

**EFEITO DE NÍVEIS E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO,  
NA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E CONTEÚDO DESTA  
NUTRIENTE NO MILHO ( *Zea Mays, L* ), CULTIVADO EM  
SOLOS DE "CERRADO", DE BRASÍLIA-D.F.**

**JÚLIO CEZAR ARAUJO JORGE DE MAGALHÃES**  
Engenheiro Agrônomo

**DR. FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO**  
Orientador

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
para a obtenção do título de Mestre.

**PIRACICABA**  
São Paulo  
1974

A meu pai, Cesá e tia "Preta", com imorredoura saudade

A D. Laura, com eterno reconhecimento

A mãezinha e irmãs, com muito carinho

A minha esposa e filhos, com imenso amor

D E D I C O

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

A Mariza, minha esposa, pelo apôio, dedicação, compreensão e auxílio inestimáveis.

A minha mãe, tia Elza e D. Zizinha, pelo estímulo e ajuda valiosíssimos, sem os quais não concluiríamos o curso.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, a cuja orientação eficiente e sobretudo amiga, se deve a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Paulo Dacorso Filho pelo apôio e incentivo recebidos.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Teixeira Mendes, pelos valiosos ensinamentos proporcionados.

Ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos pela ajuda na confecção do "Summary and Conclusions".

Aos colegas Lúcio José Vivaldi e Renato Costa Lima pelo auxílio prestado na execução das análises estatísticas.

Ao colega Gonçalo Evangelista de França pela valiosa orientação no início do curso.

Aos Senhores Venícius Ferraz, Angelo Smaniotto, Antônio Neves da Silva e Sra. Nelci Maniero.

Ao Sr. Luiz Carlos Verissimo e Srta. Clóris Alessi.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

A todos que, de uma forma ou outra, nos ajudaram.

# C O N T E Ú D O

	Página
1. INTRODUÇÃO . . . . .	1
2. REVISÃO DE LITERATURA . . . . .	4
2.1. Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção e absorção deste nutriente pela cultura do milho ( <u>Zea mays</u> L.) . . . . .	4
2.1.1. Considerações sobre o sistema radicular do milho, relacionadas com a absorção de nutrientes, com ênfase para o fósforo . . . . .	4
2.1.2. Experimentação em casa de vegetação . . . . .	8
2.1.3. Experimentação em condições de campo . . . . .	10
2.2. Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção e absorção deste nutriente por algumas gramíneas cultivadas . . . . .	16
2.2.1. Experimentação em casa de vegetação . . . . .	16
2.2.2. Experimentação em condições de campo . . . . .	18
2.3. Respostas de algumas culturas à adubação fosfatada, em solos de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro . . . . .	20
3. MATERIAL E MÉTODOS . . . . .	24
3.1. Ensaios em casa de vegetação . . . . .	24
3.1.1. Solos . . . . .	24
3.1.2. Vasos, fertilizantes e variedades de milho utilizados . . . . .	26
3.1.3. Ensaios conduzidos em Brasília (DF) . . . . .	27
3.1.4. Ensaios conduzidos em Piracicaba (SP) . . . . .	34
3.1.5. <del>Delineamentos</del> Delineamentos experimentais empregados . . . . .	37
3.2. Ensaios em laboratório . . . . .	37
3.2.1. Solos . . . . .	37



	Página
3.2.2. Determinação da capacidade de fixação de fósforo . . . . .	38
3.3. Análises químicas . . . . .	40
3.3.1. Em solos . . . . .	40
3.3.2. Análises em plantas . . . . .	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	43
4.1. Ensaio de laboratório . . . . .	43
4.2. Ensaio em casa de vegetação . . . . .	49
4.2.1. Resultados obtidos em solo LE . . . . .	49
4.2.2. Resultados obtidos em solo LVm . . . . .	59
4.2.3. Resultados obtidos em solo LV . . . . .	66
4.2.4. Resultados obtidos em solo GPH . . . . .	76
5. RESUMO E CONCLUSÕES . . . . .	86
6. SUMMARY AND CONCLUSIONS . . . . .	90
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	93
8. APÊNDICE . . . . .	103

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos cobertos por vegetação de "cerrado" do Distrito Federal, caracterizam-se pelo acentuado grau de intemperização, elevada acidez e extrema pobreza em nutrientes disponíveis às plantas.

Alguns trabalhos efetuados na região têm demonstrado ser o fósforo o elemento mais limitante nas produções das plantas cultivadas, cuja ausência, na adubação, acarreta drástica redução no crescimento das mesmas, frequentemente conduzindo à obtenção de colheitas nulas nas parcelas experimentais (FREITAS et alii, 1971; FREITAS et alii, 1972).

A quantidade de fósforo removida pelas culturas é pequena, bem inferior às correspondentes ao nitrogênio e potássio. Entretanto, as doses de fósforo adicionado como fertilizante aos solos são, via de regra, bem superiores às relativas aos citados elementos, devido à capacidade que aqueles possuem de reter o fósforo, em uma forma não disponível ou disponível

muito lentamente às plantas, fenômeno que é conhecido genericamente pelo termo de fixação.

Trabalhos efetuados em áreas de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro e do Estado de Minas Gerais, têm comprovado ser bem elevada a capacidade de fixação de fósforo de seus solos. (LEAL, 1971), (ANASTÁCIO, 1968). Isto implica, por conseguinte, na necessidade de adições maciças de fertilizantes fosfatados aos solos em apreço, para desenvolvimento satisfatório das culturas neles estabelecidas.

Sabe-se que uma das maneiras de amenizar o grau de fixação dos fosfatos adicionados ao solo, consiste em procurar diminuir a área de contato entre as partículas deste e aqueles, de modo a permitir uma melhor absorção do nutriente pelas plantas.

Desta forma, o problema relativo a localização dos fertilizantes fosfatados, reveste-se de enorme importância em áreas cujos solos apresentam as características já assinaladas.

A literatura estrangeira é vasta a respeito do assunto em pauta, mostrando resultados um tanto contraditórios sobre qual a forma mais eficiente de adição dos fertilizantes fosfatados.

No Brasil, são escassos os resultados experimentais acerca de uma questão tão relevante e de cunho acentuadamente prático.

Considerando os fatos acima expostos, objetivou-se no presente trabalho estudar, em ensaios conduzidos em ambiente controlado, os seguintes aspectos:

- a) . Efeito de doses de fósforo, métodos de localização do fertilizante fosfatado e respectivas interações, na produção de matéria seca e no conteúdo de fósforo, da parte aérea do milho (Zea mays, L.), cultivado em quatro solos da Estação Experimental de Brasília (DF);
- b) . Avaliar, em complementação e preliminarmente, a capacidade de fixação de fósforo dos solos acima mencionados, por meio de ensaios de incubação, em laboratório.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção e absorção deste nutriente pela cultura do milho (*Zea mays* L.)

#### 2.1.1. Considerações sobre o sistema radicular do milho, relacionadas com a absorção de nutrientes, com ênfase para o fósforo

O milho (*Zea mays* L.) apresenta um sistema radicular fasciculado, pouco profundo e muito abundante, desenvolvendo-se de acordo com GRANER e GODOY (1962), em raio de ação variável, segundo a variedade, o solo, o clima e o transcurso da estação chuvosa.

Esta circunstância favorece a absorção inicial do fertilizante colocado em ambos os lados e abaixo da semente.

À medida que a planta aproxima-se da maturidade, as raízes tendem a ramificar-se e penetrar mais profundamente, podendo, de acordo com MALAVOLTA e GARGANTINI (1966), ocupar um volume de solo correspondente a 1m de lado, havendo em condições

extramente favoráveis, raízes a 2,40 m de profundidade.

PRUMMELL (1957), ao relacionar as características do sistema radicular do milho à absorção de nutrientes pela planta, afirmou que esta cultura constitui uma exceção à teoria de que as plantas com um sistema radicular extenso, não teriam benefícios da aplicação localizada, sobre a aplicação a lanço dos fertilizantes.

Ele asseverou que o milho embora apresente inicialmente, um desenvolvimento de raízes em sentido aproximadamente horizontal, as mesmas podem não atingir prontamente o adubo adicionado à lanço, quando incorporado superficialmente ao solo.

Hall et alii (1953), citados por NELSON (1956), verificaram, através de estudos com fósforo radioativo, que o milho com cerca de 50 dias de idade, absorveu 50% do conteúdo de fósforo contido na planta, de uma profundidade de 7,5 cm. Considerando-se todo o ciclo, esta proporção baixava para 33%.

Eles concluíram de seus estudos, que o milho pode absorver água e nutrientes de um volume muito grande de solo e portanto os métodos de localização superficiais teriam efeito limitado, a não ser nos estágios iniciais do ciclo da planta.

Recentemente, SINHA (1968), injetou soluções de  $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$  a duas distâncias de cada planta de milho e a três profundidades.

Os resultados mostraram que as raízes absorveram ativamente o fósforo, a distâncias laterais de 10 cm e a profundidade de 15 cm.

As condições de umidade do solo podem afetar o desenvolvimento do sistema radicular do milho. NELSON (1956), afirmou que plantas cultivadas em relativamente baixo teor de umidade, têm um sistema de raízes mais extenso, uma maior superfície de absorção e maior abundância de raízes laterais profusamente ramificadas, que as desenvolvidas sob condições próximas ao valor ótimo. Entretanto, segundo o mesmo autor, as raízes do milho, como a maior parte das de outras culturas, não podem penetrar uma camada de solo muito seco, embora haja bom suprimento de água abaixo.

A presença de uma elevada concentração de fertilizantes em determinada zona do solo, acarreta igualmente uma maior proliferação de raízes, conforme verificado por MILLER e OHLROGGE (1958). Estes pesquisadores observaram, ao estudar o desenvolvimento das raízes do milho em uma faixa lateral (ao nível das sementes e a 3,8-5 cm destas), onde foram localizados os nutrientes fósforo e nitrogênio, que as mesmas apresentavam-se profusamente ramificadas nessa região, advindo deste fato, segundo os autores, seu elevado poder de absorção de nutrientes.

DUNCAN e OHLROGGE (1958), chegaram a conclusões semelhantes, adiantando que o maior desenvolvimento das raízes na região de maior concentração de fertilizantes, seria devido a uma maior proliferação das raízes menores, não havendo influência no desenvolvimento de raízes de primeira ordem.

Os autores concluíram que a alta concentração de sais não afetou o desenvolvimento das raízes menores do milho, podendo esta cultura utilizar-se eficientemente dos fertilizantes colocados no sulco, mesmo quando apenas uma fração de seu sistema radicular permanece em contato com os mesmos.

Abordando ainda o aspecto de concentrações elevadas de fertilizantes, decorrentes de aplicações localizadas dos mesmos, TISDALE e NELSON (1966), afirmaram que estas tendem a aumentar a produção de raízes, o que implica em maior crescimento destas e conseqüentemente maior absorção de nutrientes.

Recentemente MILLER et alii (1971), apresentaram opinião até certo ponto discordante de DUNCAN e OHLROGGE (1958).

Os primeiros consideraram que a inibição verificada nas raízes das plantas de milho, em contato com uma mistura de fertilizantes N-P-K, fosse devida a elevada concentração de sais da mesma.

A respeito da toxidez provocada pelos sais, MIRANDA et alii (1970), citando Salter (1938), ressaltaram que os fosfatos são os que causam menos prejuízos às sementes em germinação ou às plantinhas, em grau bem menos acentuado que sulfatos, cloretos e nitratos.

É mesmo prática comum em certos países como nos Estados Unidos, a aplicação de pequenas doses de fósforo diretamente em contato com a semente, no sulco de plantio. (GARG e WELCH, 1967), objetivando acelerar o crescimento inicial da planta.

Em relação à mobilidade dos nutrientes, TISDALE e NELSON (1966), afirmam ser o fósforo o menos móvel dos três nutrientes principais, sendo o nitrogênio mais móvel e o potássio ocupando posição intermediária. COOKE (1954), já ressaltara que o fósforo adicionado em forma solúvel aos solos, mover-se-ia a uma curta distância do fertilizante, sendo então precipitado. Desta forma, de acordo com o mencionado autor, os fertilizantes fosfatados para serem eficientes, deveriam ser colocados em uma



zona favorável ao desenvolvimento das raízes, logo após a germinação das plantas.

GARG e WELCH (1967), acentuaram que o milho exige nos primeiros estágios de seu desenvolvimento, uma alta concentração de fósforo, em um volume algo limitado de solo, podendo ser adequada uma concentração mais baixa em um volume maior, nos estágios posteriores de crescimento. De acordo ainda com os citados autores, a alta concentração de fósforo necessária para as primeiras fases do ciclo evolutivo da planta, poderá prover:

- a) . da colocação do fertilizante próximo à semente em um pequeno volume de solo;
- b) . de solos com alto teor em fósforo disponível ou de elevados teores de fósforo adicionado a lanço, em solos com baixo teor de fósforo disponível.

#### 2.1.2. Experimentação em casa de vegetação

Embora não possam ser extrapolados para as condições de campo, por razões óbvias, os ensaios em condições controladas permitem uma análise e caracterização prévias do problema em estudo, e podem fornecer conclusões importantes, as quais evidentemente, terão de passar pelo crivo da experimentação de campo, para alcançarem validade de caráter prático.

Diversos trabalhos mencionados na literatura têm sido conduzidos em casa de vegetação, objetivando a avaliação do efeito de diferentes teores de fósforo e formas de colocação do fertilizante, na produção de matéria seca, absorção de fósforo total e proveniente do fertilizante, em plantas de milho nos estágios iniciais de crescimento. Os resultados apresentam-se um

tanto contraditórios, embora grande parte dos mesmos, tenha demonstrado, quer em vasos, quer em condições de campo, uma supremacia do modo de aplicar o fertilizante fosfatado em uma determinada posição em relação à semente, preferentemente a misturá-lo completamente com o solo.

TERMAN et alii (1961), estudaram o efeito de diversas fontes de fósforo, em diferentes níveis e aplicados ao solo em duas distintas posições, na produção de matéria seca do milho cultivado em um solo barro arenoso fino. Verificaram que a localização em uma camada de 3,8 cm abaixo da superfície, foi mais eficiente que a mistura dos fertilizantes em todo o volume do solo. Constataram também acréscimos marcantes na produção da matéria seca do milho, com acréscimo das quantidades de fósforo adicionado.

GARG e WELCH (1967), avaliaram o efeito de três diferentes formas de aplicação de fertilizantes (fosfato monocálcico monohidratado), combinadas a dois níveis de fósforo (94 e 188 ppm de P), em um solo barro siltoso com baixo teor em fósforo disponível. Os resultados demonstraram a superioridade da colocação do fertilizante em contato direto com a semente, sobre os outros dois métodos (fertilizante misturado ao solo e localizado a 7,5 cm abaixo da semente), vantagem expressa em maior produção de matéria seca, percentagem de fósforo e quantidade total de fósforo na parte aérea da planta.

KNAUER (1967), encontrou em experimentação em vasos e no campo, um efeito favorável, refletido no crescimento inicial do milho, para a localização em faixas do fertilizante (fosfato de amônio), sobre a aplicação a lanço, porém, não se verificaram diferenças entre os referidos métodos em relação à produção final.

\* OZBEK (1966), adicionou superfosfato marcado com  $^{32}\text{P}$ , em três níveis, a plantas de milho (Zea mays L.), aveia (Avena sativa L.) e outra gramínea, de clima temperado. Constatou que todas as espécies produziram pesos de matéria seca maiores e conteúdos mais elevados de fósforo total, e proveniente do fertilizante, quando este foi colocado em faixas, de preferência a misturá-lo com o solo.

TEFMAN e ALLEN (1969), cultivaram o milho em ambiente controlado, em solos com teor baixo, alto e muito alto de fósforo disponível. Verificaram em solos com baixo teor do elemento, que a produção de matéria seca, absorção total de fósforo e absorção do fósforo proveniente do fertilizante, aumentaram com o acréscimo das doses deste último, quando totalmente misturado ao solo.

MILLER et alii (1971), estudaram o efeito de uma adubação completa N-P-K, adicionada ao solo em duas posições. Verificaram ter havido pouca absorção de fósforo, após quatro semanas do plantio, quando o fertilizante foi colocado a 3,8 cm ao lado e abaixo das sementes, quando comparada à localização do mesmo, no sulco de plantio em contato com as sementes, tendo esta diferença persistido até a sétima semana de crescimento das plantas.

### 2.1.3. Experimentação em condições de campo

Praticamente desde o início do século, os pesquisadores norte-americanos voltaram sua atenção para o aspecto da localização dos fertilizantes, aliado ao estudo da resposta a teores crescentes de fósforo adicionado às culturas.

Dentre estas, o milho foi uma das primeiras a ser

estudada, em face de sua excepcional importância. Posteriormente as pesquisas relativas ao problema em pauta, foram desenvolvidas em outros países. No Brasil, como será visto a seguir, existem poucos trabalhos a respeito, a maioria dos quais focaliza o efeito da localização de uma mistura completa de fertilizantes (N-P-K), sendo o milho uma das culturas mais estudadas sob este aspecto.

Truog et alii (1925), citados por WELCH et alii (1966), concluíram que o suprimento básico de elementos essenciais, deveria ser mantido no solo, pela aplicação a lanço do fertilizante N-P-K, e que em certos casos, um suprimento adicional do mesmo, ao sulco ou às covas, no plantio, promoveria um rápido crescimento inicial, maturação precoce e acréscimo nas produções.

COE (1926), mencionou também que a maturação precoce do milho era preferencialmente obtida quando a adubação era efetuada no sulco de plantio, ao invés de aplicado a lanço em toda a área.

Estudos abordando a ação apenas do fósforo, colocado em diferentes posições em relação às sementes da planta, foram efetuados mais intensamente a partir da década de 1940.

Scarseth et alii (1944), citados por NELSON (1956), verificaram que a localização do fertilizante no fundo do sulco do arado, foi mais eficiente que a aplicação a lanço e incorporação do mesmo ao solo, e consideravelmente superior a aplicação a lanço sobre a superfície, após a aração.

NELSON et alii (1949), verificaram em experimentação de campo conduzida em dois solos barro arenosos, um com teor alto e outro baixo em fósforo disponível, que a colocação

do fertilizante fosfatado em contato com a semente e misturado com o solo no sulco de plantio, proporcionou uma percentagem mais elevada de fósforo derivado do fertilizante, na parte aérea de plantas colhidas por ocasião da primeira amostragem. Este efeito favorável não foi encontrado posteriormente, em estágios mais avançados da cultura. Os autores comprovaram ainda, ter sido muito baixa a utilização do fósforo proveniente do fertilizante, quando este foi aplicado a lanço e incorporado pela gradagem aos solos.

STANFORD e NELSON (1949), conduziram estudos com superfosfato marcado com  $^{32}\text{P}$ , em um solo barrento e outro de textura barro argilo siltosa, ambos com baixos teores de fósforo disponível. Concluíram que a localização do fertilizante à profundidade de plantio, em faixas em um ou em ambos os lados da semente, resultou em uma utilização melhor pela planta, do fósforo aplicado, e acréscimos em produção de matéria seca, nos estágios iniciais do ciclo da cultura. O referido método foi superior à localização acima do nível da semente ou faixa única situada a 7,5 cm abaixo da mesma.

Entretanto, não foram observadas diferenças entre os diversos métodos estudados, em relação à produção de grãos.

COURY e MALAVOLTA (1953), chegaram a conclusões a grosso modo semelhantes às de STANFORD e NELSON (1949).

Eles verificaram em experimento de campo conduzido em solo arenoso de baixo teor de fósforo disponível, e pobre nos demais nutrientes, que as melhores produções foram obtidas com a colocação do adubo (mistura de fertilizante N-P-K), abaixo da semente e misturado com a terra nas covas, embora este

tratamento não tivesse diferido estatisticamente daquele em que o fertilizante foi aplicado a lanço e incorporado ao solo.

VIEGAS e FREIRE (1956), estudaram em quatorze ensaios de campo, em diferentes localidades do Estado de São Paulo, o efeito da localização de adubos para cultura do milho. Em alguns desses ensaios, avaliaram por dois anos agrícolas consecutivos, o efeito da localização dos fertilizantes fosfatados. Verificaram relativamente à produção de grãos que a aplicação nos sulcos de plantio, mostrou-se tão eficiente como a lateral, em sulcos situados à mesma profundidade daqueles.

Conclusões semelhantes foram obtidas por GRANER (1958), em experimentos instalados em solo Terra Roxa Estruturada. O autor verificou não existirem diferenças significativas entre a aplicação de uma adubação completa N-P-K no sulco de plantio, e em um ou dois sulcos laterais ao mesmo.

COOKE (1954) efetuou uma revisão sobre os métodos de localização de fertilizantes, em diversos experimentos conduzidos na Inglaterra. Assinalou que para os cereais, o fósforo e o potássio deveriam ser colocados no sulco com a semente, e que a aplicação da metade da dose indicada, por esta forma, produziria tanto quanto a aplicação a lanço da dose completa.

ROBERTSON et alii (1954), verificaram em solo barro siltoso com teor médio em fósforo disponível, que a utilização pelas plantas, do fósforo proveniente do fertilizante, foi maior quando este foi colocado em faixas ao nível das sementes e a 5 cm destas, que quando colocado a 5 cm abaixo das mesmas. A vantagem decorrente da primeira posição citada, persistiu em estágios posteriores do ciclo da planta, embora tenham sido mínimas as diferenças em produção. Os autores mencionaram ainda

que a absorção total de fósforo pelas plantas, durante um período específico de crescimento, foi pouco influenciada pela adição de doses crescentes do fertilizante.

Efeito altamente favorável da localização do fertilizante, sobre a aplicação a lanço do mesmo, foi mencionado por PRUMMELL (1957). Ele verificou em solo arenoso, deficiente em fósforo, que a adição de doses crescentes do elemento, em faixas laterais a cerca de 3 - 5 cm e à profundidade de 2 cm em relação às sementes, foi superior à aplicação a lanço, seguida de leve incorporação ao solo. Os benefícios fizeram-se sentir no crescimento mais rápido, maturação precoce e produções mais elevadas.

DOLL et alii (1963), em experimentos com o milho cultivado em rotação de 3 anos, com trigo (Triticum aestivum L.) e uma leguminosa, em um solo barro siltoso com alta capacidade de fixação de fósforo, verificaram que a adição de doses crescentes de superfosfato no sulco de plantio, foi eficiente, exceto em solos com muito baixo teor de fósforo disponível, onde as aplicações tinham de ser completadas com adições a lanço do fertilizante, para obtenção de produções máximas.

Opinião até certo ponto divergente, foi apresentada por DUMENIL et alii (1965), ao relatarem resultados de experimentos em solos com baixo e muito baixo teor em fósforo disponível, de IOWA Ocidental (Estados Unidos).

Eles afirmaram que a incorporação do fertilizante fosfatado, isoladamente, com a aração, provavelmente conduziria a resultados mais lucrativos que a aplicação do mesmo no sulco, em linhas contínuas ou interrompidas, ou do que a combinação dos dois métodos.

Já BAKER e MORTENSEN (1965), verificaram um efeito favorável da localização do fertilizante fosfatado, em faixas, sobre a aplicação a lanço, ao adicionarem 14 kg/ha do elemento a um solo barro siltoso, cultivado por três anos com milho doce em rotação com outras culturas.

Em experimentos conduzidos em solo de argila pesada, utilizando superfosfato marcado com  $^{32}\text{P}$ , AMER et alii (1966), verificaram que a disponibilidade do fertilizante foi mais baixa com a aplicação a lanço, que com a localização do mesmo no sulco de plantio.

O caráter contraditório dos resultados experimentais sobre o problema em pauta, é novamente ressaltado, ao serem analisados os dados de HAMMOND e ROBERTSON (1966).

Estes autores verificaram uma elevada absorção de fósforo em solos de textura arenosa fina, por plantas de milho, concluindo em vista disto que a aplicação a lanço do fertilizante, seria superior à aplicação localizada do mesmo.

Tal afirmação está aparentemente em desacordo com a de PRUMMELL (1957), anteriormente citado.

WELCH et alii (1966), cultivaram o milho em três solos barro siltosos, com teores diferentes de fósforo disponível, utilizando quatro níveis do fertilizante, combinados a dois modos de localização. Os resultados mostraram em dois solos, uma superioridade incontestada do método em que o fertilizante foi colocado em faixa única a 5 cm ao lado e abaixo da semente, por ocasião do plantio, sobre a aplicação a lanço seguida de incorporação pelo arado.

Os autores acentuaram que em um dos solos, o efeito favorável assinalado foi tão evidente, que as produções obti



das com a adição de uma quantidade menor do fertilizante, em faixas, não foram alcançadas sequer com o emprego da dose máxima de fósforo, quando o fertilizante foi aplicado a lanço.

BATES (1971), verificou uma maior produção de grãos, com o adubo colocado em faixas laterais situadas a 3,8 cm ao lado e abaixo das sementes, posição que se mostrou superior à adição a lanço e incorporação do fertilizante ao solo, quer pela aração, quer pela gradagem.

## 2.2. Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção e absorção deste nutriente por algumas gramíneas cultivadas

São relatados na literatura científica, inúmeros experimentos em condições controladas e no campo, com várias espécies de gramíneas, tanto cereais como plantas forrageiras. Efetuou-se uma revisão à parte para estas culturas, levando-se em conta a semelhança das características de seu sistema radicular com o do milho (Zea mays L.), gramínea utilizada como planta teste neste trabalho.

### 2.2.1. Experimentação em casa de vegetação

REDIES e VIMPANY (1965), em experimentos conduzidos com painço (Setaria itálica, Beauv), constataram que a absorção de fósforo adicionado sob a zona de desenvolvimento das raízes, foi maior que a absorção do referido nutriente, quando colocado à superfície dos solos, sendo a diferença particularmente notável em dois destes, com provavelmente forte capacidade de fixação do elemento. Observou-se nos citados solos, que a absorção de fósforo foi levemente aumentada com a adição do

fertilizante, observando-se igualmente acréscimo na produção.

CHU (1969), utilizou superfosfato triplo, marcado com  $^{32}\text{P}$ , adicionando-o em vários níveis, a um solo barro sil-  
toso e um barro arenoso fino. Foi cultivado o sorgo (Sorghum  
vulgare Pers.), como planta teste. O autor verificou acréscimo  
na produção de matéria seca e absorção de fósforo do fertilizan-  
te e do solo, com acréscimos das doses empregadas do nutriente,  
tendo ocorrido no entanto, uma estabilização na produção de ma-  
téria seca acima de 30 ppm P (embora persistissem os acréscimos  
no teor de fósforo total e fósforo derivado do fertilizante).

Em relação a métodos de localização, não se veri-  
ficaram diferenças significativas entre os três métodos estuda-  
dos (fósforo aplicado à superfície, localizado em faixas e mis-  
turado ao solo).

Resultados diferentes, foram obtidos para a mes-  
ma cultura (sorgo), por VENKATACHALAM et alii (1969), ao verifi-  
carem que a localização do fertilizante a 5 ou 10 cm abaixo da  
superfície, foi melhor que a aplicação superficial, em solos  
ácidos. Em solos calcários entretanto, constatou-se que a colo-  
cação do fertilizante a 5 cm em profundidade, ou a aplicação su-  
perficial do mesmo, foram mais eficientes que a localização a  
10 cm de profundidade.

SHEARD et alii (1971), verificaram que o capim  
cevadinha (Bromus inermis L.), teve comportamento semelhante a  
alfafa (Medicago sativa L.), em experimentos em vasos e no cam-  
po, em que foram estudados diversos métodos de localização do  
fertilizante (fosfato monocálcico marcado com  $^{32}\text{P}$ ). Ambas as  
culturas apresentaram plantinhas com peso mais elevado e maior  
absorção de fósforo derivado do fertilizante, quando este foi

colocado a 5 cm diretamente abaixo das sementes, tendo este método sido superior à mistura do adubo com o solo. Os resultados de experimentos de campo corroboraram os obtidos em casa de vegetação.

### 2.2.2. Experimentação em condições de campo

PHILLIPS e NORMAN (1967), cultivaram o sorgo por três anos sucessivos, em solo barro argiloso, tendo observado que a localização do fertilizante fosfatado, à profundidade de 20 cm, acarretou menores produções de grãos, de matéria seca e menor conteúdo de fósforo total na parte aérea da planta, que a mistura do fertilizante com volumes de solo correspondentes a camadas de 10 e 20 cm de solo (camada arável). Trabalhando com a mesma cultura, SISTACHS (1971), conduziu experimentos em três solos argilosos de Cuba. Utilizou três níveis de fósforo e três métodos de localização do fertilizante: em faixas, ao lado da semente; aplicação a lanço e gradagem; aplicação a lanço, seguida de aração. Em um dos solos, seus resultados aproximaram-se aos de PHILLIPS e NORMAN (1967), uma vez que o emprego do adubo na dose mais elevada, a lanço e seguido de gradagem, mostrou-se superior aos outros dois métodos. Em outro solo, a localização em faixas ao lado da semente, foi a que induziu melhores produções. Nestes dois solos, as produções aumentaram com o acréscimo das doses de fósforo. Num terceiro, verificou-se uma redução na produção, com o nível máximo de fósforo adicionado (100 kg/ha de P).

Efeitos benéficos da localização em faixa do fósforo colocado próximo à semente, foram também relatados por PETERSEN et alii (1972). Eles verificaram que o sorgo cultiva-

do em rotação com o arroz (Oryza Sativa L.), apresentou melhor crescimento de plântulas, e produção de grãos, quando o superfosfato triplo foi adicionado próximo ou abaixo da semente. Este método forneceu, após quatro anos de cultivo com arroz, retornos econômicos e notáveis respostas ao crescimento de plantinhas de sorgo.

TERMAN et alii (1960), em ensaios com plantas forrageiras, utilizando-se de vários fertilizantes fosfatados, obtiveram produções mais elevadas para o primeiro ano de colheita, quando foram efetuadas adições maciças iniciais, de fósforo aplicado a lanço, que aplicações menores a lanço ou em cobertura. Nos anos seguintes entretanto, registraram-se produções maiores com aplicações de doses anuais mais baixas do fertilizante, em coberturas, quando comparadas às produções obtidas em parcelas recebendo apenas a fertilização inicial.

Em plantas de arroz, DATTA e VENKATESWARLV(1968), não verificaram diferenças significativas na disponibilidade e utilização do fósforo derivado do fertilizante, quando foi adicionado superfosfato à superfície ou a 5 cm de profundidade.

AHMED et alii (1965), estudando o efeito de diferentes localizações do fósforo para o arroz, verificaram que a aplicação a lanço, à superfície, e a incorporação com enxada nos 5 cm superficiais do solo, acarretaram uma maior absorção do nutriente, que a colocação do mesmo a profundidade de 10 e 20 cm.

Conclusão discordante foi emitida por VELLY (1967) que constatou uma maior absorção de fósforo por plantas de arroz a localizações profundas do fertilizante.

GUERRERO et alii (1971), verificaram em experimentos com capim Elefante (Pennisetum purpureum, Schumach), que

a aplicação a lanço conduziu à uma produção mais elevada de matéria seca, que a localização do fertilizante fosfatado em faixas, no fundo de sulcos com 20 cm de profundidade. Constataram também acréscimo nos teores de fósforo nas folhas, com acréscimos das doses adicionadas, e uma interação positiva entre estas e os métodos de localização estudados.

Em experimentos com plantas de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.), MOBERLY e WOOD (1970), efetuaram uma comparação entre métodos de aplicação do superfosfato marcado com  $^{32}\text{P}$ , adicionado a solos com baixo teor de fósforo disponível e alta capacidade de fixação de fósforo. Concluíram ter sido a aplicação a lanço superior a em faixas, independente da presença ou ausência de cobertura morta, e que a localização profunda foi tão efetiva como a aplicação à superfície, em solo nu. Observaram ainda que na ressoca, os tratamentos superficiais foram melhores que os situados em profundidade, e a aplicação a lanço, superior à efetuada superficialmente em faixas.

### 2.3. Respostas de algumas culturas à adubação fosfatada, em solos de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro

Como assinalado anteriormente, inúmeros trabalhos levados a efeito em áreas cobertas por vegetação de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro, quer no Estado de Goiás, quer no Distrito Federal, como ainda em outras áreas de "cerrado" fora da região indicada, têm demonstrado a aguda deficiência dos referidos solos no nutriente fósforo, em micronutrientes (zinco e molibdênio especialmente), cálcio e nitrogênio, e em menor grau, potássio. Entretanto, as respostas à adubação fosfatada são tão generalizadas e evidentes, como será visto a seguir, que

não deixam qualquer dúvida sobre ser o citado nutriente, o limitante, na grande maioria, senão na totalidade, dos solos sob vegetação de "cerrado" do Brasil.

Alguns dos primeiros ensaios efetuados em solos de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro, foram conduzidos por McCLUNG et alii (1958). Estes autores conduziram experimentos em casa de vegetação com gramíneas e leguminosas forrageiras, em quatro solos coletados no Estado de Goiás e dois solos coletados em São Paulo. Verificaram respostas ao fósforo, em todos os solos estudados, sendo que as produções das culturas nos tratamentos em que o fósforo era omitido foram somente 5 a 10% das obtidas nos tratamentos completos.

FREITAS et alii (1960), conduziram experimentos de campo em áreas de "cerrado" em São Paulo e Goiás, com milho (Zea mays L.), soja (Glycine max (L.) Merrill), e algodão (Gossypium hirsutum L.), este último cultivado apenas em São Paulo.

Constatarem respostas a fósforo somente em solos de Goiás, sendo que nestes, a omissão do nutriente na adubação, proporcionou produções de aproximadamente 17 e 5%, respectivamente para soja e milho, quando comparadas às obtidas nos tratamentos completos.

É importante registrar que os autores comprovaram a existência de teores muito baixos de fósforo, nas plantas de milho cultivado em solos de "cerrado" de Goiás, mesmo naquelas que receberam uma quantidade elevada do nutriente. Este fato sugeriu aos aludidos pesquisadores, estar a baixa utilização do fósforo, pelas plantas, condicionada à elevada capacidade de fixação do elemento, pelos solos em apreço.

No Distrito Federal, ensaios exploratórios foram

realizados por Alvim et alii (1968), citados por VERDADE (1971).

Os primeiros, utilizando a técnica de microparcelas, verificaram que o fósforo, o cálcio e o nitrogênio foram os elementos mais limitantes em cinco solos sob vegetação de "cerrado", de Brasília.

Resultados idênticos foram obtidos por EIRA et alii (1972), ao estudarem em ensaios em vasos, a fertilidade de um solo de "cerrado" da região de Brasília, com baixo teor de fósforo disponível. Os autores concluíram que as necessidades máximas do referido solo, eram relativas ao cálcio mais magnésio, fósforo e nitrogênio.

MENEZES e ARAUJO (1961) em solos de "cerrado" da região de Sete Lagoas (MG), verificaram que a aplicação do superfosfato, em ausência de calcário, proporcionou um aumento de 62%, quando as produções de soja foram confrontadas com as provenientes do tratamento testemunha. Em solo Latosol Vermelho Amarelo fase "cerrado" de Sete Lagoas (MG), FRANÇA e CARVALHO (1970), ao estudarem em ensaios em vasos, os elementos limitantes no desenvolvimento de cinco leguminosas, verificaram que o mesmo apresentou acentuada deficiência em fósforo, a qual refletiu-se na diminuição do peso dos nódulos, produção de nitrogênio e de matéria seca, de todas as leguminosas estudadas.

Resultados semelhantes foram relatadas por JONES e FREITAS (1970), em solo Latosol Vermelho Amarelo com baixo teor em fósforo disponível e coletado em área coberta por vegetação de "cerrado", de Matão (São Paulo).

Estes autores constataram acréscimos expressivos na produção de matéria seca, de quatro leguminosas tropicais (Stylosanthes gracilis H.B.K., Centrosema pubescens Benth, Gly-

cine javanica L. e Phaseolus atropurpureus D.C.), com quantidades crescentes de fósforo, até 100 kg/ha de P. Incrementos menores porém ainda significativos na produção das referidas culturas, foram observadas com doses entre 200 e 400 kg/ha de P.

FREITAS et alii (1971), em experimentos de campo levados a efeito com as culturas de milho e soja, em solos de "cerrado" do Distrito Federal, verificaram marcante resposta à adubação fosfatada. A adição de cerca de 133 kg/ha de fósforo (300 kg/ha como  $P_2O_5$ ) produziu um acréscimo efetivo na quantidade de fósforo do solo, sendo entretanto a quantidade de fósforo (solúvel em ácido forte diluído) determinada, apenas uma fração do fósforo aplicado, indicando, segundo os autores, um acentuado grau de fixação do elemento nos solos testados.

Resultados mais notáveis e que comprovaram a carência em nutrientes, particularmente fósforo, dos solos de "cerrado" do Distrito Federal e da região de Sete Lagoas (MG), foram obtidos por FREITAS et alii (1972). Estes autores, em experimentação de campo com as culturas de milho doce e soja, verificaram para a primeira, um efeito linear do fósforo e para a segunda, efeito residual da adubação efetuada para o milho doce, ambos altamente significativos.

Os acréscimos em produção observados em dois solos de Brasília, para as variedades de milho doce estudadas, foram da ordem de 13,8 ton/ha e 12,7 tona/ha de espigas, com a dose máxima de fósforo adicionada (400 kg/ha de fósforo), sendo também elevados os incrementos em produção verificados em Sete Lagoas (MG).

Digno de destaque é o fato de não se ter obtido qualquer colheita, nas parcelas em que se omitiu o fósforo, nos locais dos ensaios realizados no Distrito Federal.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Ensaaios em Casa de Vegetação

##### 3.1.1. Solos

As amostras dos solos estudados, foram coletadas em área da Estação Experimental de Brasília, pertencente ao Ministério da Agricultura, situada a cerca de 40 km do centro da cidade de Brasília, cortada em parte pela rodovia BR-41 que unirá Brasília a Fortaleza (CE) e nas vizinhanças da cidade Satélite de Planaltina (DF).

Procurou-se coletá-las em áreas não muito distantes dos perfis de solos descritos e analisados pela Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (1969).

Desta forma, foram selecionadas áreas nas cercanias dos perfis de números 1, 3, 5 e 14, que correspondem respectivamente às seguintes unidades de mapeamento, conforme o aludido trabalho: Latosol Vermelho Escuro Distrófico, textura argilosa, fase cerradão; Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, tex

tura argilosa, fase cerrado, Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado e Gley Pouco Húmico Distrófico de várzea.

No Quadro 1 encontram-se os dados de análise química, constando do Quadro 2, os dados da análise granulométrica dos solos em apreço.

QUADRO 1 - Análises químicas dos solos utilizados, efetuadas no laboratório de Química Agrícola da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

Solo	pH em H <sub>2</sub> O	e.mg trocável/100 gramas de solo					
		K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> total	CTC
LE	4,8	0,09	0,32	0,27	2,24**	10,65	11,33
LV	5,0	0,13	0,30	0,28	2,04	9,44	10,15
LWm	5,2	0,14	0,24	0,44	0,74**	6,16	6,94
GPH	4,7	0,08	0,30	0,12	3,52	8,80	9,30

Solo	ppm P solúvel	Porcentagem			
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	C	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre*	V
LE	2,0	0,06	2,22	7,04	6
LV	2,0	0,07	2,19	3,97	7
LWm	2,0	0,08	1,56	3,83	11
GPH	3,0	0,03	1,50	0,08	5

LE Latosol Vermelho Escuro Distrófico

LV Latosol Vermelho Amarelo Distrófico

LWm Latosol Vermelho Amarelo Distrófico

GPH Gley Pouco Húmico Distrófico

\* Análise efetuada no Centro de Estudos de Solos (CES) da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

\*\* Os dados relativos ao alumínio trocável (e.mg %) que serviram de base para o cálculo do fator de calagem (3.1.3.1.), nos solos LE e LWm, foram determinados previamente em Brasília (Fundação Zoobotânica do Distrito Federal).

QUADRO 2 - Análise granulométrica dos solos utilizados. Efetuada no Centro de Estudos de Solos (CES) da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

Solo	Porcentagem		
	Argila	Limo	Areia
LE	38,4	17,5	44,1
LV	37,2	34,3	28,5
LVm	18,9	15,1	66,0
GPH	40,2	23,8	36,0

### 3.1.2. Vasos, fertilizantes e variedades de milho utilizados

Utilizaram-se vasos de plástico de formato cilíndrico contendo 2 kg de solo cada um.

Os fertilizantes foram adicionados em solução nutritiva, tendo sido utilizado carbonato de cálcio P.A., como material corretivo. Foram os seguintes os fertilizantes empregados nos ensaios e respectivos nutrientes:

$\text{NH}_4\text{NO}_3$ , $\text{KNO}_3$ , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	- Nitrogênio, Potássio, Cálcio
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	- Fósforo, Cálcio
KCl	- Potássio, Cloro
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	- Magnésio, Enxofre
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	- Zinco, Enxofre
$\text{H}_3\text{BO}_3$	- Boro
$\text{MnCl}_2$	- Manganês, Cloro
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	- Cobre, Enxofre
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	- Molibdenio
Material Corretivo	- $\text{CaCO}_3$ P.A.

O milho (Zea mays L.), foi a planta teste adotada, tendo sido utilizadas as variedades de milho Híbrido Maya 4 e Híbrido Sintético Centralmex.

O plano experimental relativo aos ensaios em casa de vegetação foi elaborado inicialmente em Brasília, em 1971, tendo sido naquela época conduzidos dois ensaios nos solos Latosol Vermelho Escuro Distrófico, argiloso, fase cerrado e Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado, os quais serão designados de ora em diante, neste trabalho, por LE e LVm respectivamente, conforme indicado no Quadro 1.

Posteriormente, em 1973, em Piracicaba, foram conduzidos os ensaios nos solos Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, fase cerrado e Gley Pouco Húmido Distrófico de várzea reconhecidos a seguir abreviadamente, por LV e GPH respectivamente, como igualmente assinalado no Quadro 1. Muito embora o objetivo básico dos ensaios tenha permanecido inalterável, verificaram-se algumas modificações nos ensaios conduzidos em Piracicaba, as quais serão relatadas a seguir.

### 3.1.3. Ensaios conduzidos em Brasília (DF)

#### 3.1.3.1. Preparo das amostras, calagem e adubação básica

Coletaram-se amostras compostas do horizonte Ap, na profundidade de 0-20 cm. Após trazidas do campo, as mesmas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malhas de 2 mm de diâmetro. Separou-se uma porção das mesmas para determinação da "capacidade de campo". Esta foi determinada, após saturar-se por 24 horas, 2 kg de solo colocados em vasos com fundo perfurado, dentro de recipientes cheios com água, de

modo a esta ascender por capilaridade.

A "capacidade de campo" foi obtida por diferença de peso entre o solo saturado com água (peso obtido após a drenagem do excesso de água) e o peso do mesmo seco.

Após pesados 2 kg de solo a serem adicionados aos vasos, efetuou-se a calagem, cujo cálculo baseou-se no teor de alumínio trocável, multiplicando-se a quantidade deste, dada em e.mg/100g de solo, pelo fator 2, obtendo-se a quantidade de carbonato de cálcio em ton/ha. Para o solo LE foi adicionada uma quantidade de 4,2g de carbonato de cálcio por vaso. (Esta quantidade corresponde a 4,2 ton/ha de carbonato de cálcio \*).

Para o solo LVm a quantidade de corretivo adicionado aos vasos foi de 1,8g (correspondentes a 1,8 ton/ha de carbonato de cálcio). A operação da calagem consistiu na mistura do carbonato de cálcio nas doses acima indicadas, com 2 kg de solo colocados em uma lâmina de plástico, fazendo-se rolar o material em ângulos retos sobre a mesma.

Após enchidos, com solo, os vasos receberam água, adicionada a um teor de aproximadamente 70% da "capacidade de campo", permanecendo por 10 dias incubados com o material corretivo, efetuando-se periodicamente pesagens para reposições da água evaporada. (Os vasos foram cobertos com papel poroso umedecido para atenuar a evaporação).

A adubação básica consistiu da adição dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e o

---

\* Para efeito de cálculo das doses de carbonato de cálcio, consideraram-se as densidades aparentes dos solos utilizados iguais a 1,0.

zinco como micronutriente. A decisão de se eleger o zinco como único micronutriente a ser adicionado aos solos, baseou-se principalmente no trabalho de FREITAS et alii (1960), no qual foram evidenciadas em solos sob vegetação de "cerrado" de Goiás, respostas do milho, em condições de campo, apenas para os micronutrientes zinco e molibdênio, este em ausência de calagem.

As quantidades de nutrientes e respectivos fertilizantes utilizados, em ppm e mg/vaso, encontram-se no Quadro 3. Estas quantidades são bem aproximadas para o potássio, quase o dobro para o zinco, e iguais em relação ao nitrogênio, quando comparadas às utilizadas por Mc CLUNG et alii (1958).

QUADRO 3 - Quantidades de nutrientes básicos e respectivos fertilizantes, em ppm e mg/vaso, adicionados aos solos LE e LVm.

Nutrientes básicos	ppm do nutriente	mg/vaso do nutriente	mg/vaso do fertilizante
<u>N</u> ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )	200	400	1.143
<u>K</u> (KCl)	150	300	573
Mg ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	25	50	570
<u>S</u> - ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) + ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	39,5	79	614
Zn- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	5	10	44

Os nutrientes básicos foram aplicados aos solos, em seguida ao período de incubação com carbonato de cálcio e após se ter procedido a secagem ao ar e destorroamento dos mesmos. Foram adicionados em solução nutritiva, tendo sido calculada a quantidade a adicionar em cada vaso, de modo a ficar contida em 10 ml da solução. Posteriormente à evaporação da água,

o solo foi misturado novamente sobre uma lâmina de plástico, re tornando-o após seco, a cada vaso, a fim de se proceder a adição do fósforo, de acordo com os diversos tratamentos.

### 3.1.3.2. Tratamentos utilizados

Os tratamentos, em número de oito, repetidos três vezes, resultaram da combinação de três níveis de fósforo (ausência, 100 ppm P e 200 ppm P por vaso), com três diferentes métodos de colocação do fertilizante fosfatado.

Adotou-se um esquema não fatorial, em que as concentrações de fósforo acima indicadas, foram grupadas a cada um dos modos de aplicação do fertilizante, de tal modo que cada tratamento consistia na adição de 100 ou 200 ppm de fósforo, por um determinado método de localização. Como exceção, empregaram-se o tratamento testemunha, sem adição de fósforo e dois tratamentos em que se combinaram, em cada um deles, dois métodos de localização, sendo o nutriente adicionado na metade da dose total, para cada posição indicada. Há a realçar ainda que, nos ensaios levados a efeito em Brasília, não se estudou o tratamento com 200 ppm de fósforo, combinado ao método de localização fósforo próximo à semente, abaixo descrito.

Os métodos de localização estudados foram os seguintes:

- a) . Fósforo misturado em todo o volume do solo (fósforo misturado);
- b) . Fósforo colocado em faixa contínua sobre a superfície nivelada do solo, à profundidade de 5 cm em relação às sementes (fósforo localizado);

- c) . Fósforo colocado em faixa contínua, sobre a superfície nivelada do solo, aproximadamente à profundidade de plantio, 2,5 cm abaixo do nível do solo (fósforo próximo à semente);
- d) . Combinações fósforo misturado + fósforo localizado e fósforo misturado + fósforo próximo à semente. Os métodos de localização descritos em (a), (b) e (c) serão designados de ora em diante, abreviadamente por fósforo misturado, fósforo localizado e fósforo próximo à semente, respectivamente.

Os tratamentos acima indicados constam do Quadro 4. As quantidades do nutriente fósforo em ppm e mg/vaso, bem como do fertilizante (fosfato monocálcico), em mg/vaso, encontram-se relacionados no Quadro 5.

QUADRO 4 - Tratamentos estudados nos solos LE e LVm.

T R A T A M E N T O S			
Total de P adicionado (ppm)	ppm P adicionado por método de localização		
	P misturado	F localizado	P próximo a semente
0	0	0	0
100	100	0	0
100	0	100	0
100	0	0	100
100	50	50	0
100	50	0	50
200	200	0	0
200	0	200	0



QUADRO 5 - Quantidades de fósforo (ppm e mg/vaso), e fertilizante fosfatado (mg/vaso), adicionados a 2 kg de solo.

ppm de P	mg de P/vaso	mg de Ca (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O/vaso
0	0	0
100	200	813
200	400	1626

Para a execução prática do ensaio, no que tange às diversas formas de aplicação do fertilizante, procedeu-se aproximadamente como descrito em GARG e WELCH (1967), utilizando-se o fosfato monocálcico em forma sólida, aos solos, ao invés de ser adicionado em solução, como fizeram os citados autores.

a) . Fósforo misturado ao solo

O fertilizante, - Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> . H<sub>2</sub>O foi adicionado a 2 kg de solo em cada vaso, na dose indicada em cada tratamento, tendo sido muito bem misturado com todo o volume de solo, sobre uma lâmina de plástico.

b) . Fósforo localizado a 5 cm abaixo da semente

O procedimento adotado para este método de localização foi também utilizado para o outro método estudado fósforo próximo à semente. De modo sucinto adotou-se o seguinte: um vaso plástico transparente, foi cheio com 2 kg de solo e após nivelamento, marcou-se com um pincel atômico, externamente, o nível do solo no mesmo. A seguir, após esvaziá-lo, marcou-se internamente, com auxílio de uma plaquetinha de madeira

presa às paredes do vaso, a distância de 7,5 cm a partir do nível do solo. Em seguida encheu-se o vaso até a marca inferior, pesando-se este volume de solo. Foram efetuadas várias pesagens com o primeiro vaso e mais dois outros, obtendo-se então um peso médio, que foi utilizado para todos os vasos do ensaio.

Desta forma, completava-se para cada vaso o volume correspondente ao peso médio obtido e após nivelamento da superfície, o fertilizante contido em saquinhos plásticos era misturado com uma pequena porção da terra restante e adicionado uniformemente à superfície do solo. Após, completava-se o volume. Como já foi frizado acima, a operação foi idêntica para o método fósforo próximo à semente, apenas a distância foi de 2,5 cm abaixo do nível do solo, profundidade em que foram colocadas as sementes no plantio. Portanto, infere-se que a faixa fertilizada no método fósforo localizado acima descrito, ficou a uma distância de 5 cm abaixo das sementes.

### c) . Combinações de métodos de localização

Nos tratamentos que consistiram na combinação de dois métodos de localização (50 ppm de P adicionado por cada método), sendo um deles o método fósforo misturado ao solo, procedeu-se inicialmente à mistura do fosfato monocálcico com 2 kg de solo em cada vaso, como descrito em (a) e a seguir, conforme o caso, operou-se como em (b) ou (c).

Após completar-se a adição do fosfato monocálcico em todos os vasos, segundo os diversos tratamentos, estes foram irrigados até 70% da "capacidade de campo". O plantio para o solo LE ocorreu no dia 02/06/71 e para o solo LVm no dia 08/06/71. A germinação completou-se aproximadamente com 6 dias

após o plantio. Semearam-se 8 sementes de uma variedade de milho Híbrido, variedade Maya 4, sendo a operação efetuada com auxílio de um pedaço de madeira roliço, em que se marcou 2,5 cm a partir de uma das extremidades.

Com cerca de 8 dias procedeu-se ao desbaste, reduzindo-se para 3, o número de plantas por vaso. A irrigação era feita periodicamente, sendo os vasos pesados e resposta a diferença para o peso médio inicial (conjunto vaso + solo + água a 70% da "capacidade de campo").

A colheita foi efetuada com 30 dias após a germinação, tendo sido as plantas cortadas bem rente ao solo. Determinou-se o peso da matéria seca (em estufa a 65 - 70°C), da parte aérea do milho, sendo esta em seguida encaminhada para o Laboratório de Química Vegetal da Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, onde se determinou o conteúdo de fósforo na mesma.

#### 3.1.4. Ensaios conduzidos em Piracicaba

##### 3.1.4.1. Preparo das amostras, calagem, adubação básica

O preparo das amostras e a operação de calagem foram idênticos ao descrito em 3.1.3.1. Os dados de alumínio trocável que serviram de base para a calagem são os do Quadro 1, adicionando-se portanto para o solo LV uma quantidade de carbonato de cálcio igual a 4,08 g/vaso ou 4,08 ton/ha. Para o solo GPI adicionou-se de acordo com o mesmo método 7,04 g/vaso, correspondentes a 7,04 ton/ha de carbonato de cálcio.

A adubação básica efetuada nos ensaios conduzidos em Piracicaba, foi a recomendada por WAUGH e FITTS (1966). Foram incluídos os demais micronutrientes omitidos no ensaios

anteriormente descritos.

A adição de água aos vasos nos solos estudados em Piracicaba, obedeceu ao mesmo princípio de cálculo utilizado em Brasília. Apenas o método empregado foi um método mais expedito, de laboratório, que em linhas gerais consistiu no seguinte: foi adicionada a cadinhos de porcelana tarados, com fundo perfurado, sobre o qual foram colocadas rodela de papéis de filtro, certa quantidade de amostra de solo, de modo a ocupar cerca de  $2/3$  do volume do cadinho. Pesou-se então o conjunto cadinho, mais papel de filtro, mais solo seco. Após, os cadinhos foram colocados em recipientes com água, tendo-se deixado aproximadamente 10-15 minutos, até que os solos ficaram encharcados. Retiraram-se então os cadinhos, sendo estes levados a uma trompa de vácuo para remover o excesso de água, procedendo-se em seguida à pesagem dos mesmos. A diferença de peso indicou a quantidade de água absorvida. Por uma regra de três esta foi relacionada aos 2 kg de solo usados por vaso, no ensaio. Nos ensaios com os solos LV e GPH, decidiu-se utilizar apenas 50% da "capacidade de campo" descrita pelo método acima indicado, afim de se evitar o risco de uma eventual irrigação excessiva, desde que os vasos não puderam ser perfurados, como ocorreu nos ensaios levados a cabo em Brasília. Ainda de acordo com a técnica de WAUGH e FITTS (1966), deixou-se um déficit de água de 100 ml durante a germinação, tendo sido adicionados no plantio, para os solos já assinalados, 300 ml da solução nutritiva N + K + Mg + S e 100 ml de água. Após a germinação, completou-se o volume de água a 50% da capacidade de campo, com a adição de 100 ml da solução de micronutrientes.

## 3.1.4.2. Tratamentos utilizados

Os tratamentos são os mesmos relacionados em 3.1.3.2 apenas com a inclusão de mais um, tendo se elevado para quatro o número de repetições. O tratamento a mais, refere-se à dose de 200 ppm de fósforo, adicionado ao solo de acordo com o procedimento já descrito para a localização fósforo próximo à semente.

Os tratamentos nos ensaios conduzidos em Piracicaba, constam do Quadro 6.

QUADR 06 - Tratamentos estudados nos solos LV e GPH.

T R A T A M E N T O S			
Total de P adicionado (ppm)	ppm P adicionado por método de localização		
	P misturado	P localizado	P próximo à semente
0	0	0	0
100	100	0	0
100	0	100	0
100	0	0	100
100	50	50	0
100	50	0	50
200	200	0	0
200	0	200	0
200	0	0	200

As quantidades do nutriente fósforo e fertilizante fosfatado utilizado, são as assinaladas no Quadro 5. Também foram iguais ao descrito em 3.1.3.2., os diversos procedimentos relativos à aplicação do fósforo.

Quanto à condução dos ensaios, tem-se a assinalar o seguinte:

- a) . o plantio foi efetuado para os dois solos estudados, no dia 16/03/73, utilizando-se sementes de milho da variedade de Híbrido Sintético Centralmex;
- b) . durante o decorrer do ensaio, efetuou-se o rodízio dos vasos duas vezes por semana;
- c) . os ensaios foram colhidos com cerca de 50 dias após a germinação;
- d) . determinou-se o peso da matéria seca (em estufa a 65-70°C) da parte aérea das plantas, após o que as mesmas foram moídas em micromoinho, utilizando-se peneira nº 20. Em seguida o material foi colocado em saquinhos de papel e posteriormente analisado para fósforo.

#### 3.1.5. Delineamentos experimentais empregados

Em Brasília, optou-se pelo delineamento em blocos casualizados, consistindo portanto os ensaios, de 8 tratamentos repetidos 3 vezes. Nos ensaios em Piracicaba utilizaram-se 9 tratamentos com 4 repetições, dispostos em um Delineamento Inteiramente Casualizado.

### 3.2. Ensaio em laboratório

#### 3.2.1. Solos

Os solos utilizados são os mesmos caracterizados em 3.1.1.

### 3.2.2. Determinação da capacidade de fixação de fósforo

O método adotado para este estudo, foi o de WAUGH e FITTS (1966), que em linhas gerais, pode ser descrito como indicado a seguir.

Preparam-se soluções com doses crescentes em fósforo, variando de 0 a 600 ppm de P. (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 e 600 ppm P), as quais são obtidas a partir de uma solução estoque de fosfato monocálcico, contendo 2.500 ppm de fósforo. Estas soluções são então adicionadas a 10g de solo, utilizando-se 4 ml de cada, sendo que para a dose zero, juntam-se 4 ml de água destilada.

A adição é feita por meio de uma pipeta, gota a gota, de modo a se cobrir homogeneamente toda a superfície das amostras de solo, contidas em erlenmeyers de 125 ml.

Neste estudo, as 10 concentrações crescentes de fósforo acima indicadas, foram repetidas 3 vezes para cada solo, tendo sido pesadas 10 gramas distribuídas em 33 erlenmeyers, havendo 3 erlenmeyers controle (apenas com solo seco ao ar). Após a adição das soluções de fósforo, cobriram-se os erlenmeyers para se evitar a evaporação, e as amostras ficaram em incubação por um período de 4 dias. A seguir procedeu-se à extração do fósforo absorvido fracamente à superfície das partículas coloidais do solo, empregando-se um extrator adequado. Utilizou-se o extrator da Carolina do Norte. (0,05 N em HCl e 0,025 N em  $H_2SO_4$ ), que é o extrator empregado nas análises de fertilidade do Programa Nacional de Fertilidade do Solo, nos laboratórios de "Soil Testing" ("International Soil Testing Program"). O método de extração, de acordo com VETTORI (1969), consistiu na

adição de 100 ml do extrator mencionado, a erlenmeyers contendo 10g de solo. A seguir, a suspensão solo-solução foi agitada por cinco minutos em agitador circular horizontal, deixando-se em repouso por uma noite. Para a determinação do fósforo, pipetaram-se 5 ml do líquido sobrenadante.

A análise colorimétrica para o cálculo do fósforo extraído, seguiu o método descrito por VETTORI (1969), como igualmente obedeceu a técnica mencionada pelo citado pesquisador, a marcha seguida para a confecção das Curvas Padrões para fósforo. Determinou-se a equação de regressão para três Curvas Padrões, obtendo-se um fator  $F = 0,128708$  para os tratamentos que não sofreram diluição e um fator 10 vezes maior para as concentrações mais elevadas de P (cujo extrato sofreu uma diluição de 1:10).

O fósforo extraído foi portanto calculado através da leitura obtida no colorímetro, multiplicando-se esta pelo fator acima expresso. O cálculo do fósforo fixado foi efetuado pela equação:

$$P \text{ fixado} = P \text{ no solo} + P \text{ adicionado} - P \text{ extraído}$$

O fósforo existente no solo é dado pelo tratamento testemunha (10g de solo incubadas com 4 ml de água destilada).

A percentagem de fixação foi calculada por:

$$\% \text{ de fixação} = \frac{P \text{ fixado}}{P \text{ adicionado} + P \text{ no solo}} \times 100$$

Os resultados obtidos, foram expressos em ppm de fósforo fixado.



### 3.3. Análises químicas

#### 3.3.1. Em solos

Procederam-se a determinações de caráter rotineiro, normalmente realizadas em laboratórios de Fertilidade de Solos. Serão descritas sucintamente.

##### 3.3.1.1. pH

Determinado na suspensão de solo em água, na razão de 1:1, empregando-se um potenciômetro equipado com eletrodos de vidro (potenciômetro Leeds Northrup).

##### 3.3.1.2. Acidez total

A extração foi efetuada com acetato de cálcio 1N e a titulação com hidróxido de sódio 0,02 N usando-se fenolftaleína como indicador.

##### 3.3.1.3. Hidrogênio e alumínio trocáveis

Para a determinação de hidrogênio + alumínio trocáveis, foi feita a extração com solução N de cloreto de potássio, titulando-se com hidróxido de sódio 0,02 N, em presença de fenolftaleína (CATANI et alii, 1955).

##### 3.3.1.4. Cálcio e magnésio trocáveis

A extração foi levada a efeito com cloreto de potássio N. O cálcio e cálcio + magnésio foram determinados em alíquotas do extrato, por titulações com EDTA 0,01 M, sendo o magnésio obtido por diferença (GLORIA et alii, 1964).

### 3.3.1.5. Potássio trocável

Foi determinado pelo método de fotometria de chama, no extrato obtido com ácido nítrico 0,05 N, após neutralização com hidróxido de amônio (1 + 1) (CATANI et alii, 1955).

### 3.3.1.6. Carbono orgânico

A determinação consistiu na oxidação de matéria orgânica pelo íon dicromato e titulação do excesso com sulfato ferroso amoniaco (CATANI et alii, 1955).

### 3.3.1.7. Fósforo solúvel

O método empregado foi o preconizado por VETTORI (1969), que utiliza uma solução extratora 0,05 N em ácido clorídrico e 0,025 N em ácido sulfúrico (extrator da Carolina do Norte). A determinação foi efetuada em fotocolorímetro KLETT-SUMMERSON (filtro vermelho).

### 3.3.1.8. Fósforo total

O método utilizado foi o descrito por VETTORI (1969). A extração foi efetuada com ácido sulfúrico de peso específico igual a 1,47.

### 3.3.1.9. Óxido de ferro livre

Utilizaram-se para a extração: citrato de sódio 0,3 M, bicarbonato de sódio 1 M e uma grama de ditionito de sódio. Após extraído, o ferro foi determinado por método fotocolorimétrico (JACKSON, 1965).

### 3.3.1.10. Análise granulométrica

Utilizou-se o método da pipeta (BAVER, 1966) empregando-se o hexametáfosfato de sódio (Calgon) 0,5 N, como agente dispersante, conforme recomendam Kilmer e Alexander (1949), citados por BAVER (1966).

### 3.3.2. Análises em plantas

O método adotado nas análises realizadas na Fundação Zoobotânica do Distrito Federal e, com ligeiras modificações, nas que foram efetuadas no Laboratório de Química Agrícola da E.S.A. "Luiz de Queiroz", foi descrito por LOTT et alii (1956). Foi utilizada a digestão nítrico - perclórica, adicionando-se 2 ml de ácido nítrico, para 200 mg de matéria vegetal seca, contidos em Kjeldahl de 100 ml. Esta proporção (10 ml de ácido nítrico/g de material vegetal) está de acordo com SARRUGE (1972). A determinação foi efetuada pelo método do vanadomolibdato de amônio (LOTT et alii, 1956).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Ensaio de Laboratório

Estes ensaios foram conduzidos, objetivando-se avaliar a capacidade de fixação dos solos caracterizados em 3.1.1. Eles tiveram um caráter de complementação, procurando-se com a realização dos mesmos, obter informações que possibilitem uma melhor compreensão do comportamento da planta teste utilizada nos ensaios em casa de vegetação, face aos diferentes tratamentos descritos em 3.1.3.2. e 3.1.4.2.

Os resultados médios obtidos em relação à quantidade de fósforo fixada (ppm P) e percentagem de fixação, constam do Quadro 7. Vê-se pelo mesmo, que os solos LV e GPH apresentam, respectivamente, a maior e a menor capacidade de fixação de fósforo, verificando-se valores intermediários e bem semelhantes para os solos LE e L<sub>Wm</sub>. Observa-se pelo citado quadro, que os valores absolutos de fósforo fixado, aumentam com o acréscimo das doses adicionadas do elemento, ocorrendo um decréscimo nos valores relativos (percentagem de fósforo fixado).

QUADRO 7 - Quantidades de fósforo adicionado e fixado, em ppm de P e capacidade de fixação (%), dos solos LE, LVm, LV e GPH.

ppm P adicio- nado ao solo	Solos estudados (+)								
	LE		LVm		LV		GPH		
	ppm P fixado	% P fixado	ppm P fixado	% P fixado	ppm P fixado	% P fixado	ppm P fixado	% P fixado	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	40,81	78,99	42,11	81,89	43,91	85,33	28,98	55,39	
100	77,38	76,12	81,60	80,46	85,29	84,06	52,55	51,36	
150	111,12	73,27	114,09	75,35	123,66	81,65	70,80	46,48	
200	145,89	72,34	153,58	76,25	161,35	80,09	91,20	45,08	
250	180,71	71,80	178,48	70,99	196,12	77,99	112,45	44,57	
300	202,13	67,00	204,88	67,97	224,23	74,38	124,70	41,25	
400	265,24	66,03	259,41	64,62	292,06	72,75	162,06	40,28	
500	322,33	64,25	320,37	63,89	358,16	71,42	208,00	41,41	
600	373,00	62,00	376,18	62,55	424,27	70,54	239,79	39,81	
C.V. (%)	2,06		1,12		2,09		1,03		

(+) - Os dados constituem a médias de três repetições.

A Figura 1 que relaciona a quantidade de fósforo fixado às doses crescentes de fósforo adicionado (ambos em ppm de P), ilustra os resultados obtidos no quadro acima indicado. Comprova-se na mesma, o paralelismo acentuado das curvas representativas dos solos LE e LVm, que se apresentam quase superpostas, evidenciando serem praticamente iguais as capacidades de fixação de fósforo dos mencionados solos.

Procurar-se-á através das características químicas e físicas dos solos estudados, que constam dos Quadros 1 e 2, e de acordo com trabalhos citados na literatura, principalmen

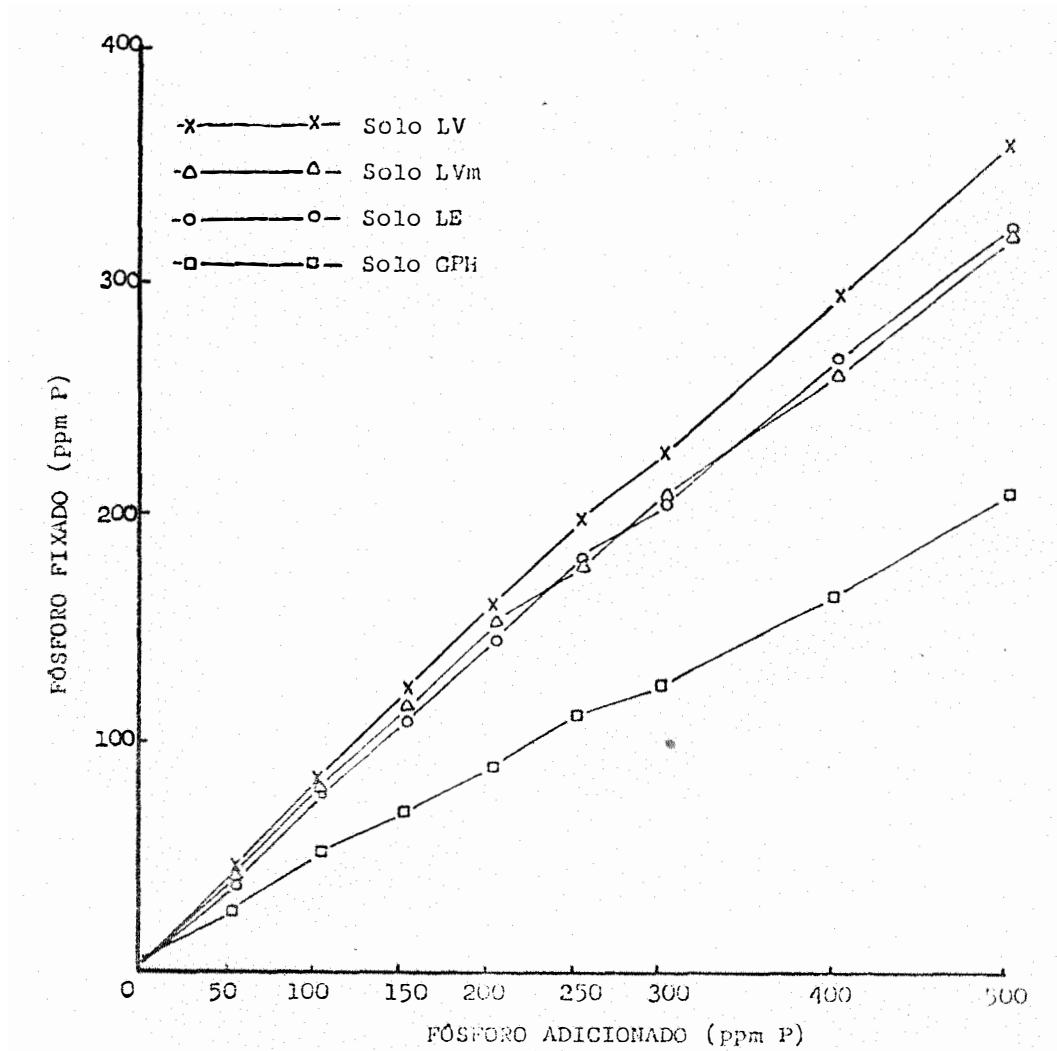


FIGURA 1 - Quantidade de fósforo fixado, relacionada ao total de fósforo adicionado, nos solos LE, LVm, LV e GPH.

te aqueles relacionados a solos tropicais, obter prováveis explicações para as distintas capacidades de fixação de fósforo, apresentadas pelos solos em questão.

Em relação aos solos LV, LE e GPH, constata-se pelo Quadro 1, que ambos apresentam acidez elevada, o solo LV, pH levemente superior. Os teores de argila são praticamente iguais, levemente inferiores para os solos LV e LE. Os dados relativos à acidez total, capacidade de troca catiônica e percentagem de saturação em bases, são semelhantes. Quanto ao alumínio trocável, nota-se que o solo GPH possui teor mais elevado que os outros dois acima indicados.

Considerando-se entretanto o teor em óxidos de ferro livre, a situação inverte-se, verificando-se uma percentagem cerca de 50 vezes mais elevada para o solo LV e 88 vezes para o solo LE, quando confrontadas com a obtida no solo GPH. Aliás, constata-se pelos dados do Quadro 1, que este último possui o teor mais baixo em óxidos de ferro livre de todos os quatro solos estudados. Os teores em carbono orgânico, são igualmente maiores para os solos LV e LE, quando comparados ao determinado em solo GPH.

Acredita-se, portanto, que a capacidade de fixação do fósforo mais baixa apresentada pelo solo GPH, quando comparada com aquela determinada para os dois outros solos supracitados, deva estar provavelmente relacionada, entre outros fatores, principalmente ao teor mais elevado de óxidos de ferro livre e também ao maior teor de carbono orgânico, que estes apresentam.

AHENKORAH (1968), encontrou correlação positiva e altamente significativa entre as fixações de fósforo e os con

teúdos de carbono orgânico e ferro, em solos africanos. RAMULU (1967), encontrou igualmente correlação significativa entre o fósforo fixado e a quantidade de óxidos de ferro livre, em 12 solos ácidos. MELLO (1968), considerou que para as condições gerais dos solos do Estado de São Paulo, a principal causa da fixação do íon fosfato reside na adsorção do mesmo, à superfície das partículas coloidais de óxidos hidratados de ferro, alumínio e outros. LEAL (1971), encontrou em solos sob vegetação de "cerrado" do Distrito Federal e Goiás, correlações lineares altamente significativas entre a adsorção máxima de fósforo e os teores de matéria orgânica.

A maior fixação de fósforo constatada no solo LV, em confronto com a obtida em solo LE, é difícil de ser explicada apenas com os dados de análise química contidos no Quadro 1. É possível, que dados como teores de óxidos amorfos de alumínio, possam esclarecer as diferenças encontradas entre os referidos solos. LEAL (1971), constatou, em solos de "cerrado" correlações altamente significativas entre óxidos amorfos de alumínio e fixação de fósforo.

A semelhança verificada, entre as capacidades de fixação de fósforo dos solos LE e LVm é paradoxal se se considerar apenas os dados dos Quadros 1 e 2. Verifica-se por exemplo, pelo Quadro 1, que o solo LVm é menos ácido que o solo LE e possui teores mais baixos de carbono, óxidos de ferro livre e alumínio trocável, quando comparados aos teores determinados neste último solo. Pelos dados do Quadro 2, comprova-se que o teor de argila no solo LVm é menos da metade do determinado no solo LE. Conclui-se portanto, levando-se em conta os dados analíticos indicados pelos Quadros 1 e 2, que o solo LE deveria fixar mais fósforo que o solo LVm. Tal entretanto, não ocorreu



nos ensaios de laboratório levados a efeito para os mencionados solos. Deseja-se ressaltar, terem sido aqueles repetidos simultaneamente, por duas vezes, em épocas diferentes, e os resultados foram confirmados.

Sobre o efeito do teor de argila e acidez na fixação de fósforo, ANASTÁCIO (1968), trabalhando com 55 amostras de horizontes superficiais, de solos provenientes de várias regiões brasileiras, concluiu que a influência do teor de argila é relativo na fixação de fósforo, e que a acidez não é fator decisivo para induzir uma capacidade de fixação mais elevada. O mencionado autor verificou aliás, que os solos que mais fixaram fósforo, não foram os mais ácidos.

Entretanto, LEAL (1971), encontrou em solos de "cerrado" do Planalto Central Brasileiro, correlação altamente significativa e positiva entre teores de argila e adsorção máxima de íons fosfatos e correlação negativa entre esta propriedade e o pH.

Considerando-se portanto apenas os dados analíticos dos Quadros 1 e 2 e os resultados mencionados na literatura, o autor não encontra explicação razoável para justificar a semelhança dos resultados encontrados para os solos LE e LVm (Quadro 7). É provável que a elevada capacidade de fixação de fósforo constatada neste último, possa ser compreendida com a determinação de outras características químicas como, por exemplo, teores de óxidos amorfos de alumínio.

Acredita-se, igualmente ser possível que a caracterização qualitativa e principalmente quantitativa, dos minerais da fração argila dos citados solos, com cálculo da superfície específica dos mesmos, possam contribuir para a elucidação

do problema em apreço.

#### 4.2. Ensaio em Casa de Vegetação

##### 4.2.1. Resultados obtidos em solo LE

Os resultados obtidos para produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg), na<sup>(+)</sup> planta, constam do Quadro 8. As análises da variância relativas aos dados assinalados, constam do Apêndice, Quadro I.

QUADRO 8 - Produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg), na parte aérea da planta, em solo LE.

Tratamentos			(+)	(+)
Níveis de P (ppm) x Localização P			Matéria	Conteúdo
P misturado	P localizado	P próximo a semente	seca (g)	de fósforo (mg)
0	0	0	0,9	0,80
100	0	0	3,6	4,46
0	100	0	5,2	8,15
0	0	100	4,9	6,20
50	50	0	4,13	6,13
50	0	50	4,9	5,83
200	0	0	5,2	8,17
0	200	0	5,4	9,59

(+) Os dados constituem a média de 3 repetições.

No Quadro 9 estão os contrastes efetuados entre as médias dos diferentes tratamentos, para dados de produção de

(+) Neste capítulo, por questão de simplificação, sempre que se fizer referência no texto, a conteúdo de fósforo na planta, subentende-se tratar-se de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta.

matéria seca e conteúdo de fósforo na planta e respectivas significâncias, pelo Teste Tukey, a 5% e 1% de probabilidade.

QUADRO 9 - Contrastes efetuados entre médias de tratamentos (Teste Tukey), considerando-se dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, obtidos em solo LE.

Contrastes entre médias ( $\bar{X}$ )				Significancia dos contrastes	
				Matéria seca	Conteúdo de fósforo
a)	$Y = \bar{X}_D$	$- \bar{X}_T$	(+)	**	**
b)	$Y = \bar{X}_{M_1}$	$- \bar{X}_T$		**	**
c)	$Y = \bar{X}_2$	$- \bar{X}_1$	(++)	*	**
d)	$Y = \bar{X}_{M_2}$	$- \bar{X}_{M_1}$	(+)	**	**
e)	$Y = \bar{X}_{L_2}$	$- \bar{X}_{L_1}$	(+)	n.s	n.s
f)	$Y = \bar{X}_{L(1+2)}$	$- \bar{X}_{M(1+2)}$		*	**
g)	$Y = \bar{X}_{L_1}$	$- \bar{X}_{M_1}$		**	**
h)	$Y = \bar{X}_{Pr_1}$	$- \bar{X}_{M_1}$	(+)	*	n.s
i)	$Y = \bar{X}_{L_1}$	$- \bar{X}_{Pr_1}$		n.s	n.s
j)	$Y = \bar{X}_{L_2}$	$- \bar{X}_{M_2}$		n.s	n.s
k)	$Y = \bar{X}_U$	$- \bar{X}_C$	(+++)	n.s	n.s
l)	$Y = \bar{X}_M + L$	$- \bar{X}_M + Pr$	(++++)	n.s	n.s

(+) - M, L, Pr, T, D - respectivamente: métodos de localização fósforo Misturado, Localizado e Próximo à semente, Testemunha; Demais Tratamentos.

(++) - 1, 2 - respectivamente: níveis e 100 e 200 ppm de fósforo.

(+++)

- U, C - respectivamente: adição de fósforo por um único método; adição por mais de um método (combinações de métodos).

(++++)

- Combinações: fósforo misturado + fósforo localizado e fósforo misturado + fósforo próximo à semente.

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade.

\* - Significativo a 5% de probabilidade.

n.s - Não significativo.

Os valores da diferença mínima significativa (DMS), a 5% e 1% de probabilidade, relativos aos contrastes supracitados encontram-se no Quadro 10.

Observando-se o Quadro 9, verifica-se existir uma correspondência bem acentuada entre dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, em relação à significância dos diversos contrastes efetuados entre as médias dos tratamentos.

Na discussão dos resultados obtidos, abordar-se-ão para este solo, os seguintes aspectos: respostas à adubação fosfatada; efeito de níveis de fósforo; efeito de métodos de localização e interação níveis de fósforo x métodos de localização.

#### 4.2.1.1. Respostas à adubação fosfatada

Como indicado pelos dois primeiros contrastes do Quadro 10, verificaram-se diferenças altamente significativas entre o tratamento testemunha (sem adição de fósforo) e os demais tratamentos, em seu conjunto, (contraste a), como entre o primeiro e aquele cuja média mais se lhe aproximou (contraste b). A marcante resposta ao fósforo, evidenciada neste solo, confirma os resultados obtidos em trabalhos anteriores, conforme abordado na revisão de literatura efetuada, e que comprovam a deficiência generalizada de fósforo disponível às plantas, em solos de "cerrado" da região de Brasília. Por este motivo, este item não será discutido para os demais solos estudados, assinalando-se somente os contrastes acima descritos e respectivas significâncias pelo Teste Tukey.

QUADRO 10 - Valores das DMS, pelo Teste Tukey, para os diversos contrastes efetuados entre médias de tratamentos, no solo LE.

Contrastes	Matéria seca		Conteúdo de fósforo	
	DMS		DMS	
	5%	1%	5%	1%
b, d, e, g, h, i, j, l	1,19	1,49	2,78	3,48
a	0,90	1,13	2,11	2,64
c	0,72	0,90	1,68	2,10
f	0,84	1,05	1,96	2,46
k	0,76	0,95	1,77	2,22

#### 4.2.1.2. Efeito de níveis de fósforo

O contraste g do Quadro 9 aborda o efeito dos níveis de fósforo, independente do método de localização utilizado. Verifica-se pelo mesmo, que a média do conjunto de tratamentos que receberam 200 ppm de fósforo foi superior à média do conjunto de tratamentos que receberam 100 ppm de P. A diferença foi significativa a 5% de probabilidade para os dados de matéria seca e altamente significativa para conteúdo de fósforo na planta. Verificam-se por conseguinte, acréscimos em produção de matéria seca e conteúdo do nutriente na planta, com acréscimo das quantidades de fósforo adicionado, independente da posição em que o fertilizante foi colocado.

Considerando-se o efeito de níveis de fósforo relacionado aos diferentes métodos de localização, vê-se pelo contraste d do Quadro 9, que a adição de 200 ppm de fósforo pelo método fósforo misturado, proporcionou produções de matéria seca e conteúdos de fósforo na planta, significativamente mais elevados, que os obtidos quando o nutriente foi adicionado na

concentração de 100 ppm. Já o contraste e do mesmo quadro, mostra não terem ocorrido diferenças significativas entre os níveis de fósforo acima indicados, quer para dados de matéria seca, como de conteúdo de fósforo na planta, quando o fertilizante foi adicionado pelo método fósforo localizado.

As Figuras 2 e 3 mostram efeitos de níveis e métodos de localização de fósforo, respectivamente, na produção de matéria seca e conteúdo de fósforo no milho cultivado em solo LE. Pelas mesmas tem-se uma idéia do acréscimo na quantidade daqueles dados em função do acréscimo de fósforo adicionado pelo método fósforo misturado. Interessante observar a tendência acentuadamente retilínea, que representa o conteúdo de fósforo na planta, decorrente da aplicação de fertilizante totalmente misturado ao solo. Em relação ao fósforo localizado, nota-se na Figura 2, a estabilização verificada na produção de matéria seca, a partir do nível de 100 ppm de fósforo. A Figura 3 indica ter havido acréscimo no conteúdo de fósforo na planta, quando se elevou de 100 para 200 ppm, a quantidade de fósforo adicionado pelo método em questão, porém não foram significativas as diferenças, como comprova o contraste e do Quadro 9.

#### 4.2.1.3. Efeitos de métodos de localização

Os contrastes f, g e j do Quadro 9, comparam os métodos de localização fósforo misturado e fósforo localizado, respectivamente, no conjunto dos níveis de fósforo adicionado ao solo, como isoladamente a 100 e 200 ppm de P. Pelos mesmos, verificaram-se diferenças altamente significativas, quer para produção de matéria seca, como para conteúdo de fósforo na planta, em favor do segundo método, ao nível de 100 ppm de P e no

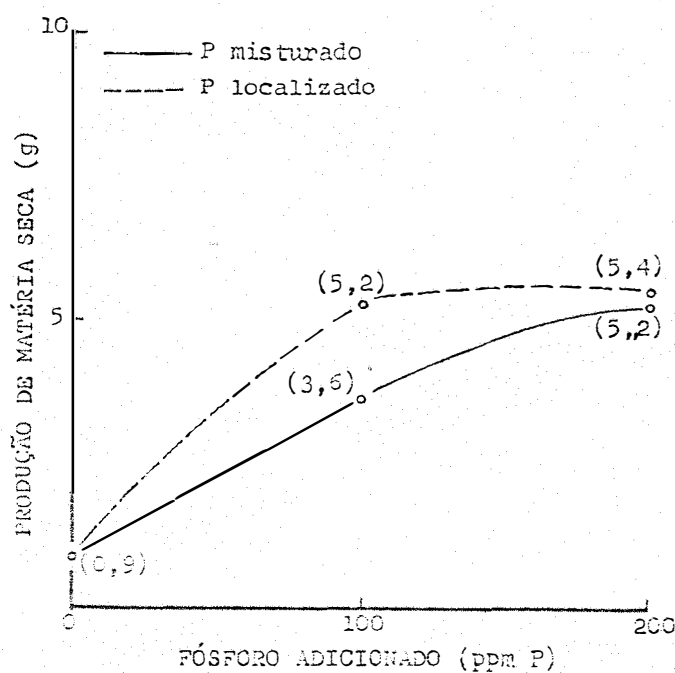


FIGURA 2 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo na produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivado em solo LE.

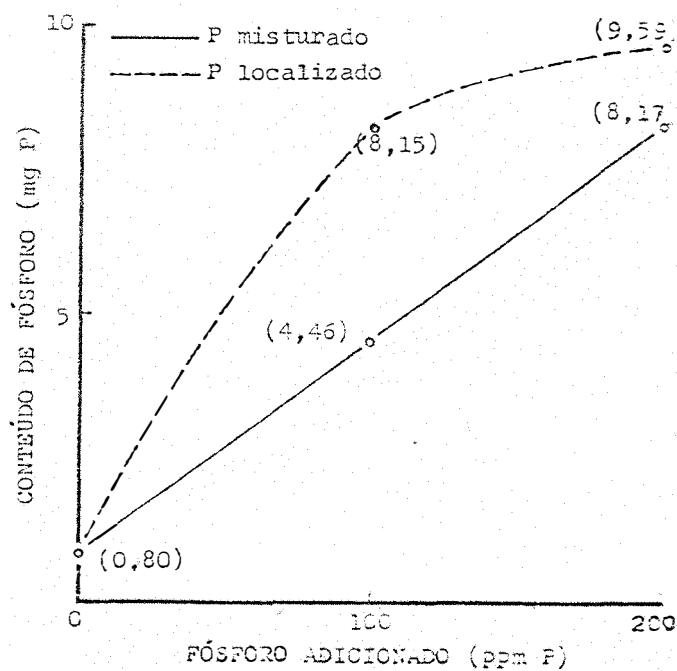


FIGURA 3 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo no conteúdo deste nutriente, na parte aérea do milho cultivado em solo LE.

conjunto dos níveis. Entretanto, na concentração do nutriente de 200 ppm, não se constataram diferenças significativas, considerando-se os dois aspectos estudados.

Pela Figura 3, pode-se observar terem sido mais acentuadas as diferenças entre os métodos de localização fósforo misturado e localizado, quando se consideram os dados de conteúdo na planta, indicando uma maior disponibilidade do nutriente por este último método, mesmo à concentração mais elevada de fósforo, embora sem ser significativa, neste nível, a diferença em relação ao método fósforo misturado.

Em relação ao método de localização fósforo próximo à semente verifica-se pelo contraste i do Quadro 9, que o mesmo não diferiu do método fósforo localizado, considerando-se dados de matéria seca e conteúdo do nutriente na planta. No entanto, mostrou-se superior ao método fósforo misturado, apenas no que diz respeito aos primeiros, não sendo significativa a diferença entre os referidos métodos, em relação ao conteúdo de fósforo na planta (contraste h do Quadro 9), quando se adicionou 100 ppm de fósforo ao solo.

A explicação para a diferença de comportamento, entre as posições localizadas do fertilizante (fósforo localizado e fósforo próximo à semente), e a aplicação do mesmo misturado com o volume total do solo, (fósforo misturado), quando são adicionadas a este, as mesmas quantidades do nutriente, parece estar ligada à elevada capacidade de fixação de fósforo apresentada pelo solo LE, como ficou evidenciado nos resultados dos ensaios de laboratório discutidos em 4.1. Em ensaios de vasos como estes, onde as raízes das plantas exploram todo o volume do solo à sua disposição, como observado por ocasião da colheita,



não deveriam ser encontradas diferenças tão marcantes entre as posições acima indicadas, a não ser devido a alterações do grau de disponibilidade do nutriente, condicionadas a um maior ou menor contato das partículas do fertilizante, com solos possuindo elevada capacidade de fixar fósforo.

Na literatura, são numerosas as referências acerca de vantagens da adição do fertilizante fosfatado em faixas, ao lado e abaixo das sementes, ou ainda misturado em um pequeno volume de solo, de preferência a misturá-lo com o volume total de solo, principalmente em solos com elevada capacidade de fixação de fósforo. ROBINSON (1959), já assinalara que "a vantagem da aplicação localizada do fertilizante fosfatado seria particularmente notável em solos com baixo teor de fósforo disponível e elevada capacidade de fixação". Esta afirmação é particularmente válida, quando se utiliza uma fonte de fósforo altamente solúvel, como é o caso do fosfato monocálcico, conforme mostraram LANTON et alii (1956) e WEBB e PISEK (1958).

Desta forma, a superioridade do método fósforo localizado sobre o método fósforo misturado, ao nível de 100 ppm de P, pode ser entendida como consequência da maior disponibilidade do nutriente quando adicionado ao solo pelo primeiro, devido à redução do contato das partículas do fertilizante com o solo, e portanto redução na intensidade do fenômeno de fixação de fósforo (COURY e MALAVOLTA, 1953). Verifica-se, conforme demonstrado pelo contraste j do Quadro 9, que com o acréscimo da quantidade de fósforo adicionado, de 100 para 200 ppm, desapareceram as vantagens, em termos de produções mais elevadas de matéria seca e maior conteúdo de fósforo na planta, favoráveis ao método fósforo localizado.

Este fato parece indicar uma saturação dos pontos que fixam mais fortemente fósforo no solo, quando o primeiro é adicionado ao segundo, em concentrações mais elevadas. Desta forma o nutriente torna-se mais disponível às plantas, mesmo quando o fertilizante é misturado com o volume total do solo. (GARG e WELCH, 1967).

Considerando-se, entretanto, o método fósforo próximo à semente, as vantagens em relação ao método fósforo misturado não são tão evidentes, desde que foram constatadas diferenças significativas apenas para produção de matéria seca. ROBINSON et alii (1959), afirmaram que a disponibilidade do fósforo é aparentemente refletida no crescimento da planta e conteúdo de fósforo, preferentemente ao teor em percentagem do nutriente, na planta. Verificou-se pela comparação efetuada entre os citados métodos de localização, que a maior disponibilidade do nutriente no método fósforo próximo à semente, foi evidenciada pela maior produção de matéria seca, e conteúdo de fósforo na planta, embora para este último, as diferenças em relação ao método fósforo misturado, não tenham sido significativas. Não se tem explicação razoável para este fato, embora provavelmente a pequena diferença existente entre os conteúdos de fósforo, de plantas que absorveram o nutriente colocado nas posições acima indicadas, tenha certa importância prática, pois foi capaz de acarretar uma diferença significativa no que diz respeito à produção de matéria seca.

O contraste k do Quadro 10 mostra não terem havido diferenças significativas entre a média do conjunto de tratamentos em que o fósforo foi adicionado por um único método de localização (ao nível de 100 ppm) e a média relativa ao conjun-

to de tratamentos em que o nutriente foi adicionado pelas combinações fósforo misturado + fósforo localizado e fósforo misturado + fósforo próximo à semente.

De igual modo, o contraste 1 do aludido quadro, mostra a não significancia, quer para produção de matéria seca, como para conteúdo de fósforo, entre as médias dos tratamentos em que foram efetuadas as combinações acima indicadas.

Não se verificou portanto no solo LE, vantagem para o "fracionamento" da concentração de 100 ppm de fósforo, com a aplicação do nutriente por mais de um método de localização. Provavelmente isto é devido ao fato de não terem sido significativas as diferenças entre os métodos fósforo localizado e fósforo próximo à semente (contraste 1 do Quadro 10), ambos tendo sido superior em produção de matéria seca (ao nível de 100 ppm de fósforo adicionado) ao método fósforo misturado, conforme assinalado anteriormente.

O contraste entre as médias  $\bar{X}_U$  e  $\bar{X}_C$  (contraste k do Quadro 10) não significativo em solo LE, como acima esclarecido, não será discutido para os demais solos uma vez que, não foi significativo em nenhum deles. Entretanto o referido contraste figurará no quadro próprio, para cada solo estudado.

#### 4.2.1.4. Efeito da interação níveis x métodos de localização de fósforo

Verificou-se uma interação positiva altamente significativa, em relação a dados de matéria seca, entre níveis e métodos de localização de fósforo (Apêndice, Quadro II). A decomposição dos componentes da interação (Apêndice, Quadro III), mostra ter havido efeito significativo de níveis de fósforo, a-

penas no comportamento do método fósforo misturado. Em relação ao conteúdo de fósforo na planta, a interação em questão não foi significativa, conforme atesta a respectiva análise da variância (Apêndice, Quadro IV).

A interação significativa e positiva, acima assinalada, indica que no solo LE, o efeito do método de localização fósforo misturado, na produção de matéria seca da planta, depende da quantidade de fósforo adicionado, sendo mais favorável com o acréscimo desta.

#### 4.2.2. Resultados obtidos em solo LVm

Os resultados obtidos para produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo na planta (mg), constam do Quadro 11. As análises de variância relativas aos dados acima indicados, constam do Apêndice, Quadro V. No Quadro 12 estão os contrastes efetuados entre as médias dos diferentes tratamentos, e respectivas significâncias a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste Tukey, constando do Quadro 13, os valores das diferenças mínimas significativas relativas aos mencionados contrastes.

Pelo Quadro 12, verifica-se ter ocorrido uma correspondência acentuada entre dados de produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta. O número de contrastes não significativos neste solo, foi bem maior que os verificados no solo LE, indicando pouca resposta da planta aos diversos tratamentos estudados.

QUADRO 11 - Produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg), na parte aérea da planta, em solo LVm.

Tratamentos			Matéria (+) seca (g)	Conteúdo (+) de fósforo (mg)
Níveis de P (ppm) x Localização P				
P misturado	P localizado	P próximo à semente		
0	0	0	0,8	0,67
100	0	0	6,1	11,38
0	100	0	5,6	10,55
0	0	100	5,5	12,37
50	50	0	5,4	12,46
50	0	50	6,6	11,36
200	0	0	6,3	22,68
0	200	0	7,2	18,34

(+) Os dados constituem a média de 3 repetições.

QUADRO 13 - Valores das DMS pelo Teste Tukey, para os diversos contrastes efetuados entre médias de tratamentos, no solo LVm.

Contrastes	Matéria seca		Conteúdo de fósforo	
	DMS		DMS	
	5%	1%	5%	1%
d,e,g,h,i,j,l	1,33	1,67	4,63	5,84
b <sub>1</sub>	1,33	1,67	-	-
b <sub>2</sub>	-	-	6,14	7,75
a	1,01	1,27	5,34	6,74
c	0,80	1,01	2,79	3,52
f	0,94	1,18	3,27	4,13
k	0,85	1,07	2,95	3,72

QUADRO 12 - Contrastes efetuados entre médias de tratamentos (Teste Tukey), considerando-se dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, obtidos em solo LVm.

Contrastes entre médias (+) ( $\bar{X}$ )	Significancia dos contrastes	
	Matéria seca	Conteúdo de fósforo
a) . $Y = \bar{X}_D - \bar{X}_T$	**	**
b <sub>1</sub> ) . $Y = \bar{X}_{M+L} - \bar{X}_T$ (+)	**	--
b <sub>2</sub> ) . $Y = \bar{X}_{L_1} - \bar{X}_T$ (++)	--	**
c) . $Y = \bar{X}_2 - \bar{X}_1$	*	**
d) . $Y = \bar{X}_{M_2} - \bar{X}_{M_1}$	n.s	**
e) . $Y = \bar{X}_{L_2} - \bar{X}_{L_1}$	*	**
f) . $Y = \bar{X}_{L(1+2)} - \bar{X}_{M(1+2)}$	n.s	n.s
g) . $Y = \bar{X}_{M_1} - \bar{X}_{L_1}$	n.s	n.s
h) . $Y = \bar{X}_{M_1} - \bar{X}_{Pr_1}$	n.s	n.s
i) . $Y = \bar{X}_{L_1} - \bar{X}_{Pr_1}$	n.s	n.s
j) . $Y = \bar{X}_{L_2} - \bar{X}_{M_2}$	n.s	n.s
k) . $Y = \bar{X}_C - \bar{X}_u$	n.s	n.s
l) . $Y = \bar{X}_M + Pr - \bar{X}_M + L$	n.s	n.s

(+) Os símbolos utilizados são os mesmos descritos no Quadro 9, para contrastes efetuados em solo LE.

Para dados de matéria seca, a média  $\bar{X}_{M+L}$  colocou-se imediatamente acima da relativa ao tratamento testemunha.

(++) Idem em relação à média  $\bar{X}_{L_1}$ , para dados de conteúdo de fósforo na planta.

\* Significativo a 5% de probabilidade

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

n.s Não significativo

#### 4.2.2.1. Efeito de níveis de fósforo

O contraste c do Quadro 12 mostra ter sido significativo, respectivamente para produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, o efeito de níveis de fósforo, considerando-se o conjunto das doses utilizadas. Há portanto acréscimos na produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, com acréscimos da quantidade de fósforo adicionado.

Pelo contraste d do Quadro 12, vê-se que a diferença entre os níveis de fósforo no tratamento fósforo misturado, não foi significativa para dados de matéria seca, porém foi altamente significativa para dados de conteúdo de fósforo na planta, favorecendo a dose mais elevada de fósforo adicionado. Portanto, embora a dose de 200 ppm de fósforo pelo método em apreço, não tivesse resultado em produção mais elevada de matéria seca que a de 100 ppm, proporcionou uma maior absorção do nutriente pela planta. Verificou-se por conseguinte, acúmulo de fósforo na planta, sem que houvesse correspondente acréscimo na produção de matéria seca. Entende-se portanto que, no solo LVm, a disponibilidade do nutriente, quando adicionado na dose de 100 ppm, pelo método fósforo misturado, já foi suficiente para induzir uma produção elevada de matéria seca, praticamente igual à obtida com o dobro da quantidade de nutriente adicionado.

Em relação ao método fósforo localizado, verifica-se pelo contraste e do Quadro 12, que foram significativas para produção de matéria seca e altamente significativas para conteúdo de fósforo na planta, as diferenças em favor do nível de 200 ppm do nutriente, quando comparado ao nível de 100 ppm. A adição de doses crescentes de fósforo, pelo método fósforo lo

calizado, refletiu-se portanto, em acréscimos na produção de matéria seca, havendo igualmente aumento na absorção de fósforo, sendo o conteúdo deste, maior em plantas que receberam a dose mais elevada do nutriente.

#### 4.2.2.2. Efeito dos métodos de localização

Os contrastes f, g, h, i, j, l do Quadro 12 mostram não terem sido significativas as diferenças entre os métodos de localização do fertilizante, em solo LVm, quer considerando-se o conjunto das doses adicionadas (contraste f), como isoladamente a 100 e 200 ppm de fósforo.

As Figuras 4 e 5, mostram, respectivamente, o efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção de matéria seca e conteúdo deste nutriente no milho cultivado em solo LVm. Pela Figura 5, poder-se-á notar que o método fósforo misturado proporcionou um conteúdo de nutriente, nas plantas, maior que o verificado quando se utilizou o método fósforo localizado, sendo as diferenças em favor do primeiro, maiores ao nível de 200 ppm de P, embora ainda não significativas.

O fato de não existirem diferenças estatisticamente significativas entre os diversos métodos de localização do fertilizante, em solo LVm, é aparentemente paradoxal, se forem considerados os resultados dos ensaios em laboratório descritos em 4.1., que mostraram possuir o solo em questão uma elevada capacidade de fixação de fósforo, praticamente igual a do solo LE, discutido no ítem anterior. Se se comparar o conteúdo de fósforo no milho cultivado em solo LVm, com o encontrado em plantas cultivadas em solo LE (o que pode ser feito pelos valores indicados, respectivamente nas Figuras 3 e 5) observar-se-á



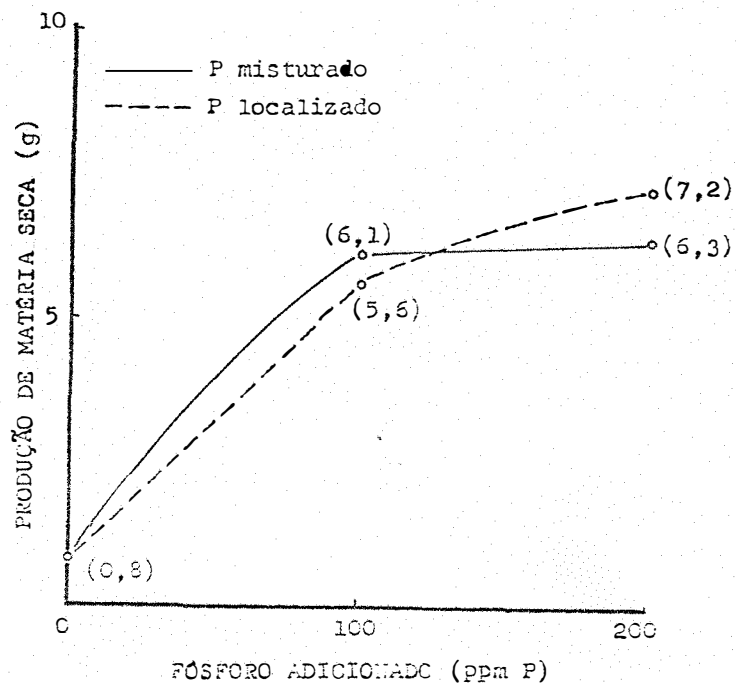


FIGURA 4 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo na produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivado em solo LVm.

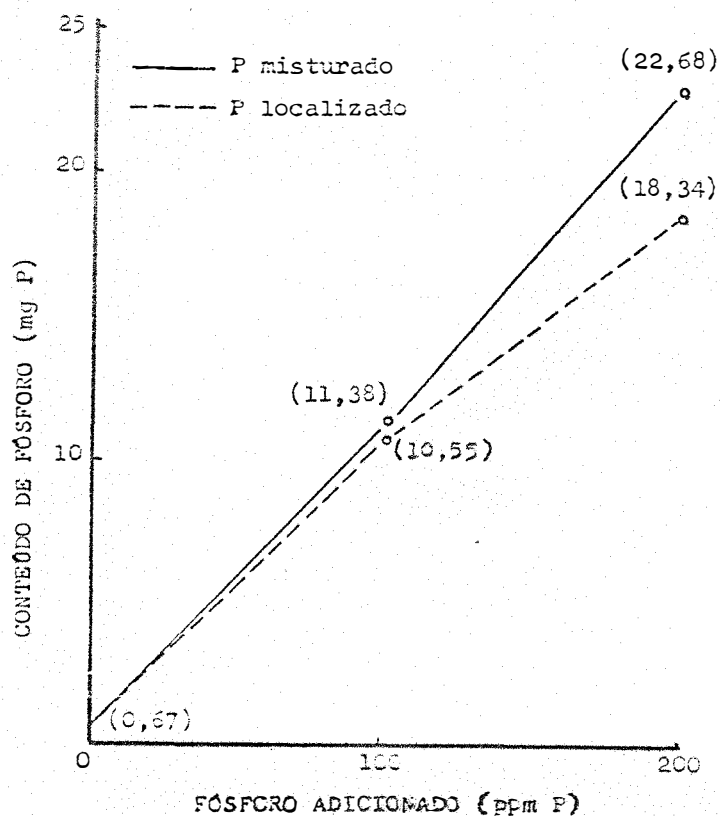


FIGURA 5 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo no conteúdo deste nutriente, na parte aérea do milho cultivado em solo LVm.

que o referido teor foi sempre maior no primeiro solo, em qualquer nível e método de localização de fósforo, indicando ser o nutriente em solo LVm, mais disponível às plantas, que em solo LE.

Não se tem, no momento, explicação para a falta de concordância entre a tendência verificada nos ensaios de laboratório supracitados e a resposta da planta, face aos diferentes tratamentos utilizados nos ensaios em vasos, em solo LVm. Entretanto, os resultados levam à suposição de que, neste solo, grande parte do fósforo adicionado permaneceu disponível às plantas, em que pese a elevada capacidade de fixação revelada pelo mesmo, através do método de laboratório empregado. Das considerações efetuadas em 4.2.2.1., pode-se afirmar que o nível de 100 ppm de P, adicionado pelo método fósforo misturado, deve ser o provavelmente indicado no solo LVm, pois proporciona uma produção de matéria seca praticamente igual à obtida com 200 ppm de nutriente, pelo mesmo método e levemente inferior (diferença não significativa) à obtida com o nível de 200 ppm de fósforo adicionado pelo método fósforo localizado. Não se verificaram diferenças significativas entre as combinações de tratamentos fósforo misturado + fósforo localizado e fósforo misturado + fósforo próximo à semente (contraste 1 do Quadro 12).

#### 4.2.2.3. Efeito da interação níveis x métodos de localização de fósforo

Constatou-se um efeito altamente significativo da interação níveis x métodos de localização de fósforo, apenas em relação a dados de conteúdo do nutriente na planta (Apêndice Quadro VII). A mencionada interação não foi significativa, quan

do foram considerados os dados de matéria seca (Apêndice, Quadro VI). A decomposição dos componentes da interação supra-assinalada (Apêndice, Quadro VIII) mostrou serem significativos os efeitos dos níveis de fósforo empregados, no comportamento dos métodos de localização fósforo misturado e fósforo localizado. Pode-se dizer, por conseguinte, que o efeito destes métodos, no conteúdo de fósforo na planta, em solo LVm, é influenciado pelas doses adicionadas do nutriente, sendo mais favorável com o acréscimo destas.

#### 4.2.3. Resultados obtidos em solo LV

Os resultados obtidos relativos à produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg), na planta, constam do Quadro 14. As análises de variâncias referentes aos dados supra-assinalados, constam do Apêndice, Quadro IX.

O Quadro 15 mostra os contrastes efetuados entre as médias dos diferentes tratamentos e respectivas significâncias, pelo Teste Tukey, a 5% e 1% de probabilidade. Os valores das diferenças mínimas significativas (DMS) a 5% e 1% de probabilidade, relativas aos contrastes acima indicados, constam do Quadro 16.

Observando-se o Quadro 15, verifica-se que quase todos os contrastes estudados foram altamente significativos, mostrando ter havido no solo LV, uma acentuada resposta da planta aos diversos tratamentos utilizados. Verifica-se igualmente uma marcante correspondência entre dados de produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, quanto à significância dos diversos contrastes.

#### 4.2.3.1. Efeito de níveis de fósforo

O contraste c do Quadro 15, mostra o efeito conjunto de níveis de fósforo adicionados ao solo (100 e 200 ppm de P), independente do método de localização empregado. Pelo mesmo, pode-se ver ter sido altamente significativa a diferença indicada, tanto para dados de matéria seca, como conteúdo de fósforo na planta, em favor do nível de 200 ppm. Acréscimos na produção de matéria seca e absorção total do fósforo, com acréscimo das quantidades adicionadas deste nutriente, em ensaios em casa de vegetação, têm sido frequentemente mencionados na literatura em plantas de milho (Zea mays L.), principalmente em solos com baixo teor em fósforo disponível (TERMAN e ALLEN, 1969), (TERMAN et alii, 1961). Os contrastes d, e, f, do Quadro 15, mostram terem sido altamente significativas, quer para produção de matéria seca, como conteúdo de fósforo na planta, as diferenças existentes entre os níveis de fósforo empregados, favorecendo o nível mais elevado do nutriente, quando se considerou de per si, cada um dos métodos de localização estudados.

As Figuras 6 e 7, que mostram, respectivamente, o efeito de níveis e métodos de localização de fósforo na produção de matéria seca e conteúdo do nutriente na planta, em solo LV, permitem uma melhor visualização sobre as diferenças indicadas pelos contrastes d, e, f do Quadro 16.

Pelas mesmas, vê-se que as curvas apresentam uma tendência ascendente, particularmente para dados de conteúdo de fósforo na planta, verificando-se que este foi elevado, sobretudo para o método fósforo próximo à semente, quando o nutriente foi adicionado ao solo, em seu nível mais alto.

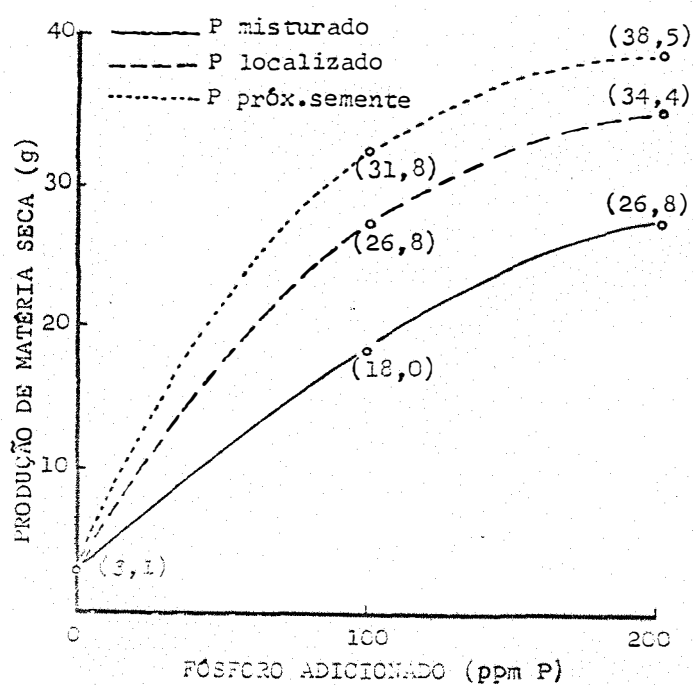


FIGURA 6 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo na produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivado em solo LV.

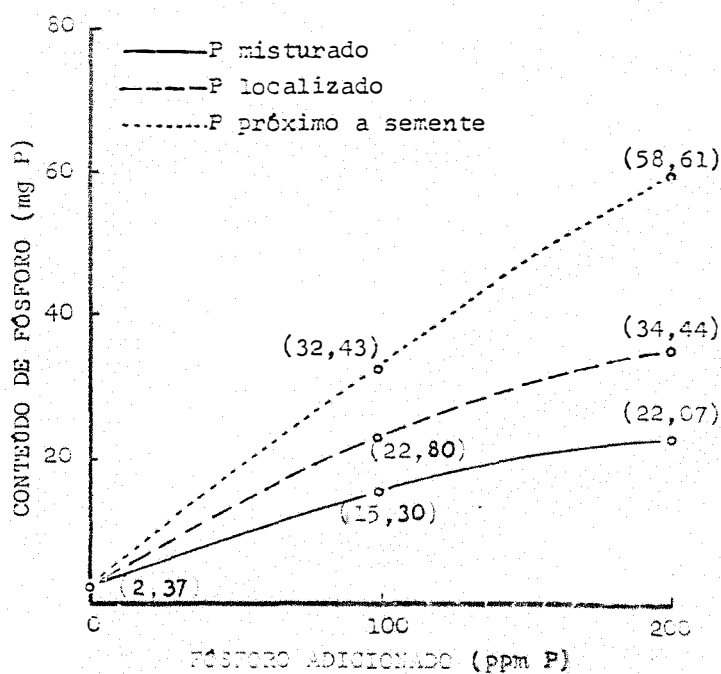


FIGURA 7 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo no conteúdo deste nutriente, na parte aérea do milho cultivado em solo LV.

QUADRO 14 - Produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg), na parte aérea da planta, em solo LV.

Tratamentos			(+)	(+)
Níveis de P (ppm) x Localização P			Matéria seca (g)	Conteúdo de fósforo (mg)
P misturado	P localizado	P próximo à semente		
0	0	0	3,1	2,37
100	0	0	18,0	15,30
0	100	0	26,8	22,80
0	0	100	31,8	32,43
50	50	0	24,4	20,12
50	0	50	27,2	22,10
200	0	0	26,8	22,07
0	200	0	34,4	34,44
0	0	200	38,5	58,61

(+) Os dados constituem a média de 4 repetições.

QUADRO 15 - Contrastes efetuados entre médias de tratamentos (Teste Tukey), considerando-se dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, obtidos em solo LV.

Contrastes entre médias (+)	Significância dos contrastes	
	Matéria seca	Conteúdo de fósforo
a) . $Y = \bar{X}_D - \bar{X}_T$	**	**
b) . $Y = \bar{X}_{M_1} - \bar{X}_T$	**	**
c) . $Y = \bar{X}_2 - \bar{X}_1$	**	**
d) . $Y = \bar{X}_{M_2} - \bar{X}_{M_1}$	**	**
e) . $Y = \bar{X}_{L_2} - \bar{X}_{L_1}$	**	**
f) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{Pr_1}$	**	**
g) . $Y = \bar{X}_{L(1+2)} - \bar{X}_{M(1+2)}$	**	**
h) . $Y = \bar{X}_{Pr(1+2)} - \bar{X}_{M(1+2)}$	**	**
i) . $Y = \bar{X}_{Pr(1+2)} - \bar{X}_{L(1+2)}$	**	**
j) . $Y = \bar{X}_{L_1} - \bar{X}_{M_1}$	**	**
k) . $Y = \bar{X}_{Pr_1} - \bar{X}_{M_1}$	**	**
l) . $Y = \bar{X}_{Pr_1} - \bar{X}_{L_1}$	n.s	**
m) . $Y = \bar{X}_{L_2} - \bar{X}_{M_2}$	**	**
n) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{M_2}$	**	**
o) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{L_2}$	n.s	**
p) . $Y = \bar{X}_U - \bar{X}_C$	n.s	n.s
q) . $Y = \bar{X}_M + Pr - \bar{X}_M + L$	n.s	n.s

(+) Os símbolos utilizados para as diversas médias de tratamentos são os mesmos identificados no Quadro 9, para contrastes efetuados em solo LE.

\* Significativo a 5% de probabilidade.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

n.s Não significativo.

QUADRO 16 - Valores das DMS pelo Teste Tukey, para diversos contrastes efetuados entre médias de tratamentos, no solo LV.

Contrastes	Matéria seca			Conteúdo de fósforo		
	DMS			DMS		
	5%		1%	5%		1%
b, d, e, f, j, k, l, m, n, o, q	5,16		6,21	5,21		6,26
a	3,82		4,59	3,86		4,63
c	2,69		3,23	2,71		3,26
g, h, i	3,62		4,34	3,65		4,38
p	3,30		3,97	3,34		4,01

#### 4.2.3.2. Efeitos de métodos de localização

Os contrastes g, h, i (Quadro 15) mostram as diferenças entre os diversos métodos de localização, quando se considerou o conjunto dos níveis de fósforo adicionados ao solo (100 e 200 ppm de P). Os grupos de contrastes j, k, l e m, n, o mostram, respectivamente, as diferenças entre métodos de localização ao nível de 100 e ao nível de 200 ppm de fósforo adicionado. Verifica-se, pelo Quadro 15, que, excetuando-se os contrastes l e o, para dados de produção de matéria seca, todos os demais são altamente significativos quer para os dados assinalados, como para os de conteúdo de fósforo na planta, indicando, por conseguinte, no solo LV, diferenças marcantes entre os vários métodos de localização estudados.

Considerando-se os métodos fósforo localizado e fósforo misturado (contrastos j e m do Quadro 15), verifica-se que o primeiro foi superior ao segundo quer ao nível de 100 como de 200 ppm de fósforo adicionado, para os dois aspectos con-



siderados. De modo igual, o método fósforo misturado, mostrou-se inferior ao método fósforo próximo à semente, de acordo com os contrastes k e n do citado quadro, ao passo que entre este último método e o método fósforo localizado, não se verificaram diferenças significativas em termos de produção de matéria seca, porém, em relação ao conteúdo de fósforo na planta, constatou-se a superioridade do método fósforo próximo à semente (contrastos l e o, do Quadro 15).

Os resultados da análise estatística efetuada, mostram, portanto, para o solo LV, uma supremacia marcante das posições localizadas do fertilizante (métodos fósforo localizado e fósforo próximo à semente) sobre aquela em que o fertilizante foi totalmente misturado ao solo (método fósforo misturado).

As Figuras 6 e 7 esclarecem melhor a situação, podendo-se notar, em ambas, ter sido o método fósforo misturado bem inferior aos demais, quer para dados de produção de matéria seca (Figura 6) como para conteúdo de fósforo na planta (Figura 7). Verifica-se, por exemplo, que para a obtenção de uma produção de 26,8 g de matéria seca, foi necessária a adição de 200 ppm de nutriente pelo método fósforo misturado, enquanto que a mesma produção foi obtida com metade da concentração acima, quando se empregou o método fósforo localizado.

A Figura 7, permite avaliar-se a supremacia do método fósforo próximo à semente sobre os demais, em termos de conteúdo de fósforo na planta. Observa-se, ainda, pela mesma, que o método fósforo localizado colocou-se em uma posição intermediária, sendo o método fósforo misturado, o que acarretou conteúdo mais baixo do nutriente na planta, indicando a pouca dis-

ponibilidade deste, no solo LV, quando adicionado pelo último método citado.

Acredita-se que a superioridade das posições localizadas do fertilizante, sobre a aplicação do mesmo em mistura com o volume total do solo, em solo LV, deva estar relacionada à diminuição da disponibilidade do nutriente, quando adicionado por esta última forma, conforme já abordado nas considerações levadas a efeito em 4.3.1. para o solo LE.

Os ensaios de fixação de fósforo, em laboratório (4.1), mostraram que o solo LV apresentou a mais elevada capacidade de fixação do referido nutriente, dentre todos solos estudados. Constata-se desta forma, neste solo, uma plena concordância entre a resposta da planta face às diferentes posições em que o fertilizante foi adicionado e os ensaios de laboratório, considerando-se ser o fenômeno da fixação de fósforo, o principal responsável pelas diferenças constatadas.

Vantagens da localização do fertilizante fosfatado, em faixas, sobre a aplicação do mesmo misturado ao solo, em termos de produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, foram assinalados por OZBEK (1969), em ensaios em casa de vegetação, utilizando o milho como planta teste.

REDIJS e VIMPANY (1966), mostraram, através ensaios em vasos, que o painço (Setaria itálica, Beauv) absorveu mais fósforo, em solos com capacidade de fixação do elemento provavelmente elevada, quando o nutriente foi colocado na zona de desenvolvimento das raízes, preferentemente à aplicação do mesmo à superfície.

CHU (1970), igualmente em ensaios em vasos, utilizando plantas de sorgo (Sorghum vulgare, Pers.), acentuou que

as diferenças em termos de produção de matéria seca, devidas à localização do fertilizante, podem ocorrer apenas a níveis menores que 40 ppm de fósforo adicionado e durante o estágio inicial de crescimento, desaparecendo a níveis mais altos e com o posterior desenvolvimento vegetativo. No entanto, nos resultados obtidos em solo LV, verificaram-se diferenças altamente significativas favoráveis às posições localizadas do fertilizante, quando comparadas à mistura deste com o volume total do solo, mesmo à concentração de 200 ppm de fósforo, a qual é 5 vezes maior que o limite proposto por CHU (1970), acima citado. Apesar das diferenças existentes em termos de absorção do nutriente por plantas de espécies diferentes, embora com sistema radicular semelhante, os dados obtidos no solo LV realçam a importância do aspecto da localização do fertilizante fosfatado, em função da elevada capacidade de fixação de fósforo, que o mesmo apresenta.

A superioridade do método fósforo próximo à semente sobre o método fósforo localizado, em termos de conteúdo de fósforo na planta, em ambos níveis de fósforo adicionado (contrastes 1 e 2 do Quadro 15) é, aparentemente, difícil de ser explicada, mesmo porque as diferenças em produção de matéria seca favoráveis ao primeiro método, não foram significativas. Ademais, parece lógico admitir que o nutriente estaria, por ocasião da colheita, igualmente disponível às raízes, quer quando adicionado ao solo à profundidade de 5 cm abaixo das sementes (fósforo localizado) quer quando colocado ao nível de plantio destas (fósforo próximo à semente).

GARG e WELCH (1967), mostraram, em experimentação em vasos, supremacia em produção de matéria seca e conteúdo de fósforo no milho, da aplicação do fertilizante fosfatado direta

mente sobre as sementes quando comparada a colocação do mesmo 7,5 cm abaixo daquelas. ROBERTSON et alii (1954), em experimentos de campo, mostraram igualmente uma melhor utilização do fósforo por plantas de milho, com o fertilizante colocado ao nível das sementes, quando em confronto com a localização do mesmo, a 5 cm abaixo destas.

O contraste q, mostra não ter sido igualmente significativo para dados de produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, a diferença entre as médias das combinações de tratamentos fósforo misturado + fósforo próximo à semente e fósforo misturado + fósforo localizado.

#### 4.2.3.3. Efeito da interação níveis x métodos de localização de fósforo

As análises da variancia relativas à interação níveis x métodos de localização de fósforo, em solo LV, encontram-se no Apêndice, Quadros X e XI, respectivamente para dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta. Somente em relação a estes últimos dados, a mencionada interação mostrou-se significativa.

A decomposição dos componentes da interação (Apêndice, Quadro XII) mostrou serem altamente significativos os efeitos de níveis de fósforo em cada um dos métodos de localização estudados. Infere-se, portanto, que o efeito de cada método de localização, no conteúdo do nutriente na planta, depende da quantidade de fósforo adicionada ao solo LV, sendo mais favorável com o acréscimo desta.

Em relação à produção de matéria seca, muito embora tenha havido acréscimo da mesma, com acréscimo das quanti-

dades de nutriente adicionado ao solo LV, não se constatou efeito significativo da interação níveis de fósforo x métodos de localização, havendo apenas efeito altamente significativo de cada fator, considerado isoladamente, comprovando-se portanto as significâncias dos contrastes abordados em 4.2.3.1 e 4.2.3.2.

#### 4.2.4. Resultados obtidos em solo GPH

Os resultados obtidos relativos à produção média de matéria seca (g), e conteúdo médio de fósforo na planta (mg), constam do Quadro 17. As análises da variância referentes aos dados acima indicados, constam do Apêndice, Quadro XIII. O Quadro 18 mostra os contrastes efetuados entre as médias dos diferentes tratamentos e respectivas significâncias, pelo Teste Tukey, a 5% e 1% de probabilidade. Os valores da diferença mínima significativa (DMS) a 5% e 1% de probabilidade, relativos aos contrastes assinalados, constam do Quadro 19.

Verifica-se, pelo Quadro 18, ter sido bem grande o número de contrastes não significativos para dados de produção de matéria seca, invertendo-se esta situação no que se relaciona a dados de conteúdo de fósforo na planta, cujos contrastes entre médias de tratamentos, foram na maioria significativos. Comprova-se, portanto, existir no solo GPH, uma correspondência menor entre dados de produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, quanto à significância dos contrastes, em relação a observada nos outros solos estudados.

QUADRO 17 - Produção média de matéria seca (g) e conteúdo médio de fósforo (mg) na parte aérea da planta, obtidos em solo GPH.

Tratamentos			(+)	(+)
Níveis de P (ppm) x Localização P			Matéria seca	Conteúdo de fósforo
P misturado	P localizado	P próximo à semente	(g)	(mg)
0	0	0	3,7	3,12
100	0	0	23,9	23,90
0	100	0	27,1	28,24
0	0	100	28,9	48,65
50	50	0	26,1	25,43
50	0	50	28,6	34,47
200	0	0	27,8	35,40
0	200	0	27,6	34,75
0	0	200	32,2	75,04

(+) Os dados constituem a média de 4 repetições.

QUADRO 19 - Valores das DMS pelo Teste Tukey, para os diversos contrastes efetuados entre médias de tratamentos, no solo GPH.

Contrastes	Matéria seca		Conteúdo de fósforo	
	DMS		DMS	
	5%	1%	5%	1%
b, d, e, f, j, k, l, m, n, o, q	4,62	5,55	8,59	10,32
a	3,42	4,11	4,76	5,72
c	2,40	2,89	4,47	5,37
g, h, i	3,23	3,88	6,01	7,23
p	2,96	3,55	5,50	6,61

QUADRO 18 - Contrastes efetuados entre médias de tratamentos (Teste Tukey), considerando-se dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, obtidos em solo GPh.

Constrastes efetuados entre médias de tratamentos ( $\bar{X}$ )	Significância dos contrastes (+)	
	Matéria seca	Conteúdo de fósforo
a) . $Y = \bar{X}_D - \bar{X}_T$	**	**
b) . $Y = \bar{X}_{M_1} - \bar{X}_T$	**	**
c) . $Y = \bar{X}_2 - \bar{X}_1$	n.s	**
d) . $Y = \bar{X}_{M_2} - \bar{X}_{M_1}$	n.s	**
e) . $Y = \bar{X}_{L_2} - \bar{X}_{L_1}$	n.s	n.s
f) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{Pr_1}$	n.s	**
g) . $Y = \bar{X}_{L(1+2)} - \bar{X}_{M(1+2)}$	n.s	n.s
h) . $Y = \bar{X}_{Pr(1+2)} - \bar{X}_{M(1+2)}$	n.s	**
i) . $Y = \bar{X}_{Pr(1+2)} - \bar{X}_{L(1+2)}$	n.s	**
j) . $Y = \bar{X}_{L_1} - \bar{X}_{M_1}$	n.s	n.s
k) . $Y = \bar{X}_{Pr_1} - \bar{X}_{M_1}$	*	**
l) . $Y = \bar{X}_{Pr_1} - \bar{X}_{L_1}$	n.s	**
m) . $Y = \bar{X}_{M_2} - \bar{X}_{L_2}$	n.s	n.s
n) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{M_2}$	n.s	**
o) . $Y = \bar{X}_{Pr_2} - \bar{X}_{L_2}$	*	**
p) . $Y = \bar{X}_C - \bar{X}_U$	n.s	n.s
q) . $Y = \bar{X}_M + Pr - \bar{X}_M + L$	n.s	*

(+) Os símbolos utilizados para as diversas médias de tratamentos são os mesmos identificados no Quadro 9, para os contrastes efetuados em solo LE.

\* Significativo a 5% de probabilidade

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

n.s Não significativo

#### 4.2.4.1. Efeito de níveis de fósforo

Pelo contraste g do Quadro 18, pode-se notar não ter sido significativo para dados de produção de matéria seca o efeito conjunto dos níveis de fósforo adicionado aos solos (100 e 200 ppm P), independente do método de localização empregado. Entretanto, verificaram-se diferenças altamente significativas favoráveis ao nível de 200 ppm do nutriente, quando foram considerados dados de conteúdo de fósforo na planta.

Os contrastes d, e, f, mostram as diferenças existentes entre os níveis de fósforo empregados considerando-se de per si cada método de localização. Observam-se em relação aos métodos fósforo misturado e fósforo próximo à semente, diferenças significativas apenas para dados de conteúdo do nutriente na planta, favoráveis à concentração mais elevada de fósforo adicionado, ao passo que para o método fósforo localizado, não se verificaram diferenças significativas para ambos os dados considerados.

#### 4.2.4.2. Efeitos de métodos de localização de fósforo

Quando se considerou o conjunto dos níveis de fósforo adicionado ao solo, (100 e 200 ppm de P), verificaram-se diferenças altamente significativas, entre os métodos fósforo próximo à semente e os demais, favoráveis ao primeiro, apenas no que tange a dados de conteúdo de fósforo na planta (contrastos h e i do Quadro 18). Não se verificaram diferenças significativas entre os métodos fósforo localizado e fósforo misturado, para ambos dados considerados (contraste g do Quadro 18).

Os grupos de contrastes j, k, l e m, n, o (Qua -



dro 18), mostram as diferenças existentes entre os diversos métodos de localização, quando foram considerados isoladamente, respectivamente, os níveis de 100 e 200 ppm de fósforo adicionado ao solo.

Considerando-se os contrastes j e m do Quadro 18, comprova-se não existir diferenças significativas entre os métodos fósforo misturado e fósforo localizado, respectivamente aos níveis de 100 e 200 ppm de fósforo adicionado, quer para dados de produção de matéria seca, como conteúdo de fósforo na planta. O contraste k do citado quadro, mostra ser o método fósforo próximo à semente superior ao método fósforo misturado, para ambos dados considerados, ao nível de 100 ppm de P. Entretanto, ao nível de 200 ppm de fósforo adicionado, constataram-se diferenças altamente significativas favoráveis ao método fósforo próximo à semente, apenas em relação ao conteúdo do nutriente na planta (contraste n do Quadro 18).

Entre os métodos fósforo localizado e fósforo próximo à semente, verificaram-se, de acordo com os contrastes l e o do Quadro 18, diferenças altamente significativas, favoráveis ao segundo, para dados de conteúdo de fósforo na planta, respectivamente ao nível de 100 com a 200 ppm de P adicionado. Em relação à produção de matéria seca foi constatada uma diferença significativa a 5% de probabilidade, ao nível de 200 ppm de P, favorável ao método fósforo próximo à semente (contraste o do Quadro 18).

Comprova-se portanto, que as análises estatísticas efetuadas, não indicam para o solo GPH, uma supremacia nítida das posições localizadas do fertilizante sobre a adição do mesmo misturado ao solo, ao contrário do constatado no solo LV,

abordado anteriormente. Pelo Quadro 18, vê-se ser isto particularmente verdadeiro em relação a dados de produção de matéria seca, pois quando se consideram os dados de conteúdo de fósforo na planta, constata-se ter este sido bem mais elevado em plantas que absorveram o nutriente colocado ao nível das sementes (método fósforo próximo à semente), em ambos níveis de fósforo adicionado ao solo.

As Figuras 8 e 9, mostram o efeito de níveis e métodos de localização de fósforo respectivamente, na produção de matéria seca e conteúdo de fósforo no milho cultivado em solo GPH. Pelas mesmas, poder-se-á ter uma melhor idéia das diferenças entre os vários métodos de localização estudados. A Figura 8 indica claramente a não existência de diferenças significativas para dados de produção de matéria seca entre os métodos fósforo localizado e fósforo misturado, observando-se pequena diferença favorável ao método fósforo próximo à semente, quando comparada aos métodos anteriormente citados. O exame da Figura 9, no entanto, conduz logo a comprovação de existir uma diferença bem acentuada, em termos de conteúdo de fósforo na planta, favorecendo o método fósforo próximo à semente, quando comparado aos outros dois métodos de localização. Há, desta forma, maior disponibilidade do nutriente às plantas, quando adicionado ao solo pelo referido método, em ambas concentrações de fósforo utilizadas.

O efeito praticamente igual dos métodos de localização fósforo misturado e fósforo localizado, na produção de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta, em solo GPH, está em concordância com os resultados dos ensaios em laboratório discutidos em 4.1. e que mostraram apresentar o mencionado so-

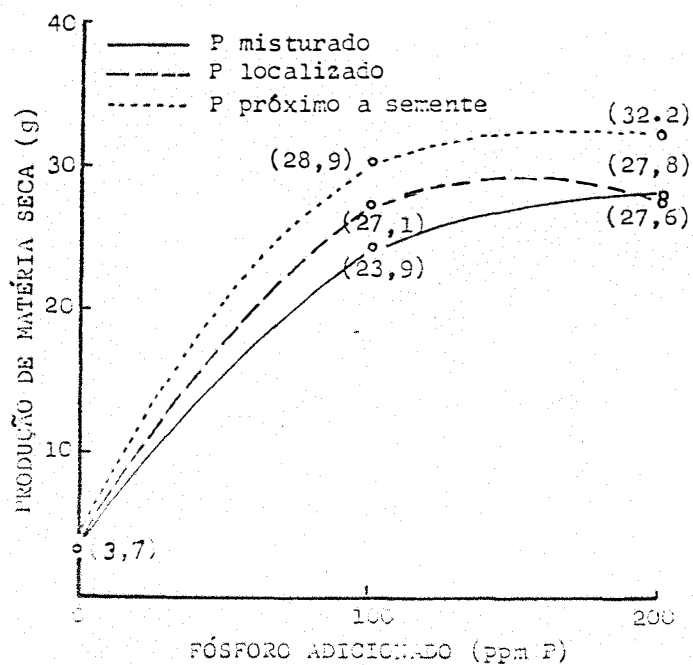


FIGURA 8 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo na produção de matéria seca da parte aérea do milho cultivado em solo GPH.

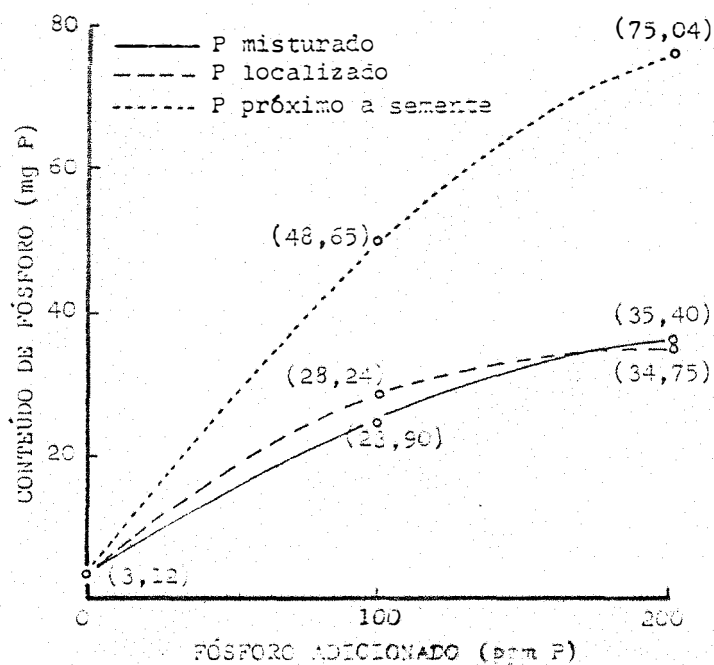


FIGURA 9 - Efeito de níveis e métodos de localização de fósforo no conteúdo deste nutriente, na parte aérea do milho cultivado em solo GPH.

lo, a menor capacidade de fixação de fósforo, dentre os quatro solos estudados.

A comparação dos resultados obtidos para os métodos de localização em pauta, no solo GPH, com os discutidos anteriormente, relativos ao solo LV, é por si só bastante para justificar o ponto de vista acima exposto. No solo LV, que apresentou a mais elevada capacidade de fixação de fósforo nos ensaios de laboratório, constataram-se diferenças altamente significativas para dados de matéria seca e conteúdo de P na planta, entre as posições localizadas do fertilizante e a aplicação do mesmo misturado ao solo, favoráveis às primeiras. No solo GPH, de menor capacidade de fixação de fósforo, não ocorreram diferenças significativas entre os métodos de localização fósforo misturado e fósforo localizado notando-se apenas diferenças altamente significativas, em termos de conteúdo de fósforo na planta, entre estes e o método fósforo próximo à semente.

A maior disponibilidade do nutriente, verificada para o método fósforo próximo à semente, quando comparado aos métodos fósforo misturado e fósforo localizado, em ambas concentrações de fósforo utilizadas, está de acordo com o que obtiveram GARG e WELCH (1967) e ROBERTSON et alii (1954), citados em 4.2.3.2.

Em termos de produção de matéria seca, constaram-se diferenças significativas a 5% de probabilidade ao nível de 100 ppm de P, favoráveis ao método fósforo próximo à semente, sobre o método fósforo misturado (contraste k do Quadro 19). Este fato parece indicar, a ocorrência de pequena fixação do nutriente em solo GPH - conforme mostraram os resultados dos ensaios em laboratório já assinalados - uma vez que as diferen -

ças entre os mencionados métodos de localização, desapareceram à concentração mais elevada de fósforo adicionado (contraste n do Quadro 18).

A superioridade do método de localização fósforo próximo à semente sobre o método fósforo localizado, quanto à produção de matéria seca, ao nível de 200 ppm de P, é aparentemente difícil de ser explicada. Isto porque, em concentrações mais baixas do nutriente (100 ppm), não ocorreram diferenças significativas (contraste l do Quadro 18). Entretanto, se se considerar a diferença (indicada pelo contraste o do Quadro 18), entre as médias dos referidos tratamentos (as quais se encontram relacionadas no Quadro 17), verificar-se-á que aquela, é praticamente igual à DMS a 5% de probabilidade (Quadro 19), relativa ao contraste supra-assinalado. Portanto, ainda que a diferença entre as citadas médias, alcance significância estatística, é bem pequena, e sem importância do ponto de vista prático.

Pelo contraste q do Quadro 18, verifica-se a existência de diferenças significativas entre as combinações de tratamentos fósforo misturado + fósforo localizado e fósforo misturado + fósforo próximo à semente apenas para dados de conteúdo de fósforo na planta, favoráveis a esta última. A diferença existente deve ser atribuída à vantagem que o método fósforo próximo à semente, apresentou sobre os outros dois métodos, em termos de proporcionar, no solo GPH, maior disponibilidade do nutriente às plantas, embora, em geral, sem acréscimos significativos na produção de matéria seca.

#### 4.2.4.3. Efeito da interação níveis x métodos de localização de fósforo

As análises da variancia relativas à interação níveis x métodos de localização de fósforo em solo GPII, encontram-se no Apêndice, Quadros XIV e XV, respectivamente para dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na planta. Constatou-se uma interação positiva altamente significativa apenas para estes últimos dados.

O Quadro XVI do Apêndice, mostra a decomposição dos componentes da interação. Pelo mesmo comprova-se haver influência dos níveis de fósforo em cada um dos três métodos de localização estudados. O efeito foi altamente significativo em relação aos métodos fósforo misturado e fósforo próximo à semente e significativo a 5% de probabilidade para o método fósforo localizado.

Pode-se, portanto, afirmar que no solo GPII, o efeito de cada método de localização, no conteúdo do nutriente na planta, depende da quantidade de fósforo adicionado, sendo mais favorável a níveis mais elevados deste.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Efetuarão-se ensaios em casa de vegetação, com amostras coletadas de 4 solos que ocorrem em áreas da Estação Experimental de Brasília (DF). Os solos foram classificados pela Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (1969), em Latosol Vermelho Escuro Distrófico, argiloso, fase cerrado; Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado; Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, fase cerrado e Gley Pouco Húmido Distrófico de várzea.

Os ensaios objetivaram avaliar o efeito de níveis e métodos de localização de fósforo, na produção de matéria seca e conteúdo do nutriente na parte aérea do milho (*Zea mays* L.), planta teste utilizada, cultivado naqueles solos.

Os níveis de fósforo estudados foram: ausência, 100 e 200 ppm de P, empregando-se os seguintes métodos de localização:

- a) . Fertilizante misturado em todo o volume do solo (fósforo misturado),
- b) . Fertilizante colocado em faixa contínua à profundidade de 5 cm em relação às sementes (fósforo localizado);
- c) . Fertilizante colocado em faixa contínua à profundidade de plantio das sementes (fósforo próximo à semente).

Foram levados a efeito, em complementação aos estudos em vasos, ensaios em laboratório, com os solos acima indicados, objetivando-se avaliar a capacidade de fixação de fósforo dos mesmos. O método empregado foi o de WAUGH e FITTS (1966). Consistiu na adição de 4,0 ml de soluções com concentrações crescentes de fósforo (variando de 0 a 600 ppm P), a 10g de solo colocadas em frascos de Erlenmeyer de 125 ml. Após um período de incubação de 4 dias, determinou-se o fósforo, utilizando-se o extrator da Carolina do Norte (0,025 N em  $H_2SO_4$  e 0,05 N em HCl).

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. Os solos de Brasília, apresentaram, via de regra, uma elevada capacidade de fixação de fósforo. Em relação a esta, a seguinte ordem decrescente foi estabelecida: Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, fase cerrado > Latosol Vermelho Escuro Distrófico, argiloso, fase cerrado ≈ Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado > Gley Pouco Húmico Distrófico de várzea.
2. Com exceção do solo Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado, os solos que apresentaram fixação mais elevada de fósforo, foram os que mostraram maiores van-



tagens das aplicações localizadas do nutriente (adição do fertilizante em faixa contínua a 5 cm abaixo das sementes, e a profundidade de plantio destas).

3. Todos os solos estudados apresentaram acentuada resposta da planta à adição de doses crescentes de fósforo, refletida em acréscimos no conteúdo desse elemento da parte aérea, independente do método de localização utilizado. Geralmente, o mesmo ocorreu quanto à produção de matéria seca.

4. Com exceção do solo Latosol Vermelho Escuro Distrófico, argiloso, fase cerrado, nos demais houve interações positivas e significativas entre níveis e métodos de localização de fósforo, considerando-se dados de conteúdo do nutriente na parte aérea da planta.

No solo citado, ocorreu uma interação positiva e significativa entre os fatores considerados, em relação à produção da matéria seca.

5. De um modo geral, os tratamentos que proporcionaram maior produção de matéria seca, foram igualmente os que induziram conteúdos mais elevados de fósforo na parte aérea da planta.

6. No solo Latosol Vermelho Escuro Distrófico, argiloso, fase cerrado, os melhores resultados, em relação aos dados experimentais, acima indicados, foram obtidos nas seguintes alternativas: ao nível de 100 ppm de fósforo adicionado, com o fertilizante colocado a 5 cm abaixo das sementes e com o mesmo situado à profundidade de plantio; ao nível de 200 ppm de P, com qualquer método de localização.

7. No solo Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, fase cerrado, não houve supremacia de qualquer método de lo-

calização, independente da concentração de fósforo adicionado.

8. No solo Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, argiloso, fase cerradão, a adição de 200 ppm de fósforo em faixa contínua à profundidade de plantio das sementes, e à profundidade de 5 cm em relação a estas, proporcionou melhores resultados.
9. No solo Gley Pouco Húmico Distrófico de várzea, não houve vantagem expressiva de qualquer método de localização, quanto à produção de matéria seca, independente do nível de fósforo utilizado. O conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, foi mais elevado quando se adicionou o nutriente em faixa contínua à profundidade de plantio das sementes, quer a 100 como a 200 ppm.

## 6. SUMMARY AND CONCLUSIONS

Soil samples collected from four different Great Soil Groups, in the Brasília Experimental Station, were used for greenhouse and laboratory experiments to evaluate the effect of rate and placement of phosphorus on maize and on the rate of phosphorus fixation, respectively.

The soils sampled were classified as Dark Red Latosol Distrophic, Clayey, "cerradão" phase; Red-Yellow Latosol Distrophic, clayey, "cerradão" phase and Low Humic Gley Distrophic, flood plain, respectively.

Three levels of phosphorus were used in the greenhouse experiment; none, 100 ppm and 200 ppm. Each of these was added to the soil in three different ways: thoroughly mixed, banded 5 cm below the seedbed and banded on the seedbed.

The laboratory experiment was conducted according to the procedure of WAUGH and FITTS (1966) in which 4.0 ml of

solutions with increasing phosphorus concentration (range 0 to 600 ppm) are added to 10g of soil in an 125 ml Erlenmeyer flask and allowed 4 days of incubation. After this period phosphorus content was determined using the North Carolina extractor (0.025  $\text{NH}_2\text{SO}_4$  and 0.05 N HCl).

The results obtained led to the following conclusions:

1. The soils of Brasília had a high phosphorus fixation capacity. They were ranked as follows: Red-Yellow Latosol Distrophic, clayey "cerradão" phase > Dark-Red Latosol Distrophic, clayey, "cerradão" phase  $\approx$  Red-Yellow Latosol Distrophic, medium texture, "cerrado" phase > Low Humic Gley, Distrophic, flood plain.
2. The best results from banding phosphorus were obtained with the soils that showed highest phosphorus fixation with the exception of the Red-Yellow Latosol Distrophic, medium texture, "cerrado" phase.
3. A distinct response to increasing dosages of phosphorus was observed for all soils studied. That was indicated by a corresponding increase in phosphorus content in the plant and dry matter weight, regardless of method of application.
4. Except for Dark-Red Latosol Distrophic, Clayey, "cerrado" phase, all soils showed a positive and significant correlation between rate and method of phosphorus application, as indicated by phosphorus content in the plant. The above mentioned soil showed a similar response in relation to dry matter production.

5. The highest production of dry matter was generally observed for the treatments which resulted in higher phosphorus content in the plant.
6. For the Dark-Red Latosol, Distrophic, clayey, "cerradão" phase banded application of phosphorus (both methods) was best for the rate of 100 ppm of phosphorus, whereas for the rate of 200 ppm all methods yielded similar results.
7. No significant difference was observed for the Red-Yellow Latosol, Distrophic, medium texture, "cerrado" phase, between methods of phosphorus application regardless of the quantity of added phosphorus.
8. Best results were obtained for Red-Yellow Latosol, Distrophic, clayey, "cerradão" phase, when 200 ppm of phosphorus were banded on the seedbed or 5 cm below the seedbed.
9. Dry matter production in the Low Humic Gley, Distrophic, floodplain was apparently unaffected by rate and method of phosphorus application. Phosphorus content in the plant was, however, higher when phosphorus was banded on the seedbed either at the rate of 100 ppm or at 200 ppm of phosphorus.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHENKORAH, Y. Phosphorus retention capacities of some cocoa growing soils in Ghana and their relationships with soil properties. Soil Sci., 105(1): 24-30, 1968.
- AHMED, S. ; AZMI, A.R. ; MALIK, M.B. Uptake of fertilizer phosphorus and nitrogen by lowland rice in West Pakistan under different methods and times of application. Proc. Symposium on the use of radioisotopes in soil - plant nutrition studies. IAEA-FAO, Ankara: 449-469, 1965.  
Apud: Soils and Fertilizers, 32(4): 396, 1969.
- AMER, F. ; SALAM, M.A. ; OSMAN, A.Z. Evaluation of phosphate placement for corn using  $^{32}\text{P}$  labelled phosphorus. J. Soil Sci. Un Arabe Repub., 6: 73-80, 1966. Apud: Soils and Fertilizers, 32(4): 381, 1969.
- ANASTÁCIO, M.L.A. Fixação de fósforo em solos brasileiros. Boletim Técnico. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, (4): 1-14, 1968.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normalização da documentação no Brasil. Rio de Janeiro, CNPq/IBBD, 1964. 93-116 p.
- BAKER, A.S. & MORTENSEN, W.P. Effect of soil acidity and phosphorus rate and placement on yield of broccoli cucumbers and sweet corn. Bull. Wash. Agric. Exp. Stn 668 p. 9, 1965. Apud: Soils and Fertilizers, 29(4): 386, 1966.
- DATES, T.E. Response of corn to small amounts of fertilizer placed with the seed, II: Relation to P and K placement and tillage. Agron. J., 63(3): 369-71, 1971.
- DAVER, L.D. Soil Physics. 3<sup>rd</sup> ed. New York, John Willey & Sons, 1966. 538 p.
- CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H. Amostragem do solo. Métodos de análise e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim. Instituto Agronômico de Campinas, (69): 1-28, 1955.
- CHU, C.C. Effect of rates and placement of phosphate on the uptake of phosphorus by grain sorghum. J. Agr. Ass. China, 65: 69-82, 1969. Apud: Phosphorus in Agriculture, 56: 75, 1970.
- COE, D.G. Effects of fertilizing methods on crop yields. Soil Sci., 21: 127-41, 1926.
- COOKE, G.W. Recent advances in fertilizer placement, II: Fertilizer placement in England. J. Sci. Food. Agric., 5(9): 429-40, 1954.

- COURY, T. & MALAVOLTA, E. Localização do adubo em relação à semente. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 10: 63-82, 1953.
- DATTA, N.P. & VENKATESWARLV, J. Uptake of fertilizer phosphorus and nitrogen from different methods of application by lowland rice growing on major Indian soils. Trans. 9<sup>th</sup> Inst. Congr. Soil Sci., 14: 9-18, 1968. Apud: Soils and Fertilizers, 32(4): 396, 1969.
- DOLL, E.C. ; MILLER, H.F. ; TODD, J.R. Effect of phosphorus fertilization & liming on yield & chemical composition of corn wheat and red clover. Ky agric. Exp. Stn. Bull. 682, p. 23, 1963. Apud: Soils and Fertilizers, 26(6): 439, 1963.
- DUMENIL, L. et alii. P and K fertilizer for corn: how to apply. Iowa Farm Sci., 19(10): 159-62, 1965.
- DUNCAN, W.G. & OHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands, II: Root development in the band. Agron. J., 50(9): 605-608, 1958.
- EIRA, P.A. DA. et alii. Estudo da fertilidade de um solo de campo cerrado. Pesq. Agropec. bras., Sér. Agron., 7: 119-22, 1972.
- EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. Levantamento Semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Boletim Técnico. Rio de Janeiro, (8): 1-135, 1969.



FRANÇA, G.E. & CARVALHO, M.M. DE. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., 5: 147-53, 1970.

FREITAS, L.M.M. DE.; Mc CLUNG, A.C.; LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. Matão, São Paulo. Boletim. Inst. de Pesquisas IRI, (21): 1-30, 1960.

\_\_\_\_\_; LOBATO, E.; SOARES, W.V. Experimentos de calagem e adubação em solos sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 6: 81-9, 1971.

\_\_\_\_\_; TANAKA, T.; LOBATO, E.; SOARES, W.V.; FRANÇA, G.E. DE. Experimentos de adubação de milho doce e soja em solos de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 7: 57-63, 1972.

GARG, K.P. & WELCH, L.F. Growth and phosphorus uptake by corn as influenced by phosphorus placement. Agron. J., 59(2): 152-54, 1967.

GLÓRIA, N.A.; CATANI, R.A.; MATUO, T. Método do EDTA na determinação do cálcio e magnésio trocável do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 21: 220-28, 1964.

GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. 4ª ed. Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1970. 430 p.

GRANER, E.A. Adubação do milho. Estudo comparativo sobre a colocação da mistura de adubos nos sulcos de semeadura e em sulcos laterais ao sulco de semeadura. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", 14/15: 67-80, 1957/58.

- GRANER, E.A. & GODOY Jr., C. Milho. In: Culturas da Fazenda Brasileira. 2ª ed. São Paulo, Melhoramentos, 1962. p. 384-410.
- GUERRERO, R.R.; FASSBENDER, H.W.; BLYDENSTEIN, J. Fertilización del pasto elefante (Pennisetum purpureum Schumach) en Turrialba, Costa Rica, III: Efecto de niveles y forma de aplicación de  $P_2O_5$ . Turrialba, 21(4): 445-50, 1971.
- HAMMOND, L.C. & ROBERTSON, W.K. effect of fertilizer placement on P and K uptake by corn. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla, 25: 226-31, 1966. Apud: Soils and Fertilizers, 30(3): 276, 1967.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Advanced Course. Madison, University of Wisconsin, 1965. 991 p.
- JONES, M.B. & FREITAS, L.M.M. DE. Respostas de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário num Latosolo Vermelho Amarelo de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., 5: 91-9, 1970.
- KNAUER, N. Effect of banded NP and P fertilizing on growth, mineral nutrition and yield of maize. Landw. Forsch, 19: 196-204, 1967. Apud: Soils and Fertilizers, 30(5): 487, 1967.
- LAWTON, K. et alii. Influence of particle size, water solubility and placement of fertilizers on the nutrient value of phosphorus in mixed fertilizers. Soil Sci., 82: 465-76, 1956.

- LEAL, J.R. Adsorção de fosfato em latossolo sob cerrado. Rio de Janeiro, U.F.R.R.J., 1971. 96 p. (Tese: M.S)
- LOTT, W.L. et alii. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Matão, São Paulo. Boletim. Inst. Pesq. IRI, (9): 1-40, 1956.
- MALAVOLTA, E. & GARGANTINI, H. Nutrição mineral e adubação. In: Cultura e adubação do milho. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p. 381-428.
- Mc CLUNG, A.C. et alii. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. Bragantia, 17(3): 29-44, 1958.
- MELLO, F.A.F. DE. Capacidade de fixação de fosfato de alguns solos do Município de Piracicaba. Rev. Agric., 43 (1): 23-28, 1968.
- MENEZES, W.C. & ARAÚJO, W.A. Contribuição para melhoramento dos solos ácidos e pobres da Estação Experimental de Sete Lagoas (MG), para a cultura do algodoeiro. Boletim. Departamento de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias, (15): 9-24, 1963.
- MILLER, M.H. & OHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands, I: Effect of placement of nitrogen fertilizer on the uptake of band placed phosphorus at different soil phosphorus levels. Agron. J., 50(2): 95-7, 1958.

- MILLER, M.H. et alii. Response of corn to small amounts of fertilizer placed with the seed, I: Greenhouse studies. Agron. J., 63(3): 365-68, 1971.
- MIRANDA, A.R.; VIEIRA, C.; COUTO, F.A.A. Efeito do modo de localização dos adubos no solo, sobre as culturas de amendoim, ervilha e feijão. Experientiae, 10(2): 23-42, 1970.
- MOBERLY, F.K. & WOODD, G.H. A comparison of methods of phosphate application to ratoon cane. Proc. Congress S. Afr. Sugar Technol. Assoc., 44: 156-61, 1970. Apud: Phosphorus in Agriculture, 59: 61, 1972.
- NELSON, W.L. et alii. Utilization of phosphorus as affected by placement, II: Cotton and corn in North Carolina. Soil Sci., 68(2): 137-44, 1949.
- NELSON, L.B. The mineral nutrition of corn as related to its growth and culture. Advances in Agronomy, 8: 321-75, 1956.
- OZBEK, N. Factors affecting the amount of available soils phosphorus, "A" - value. Isotopes in plant nutrition and Physiology. Proc. Symp. FAO/IAEA, Vienna: 35-46, 1966. Apud: Soils and Fertilizers, 32(2): 133, 1969.
- PETERSEN, R.T. et alii. Poor grain sorghum production after rice improved by phosphorus banded near seed. California Agric. 5/6, apr, 1972. Apud: Phosphorus in Agriculture, 60: 88, 1972.

- PHILLIPS, L.G. & NORMAN, J.T. The effect on grain sorghum of depth of placement of initial phosphate fertilizer on new land at Katherine, N.T. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 2(24): 33-8, 1967.
- PRUMMEL, J. Fertilizer placement experiments. Plant and Soil, 8(3): 231-53, 1957.
- RAMULU, U.S.S.; PRATT, P.F.; PAGE, A.L. Phosphorus fixation by soils in relation to extractable iron oxides and mineralogical composition. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31: 193-96, 1967.
- REDIES, M. & VIMPANY, I. Phosphorus fertilization in pot trials. J. Austr. Inst. Agric. Sci., 31: 322-23, 1965. Apud: Soils and Fertilizers, 29(3): 295, 1966.
- ROBERTSON, W.K. et alii. Phosphorus utilization by corn as affected by placement and nitrogen and potassium fertilization. Soil Sci., 77(3): 219-26, 1954.
- ROBINSON, R.R.; SPRAGUE, V.G.; GROSS, F.C. The relation of temperature and phosphate placement to growth of clover. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23(3): 225-28, 1959.
- SARRUGE, J.R. Análises químicas em plantas. Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1972. 47 p. (Curso Pós-Graduado de Solos e Nutrição de Plantas).
- SHEARD, R.W.; BRADSHAW, G.J.; MASSEY, D.L. Phosphorus placement for the establishment of alfafa and bromegrass. Agron. J., 63(6): 922-27, 1971.

- SINHA, M.N. Relative ability of maize plant to absorb phosphorus placed at different soil zones. Studies with  $^{32}\text{P}$ . Indian J. Agron., 13: 234-36, 1968. Apud: Soils and Fertilizers, 33(1): 77, 1970.
- SISTACHS, M. Methods and levels of phosphorus application for grain sorghum sow in different soils. Rev. Cubana Cienc. Agr. 5(1): 89-95, 1971. Apud: Phosphorus in Agriculture, 60: 90, 1972.
- STANFORD, G. & NELSON, L.B. Utilization of phosphorus as affected by placement, I: Corn in Iowa. Soil Sci., 68(2): 129-35, 1949.
- TERMAN, G.L.; DOLL, E.C.; LUTZ, J.A., Jr. Rate, source, time and method of applying phosphates for alfalfa and legume grass hay and pasture. Agron. J., 52(5): 261-64, 1960.
- TERMAN, G.L.; DEMENT, J.D.; ENGELSTAD, O.P. Crop response to fertilizers varying in solubility of the phosphorus as affected by rate, placement and seasonal environment. Agron. J., 53(4): 221-24, 1961.
- \_\_\_\_\_ & ALLEN, S.E. Fertilizer and soil P uptake by maize, as affected by soil P level, granule size and solubility of phosphate sources. J. Agric. Sci., 73(3): 417-24, 1969.
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil Fertility and fertilizers. 2<sup>nd</sup> ed. New York, McMillan Co., 1966. 694 p.

- VELLY, J. Influence de la localisation de l'azote et du phosphore en rizière sur leur absorption étudiée avec les isotopes  $^{15}\text{N}$  et  $^{32}\text{P}$ . Agronomie tropicale, 22(4): 364-76, 1967.
- VENKATACHALAN, S. et alii. Soil fertility studies in Madras state using radio-tracer technique, I: Placement of phosphate to hybrid sorghum. Madras agric. J., 56: 104-9, 1969. Apud: Soils and Fertilizers, 32(6): 582, 1969.
- VERDADE, F.C. Agricultura e silvicultura no cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado: 3. São Paulo, E. Blücher, 1971. p. 65-76.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Boletim. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, (7): 1-24, 1969.
- WAUGH, D.L. & FITTS, J.W. Estudos para interpretação de análises de solo: de laboratório e em vasos. Boletim Técnico. International Soil Testing, (3): 1-33, 1966.
- WEBB, J.R. & PESEK, J.T. An evaluation of phosphorus fertilizers varying in water salubility, I: Hill application for corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22(6): 533-38, 1958.
- WELCH, L.F. et alii. Relative efficiency of broadcast versus banded phosphorus for corn. Agron. J., 58(3): 283-87, 1966.

8. APÊNDICE



QUADRO I - Análise da variância relativa a dados de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea da planta, em solo LE.

Causa de variação		GL	SQ	QM	D. padrão	F. teste
Matéria seca	Tratamentos	7	47,57	6,80		40,00**
	Blocos	2	0,03	0,015		
	Erro	14	2,34	0,17	0,41	
	Total	23				
CV (%) = 9,6						
Conteúdo de P	Tratamentos	7	154,27	22,04		24,15**
	Blocos	2	1,06	0,53		0,58
	Erro	14	12,78	0,91	0,96	
	Total	23	168,10			
CV (%) = 15,5						

QUADRO II - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de matéria seca da parte aérea da planta em solo LE.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F.
Modo de localização	(L)	1	2,43	2,43	12,13*
Nível de P	(N)	1	2,62	2,62	13,10*
Interação L x N		1	1,47	1,47	7,35
Tratamentos		(3)	(6,52)	2,17	10,85**
Blocos		2	0,15	0,075	0,38ns
Resíduo		6	1,20	0,20	
Total		11	7,87		

QUADRO III - Decomposição dos componentes da interação níveis x métodos de localização de fósforo, relativa a dados de matéria seca da parte aérea da planta, em solo LE.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F.
Modo de localização	(L)	1	2,43	2,43	12,15**
Nível de P em M	(+)	1	4,00	4,00	20,00**
Nível de P em L	(++)	1	0,08	0,08	0,4 n.s
Tratamentos		(3)	(6,51)	2,17	10,85**
Blocos		2	0,15	0,075	0,38n.s
Resíduo		6	1,20	0,20	
Total		11	7,87		

(+) M - Fósforo Misturado

(++) L - Fósforo Localizado

QUADRO IV - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo LE.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F.
Modo de Localização	(ML)	1	19,59	19,59	20,62**
Nível de P	(N)	1	19,90	19,90	20,95**
Interação ML x N		1	3,86	3,86	4,06n.s
Tratamentos		(3)	(43,35)	14,45	15,21**
Blocos		2	3,35	1,68	1,77n.s
Resíduo		6	5,68	0,95	
Total		11	52,38		

QUADRO V - Análise da variância relativa a dados de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea da planta, em solo LVm.

Causa de variação		GL	SQ	SQ	D. padrão	Teste F
Matéria seca	Tratamentos	7	80,12	11,45		54,32**
	Blocos	2	0,14	0,07		0,33n.s
	Erro	14	2,97	0,21	0,46	
	Total	23	83,23	-		
CV (%) = 8,5						
Conteúdo de P	Tratamentos	7	693,07 <sup>+</sup>	99,01		39,88**
	Blocos	2	3,68	1,84		0,74
	Erro	13 <sup>+</sup>	32,28	2,48	1,58	
	Total	23	888,16			
CV (%) - 12,6						

+ A diminuição de 1 GL para o resíduo, deveu-se à ocorrência de uma parcela perdida no tratamento Testemunha (dados de conteúdo de P). A estimativa da parcela perdida e as correções necessárias para a SQ Tratamentos, e para os contrastes (pelo Teste Tukey), que envolveram a média do referido tratamento, foram efetuados de acordo com PIMENTEL GOMES (1970).

QUADRO VI - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de matéria seca da parte aérea da planta, em solo LVm.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Modo de Localização	(ML)	1	0,10	0,10	0,27n.s
Nível de P	(N)	1	2,52	2,52	6,81*
Interação ML x N		1	1,40	1,40	3,78n.s
Tratamentos		(3)	4,02	1,34	3,62n.s
Blocos		2	0,26	0,13	0,35
Resíduo		6	2,24	0,37	
Total		11	6,52		

QUADRO VII - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta em solo LVm.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Modo de Localização	(ML)	1	20,10	20,10	19,14**
Nível de P	(N)	1	273,51	273,51	260,48**
Interação ML x N		1	9,20	9,20	8,76*
Tratamentos		(3)	302,81	100,94	96,13**
Blocos		2	3,66	1,83	1,74
Resíduo		6	6,31	1,05	
Total		11	312,78	-	

QUADRO VIII - Decomposição dos componentes da interação níveis x métodos de localização de fósforo, relativa a dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo LVm.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização (ML)		1	20,10	20,10	19,14**
Nível de P em M (+)		1	191,53	191,53	182,41**
Nível de P em L (++)		1	91,18	91,18	86,84**
Tratamentos		(3)	302,81	100,94	96,13**
Blocos		2	3,66	1,83	1,74n.s
Resíduo		6	6,31	1,05	
Total		11	312,78		

(+) M - Fósforo Misturado

(++) L - Fósforo Localizado

QUADRO IX - Análise da variância relativa a dados de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea da planta, em solo LV.

Causa de variação		GL	SQ	QM	D. padrão	Teste F
Matéria seca	Tratamentos	8	3.414,58	426,82		90,62**
	Erro	27	127,16	4,71		
	Total	35	3.541,74		2,17	
CV (%) = 8,4						
Conteúdo de P	Tratamentos	8	7.691,63	961,45		200,35**
	Erro	27	129,57	4,80	2,19	
	Total	35	7.821,20			
CV (%) = 8,6						

QUADRO X - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fosforo. Dados de matéria seca da parte aérea da planta em solo LV.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização	(ML)	2	663,66	331,83	57,31**
Nível de P	(N)	1	354,97	354,97	61,31**
Interação ML x N		2	4,22	2,11	0,36n.s
Tratamentos		(5)	1.022,85	204,57	35,33**
Resíduo		18	104,30	5,79	
Total		23	1.127,15	-	

QUADRO XI - Análise de variância relativa a interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo LV.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização	(ML)	2	2.945,49	1.472,74	229,04**
Nível de P	(N)	1	1.325,22	1.325,22	206,10**
Interação ML x N		2	408,12	204,06	31,74**
Tratamentos		(5)	4.678,83	935,77	145,53**
Resíduo		18	115,77	6,43	
Total		23	4.794,60		

QUADRO XII - Decomposição dos componentes da interação níveis x métodos de localização de fósforo, relativa a dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo LV.

Causa de variação	GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização (ML)	2	2.945,49	1.472,74	229,04**
Nível de P em M (+)	1	91,67	91,67	14,26**
Nível de P em L (++)	1	270,63	270,63	42,09**
Nível de P em Pr (+++)	1	1.371,05	1.371,05	213,23**
Tratamentos	(5)	4.678,83	935,77	145,53**
Resíduo	18	115,77	6,43	
Total	23	4.704,66		

- (+) M - Fósforo Misturado  
 (++) L - Fósforo Localizado  
 (+++) Pr - Fósforo próximo à semente

QUADRO XIII - Análise da variância relativa a dados de matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo GPH.

Causa de variação	GL	SQ	QM	D. padrão	Teste F	
Matéria seca	Tratamentos	8	2.221,80	277,69		73,66**
	Erro	27	101,74	3,77	1,94	
	Total	35	2.323,54	-		
CV (%) = 7,7						
Conteúdo de P	Tratamentos	8	12.253,74	1.531,72		
	Erro	27	352,25	13,05	3,61	
	Total	35	12.605,99	-		
CV (%) = 10,5						

QUADRO XIV - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de matéria seca da parte aérea da planta em solo GPH.

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização	(ML)	2	93,04	46,52	10,14**
Nível de P	(N)	1	38,25	38,25	8,33**
Interação ML x N		2	13,60	6,80	1,48n.s
Tratamentos		(5)	144,89	28,98	6,31**
Resíduo		18	82,68	4,59	
Total		23	227,57	-	

QUADRO XV - Análise da variância relativa à interação níveis x métodos de localização de fósforo. Dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo GPH

Causa de variação		GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização	(ML)	2	5.229,86	2.614,93	136,48**
Nível de P	(N)	1	1.314,68	1.314,68	68,62**
Interação ML x N		2	428,24	214,12	11,18**
Tratamentos		(5)	6.972,78	1.394,56	72,78**
Resíduo		18	344,90	19,16	-
Total		23	7.317,68	-	



QUADRO XVI - Decomposição dos componentes da interação níveis x métodos de localização de fósforo, relativa a dados de conteúdo de fósforo na parte aérea da planta, em solo GPH.

Causa de variação	GL	SQ	QM	Teste F
Método de Localização (ML)	2	5.229,86	2.614,93	136,48**
Nível de P em M (+)	1	264,50	264,50	13,80**
Nível de P em L (++)	1	84,76	84,76	4,42*
Nível de P em Pr (+++)	1	1.393,66	1.393,66	72,74**
Tratamentos	(5)	6.972,78	1.394,56	72,78**
Resíduo	18	344,90	19,16	
Total	23	7.317,68		

(+) M - Fósforo Misturado

(++) L - Fósforo Localizado

(+++) Pr- Fósforo próximo à semente