos solos tropicais: Apreciação dos níveis e das necessidades de carência de fósforo. Institut Mondial du phosphate. Paris, França. 48p.
- RODRIGUES, O. e C. SANCHEZ, 1968. Fijacion del fosforo por quatro tipos de suelos de sabana. Oriente Agrop. 1(1):23-33.
- SÃ JUNIOR, J.P.M., I.F. GOMES e A.L. VASCONCELOS, 1968. Retenção de fósforo em solos da Zona da Mata de Pernambuco. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, 3:183-188.
- SCHALSCHA, E.B., P.F. PRATT and C. GONZALES, M., 1972. Reative aluminum estimated from formation of magnesium-aluminum double hydroxide. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 36:752-755.
- SCHOLLES, D., J. KOLLING e J.G. STAMMEL, 1981. Eficiência da calagem e fontes de fósforo no rendimento de leguminosas forrageiras tropicais, no pH e P "disponível" do Solo. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 17:129-133.

- SHAPIRO, R. e M. FRIED, 1959. Relative release and retentiveness of soil phosphate. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 23(3):195-198.
- SING, R.S. e H. RAM, 1977. Effect of organic matter on the transformation of inorganic phosphorus in soils. J. Indian Soc. Soil Sci. India, 25(2):118-121.
- SMYTH, T.J. e P.A. SANCHEZ, 1982. Phosphate rock and super phosphate combinations for soybeans in a cerrado Oxisol. Agron. J., Madison, 74(4):730-735.
- STOUT, P.R., 1939. Alterations in the cristal struture of clay minerals as a result of phosphate fixation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 4:177-182.
- SUTTON, C.D. e S. LARSEN, 1969. Imobilization of applied phosphate in soil. Welsh soils discussion report. Aberystwyth, 10:37-41.
- SYERS, J.K., J.T. MURDOCK e J.D.H. WILLIAMS, 1970. Adsorption and desorption of phosphate by soils. Soil Sci. and Plant Anal., New York, 1(1):52-67
- SYERS, J.K., T.D. EVANS, J.D.H. WILLIAMS e J.T. MURDOCK, 1971. Phosphate sorption paremeters of representative soils from Rio Grande do Sul, Brasil. Soil Sci. Baltimore, 112(4):267-275.
- TAYLOR, A.W. e E.L. GURNEY, 1965. The effect of lime on the phosphate potencial and resin extractable phosphate in fwe acid soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison 29(4):482-483.
- TAYLOR, A.W., E.L. GURNEY e J.R. LEHR, 1963. Decay of phosphate fertilizer. Reaction products in an acid soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 27(2):145-148.

- VARGAS, G.P., 1970. Uso de resinas de intercâmbio iônico para avaliar a disponibilidade de fósforo en suelos. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la OEA/ Costa Rica. 86p. (Tese de mestrado).
- VASCONCELOS, C.A., J.M. BRAGA, R.F. NOVAIS e O.C.B. PINTO, 1975a. Fósforo em dois Latossolos do Estado do Mato Grosso. III - Relações entre planta, solo e fósforo. Revista Ceres. Viçosa, 22(119):22-49.
- VASCONCELOS, C.A., J.M. BRAGA, R.F. NOVAIS e O.C.B. PINTO, 1975b. Fósforo em dois Latossolos do Estado do Mato Grosso. II - Dessorção de fosfatos. Revista Ceres. Viçosa, 22(119):62-73.
- VERDADE, F.C., 1960. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. II - Fósforo e manganês. Bragantia. Campinas, 19:567-577.
- VOLK, V.V. e E.O. McLEAN, 1963. The fate of applied phosphorus in four Ohio soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 27:53-58.
- WILLIAMS, E.G., 1960. Some aspects of phosphate retention and availability in soils. 7th Intern. Congress. of Sci. IV. 76:604-611.
- WRIGHT, B.C. e M. PEECH, 1960. Characterization of phosphate reaction products in acid soils by the application of solubility criteria. Soil Sci. Baltimore, 90:32-43.