ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO
(*Zea mays* L.), EM DOIS SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE
CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS

LUIZ CARLOS VALLADARES BORGES

Orientador: Francisco de Assis Ferraz de Mello

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos e Nutrição de Plantas,

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1978

Oferecimento:

*A minha esposa Ana Amélia e meus filhos;
José Valladares Neto, Ana Claudia e Luciana,*

Gratidão:

A meus pais Alice e José Valladares

Aos mestre,

Aos amigos.

A G R A D E C I M E N T O S

- A Universidade de São Paulo e E.S.A. "Luiz de Queiroz" representadas pelos professores que propiciaram os ensinamentos deste curso de Pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
- A Universidade Federal de Goiás através da Escola de Agronomia e Veterinária e a Secretaria da Agricultura do Estado de Goiás, por haverem permitido meu afastamento para o Pós-Graduação.
- A Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, por haver propiciado os meios para a execução deste trabalho.
- Ao Professor Francisco A.F. de Mello pela sua orientação e amizade.
- Ao Professor Roberto S. de Moraes do Departamento de Matemática e Estatística da E.S.A. "Luiz de Queiroz" pelos cálculos estatísticos.
- Aos Colegas do Departamento de Agricultura da Escola de Agronomia e Veterinária da U.F.G. pelos auxílios prestados.
- A Equipe do Projeto Solos da EMGOPA pela colaboração na montagem, condução e coleta dos dados.

A todos que colaboraram, compreenderam e estimularam nos momentos difíceis e que tornaram este trabalho em realidade.

Í N D I C E

	Página
1 - RESUMO.....	1
2 - INTRODUÇÃO.....	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 - Considerações gerais.....	17
4.2 - Experimento de Goiânia.....	21
4.3 - Experimento de Santa Helena.....	22
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1 - Resultados do primeiro ano.....	23
5.2 - Resultados do segundo ano.....	26
5.2.1 - Experimento de Goiânia.....	26
5.2.2 - Experimento de Santa Helena.....	31
5.3 - Considerações finais.....	35
6 - CONCLUSÕES.....	40
7 - SUMMARY.....	41
8 - LITERATURA CITADA.....	43
9 - APÊNDICE	51

1 - RESUMO

Dois experimentos de campo em solos representativos da exploração agrícola sob vegetação de "cerrado" foram instalados próximos às cidades de Goiânia (LVE) e Santa Helena (LR) no Estado de Goiás (Brasil). No primeiro ano foi aplicado o fosfato natural de Catalão que é uma apatita com 38,2% de P_2O_5 total e com uma solubilidade em ácido cítrico a 2% (1:100) igual a 3,1%, nas doses de 0,150 , 300 , 600 e 1.200 kg de P_2O_5 total/ha, a lanço. No segundo ano, utilizou-se sobre as doses acima, uma adubação no sulco com o superfosfato triplo nas doses de 0,50 , 100 e 200 kg de P_2O_5 /ha.

A adubação com o fosfato de Catalão nas doses acima não deu resposta significativa no primeiro ano nas duas localidades para a cultura do milho (*Zea mays* L.). No segundo ano houve um efeito significativo em Goiânia. Em Santa Helena não houve efeito significativo para o fosfato natural de Catalão.

O superfosfato triplo provocou um efeito marcante na produção, o que indica que nos primeiros anos de exploração desses dois "tipos de cerrados", há uma necessidade de aplicação de uma fonte solúvel de P no sulco.

2 - INTRODUÇÃO

A área originalmente coberta pela vegetação de cerrado no Brasil é cerca de 180 milhões de hectares. Esta dimensão equivale a aproximadamente 21% do território brasileiro. O Estado de Goiás possui, em "cerrado", 30% da distribuição percentual no País (EMBRAPA-CPAC, 1976). Devido a proximidade dos grandes centros consumidores, preço da terra e possibilidade de mecanização, entre outros fatores, e atualmente uma das alternativas mais viáveis para a incorporação de novas áreas ao processo produtivo.

Sob esta vegetação predominam os solos classificados como latossolo (Oxisol, na classificação americana). Do ponto de vista da utilização agropecuária nesta área, destaca-se dentro dos latossolos: o latossolo roxo (LR), o latossolo vermelho escuro (LVE) e o latossolo vermelho amarelo (LVa), que são geralmente profundos, ácidos e pobres em elementos nutritivos as plantas (EMBRAPA-CPAC, 1976a), e FREITAS e SILVEIRA, 1976). Entre esses elementos, o fósforo e, sem dúvida alguma, um dos fatores que mais tem limitado a produção das principais culturas anuais, conforme se pode observar nos trabalhos coletados na Bibliografia Analítica do Cerrado (EMBRAPA-CPAC, 1976b), no trabalho de ALMEIDA NETO (1975), citação de MALAVOLTA (1977) e no estudo de CAMPOS e GOMES (1976) que analisaram um grande número de experimentos com milho, verificando as interações N,P,K e o seu efeito isolado. Sua importância para as pastagens pode ser vista em REID e JUNG (1975) que citam as palavras de Underwood, 1966: "There is no doubt that phosphorus deficiency is the most widespread and economically important of all the mineral disabilities affecting grazing livestock".

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é a segunda área cultivada no Estado, estando abaixo somente da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). De acordo com o Plano de Ação da Secretaria da Agricultura do Estado de Goiás (1975), pode-se observar nitidamente a estabilização da área de arroz, sendo que a área de milho que nos anos agrícolas 17/73 a 76/77 aumentou em 50%, possuindo, atualmente uma área plantada de 685.00 ha, com uma produção de 1.274.100 t, segundo dados do IBGE (1977).

O regime pluviométrico da região, é talvez, um dos maiores responsáveis por tal fato, devido aos "veranicos", que são ocorrências de períodos sem chuva durante a estação chuvosa e que acontecem durante o ciclo das culturas, prejudicando principalmente o arroz de sequeiro, enquanto que a cultura do milho sofre menor influência.

Na região do Brasil Central ocorrem várias jazidas de calcário conforme citação de SOARES *et alii* (1975) e de rochas fosfatadas como as de Patos de Minas, Tapira, Araxá, Abaeté, Coromandel, Catalão e outras (PARADA e ANDRADE, 1976 e EIM-Engenharia para a Indústria Mineral S.A., 1977a). A recente exploração da jazida do fosfato natural de Catalão que se encontra no Sudeste do Estado de Goiás, poderá minimizar o custo de um dos fatores mais importantes na produção agrícola nesta área.

Existe ainda a Política Governamental de estimular programas especiais de desenvolvimento do cerrado e também conforme expresso no Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola (BRASIL, 1974) há uma programação visando a redução das importações e autosuficiência em fertilizantes. A situação atual é o grande aumento em volume importado e a diminuição na relação produto nacional fosfático/importado, que em 1961 era de 786% e passou em 1974 (até junho) para 15,9%, conforme trabalho de CARVALHO e ARAUJO (1974), citando os dados do Sindicato da Indústria de Adubos e Colas do Estado de São Paulo. Estes dispêndios com a importação têm causado fortes pressões na balança de pagamentos do País.

Entretanto, para a utilização destes fosfatos naturais brasileiros, temos alguns problemas sérios a resolver, dos quais podemos enumerar:

- a) - dificuldades na fabricação de fosfatos solúveis devido a falta de conhecimento em tecnologia e de preços competitivos com o material importado;
- b) - falta de conhecimento agrônômico do efeito do material nacional aplicado como fonte natural.

Trabalho recente de revisão sobre os fosfatos naturais foi realizado por BRAGA (1970). Além de um número relativamente pequeno de experimentos, principalmente com as fontes recém descobertas e exploradas, observa-se uma porcentagem alta em trabalhos de laboratório e a preocupação fundamental nos trabalhos de campo para a competição entre fontes. Deve-se notar atentamente que a recomendação geral no Brasil e outros países é de que o fosfato natural deve ser aplicado sempre a lanço, com a finalidade de se diminuir as doses de fósforo solúvel no sulco, barateando assim o custo das adubações (BRAGA, 1970 p. 13-17).

Partindo desta premissa, onde existe uma grande lacuna na bibliografia brasileira, o presente trabalho feito em dois tipos de solos representativos da área agrícola cultivada do cerrado (LVE e LR), utilizando como planta teste o milho, teve como objetivos básicos:

- a) - verificar o efeito dos níveis de uma fonte solúvel de fósforo aplicada no sulco, sobre diferentes níveis do fosfato natural de Catalão aplicado anteriormente a lanço;
- b) - obter a resposta em produção do efeito fertilizante do fosfato de Catalão a lanço;
- c) - medir seu efeito residual;
- d) - comparar a produção nos vários níveis de fósforo entre as fontes de fosfato de Catalão a lanço com o superfosfato triplo no sulco de plantio;
- e) - obter coeficientes técnicos que servirão para a avaliação econômica das fontes, ou da combinação das mesmas.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os trabalhos em que se estudaram a solubilização dos fosfatos com soluções extratoras podemos citar o de CATANI e NASCIMENTO (1952), CATANI, NASCIMENTO e COSTA (1956) que determinaram os teores solúveis de diversos fosfatos em ácido cítrico a 2% e que mostraram uma escala de variação entre as diferentes fontes de fosfato.

BRASIL SOBRINHO *et alii* (1965) observaram que os diferentes fosfatos aumentam sua solubilidade quando a razão fertilizante: solução extratora (ácido cítrico a 2%) vai de 1:100 até 1:1.000. Os fosfatos mais solúveis atingiram a mais alta solubi-

lidade na razão 1:100, enquanto os de média solubilidade a 1:400 e os menos solúveis ainda continuavam a subir até a relação 1:100.

O estudo da influência da granulometria na solubilidade dos fosfatos naturais foi estudada por CATANI e NASCIMENTO (1954), e pelos trabalhos de Ilchenko e Guimarães além do de Campos citados por BRAGA (1970). A solubilidade aumenta com o grau de finura do material até um certo limite.

CATANI (1970), trabalhando com o extrator ácido cítrico a 2% na razão 1:200 conclui que o fósforo (P_2O_5) do fosfato tricálcico puro e o da farinha de ossos degelatinado, são completamente solúveis neste extrator e o número de equivalentes miligramas de hidrogenio existente em 200 ml desta solução corresponde ao dobro do necessário, para a dissolução tanto de 1 g de fosfato tricálcico como de 1 g de fluofosfato de cálcio, que é o componente fosfático principal das rochas fosfatadas. Portanto, adotando-se este extrator, o teor solubilizado poderia ser expresso como equivalente ao contido no fosfato tricálcico. Neste mesmo trabalho, referindo-se aos extratores, o autor diz textualmente "é quase impossível uma interpretação agronômica da eficiência dos fosfatos naturais, baseada na solubilidade em solução de ácido cítrico a 2%". Outros métodos referindo-se a solubilidade foram testados, como o de CATANI e PELEGRINO (1960) que estudaram os processos de agitação utilizando vários fosfatos e não encontraram diferenças entre o método de Wagner com outros processos de agitação horizontal.

Utilizando o método de Neubauer, CATANI e GLÓRIA (1961), verificaram a disponibilidade de fósforo em diversas fontes, utilizando o arroz (*oryza sativa* L.) como planta teste. O resultado do exame da planta pela quantidade de fósforo absorvida forneceu uma indicação da diferença em solubilidade existente entre as fontes. Entretanto, trabalho de BRAGA e YAHNER (1968b), que estudaram os teores de P na folha de milho, colhidas de um experimento de campo, onde se testou doses do superfosfato simples e do fosfato de Araxá, observaram que na mesma dose das duas fontes (com referência aos teores solúveis), os níveis na folha eram diferentes conforme as fontes, cabendo ao fosfato de Araxá os maiores números. Trabalho de LUTZ (1971) que comparou o fosfato da Flórida parcialmente acidulado (20%) com o totalmente acidulado a 100% do necessário para converter a rocha fosfatada para superfosfato concentrado, verificou que o teor de P na folha do milho no primeiro ano não era afetada no seu teor pelas fontes, mas nos dois cultivos subsequentes, apareceram diferenças evidentes.

CARVALHO *et alii* (1969) estudaram as relações entre algumas espécies dos generos *Aspergillus* e *Penicillium* em três fosfatos insolúveis, determinando quantitativamente o fósforo solubilizado e o imobilizado. Apesar das várias linhagens estudadas demonstrarem alta capacidade solubilizadora, algumas só conseguiam retirar determinados tipos de fosfatos, sendo que outras foram incapazes de solubilizar outros tipos. MELLO *et alii* (1974) verificaram o efeito residual de diferentes fosfatos com o auxílio do P^{32} , do método de Neubauer e do método do *Aspergillus niger*,

sendo que os resultados de laboratório, concordaram com os dados de produção obtidos no experimento de campo.

Naturalmente, estes tipos de trabalhos apresentados são importantes para uma seleção preliminar das diferentes fontes de fosfatos. BRAGA e YAHNER (1968a) dizem que o conceito de solubilidade "é um artificialismo do homem para assemelhar em laboratório as condições que ocorrem no campo". Nos trabalhos da EMBRAPA-CPAC (1976a), FEITOSA *et alii* (1977) e ALMEIDA NETO *et alii* (nao publicado), pode-se observar que a solubilidade da bauxita fosforosa do Maranhão é baixa em ácido cítrico a 2% na relação 1:100, mas é bem aproveitada pelos vegetais que dão produções melhores do que com outros fosfatos mais "solúveis" neste extrator.

Em trabalho de revisão sobre os resultados experimentais de fontes de fósforo, BRAGA (1970), resalta a importância da interação solo X planta X fertilizante, mostrando que a solubilidade dos fosfatos depende de uma série de fatores:

- a) - extrator (tipo e relação extrator: rocha fosfatada);
- b) - solo (teor de fósforo presente, reação do solo que seria o pH, teor de ferro livre e matéria orgânica);
- c) - tipo de fosfato referindo-se ao grau de finura e teor de fluor;
- d) - do modo de aplicação do fertilizante, se a lanço ou localizado;

- e) - da capacidade de aproveitamento do fósforo pelos vegetais. Pode variar entre culturas conforme nos mostra o trabalho de MANOILOVIC e ZERAVICA (1976) e até entre cultivares conforme trabalho da EMBRAPA-CPAC (1976a p. 83) feito com arroz.

Além desses fatores, outras variáveis podem ser acrescentadas como as citadas por CATANI (1970), CARVALHO *et alii* (1969) e EIM (1977b), listadas a seguir: tipo de rede cristalina com suas impurezas e incrustações, condições climáticas, teor de argila, formas de fosfatos, microorganismos do solo, área superficial dos grãos (no sentido da área externa e da porosidade), além da rugosidade dos grãos de fosfato.

Em função desta complexidade de fatores é que os trabalhos experimentais preferidos devem ser os biológicos. Devido a isto os resultados são algumas vezes inesperados deixando o pesquisador sem uma explicação para certos fatos. Daí a necessidade da intensificação dos trabalhos em condição de campo para fornecer subsídios na explicação de alguns fatos. O efeito residual das diversas fontes de fosfatos são muito pouco estudadas, sendo de grande valia seu conhecimento em diferentes tipos de solos e cultivares, para que se possa recomendar adequadamente as doses de fertilizantes, maximizando assim o lucro dos agricultores.

BRAGA (1970) afirma que não se deve aplicar formas de fosfatos solúveis em água em solos com alto teor de óxidos de ferro e de alumínio, uma vez que aplicações localizadas com estas fontes, normalmente são feitas com o objetivo de conseguir um melhor aproveitamento deste fertilizante. Todavia o assunto é polêmico e trabalho da EMBRAPA-CPAC (1976, p. 56-58) nos mostra que com adubações pesadas de superfosfato triplo (1.280 kg de P_2O_5 /ha) num LVE textura argilosa produziu colheitas estáveis de milho após seis cultivos (3 anos), portanto com um longo efeito residual. Essa disponibilidade de fósforo acumulada é importante para as culturas seguintes nos locais onde a fertilização vem sendo praticada por vários anos (STELLY e MORRIS, 1953 ; ENSIMINGER e PEARSON, 1957 e SMITH e PESEK 1962).

Sabe-se que as plantas exigem nos primeiros estágios de crescimento, uma resposta mais marcada ao fósforo solúvel no sulco de plantio onde suas necessidades iniciais seriam satisfeitas, porém com a expansão do sistema radicular, maior uso do fósforo residual ou nativo será feito pelas plantas (OLSEN, 1953 e KAMPA RATH, 1969).

Segundo OLSEN (1953) o valor residual do fósforo aplicado é menor em solos ácidos, principalmente naqueles com grandes quantidades de sesquióxidos e caolinita.

No trabalho de SHELTON e COLEMAN (1968) eles dizem que é prática comum se adicionar 50 a 60 kg de P_2O_5 /ha anualmente, em consequência do pequeno valor residual dos adubos fosfatados que não seriam aproveitados pelas plantas.

O efeito residual dos fosfatos depende da fonte do nutriente empregado e DOLL, MILLER e FREEMAN (1969), comparando o superfosfato e o fosfato de rocha em experimento de campo, após 27 anos, encontraram uma maior disponibilidade inicial do superfosfato solúvel, devido as transformações no próprio solo. Também MOSCHLER e KREBS (1929), encontraram um fósforo residual 4 vezes maior para o superfosfato em relação ao fosfato de rocha. O mesmo efeito residual foi comprovado por CALDWELL *et alii* (1956) que utilizaram o P^{32} .

O tipo de solo é bastante importante e CAMPBELL (1965) cita os trabalhos de Olsen e Watanabe que mostram que a necessidade da resposta da cevada de acordo com a concentração de fósforo no solo requer, 3,9 vezes mais fósforo num solo argiloso do que num franco arenoso.

Um exaustivo trabalho de revisão dos resultados de ensaios brasileiros com fontes de fósforo foi feito por BRAGA (1970) tomando uma série de experimentos feitos principalmente nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Outros trabalhos mais recentes podem ser acrescentados como o de MELLO *et alii* (1974) que estudaram o efeito residual de três fontes, em cana de açúcar; de GOEPFERT (1974); vários ensaios no Inventário Tecnológico do Arroz (EMBRAPA-CNPAC, 1975), EMBRAPA-CPAC (1976 p. 59-64) testando três fontes em *Brachiaria decumbens* e um ensaio preliminar com 11 fontes de fósforo na cultura do trigo.

A análise geral destes vários trabalhos competindo fontes de fósforo no Brasil é a de que as fontes mais solúveis de um modo geral são as mais produtivas, principalmente nos primeiros anos e quando se considera o teor de P_2O_5 total nos fosfatos. Entretanto os fosfatos naturais têm mostrado um efeito residual com tendência a melhorar a longo prazo e dão efeitos iguais ou pouco menores quando as doses são maiores ou se considera o P_2O_5 solúvel dos fosfatos nas competições. Alguns dados, com a variação de locais, culturas, fontes e solos conforme já abordados anteriormente, têm dado alguns resultados inesperados fugindo desta avaliação geral.

Os trabalhos publicados com o fosfato de Catalão são em pequeno número podendo-se citar o de CARVALHO (1974a) que trata dos aspectos geológicos e petrográficos do depósito do complexo de Catalão I ; CARVALHO (1974b) referindo-se aos recursos minerais deste complexo e CARVALHO e ARAUJO (1974) que traçam as perspectivas do aproveitamento econômico deste depósito. Sabe-se que a jazida é semelhante ao complexo ígneo de Araxá, tendo como principais minerais fosfáticos que predominam em mais de 85% do minério, a fluor-apatita e a dalhita. O teor de P_2O_5 total, in natura, é superior a 10%. A estimativa da jazida está entre 120 e 150 milhões de toneladas.

Estudo do comportamento desse fosfato para a produção do superfosfato simples, nas condições de laboratório, partindo do material concentrado com teor de 40% de P_2O_5 total, foi execu-

tado pela EIM (1977c) e se obteve, com a melhoria da granulometria, após 10 dias de maturação, um material de qualidade elevada.

Trabalho de vasos em casa de vegetação, usando um solo LVa de textura média e o trigo (*Triticum aestivum*) como planta teste, FEITOSA *et alii* (1977), determinaram a eficiência relativa de quinze (15) fontes de fosfatos nas doses de: 0, 100, 200 e 400 kg de P_2O_5 total/ha. O fosfato de Catalão não diferiu da testemunha. Resultado idêntico foi obtido por ALMEIDA NETO *et alii* (não publicado) utilizando um solo LRd e o *Panicum mileaceum* (painço) como planta teste.

Um ensaio de campo é citado no Relatório Anual da EMBRAPA-CPAC (1976a p.) num LVE textura argilosa, plantado com trigo sem irrigação. Na dose de 800 kg de P_2O_5 total/ha, obteve-se uma eficiência relativa de 7% para o fosfato de Catalão, contra 1% para a testemunha em relação ao superfosfato triplo.

Outros trabalhos de campo competindo várias fontes de fósforo, estão sendo executados pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, com a cultura da soja. Os resultados preliminares obtidos com o fosfato de Catalão, têm mostrado efeitos preliminares não significativos em relação à testemunha (Informações do Arquivo da Empresa).

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Considerações gerais

O experimento de campo foi instalado em dois locais: Goiânia e Santa Helena (GO).

O delineamento experimental foi, para o primeiro ano, o de blocos inteiramente casualizados, com cinco (5) tratamentos e quatro (4) repetições. Estes tratamentos consistiram da aplicação do fosfato de Catalão a lãço com os seguintes níveis de P_2O_5 total em Kg/ha: $L_0 = 0$, $L_1 = 150$, $L_2 = 300$, $L_3 = 600$ e $L_4 = 1200$. A partir do segundo ano, as parcelas do ano anterior foram subdivididas em quatro subparcelas e adubadas no sulco com superfosfato triplo, cada uma recebendo, respectivamente as doses correspondentes a: $s_0 = 0$, $s_1 = 50$, $s_2 = 100$ e $s_3 = 200$ kg/ha de P_2O_5 .

A utilização do superfosfato triplo como fonte de fósforo solúvel foi para eliminar a interferência de diferentes doses de outros elementos, principalmente do enxofre, como aconteceria no caso do superfosfato simples. No segundo ano o delineamento utilizado que foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas nos permite verificar:

- a) - o efeito residual do fosfato de Catalão pelos dados de produção da dose zero (0) de superfosfato triplo no sulco, nas diversas doses deste fosfato natural;
- b) - o efeito das doses do superfosfato triplo através da verificação do tratamento de zero (0) kg de P_2O_5 /ha do fosfato de Catalão a lanço ;
- c) - o efeito dos níveis de superfosfato triplo aplicados no sulco sobre os diferentes patamares do fosfato natural aplicado a lanço no ano anterior;
- d) - comparando-se os itens a) e b) já referidos, pode-se estudar a competição dessas duas fontes de fósforo.

O tamanho das parcelas é de 256 m^2 e o das subparcelas de 64 m^2 (8 m X 8 m). A área útil é de 36 m^2 (6 m X 6 m), constituída de seis linhas de milho com 6,0 m de comprimento, espaçadas de 1,0 m entre linhas, tendo sido abandonada uma linha de cada lado e 1,0 m em cada extremidade.

No primeiro ano, a produção em Kg de milho/ha foi obtida através da média aritmética das quatro subparcelas, uma vez que o delineamento era de blocos inteiramente casualizados.

A calagem foi feita antes do início de experimento com 2 t de calcário/ha, sendo o PRNT deste material igual a 76%. Esta dosagem foi baseada, para o experimento de Goiânia, em sua análise de solo de acordo com as recomendações de Fertilizantes para o Estado de Goiás, IV^a aproximação (1976). Em Santa Helena, apesar de não haver necessidade desta dose, tomou-se a decisão de aplicá-la para uniformização, sabendo-se que alguns dados de pesquisa mostram uma reação favorável ao calcário na produção, mesmo quando se aplicam fosfatos naturais, como o trabalho de GOEPFERT (1974) trabalhando com soja no Estado do Rio Grande do Sul. No Relatório Técnico Anual do CPAC (1976a), trabalhando num solo de cerrado (LVE) de Brasília, com *Brachiaria decumbens* não foi encontrado um efeito significativo na produção, mas não houve diferença de produção entre a presença ou ausência de calcário.

Aplicou-se a seguir o fosfato de Catalão a lanço, incorporando-o com gradagens.

O cultivar de milho utilizado foi o HMD 1974, bem produtivo nas competições regionais. Seu plantio foi em sulco de 15 a 20 cm de profundidade, colocando-se cerca de 10 sementes por metro linear, para posteriormente, com a altura de 15-20 cm ser desbastado para 5 plantas por metro linear.

A adubação básica aplicada no sulco foi feita em todos os tratamentos e constou dos elementos N, K e Zn. O nitrogênio aplicado no plantio na dosagem de 20 kg de N/ha; o potássio 100 Kg de K_2O /ha na forma de cloreto e o zinco 10 Kg de sulfato de zinco/ha. A adubação em cobertura foi feita aos 45 dias na base de 40 Kg de N/ha. No primeiro ano a fonte do adubo nitrogenado foi a uréia e no segundo ano utilizou-se o sulfato de amônio, além de se ter aumentado a dosagem de sulfato de zinco para 20 Kg/ha. Utilizou-se no início do primeiro ano uma adubação foliar generalizada de sulfato de zinco a 0,2%.

No segundo ano foi introduzido nas subparcelas os diferentes níveis de superfosfato triplo já mencionados.

Os fosfatos utilizados foram os encontrados comercialmente com as características do QUADRO 1 e 2.

QUADRO 1 - Granulometria do Fosfato de Catalão

PENEIRAS (mesh)	60	60-100	100-150	150-200	200
% do fosfato do Catalão	2,0%	9,0%	12,%	15,8%	61,2%

A colheita dos grãos de milho foi feita manualmente, debulhada e pesada com a umidade de 15,5 a 16,0%.

Quadro 2 - Análise química dos adubos fosfatados (*)

FONTE	P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ solúvel em ac. cítrico a 2% (1:100)	CaO	Umidade
Fosf. Catalão	38,2%	3,1%	41,2%	0,04%
S.F. Triplo	46,2%	n. det.	n. det.	n. det.

4.2 - Experimento de Goiânia

Foi localizado na Unidade Experimental de Goiânia (UE PAE-1) da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária.

O solo era virgem revestido por um cerrado de vegetação média, formado em pastagem mesclada dos capins gordura e jaraquã. Foi classificado pela equipe de Pedologia da Secretaria da Agricultura de Goiás e mapeado como um solo de horizonte B latossólico, Latossolo Vermelho Escuro, distrófico, de textura argilosa, com substrato de Gnaiss, epipedon ochrico, horizonte diagnóstico óxico-typic acrustox e unidade Uruana.

A análise feita em 1975 pelo Laboratório da Secretaria da Agricultura de Goiás segundo os padrões da Rede Nacional

(*) - Análise feita pela Secretaria da Agricultura de São Paulo a través da CATI.

dos Laboratórios de Solo, deu o seguinte resultado: $\text{pH} = 5,4$; $\text{Al}^{+++} = 0,5$ e.mg/100 cm^3 de terra ; $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = 1,7$ e. mg/100 cm^3 de terra ; $\text{P} = 1$ ppm e $\text{K} = 42$ ppm.

4.3 - Experimento de Santa Helena

Localizado próximo a esta cidade do sudoeste goiano, na área experimental alugada pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária.

O histórico desta área é pouco conhecido: sabe-se que era revestida por cerradão, já plantada anteriormente, tendo recebido calagem e adubações completas.

O solo é classificado como um latossolo róxo distrófico, de textura argilosa.

A análise química deste solo nos deu o resultado:

$\text{pH} = 5,7$; $\text{Al}^{+++} = 0,1$ e.mg/100 cm^3 de terra ; $\text{Ca}^{+++} \text{ Mg}^{++} = 3,2$ e mg/100 cm^3 de terra ; $\text{P} = 8$ ppm e $\text{K}^+ = 115$ ppm.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão em função da produção de grãos de milho, expressa em kg/ha, dos experimentos realizados em Goiânia e Santa Helena com tipos de solos diferentes e com a duração preliminar de dois anos.

5.1 - Resultados do primeiro ano

A produção é apresentada na Tabela 3 , correspondente aos dois locais.

TABELA 3 - Produção média de milho com as adubações de F.C. a/ a lanço no primeiro ano, em Goiânia e Santa Helena

Tratamentos	Fosfato de Catalão kg P_2O_5 / ha.	Produção de Milho (kg/ha)	
		Goiânia (LVE)	Sta. Helena (LR)
L ₀	0	1.656 ns	1.918 ns
L ₁	150	1.717 ns	1.910 ns
L ₂	300	1.667 ns	1.693 ns
L ₃	600	1.708 ns	1.766 ns
L ₄	1.200	2.114 ns	1.719 ns
<hr/>			
DMS Tukey a 5%		0.472	0.593
<hr/>			
C. V. Res. F. C.		11.8%	14.6%

a/ F.C. significa Fosfato de Catalão

A análise estatística de Goiânia pelo teste F a 5% mostrou-se significativa para os tratamentos das parcelas (Tabela 10), enquanto que em Santa Helena não houve significância (Tabela 11).

Em Goiânia e Santa Helena, no desdobramento das médias de produção nos diversos tratamentos conforme se apresenta nesta tabela, não houve diferença significativa entre as doses do F.C. aplicadas a lanço, pelo teste Tuckey a 5%. Observa-se entretanto que em Goiânia houve uma tendência crescente da produção no tratamento L₄. Este fato não foi observado em Santa Helena.

Estas pequenas diferenças não significativas de produção com este fosfato, estão de acordo com os dados obtidos pela EMBRAPA-CPAC (1976), por FEITOSA *et alii* (1977) e por ALMEIDA NETO *et alii* (não publicado).

A baixa reação deste fosfato na produção, pode ser em consequência das hipótese aventadas a seguir:

- a) - baixo teor solúvel do fosfato natural em ácido cítrico a 2% (1:100) conforme pode-se verificar na Tabela 2.
- b) - modo de aplicação a lanço com baixa quantidade de P solúvel.
- c) - moagem grosseira, como se pode observar na Tabela 1.

A importância do grau de finura na solubilidade pode ser visto no trabalho de CATANI e NASCIMENTO (1954).

- d) - presença de um ácido graxo denominado "tall oil", que envolvendo os grãos de fosfato impediria sua solubilização e conseqüentemente o seu aproveitamento imediato pela planta. Esse "tall oil" é usado no processo de concentração do material, na fase de flotação (informação pessoal de ARAUJO, P.L.).

5.2 - Resultados do segundo ano

A análise estatística será apresentada separadamente nos experimentos de Goiânia e Santa Helena.

Na discussão dos resultados, levou-se em conta a análise estatística pelo teste Tuckey, ao nível de 5%.

5.2.1 - Experimento de Goiânia

Os dados de produção podem ser analisados nas tabelas 4 e 5 respectivamente.

A análise estatística encontra-se na Tabela 12 e nos mostra que pelo teste F, há uma resposta altamente significativa para os tratamentos com o F.C. e S.F.T. Entretanto não houve interação entre os tratamentos das parcelas e das subparcelas.

TABELA 4 - Produção média de milho aproveitando o efeito residual do
F. C. no segundo ano em Goiânia e Sta. Helena

Tratamentos	Fosfato de Catalão kg P_2O_5 /ha.	Produção de Milho (kg/ha)	
		Goiânia (LVE)	Sta. Helena (LR)
L_0	0	1.473 a	2.914 ns
L_1	150	1.638 a	3.215 ns
L_2	300	1.739 a	3.233 ns
L_3	600	2.079 a b	3.189 ns
L_4	1.200	2.856 b	3.169 ns
<hr/>			
DMS	Tukey a 5%	0.907	1.088
DMS	Tukey a 1%	1.106	1.324
<hr/>			
C. V. Res. F. C.		17.0%	17.3%

F. C. = Fosfato de Catalão

TABELA 5 - Produção média de milho em kg/ha em função das adubações fosfatadas no segundo ano, em Goiânia (LVE) a/ b/

Tratamentos	Resíduo F.C. Lanço kg/ha	SFT	Trat. s ₀		s ₁	s ₂	s ₃
			kg P ₂ O ₅ /ha	0	50	100	200
kg de milho/ha							
L ₀	0		1.473 a (4)	2.854 a (3)	3.332 a (3)(2)	4.766 a (1)	
L ₁	150		1.638 a (4)	3.202 a (3)	3.604 a b (3)(2)	4.888 a (1)	
L ₂	300		1.739 a (4)	3.336 a b (3)	4.096 a b (2)	4.853 a (1)	
L ₃	600		2.079 a b (3)	4.054 a b (2)	4.501 b (2)(1)	5.038 a (1)	
L ₄	1.200		2.856 b (3)	3.877 b (2)	4.446 b (2)(1)	5.167 a (1)	

Catalão dentro S. F. T.				S. F. T. dentro de Catalão			
T. Tukey DMS a 5% = 0.907				T. Tuckey DMS a 5% = 0.718			
DMS a 1% = 1.106				DMS a 1% = 0.888			

C. V. res. F. C. = 17.04%							
C. V. res. S.F.T. = 10.59%							

a/ as letras são utilizadas para comparar as médias nas colunas;

b/ os números são utilizados para comparar as médias nas linhas.

Quando iguais não diferem estatisticamente.

No desdobramento, observa-se pelo teste F que houve uma resposta altamente significativa para todos os tratamentos das parcelas dentro das subparcelas. A análise dos tratamentos das subparcelas dentro da parcela deu altamente significativo, menos para a combinação $L_4 S_3$.

Aplicando-se o teste Tuckey a 5% para verificar se houve ou não significância na produção de milho, do efeito do S.F.T. dentro dos tratamentos com o F.C., pode-se observar nas Tabelas 4 e 5 respectivamente.

Pode-se representar simbolicamente esta análise da seguinte forma: a/

$$L_4 s_0 = L_3 s_0$$

$$L_3 s_0 = L_2 s_0 = L_1 s_0 = L_0 s_0$$

$$L_4 s_0 > L_2 s_0 = L_1 s_0 = L_0 s_0$$

Estes dados fornecem o efeito residual do F.C. aplicado no ano anterior. Estão de acordo com BRAGA (1970) que afirma que os fosfatos naturais sõ reagem quando aplicados em altas doses, justificando assim o fracasso do fosfato natural em alguns experimentos com doses baixas, principalmente quando se compara fontes pelo seu teor total de P_2O_5 .

Analizando os níveis da S.F.T. no sulco dentro do efeito residual do Catalão (Tabela 5), ver-se-a agora o tratamento no sulco (S_1) nos vários tratamentos do F.C.:

a/ = representa que não houve diferença estatística ao nível de 5%.
 > significa que há diferença estatística ao nível de 5%, sendo que o vértice representa a produção menor.

$$L_4 s_1 = L_3 s_1 = L_2 s_1$$

$$L_3 s_1 = L_2 s_1 = L_1 s_1 = L_0 s_0$$

$$L_4 s_1 > L_1 s_1 = L_0 s_1$$

Verificando o nível de 100 kg de P_2O_5 /ha de S.F.T. (s_2) aplicado ao sulco tem-se:

$$L_4 s_2 = L_3 s_2 = L_2 s_2 = L_1 s_2$$

$$L_2 s_2 = L_1 s_2 = L_0 s_2$$

$$L_4 s_2 = L_3 s_2 > L_0 s_2$$

Ao nível de 200 kg de P_2O_5 /ha de S.F.T. (s_3) aplicado no sulco tem-se:

$$L_4 s_3 = L_3 s_3 = L_2 s_3 = L_1 s_3 = L_0 s_3$$

Aqui não houve diferença estatística significativa neste nível de adubação no sulco, pois neste solo o efeito da dose alta no sulco praticamente mascarou o efeito do F.C.

A análise das doses de S.F.T. dentro das doses do F.C. é abordado a seguir (Tabela 5-5 e 7).

Quando a dose do F.C. é de zero Kg P_2O_5 /ha isola-se o efeito do S.F.T. e tem-se:

$$L_0 s_3 > L_0 s_2 = L_0 s_1 = L_0 s_0$$

$$L_0 s_2 = L_0 s_1 > L_0 s_0$$

Analizando-se os tratamentos com S.F.T. sobre o nível de 150 kg P_2O_5 /ha do F.C.:

$$L_1 s_3 > L_1 s_2 = L_1 s_1 = L_1 s_0$$

$$L_1 s_2 = L_1 s_1 > L_1 s_0$$

A ordem de produção dos tratamentos no sulco do S. F.T. sobre o nível de 300 kg P_2O_5 /ha do F.C. é a seguinte:

$$L_2 s_3 \approx L_2 s_2 > L_2 s_1 > L_2 s_0$$

Sobre o nível de 600 kg P_2O_5 /ha do F.C. o comportamento foi:

$$L_3 s_3 = L_3 s_2$$

$$L_3 s_2 = L_3 s_1 > L_3 s_0$$

$$L_3 s_3 > L_3 s_1 > L_3 s_0$$

Sobre o nível de 1.200 kg P_2O_5 /ha do F.C. tem-se:

$$L_4 s_3 = L_4 s_2$$

$$L_4 s_2 = L_4 s_1 > L_4 s_0$$

$$L_4 s_3 > L_4 s_1 > L_4 s_0$$

5.2.2 - Experimento de Santa Helena

Os dados de produção podem ser analisados através das Tabelas 4 e 6, apresentadas respectivamente.

Pelo teste F dado na tabela 13, verifica-se um resultado altamente significativo para os tratamentos na subparcela (S.F.T.), enquanto que os tratamentos da parcela (F.C.) não houve significância. Também não houve interação entre os tratamentos das parcelas e das subparcelas.

No desdobramento dos tratamentos no teste F do efeito do S.F.T. dentro do efeito do F.C., os tratamentos L_0 e L_2

foram altamente significativos (1%), enquanto que os tratamentos L_4 , L_3 e L_1 foram significativos a 5%. O efeito do F.C. dentro dos tratamentos de S.F.T não foram significativos.

Aplicando-se o teste Tukey para verificar a análise do efeito de S.F.T dentro dos tratamentos com o F.C., que podem ser vistos nas Tabela 4 e 6, observa-se que não houve resposta significativa a nenhuma dose do efeito residual do F.C. Portanto neste tipo de solo este fosfato natural não está reagindo. Entretanto nota-se uma pequena diferença não significativa entre os tratamentos que receberam o Catalão e os que não o receberam, o que não aconteceu no primeiro ano da aplicação.

Nos outros tratamentos do S.F.T. dentro dos tratamentos do F.C., que se pode ver na Tabela 6, constatou-se que para nenhum deles houve efeitos significativos.

Analisando os tratamentos da subparcela (S.F.T.) sobre o tratamento L_0 (F.C.) tem-se o efeito isolado do S.F.T. (Tabela 6 e 7), que se pode representar por:

$$L_0 s_3 = L_0 s_2 = L_0 s_1$$

$$L_0 s_1 = L_0 s_0$$

$$L_0 s_3 = L_0 s_2 > L_0 s_0$$

Com a dose fixa do efeito residual do F.C. no nível 150 kg P_2O_5 /ha (L_1) tem-se:

$$L_1 s_3 = L_1 s_2 = L_1 s_1$$

$$L_1 s_1 = L_1 s_0$$

$$L_1 s_3 = L_1 s_2 > L_1 s_0$$

TABELA 6 - Produção média de milho em kg/ha em função das adubações fosfatadas no segundo ano em Santa Helena (L.R.)

Tratamentos	Resíduo F.C. a Lanço kg/ha	Subpar. s_0		s_1	s_2	s_3
		kg P_2O_5 /ha	0	50	100	200
kg de milho/ha						
L_0	0		2.914 a (2)	3.824 a (2)(1)	4.381 a (1)	4.232 a (1)
L_1	150		3.215 a (2)	3.886 a (2)(1)	4.181 a (1)	4.388 a (1)
L_2	300		3.233 a (2)	3.650 a (2)(1)	3.817 a (2)(1)	4.499 a (1)
L_3	600		3.189 a (2)	3.631 a (2)(1)	3.740 a (2)(1)	4.338 a (1)
L_4	1.200		3.169 a (2)	4.073 a (2)(1)	3.952 a (2)(1)	4.258 a (1)

Efeito F.C. dentro S.F.T.				Efeito S.F.T. dentro do F.C.		
Tukey DMS a 5% = 1.088				Tukey DMS a 5% = 0.936		
DMS a 1% = 1,324				DMS a 1% = 1.159		

C. V. res. F. C. = 17.33%						
C. V. res. S.F.T. = 12.95%						

as letras são utilizadas para comparar as médias nas colunas;

os números são utilizados para comparar as médias nas linhas.

Quando iguais não diferem estatisticamente.

TABELA 7 - Produção média de milho em função das adubações fosfatadas nas localidades de Goiânia e Sta. Helena em dois anos agrícolas.

1º ANO - Efeito do F.C.			2º ANO - Efeito conjunto do resid. F.C. com o S.F.T.			
F.C. kg P_2O_5 /ha (lanço)	Produção de grãos (kg/ha)		Doses dos fosfa- tos F.C. (lanço)	dos fosfa- (kg P_2O_5) S.F.T. (sulco)	Produção de grãos (kg/ha)	
	Goiânia	Sta. Helena			Goiânia	Sta. Helena
	L.V.E.	L.R.			L.V.E.	L.R.
0	1,656	1,918	0 +	0	1,473	2,914
				50	2,854	3,824
				100	3,332	4,381
				200	4,766	4,232
150	1,717	1,910	150 +	0	1,638	3,215
				50	3,202	3,886
				100	3,604	4,181
				200	4,888	4,388
300	1,666	1,693	300 +	0	1,739	3,233
				50	3,336	3,650
				100	4,096	3,817
				200	4,853	4,499
600	1,709	1,766	600 +	0	2,079	3,189
				50	4,054	3,631
				100	4,501	3,740
				200	5,038	4,338
1.200	2,114	1,719	1.200 +	0	2,856	3,169
				50	3,877	4,073
				100	4,446	3,952
				200	5,167	4,258

Na dose fixa de 300 kg de P_2O_5 /ha do F.C. o efeito dos tratamentos de S.F.T.:

$$L_2 s_3 = L_2 s_2 = L_2 s_1$$

$$L_2 s_2 = L_2 s_1 = L_2 s_0$$

$$L_2 s_3 > L_2 s_0$$

Com 600 kg de P_2O_5 /ha do F.C. tem-se os seguintes efeitos do S.F.T.

$$L_3 s_3 = L_3 s_2 = L_3 s_1$$

$$L_3 s_2 = L_3 s_1 = L_3 s_0$$

$$L_3 s_3 > L_3 s_0$$

No nível fixo de 1.200 kg de P_2O_5 /ha os efeitos do S.F.T. são:

$$L_4 s_3 = L_4 s_2 = L_4 s_1$$

$$L_4 s_2 = L_4 s_1 = L_4 s_0$$

$$L_4 s_3 > L_4 s_0$$

5.3 - Considerações finais

Com a Tabela 7 tem-se uma visão conjunta das produções obtidas nos dois experimentos.

Verifica-se no primeiro ano que não houve efeito do fosfato de Catalão em ambas localidades.

No segundo ano este fosfato reagiu significativamente somente em Goiânia e nas doses mais altas. Neste local o solo apresenta uma composição química inferior, principalmente no

que se refere ao teor de fósforo. Neste ano, em ambas localidades foi o emprego do S.F.T. que provocou os maiores aumentos de produção. A figura 1 permite a comparação do efeito das duas fontes de fósforo em Goiânia e permite estimar que 1.200 Kg de P_2O_5 total do F.C. equivale em termos de produção à dose de 50 Kg/ha na forma de S.F.T.

Para as duas localidades não houve interação entre os tratamentos das parcelas e subparcelas.

Em Goiânia e Santa Helena o efeito do S.F.T. dentro dos tratamentos do F.C. foram significativos e variou quanto as doses da fonte solúvel.

Analizando em Goiânia o efeito do F.C. dentro do S.F.T. houve significância, mas tal fato não aconteceu em Santa Helena, o que indica que em solo melhor o efeito do Catalão praticamente desaparece.

Observou-se que as maiores produções dos experimentos deram-se com as maiores doses de fósforo no solo de Goiânia, que é considerado como pior em produção quando não se utiliza adubações. Fato semelhante foi observado por ALMEIDA NETO (1975) quando comparou três tipos de solos do cerrado e também nos dados obtidos por HOEFLICH *et alii* (1976), comparando-se dois tipos de cerrado quanto aos sistemas de exploração econômica.

Como sugestões para melhorar e tornar mais completo o experimento em si, aproveitando este delineamento que é bas-

Fig. 1 - Produção de milho em kg/ha em função das adubações do F. C. no 1º e 2º ano e do S.F.T. no 2º ano. Goiânia.

tante interessante com respeito às informações fornecidas, pode-se sugerir em futuros trabalhos que se acrescente pelo menos mais três níveis de S.F.T. aplicados a lanço, para se verificar seu efeito residual. Elevar as doses do F.C. para que se eleve a quantidade do fósforo solúvel para as plantas. Lançar o experimento em outros tipos de solos. Deve-se obter maiores informações, tais como, análises físicas e químicas do solo. A análise química feita anualmente acompanhando o teor de fósforo com diferentes tipos de extratores. A adubação foliar da cultura deve ser também feita.

Paralelamente, outros experimentos como o estudo econômico das combinações das várias doses e fontes, não se esquecendo de computar o transporte em determinadas distâncias das fontes produtoras e consumidoras, que hoje representa um grande ônus (EIM 1977d).

Para estes tipos de experimentos, deve-se prever uma duração maior pois resultados de dois anos são dados preliminares e que pode com o passar do tempo serem modificados.

Além deste tipo de experimento, pode-se citar outros trabalhos testados em diferentes locais e fontes, para tentar melhorar a solubilização do fosfato de Catalão. Podemos destacar:

- a) - O estudo de sua granulometria.
- b) - Trabalho com a oxidação microbiológica do enxofre que conforme trabalho de NELLER (1960) que acrescentou o S

nos fosfatos naturais e o trabalho de SWABY (s.d.) que estudou a bio-solubilização do fosfato com o S e bactérias sulfúricas com relativo sucesso. Em ensaio de vasos no Brasil, OLIVEIRA *et alii* (1977) obtiveram bons resultados.

- c) - Estudos com o aquecimento e calcinação dos fosfatos de rocha estão em andamento e com bons resultados conforme citam ROBERTS e WHITE (1974) e STEPHENS e LIPSETT (1973).
- d) - G'RBUCHEV (1974) tratando da acidulação parcial dos fosfatos de rocha com o ácido orto-fosfórico diz que ela é importante para aumentar seu efeito residual e evitar sua fixação com os óxidos de ferro e alumínio. Ele obteve resultados iguais ou superiores ao superfosfato triplo. Efeito semelhante na cultura do milho foi obtido por LUTZ (1971).
- e) - O plantio de leguminosas ou outras plantas boas extratoras de fósforo, poderia ser tentada, na solubilização dos fosfatos com o seu posterior aproveitamento pela incorporação das mesmas.

6 - CONCLUSÕES

Nos dois anos de experimentação com dois tipos de solos (LVE e LR) sob vegetação de cerrado, pode-se concluir que:

- a) - a natureza do solo exerce influência importante na resposta do milho aos adubos fosfatados;
- b) - no primeiro ano não houve efeito significativo do fosfato de Catalão; no segundo ano houve efeito significativo apenas em Goiânia, nas doses mais elevadas;
- c) - houve um efeito marcante do superfosfato triplo na produção, o que indica a necessidade da aplicação de uma fonte solúvel de P ao menos nos primeiros anos de exploração dos dois "cerrados".

7 - SUMMARY

Two experiments were conducted in soils under "cerrado" vegetation which are representative of those presently used for agricultural purposes. These experiments were located in the vicinity of Goiania (Red-Yellow Latosol) and Santa Helena (Roxo Latosol) municipalities of the State of Goiaz, Brazil. "Catalão" natural phosphate was broadcasted in the first year at the rates of 0 , 150 , 300 , 600 and 1,200 Kg of total P_2O_5 /ha. This rock-phosphate is an apatic containing 38.2% of total P_2O_5 and 3.1% soluble in 2% citric acid (1:100). In the second year a second application was made by banding on the side with triple superphosu

phate at the rates of 0 , 50 , 100 and 200 kg of P_2O_5 /ha. This second application was made on the plots that previously received equivalent dosages of P_2O_5 as rock phosphate.

No significant response in the yield of corn (*Zea mays*, L.) in the two sites was observed in the first year as a result of applying "catalão" phosphate. A significant response was recorded in Goiania in the second year. In Santa Helena no significant response was observed for "Catalão" natural phosphate.

Triple superphosphate had a pronounced effect on yield, indicating that an application of a soluble form of phosphate is necessary in the first year of cultivation on these two types of "cerrado soils".

7 - LITERATURA CITADA

ALMEIDA NETO, J.X. de, 1975. Fixação de fosfatos em solos de "cerado" de Goiás. Piracicaba, ESALQ/USP, 90 p (Tese de Mestrado).

ALMEIDA NETO, J.X. de, L.C. VALLADARES e Y. de CARVALHO, (não publicado). Efeito do "Bat-Guano" na solubilização de alguns fosfatos naturais Goiânia.

BRAGA, J.M., 1970. Resultados Experimentais com o uso de Fosfato de Araxá e Outras Fontes de Fósforo: revisão de literatura. Viçosa, UFV, 61 p. (Serie técnica. Boletim 21).

- BRAGA, J.M. e J. YAHNER, 1968a. Estudo comparativo de fosfato de Araxã e superfosfato simples em cultura do milho, em um solo de Viçosa, Minas Gerais. Experientiae, Viçosa, 8:143-163.
- BRAGA, J.M. e J. YAHNER, 1968b. Estudo de correlação de análise química do solo e da planta em cultura de milho. Experientiae, Viçosa, 8 (5): 164-195.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. 1974. Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola. Diário Oficial, Brasília, 12 nov. Secção 1, Parte 1, p. 12857-12874.
- CALDWELL, A. C., A. HUSTRULID e F.L. HAMMERS, 1956. Residual availability in the soil of various sources of phosphate as measured by plant absorption of P^{32} and by soil test Proceedings of the Soil Science Society of America, Madison, 20 (1): 25-28.
- CAMPBELL, R.E., 1965. Phosphorus fertilizer residual effects on irrigated crops in rotation. Proceedings of the Soil Science Society of America, Madison, 29 (1): 67-70.
- CAMPOS, H. de e PIMENTEL GOMES, F., 1976. O comportamento das interações de efeitos lineares nos grupos de ensaios fatoriais de adubação de milho. In: 9^a Reunião Brasileira de milho e Sorgo, Piracicaba, SP, ESALQ, p. 321-326.
- CARVALHO, P. de, A.F. da EIRA e D. PELLEGRINO, 1969. Solubilização quantitativa de fosfatos insolúveis, por algumas espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 26: 173-185.
- CARVALHO, W.T. de, 1974a. Aspectos geológicos e petrográficos do complexo ultramáfico-alcalino de Catalão I, Go. In: 28^o Congresso Brasileiro de Geologia, Pôrto Alegre, p. 107-123.

- CARVALHO, W.T. de, 1974b. Recursos minerais do complexo ultramáfico-alcalino de Catalão I, GO. In: 28º Congresso Brasileiro de Geologia, Pôrto Alegre, p. 165-184.
- CARVALHO, W.T. de e P.L. ARAUJO, 1974. Perspectivas de aproveitamento econômico dos depósitos minerais associados ao complexo ultramáfico-alcalino de Catalão I, GO. In: 28º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, p. 131-141.
- CATANI, R.A., 1970. A solubilidade de fosfatos naturais em solução de ácido cítrico a 2%, na proporção de 1.200. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 27: 1-14.
- CATANI, R.A. e A.C. NASCIMENTO, 1952. Solubilidade de alguns fosfatos naturais. Revista de Agricultura, Piracicaba. 27: 141-168.
- CATANI, R.A. e A.C. NASCIMENTO, 1954. Influencia do grau de finura na solubilidade de fosfatos naturais. Revista de Agricultura, Piracicaba, 29 (1-2): 5-14.
- CATANI, R.A., A.C. NASCIMENTO e N.A. COSTA, 1956. Fertilizantes fosfatados, classificação e interpretação dos resultados analíticos. In: 4ª Reunião Brasileira de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, p. 49-64.
- CATANI, R.A. e D. PELLEGRINO, 1960. Solubilidade de fosfatos naturais em solução de ácido cítrico a 2%. Modificação nas condições de agitação. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 17: 247-254.

- CATANI, R.A. e N.A. GLÓRIA, 1961. A disponibilidade do fósforo de diversos fosfatos estudados por meio do método de Neubauer. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 18: 193-204.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (s.d.). Recomendações de Fertilizantes para o Estado de Goiás 4^a aproximação.
- DOLL, E.C.; MILLER e J.F. FREEMAN, 1960. Initial and residual effects of rock phosphate and superfosfate. Agronomy Journal, Madison, 52 (5): 247-250. Superphosphate.
- EIM-ENGENHARIA PARA A INDÚSTRIA MINERAL S.A., 1977a. Rochas fosfáticas no Brasil e no Mundo: Geologia, mineração e beneficiamento dos fosfatos brasileiros. In: 1º Curso sobre Fosfatos Brasileiros, São Paulo.
- EIM-ENGENHARIA PARA A INDÚSTRIA MINERAL S.A., 1977b. Comportamento dos fosfatos brasileiros na produção de ácido fosfórico e fertilizantes. In: 1º Curso sobre Fosfatos Brasileiros, São Paulo.
- EIM-ENGENHARIA PARA A INDÚSTRIA MINERAL S.A. 1977c. Produção de superfosfato simples e triplo com rochas nacionais - Estudos de laboratório. In: 1º Curso sobre Fosfatos Brasileiros, São Paulo.
- EIM-ENGENHARIA PARA A INDÚSTRIA MINERAL S.A., 1977d. Distribuição de fertilizantes e matérias primas. In: 1º Curso sobre Fosfatos Brasileiros, São Paulo.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão, 1975. Inventário Tecnológico do Arroz 1975. Goiânia. 342 p.

- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1976. Relatório técnico anual. Brasília. 150 p.
- EMBRAPA. Departamento de Informação e Documentação, 1976. Cerrado: Bibliografia Analítica. Brasília, 361 p.
- ENSMINGER, L.E. e R.W. PEARSON, 1957. Residual effects of various phosphates as measured by yields, P^{32} uptake, and extractable phosphorus. Proceedings of the Soil Science Society of Amer., Madison, 21 (1): 80-84.
- FEITOSA, C.T., B. van RAIJ, A.R. DECHEN e J.C. ALCARDE, 1977. Determinação preliminar da eficiência relativa dos fosfatos em casa de Vegetação. In: 16º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, São Luiz, MA.
- FREITAS, F.G. de e C.O. SILVEIRA, 1976. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. In: IV Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, p. 155-194.
- GOEPFERT, C.F., 1974. Fosfato natural, uma alternativa para redução no custo da adubação. IPAGRO Informa, Porto Alegre, 10: 8-9.
- GOIÁS. Secretária da Agricultura, 1975. Plano de Ação: ano agrícola 1975/76. Goiania. 100 p.
- G'RBUCHEV, I., 1974. Effectiveness of concentrated and certain underacidulated superphosphates. Pochvoznanie i Agrokhimiya, 9 (5): 56-54. Apud Soils. and Fertilizers, Harpendan, 38 (9): 294, 1975.
- KAMPATH, E.J., 1967. Residual effect of large applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Agronomy Journal, Madison, 59 (1): 25-27.

- HOEFLICH, V.A., E.R. CRUZ, J. PEREIRA, F.F. DUQUE e H. TOLLINI, 1976. Sistema de produção agrícola no cerrado. In: 4º Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, p. 37-58.
- LUTZ JR., J.A., 1971. Comparison of partiall acidulated rock phosphate and concentrated superphosphate as sources of P for corn. Agronomy Journal, Madison, 63 (6): 919-922.
- MALAVOLTA E., 1977. O fósforo na agricultura brasileira. In: 1º Curso sobre Fosfatos Brasileiros, São Paulo.
- MANOILOVIC, S. e M. ZERAVICA, 1976. The efficiency of water- and-citrate soluble P of complex fertilizers on chernozem and other soils. Apud. Int. Fert. Congress, Moscow, 3: 106-114. Apud Phosphorus in Agriculture, Paris, 31 (71): 32, 1977.
- MELL), F. de A.F. de M.O. do BRASIL SOBRINHO, S. JOLY e E. MALAVOLTA, 1974. Efeito residual de superfosfato, fosfato precipitado e fosforita de Olinda em cana de açúcar. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 31: 243-249.
- MOSCHLER, W.W., R.D. KREBS, e S.S. OBENSHAIM, S.S., 1957. Availability of residual phosphorus from long-time rock phosphate and superphosphate applications to Groselose silt loam. Proceedings of the Soil Science Society of America, Madison, 21 (3): 293-295.
- NELLER, J.R., 1960. Inter relations of sulphur and phosphorus for fertilizing grass-land. In: 8 the International Grassl- and Congress England, p. 90-93.

- NOGUEIRA, S.S.S., O.C. BATAGLIA e H.A.A. MASCARENHAS, 1977. Efeitos de fontes e doses de fósforo sobre a área foliar e produção de grãos de soja. Bragantia Campinas, 36 (unico): XXVII.
- OLIVEIRA, M.L.C., E.S. LOPES, M.T.R. da SILVA e V. NAGAI, 1977. Influência da oxidação microbiológica do S na solubilização da apatita de Apatita de Araxá. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1 (1): 24.
- OLSEN, R.S., 1953. Inorganic phosphorus in alkaline and calcareous soils. In: PIERRE, W.H e NORMAN, V., eds. Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition, New York, Academic Press, p. 89-118.
- PARADA, J.M. e S.M. de ANDRADE, 1976. Cerrados: Recursos Minerais. Zn: 4º Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, p. 195-209.
- REID, R.L. e G.A. JUNG, 1974. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage Zn: Forage p. 395-435 In: MAYS, D.A. *et alii*, eds. Forage Fertilization. Madison, Am. Soc. of Agronomy, p. 395-435.
- ROBERTS, O.T. e M.S. WHITE, 1974. Some factors affecting agronomic response to apatites and to calcined Christmas Island iron aluminum phosphates. New Zealand Journal Agricultural Research, Wellington 17: (479-484).
- SHELTON, J.E. e N.T. COLEMAN, 1968. Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value of large application of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Proceedings of the Soil Science Society of America, Madison, 32
- SMITH, C.M. e J.T. PESEK, 1962. Comparing measurements of the effect of residual fertilizer phosphorus in some Iowa soils. Proceedings of the Soil Science Society of America, Madison, 26 (6): 563-566.

- SOARES, W.V. E. LOBATO, E. GONZALES e G.C. NADERMAN JUNIOR,
1975. Liming soils of the Brazilian cerrado. Zn: BORNEMIS-
ZA, E.E.A. ALAVARADO, ed. Soil Management in Tropical Ameri-
ca. Raleigh, N.C., North Carolina State University, p. 283-
299.
- STELLY, M. e H.D. MORRIS, H.D., 1953. Residual effect of phos-
phorus on cotton grown on Cecil soil a determined with ra-
dioactive phosphorus. Proceedings of the. Soil. Science of
America Madison 17 (3): 267-269.
- STEPHENS, A. e L. LIPSETT, 1973. Calcined grade rock phosphate
from Christmas Island as a source of P for pastures in Sou-
thern Australia. Austr. CSIRO, Div. Plant. Ind. Field Sta.
Rec. 12 (2): 43-53.
- SWABY, R.J. (s.d.) Biological Superphosphate Biosuper. Adelai-
de, CSIRO, Division of Soils.

TABELA 8 - Dados de produção de grãos de milho (kg/ha no primeiro ano. (1975/1976)

Níveis de fosfato Catalão a Lanço	Repetição I		Repetição II	
	Goiânia	Santa Helena	Goiânia	Santa Helena
0	1.836	1.185	1.197	2.135
	1.011	946	2.158	1.664
	1.275	1.683	1.367	2.056
	1.450	1.106	1.667	1.354
Média	1.393	1.230	1.597	1 803
1	1.331	1.590	1.061	2.038
	1.297	1.928	1.539	1.735
	1.006	1.286	3.111	1.700
	1.361	1.463	1.172	2.206
Média	1.249	1.567	1.721	1.920
2	1.728	1.160	1.492	1.057
	1.447	975	1.445	928
	1.631	1.517	1.639	1.296
	839	1.203	1.728	1.068
Média	1.411	1.214	1.576	1.087
3	1.450	825	1.592	1.256
	1.425	1.178	1.869	1.533
	1.542	1.183	1.633	1.167
	1.008	593	1.517	1.490
Média	1.356	945	1.653	1.362
4	2.478	1.335	1.983	1.622
	2.100	875	1.914	1.765
	2.589	856	1.936	1.188
	1.872	881	1.975	2.097
Média	2.260	987	1.952	1.668

continua ...

TABELA 8 - Continuação

Níveis de fosfato Catalão a Lanço	Repetição III		Repetição IV	
	Goiânia	Santa Helena	Goiânia	Santa Helena
0	2.236	1.575	1.533	2.957
	1.708	1.619	1.336	2.339
	2.442	2.199	1.806	2.508
	1.925	2.018	1.556	3.335
Média	2.078	1.853	1.558	2.785
1	2.653	2.339	2.075	2.511
	2.033	1.776	2.728	2.107
	1.392	1.789	1.700	3.053
	1.006	1.257	2.006	1.778
Média	1.771	1.790	2.127	2.362
2	1.825	1.449	2.089	2.739
	1.647	1.654	2.089	2.164
	1.650	2.676	1.978	2.406
	1.700	1.683	1.739	3.064
Média	1.706	1.878	1.974	2.593
3	2.008	1.863	1.928	2.085
	1.917	2.447	1.533	3.056
	1.817	2.540	2.625	2.224
	2.057	1.818	1.422	2.997
Média	1.947	2.167	1.877	2.591
4	2.011	1.929	2.325	2.207
	2.369	1.967	2.017	2.417
	2.117	2.075	2.172	2.482
	1.897	2.126	2.069	1.676
Média	2.099	2.024	2.146	2.196

TABELA 9 - Dados de produção de grãos de milho (kg/ha) no segundo ano (1976/1977)

Tratamentos		1976/1977			
Efeito Residual do Catalão a Lanço *	Nível S. F. Triplo (sulco)	Produção kg de Milho por ha			
		Repetição I		Repetição II	
		Goiânia	Sta.Helena	Goiânia	Sta.Helena
0	0	1.431	2.417	1.306	2.100
	1	2.889	3.500	3.244	3.139
	2	2.911	3.800	4.139	4.284
	3	4.911	3.390	4.792	4.033
1	0	1.139	2.492	1.778	2.838
	1	2.250	3.136	3.419	3.139
	2	2.835	3.186	3.856	3.806
	3	3.939	4.261	6.272	4.347
2	0	1.667	1.556	1.972	2.000
	1	2.611	3.078	3.394	3.139
	2	4.300	3.306	3.722	3.172
	3	5.256	4.147	5.211	3.843
3	0	1.944	2.442	2.581	2.390
	1	3.444	3.728	3.917	3.303
	2	4.197	3.922	4.583	3.575
	3	4.811	4.164	5.272	4.414
4	0	3.053	2.361	2.653	2.389
	1	3.647	3.778	4.097	3.825
	2	4.625	2.761	4.367	4.208
	3	5.319	4.164	5.319	4.050

continua ...

* efeito residual de um ano

TABELA 9 - Continuação

Tratamentos		1976/1977			
Efeito Residual do Catalão a Lanço	Nível S. F. Triplo (Sulco)	Produção kg de Milho por ha			
		Repetição III		Repetição IV	
		Goiânia	Sta.Helena	Goiânia	Sta.Helena
0	0	2.278	3.478	875	3.661
	1	2.669	4.011	2.613	4.647
	2	2.861	4.736	3.417	4.704
	3	4.778	4.444	4.583	5.061
1	0	1.836	3.606	1.800	3.925
	1	3.361	4.092	3.778	5.178
	2	3.533	4.611	4.194	5.119
	3	4.283	4.114	5.058	4.832
2	0	1.583	4.667	1.736	4.708
	1	3.339	4.044	4.000	4.339
	2	3.867	4.311	4.494	4.478
	3	4.278	4.719	4.667	5.285
3	0	2.028	3.603	1.764	4.319
	1	4.356	3.789	4.500	3.703
	2	4.458	4.503	4.764	2.958
	3	5.333	3.658	4.736	5.114
4	0	2.411	4.286	3.306	3.639
	1	3.501	4.911	4.264	3.778
	2	3.931	5.003	4.861	3.836
	3	4.583	4.611	5.447	4.206

TABELA 10 - Análise estatística do primeiro ano do experimento de Goiânia

Dados transformados em $x = x + \sqrt{0.0000}$

1,3930	1,5970	2,0780	1,5580
1,2490	1,7210	1,7710	2,1270
1,4110	1,5760	1,7060	1,9740
1,3560	1,6530	1,9470	1,8770
2,2600	1,9520	2,0990	2,1460

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	4	0,5945	0,1486	3,3865
B	3	0,5547	0,1849	4,2127 *
R	12	0,5266	0,0438	
Total	19	1,6759		

Médias por Tratamentos

MV (5) = 2,1142

MV (2) = 1,7169

MV (4) = 1,7082

MV (3) = 1,6667

MV (1) = 1,6564

Médias por Blocos

MB (4) = 1,9363

MB (3) = 1,9201

MB (2) = 1,6997

MB (1) = 1,5337

Média Geral = 1,7725

C. V. = 11,8192

Tukey ao nível de 5%

Trat. = 0,4724

Blocos = 0,3935

TABELA 11 - Análise estatística do primeiro ano do experimento de Santa Helena

Dados transformados em $x = x + \sqrt{0.0000}$

1,2300	1,8030	1,8530	2,7850
1,5670	1,9200	1,7900	2,3620
1,2140	1,0870	1,8780	2,5930
0,9450	1,3620	2,1670	2,5910
0,9870	1,6680	2,0240	2,1960

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	4	0,1803	0,0450	0,6519
B	3	4,7274	1,5758	22,7825 **
C	12	0,8300	0,0691	
Total	19	5,7378		

Médias por Tratamentos

MV (1) = 1,9177

MV (2) = 1,9097

MV (4) = 1,7662

MV (5) = 1,7187

MV (3) = 1,6929

Médias por Blocos

MB (4) = 2,5053

MB (3) = 1,9423

MB (2) = 1,5679

MB (1) = 1,1885

Média Geral = 1,8010

C. V. = 14,6021

Tukey ao nível de 5%

Trat. = 0,5930

Blocos = 0,4939

TABELA 12 - Análise estatística do segundo ano do experimento de
Goiânia

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
R	3	2,6938	0,8979	2,4001
A	4	10,5806	2,6451	7,0703 **
RES A	12	4,4894	0,3741	
PARC.	19	17,7639		
R	3	93,5171	31,1723	215,8756 **
A * B	12	2,8022	0,2335	1,5172
R D A 1	3	22,1545	7,3848	51,1416 **
R D A 2	3	21,5243	7,1748	49,6869 **
R D A 3	3	21,2465	7,0821	49,0457 **
R D A 4	3	19,9731	6,6577	46,1060 **
R D A 5	3	11,4210	3,8070	26,3643 **
Grau de Liberdade A D. B = 41				
Quadrado Médio do Resíduo A D. B = 0,1009				
A D B 1	4	4,8254	1,2063	11,9541 **
A D B 2	4	3,9064	0,9766	9,6774 **
A D B 3	4	4,2446	1,0611	10,5152 **
Res. B	45	6,4980	0,1444	1,0073
Total	79	120,5813		

Média Geral = 3,5899

C.V. Res. A = 3,5899

C.V. Res. B = 17,0378

Diferenças mínimas significativas:

Ao nível de 5%

A	0,6896	Q = 4,5110
B	0,3209	Q = 3,7775
B	0,5744	Q = 4,2000
A * B	1,0126	Q = 5,3300
A D B	0,9068	Q = 4,0369
R D A	0,7177	Q = 3,7775

Ao nível de 1%

A	0,8930	Q = 5,8400
B	0,3972	Q = 4,6750
B	0,7522	Q = 5,5000
A * B	1,1708	Q = 6,1625
A D B	1,1061	Q = 4,9245
B D A	0,8882	Q = 4,6750

TABELA 13 - Análise estatística segundo do experimento de
Santa Helena

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
B	3	19,3901	6,4633	14,6884 **
A	4	0,3353	0,0838	0,1905
Res. A	12	5,2803	0,4400	
PARC.	19	25,0058		
B	3	15,3887	5,1195	20,8371 **
A * B	12	1,7754	0,1479	0,6021 **
B D A 1	3	5,2162	1,7387	7,0768 **
B D A 2	3	3,1406	1,0469	4,2608
B D A 3	3	3,3298	1,1099	4,5175 *
B D A 4	3	2,6883	0,8961	3,6472 *
B D A 5	3	2,7593	0,9198	3,7435 *
Graus de liberdade A.D. B = 49				
Quadrado Médio do Resíduo A D. B = 0,1471				
A D B 1	4	0,2738	0,0684	0,4652
A D B 2	4	0,5315	0,1329	0,9031
A D B 3	4	1,1221	0,2805	1,9064
A D B 4	4	0,1835	0,0459	0,3117
Res. B	45	11,0563	0,2457	
Total	79	53,1964		

Média Geral = 3,8283

C. V. Res. A = 17,3271

C. V. Res. B = 12,9474

Diferenças mínimas significativas:

Ao nível de 5%

A	0,7479	Q = 4,5100
B	0,4186	Q = 3,7775
B	0,6229	Q = 4,2000
A * B	1,3209	Q = 5,3300
A D B	1,0884	Q = 4,0130
B D A	0,9362	Q = 3,7775

Ao nível de 1%

A	0,9684	Q = 5,8400
B	0,5181	Q = 4,6750
B	0,8158	Q = 5,5000
A * B	1,5273	Q = 6,1625
A D B	1,3237	Q = 4,8804
B D A	1,1586	Q = 4,6750